



COMUNE DI VICENZA

DIPARTIMENTO TUTELA E GESTIONE DEL TERRITORIO Settore Lavori Pubblici e Manutenzioni

MUSEI CIVICI DI VICENZA E CONSERVATORIA PUBBLICI MONUMENTI - DIRETTORE SCIENTIFICO: PROF. GIOVANNI C. F. VILLA

Vicenza - Museo Civico
già Palazzo Chiericati



PROGETTO ESECUTIVO DEI LAVORI DI RESTAURO E
RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI
SEDE DEL MUSEO CIVICO - ALA OTTOCENTESCA - 2°lotto - **STRALCIO B**

Stralcio **B**
Spazi Espositivi

Stralcio **A**
Ufficio I.A.T.

Stralcio **C**
Uffici e Bar

Stralcio **D**
Ampliamenti Futuri

Progetto ESECUTIVO - Strutture

ALA '800

rev.1

Relazione di calcolo

PE_Str_R07_RC

SCALA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

PROGETTO ARCHITETTONICO
Studio di Progettazione
Architetto **EMILIO ALBERTI**

Contra Porta Padova, 18 - 36100 - Vicenza (VI)
Tel/Fax: 0444/512723
e-mail: emial@tin.it

PROGETTO STRUTTURALE
S M Ingegneria s.r.l.
Prof. Ing. **SAANDIO MODENA**

Via G.A. Longhin, 23 - 35129 - Padova (PD)
Tel : 049/8070445 Fax : 049/7929724
e-mail: info@smingegneria.it

PROGETTO IMPIANTI
Studio **FRINZI**
Dott. Ing. **BRUNO FRINZI**

Via Pozza Maraschin, 60 - 36015 - Schio (VI)
Tel/Fax: 0445/520367
e-mail: studio@frinzi.com

DIRETTORE SETTORE
ing. **DIEGO GALIAZZO**

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ing. **GIOVANNI FICHERA**

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTREMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DEL PROGETTISTA. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.

| | | |
|--|---|-----------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 1 di 439 |

SOMMARIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 8 |
| 2 | CRITERI DI CALCOLO E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO | 10 |
| 2.1 | METODO DI CALCOLO | 10 |
| 3 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 12 |
| 3.1 | MURATURA | 12 |
| 3.2 | LEGNO | 12 |
| 3.2.1 | Travi in abete rosso – categoria in opera II | 13 |
| 3.2.2 | Travi in abete rosso – categoria in opera III | 14 |
| 3.2.3 | Travi in quercia – categoria in opera III | 14 |
| 3.2.4 | Caratteristiche meccaniche per legno C16 secondo UNI EN 338/2016 | 14 |
| 3.2.5 | Caratteristiche meccaniche per legno C20 secondo UNI EN 338/2016 | 14 |
| 3.2.6 | Caratteristiche meccaniche per legno C22 secondo UNI EN 338/2016 | 15 |
| 3.2.7 | Caratteristiche meccaniche per legno C24 secondo UNI EN 338/2016 | 15 |
| 3.3 | ACCIAIO | 16 |
| 3.3.1 | Acciaio S235 | 16 |
| 3.3.2 | Acciaio S275 | 16 |
| 3.3.3 | Acciaio S355 | 17 |
| 3.3.4 | Acciaio B450C | 17 |
| 3.4 | CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE | 17 |
| 3.4.1 | Calcestruzzo C25/30 | 17 |
| 3.5 | CALCESTRUZZO ALLEGGERITO | 18 |
| 3.5.1 | Calcestruzzo alleggerito LC 30/33 D1,7 | 18 |
| 4 | AZIONI SULLE STRUTTURE | 20 |
| 4.1 | AZIONI SULLE STRUTTURE | 20 |
| 4.1.1 | Carichi permanenti | 20 |
| 4.1.2 | Carichi di esercizio | 20 |
| 5 | VERIFICA DELLE STRUTTURE ESISTENTI: STATO DI FATTO E DI PROGETTO | 22 |
| 5.1 | VOLTE IN MURATURA | 22 |
| 5.1.1 | Verifica della volta a pavimento del locale T.03 (soffitto I.01): stato di fatto | 22 |
| 5.1.1.1 | Verifica dello schiacciamento della muratura allo stato limite ultimo | 26 |
| 5.1.1.2 | Verifica della stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio | 26 |
| 5.1.1.3 | Verifica della stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico | 27 |

| | | |
|--|---|-----------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 2 di 439 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 5.1.2 | Verifica della volta a pavimento del locale T.03 (soffitto I.01): stato di progetto | 27 |
| 5.1.2.1 | Verifica dello schiacciamento della muratura allo stato limite ultimo | 27 |
| 5.1.2.2 | Verifica della stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio | 28 |
| 5.1.2.3 | Verifica della stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico | 28 |
| 5.1.3 | Verifica della volta a pavimento del locale T.06.a (soffitto I.02): stato di fatto | 29 |
| 5.1.3.1 | Verifica dello schiacciamento della muratura allo stato limite ultimo | 32 |
| 5.1.3.2 | Verifica della stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio | 33 |
| 5.1.3.3 | Verifica della stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico | 34 |
| 5.2 | SOLAI LIGNEI ESISTENTI: STATO DI FATTO | 34 |
| 5.2.1 | Solaio T.08..... | 35 |
| 5.2.2 | Solaio T.09..... | 36 |
| 5.2.3 | Solaio T.10..... | 38 |
| 5.2.4 | Solaio T.13..... | 39 |
| 5.2.5 | Solaio A.01..... | 41 |
| 5.2.6 | Solaio A.02..... | 46 |
| 5.2.7 | Solaio A.03..... | 48 |
| 5.2.8 | Solaio A.04..... | 55 |
| 5.2.9 | Solaio A.05..... | 56 |
| 5.2.10 | Solaio A.06.a..... | 62 |
| 5.2.11 | Solaio A.06.b-c-f | 67 |
| 5.2.12 | Solaio A.06.d-e | 72 |
| 5.2.13 | Solaio A.08..... | 76 |
| 5.2.14 | Solaio A.09..... | 78 |
| 5.2.15 | Solaio A.10..... | 82 |
| 5.3 | SOLAI LIGNEI ESISTENTI: STATO DI PROGETTO..... | 85 |
| 5.3.1 | Solai esistenti consolidati mediante inserimento di travi integrative in acciaio all'intradosso | 86 |
| 5.3.1.1 | Solaio T.08..... | 87 |
| 5.3.1.2 | Solaio T.09..... | 91 |
| 5.3.1.3 | Solaio T.13..... | 96 |
| 5.3.1.4 | Solaio A.06.a | 100 |
| 5.3.1.5 | Solaio A.06.b-c-f | 105 |
| 5.3.1.6 | Solaio A.06.d-e | 110 |
| 5.3.1.7 | Verifica profilo UPN140 di appoggio dei profili in acciaio sulle travi in legno..... | 115 |
| 5.3.2 | Solai esistenti consolidati mediante travi rompitratta in acciaio | 121 |
| 5.3.2.1 | Solaio A.01 | 122 |
| 5.3.2.2 | Solaio A.02 | 126 |

| | | |
|--|---|-----------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 3 di 439 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 5.3.2.3 | Solaio A.03 | 131 |
| 5.3.2.4 | Solaio A.05 | 137 |
| 5.3.3 | <i>Rifacimento solai esistenti con nuove travi lignee e soletta collaborante</i> | 143 |
| 5.3.3.1 | Solaio T.10..... | 143 |
| 5.3.3.2 | Solaio A.09 | 147 |
| 5.3.3.3 | Solaio A.10 | 151 |
| 5.3.4 | <i>Solaio con nuove travi in legno</i> | 155 |
| 5.3.4.1 | Solaio A.04 | 155 |
| 5.4 | CONTROSOFFITTI ESISTENTI DI CUI È PREVISTA LA CONSERVAZIONE | 157 |
| 5.4.1 | <i>Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.02.a</i> | 157 |
| 5.4.1.1 | Area 3 calpestabile | 158 |
| 5.4.1.2 | Area 2 non calpestabile | 159 |
| 5.4.2 | <i>Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.02.b</i> | 161 |
| 5.4.2.1 | Area 1.a calpestabile | 162 |
| 5.4.2.2 | Area 1.b non calpestabile | 163 |
| 5.4.3 | <i>Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.04</i> | 164 |
| 5.4.4 | <i>Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.05</i> | 166 |
| 5.5 | COPERTURE ESISTENTI: STATO DI FATTO | 168 |
| 5.5.1 | <i>Copertura S.01.a</i> | 169 |
| 5.5.1.1 | Capriata C1..... | 171 |
| 5.5.1.2 | Arcareccir..... | 175 |
| 5.5.2 | <i>Copertura S.01.b</i> | 176 |
| 5.5.2.1 | Capriata C8..... | 178 |
| 5.5.3 | <i>Copertura S.02.a/b</i> | 180 |
| 5.5.4 | <i>Copertura S.04</i> | 185 |
| 5.5.4.1 | Capriata C10..... | 186 |
| 5.5.5 | <i>Copertura S.05</i> | 190 |
| 5.5.5.1 | Trave principale | 190 |
| 5.6 | COPERTURE ESISTENTI: STATO DI PROGETTO | 191 |
| 5.6.1 | <i>Copertura S.01.a</i> | 192 |
| 5.6.1.1 | Nuova Capriata C1a | 193 |
| 5.6.1.2 | Arcarecci | 197 |
| 5.6.1.3 | Tavolato | 198 |
| 5.6.2 | <i>Copertura S.01.b</i> | 199 |
| 5.6.2.1 | Capriata C8..... | 200 |
| 5.6.2.2 | Arcarecci | 203 |

| | | |
|--|---|-----------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 4 di 439 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.6.3 | Copertura S.02.a/b..... | 204 |
| 5.6.3.1 | Orditura principale | 205 |
| 5.6.3.2 | Orditura Minuta (listelli)..... | 209 |
| 5.6.4 | Copertura S.04..... | 210 |
| 5.6.4.1 | Capriata C10..... | 211 |
| 5.6.4.2 | Arcarecci..... | 214 |
| 5.6.4.3 | Tavolato..... | 215 |
| 5.6.5 | Copertura S.05..... | 216 |
| 5.6.5.1 | Trave principale | 217 |
| 5.6.5.2 | Arcarecci..... | 218 |
| 5.6.5.3 | Tavolato..... | 219 |
| 6 | NUOVE STRUTTURE..... | 221 |
| 6.1 | PIANO AGGIUNTO: OPERE IN ELEVAZIONE | 221 |
| 6.1.1 | T.09.Aggiunto – T.10.Aggiunto | 221 |
| 6.1.1.1 | Verifica solaio composto legno-calcestruzzo | 222 |
| 6.1.1.2 | Verifica struttura in acciaio..... | 227 |
| 6.1.1.3 | Verifica nodi tipo | 235 |
| 6.1.2 | T.07.Aggiunto..... | 249 |
| 6.1.3 | Verifica del giunto di base dei pilastri..... | 254 |
| 6.1.3.1 | Sollecitazioni..... | 255 |
| 6.1.3.2 | Verifica di resistenza dei tirafondi | 256 |
| 6.1.3.3 | Verifica di resistenza a flessione della piastra irrigidita | 259 |
| 6.1.3.4 | Verifica di resistenza a taglio degli irrigidenti | 260 |
| 6.2 | PIANO AGGIUNTO: STRUTTURE DI FONDAZIONE | 261 |
| 6.2.1 | Criteri generali di modellazione..... | 261 |
| 6.2.2 | Caratterizzazione geologica del sottosuolo | 262 |
| 6.2.3 | Verifica a flessione delle travi di fondazione | 263 |
| 6.2.4 | Verifica a taglio delle travi di fondazione..... | 265 |
| 6.2.5 | Verifica a torsione delle travi di fondazione | 266 |
| 6.2.6 | Verifica di portata verticale pali di fondazione..... | 267 |
| 6.2.7 | Verifica di portata trasversale pali di fondazione | 274 |
| 6.3 | NUOVA SCALA A SERVIZIO DEL MUSEO | 277 |
| 6.3.1 | Scala principale..... | 277 |
| 6.3.1.1 | Calcolo della spinta del terreno | 277 |
| 6.3.1.2 | Calcolo dell'azione di vincolo esercitata dalla scala | 279 |
| 6.3.1.3 | Verifica nodi principali..... | 287 |

| | | |
|--|---|-----------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 5 di 439 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 6.3.2 | Pianerottolo ascensore | 301 |
| 6.4 | NUOVI CONTROSOFFITTI PIANO NOBILE E CONTROVENTAMENTI A LIVELLO DEL SOTTOTETTO | 304 |
| 6.4.1 | Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.01.a | 304 |
| 6.4.2 | Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.01.b | 306 |
| 6.4.3 | Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.06 | 311 |
| 6.4.4 | Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.07 | 313 |
| 6.4.5 | Controventamento sottotetto S.02 | 314 |
| 6.4.5.1 | Collegamento Piastra tipo A | 316 |
| 6.4.5.2 | Collegamento Piastra tipo B | 319 |
| 6.4.6 | Controventamento sottotetto S.07 | 320 |
| 6.5 | NUOVO IMPALCATO UTA (SOTTOTETTO S.02) | 321 |
| 6.5.1 | Collegamento orditura secondaria (IPE140) su principale (HEB140) | 327 |
| 6.6 | NUOVE COPERTURE IN LEGNO | 333 |
| 6.6.1 | Copertura S.06 | 333 |
| 6.6.1.1 | Orditura principale | 334 |
| 6.6.1.2 | Arcarecci | 338 |
| 6.6.1.3 | Tavolato | 339 |
| 6.6.2 | Copertura S.07 | 339 |
| 6.6.2.1 | Orditura principale | 341 |
| 6.6.2.2 | Tavolato | 345 |
| 6.6.3 | Copertura S.08 | 346 |
| 6.6.3.1 | Travi principali | 347 |
| 6.6.3.2 | Tavolato | 348 |
| 7 | VERIFICHE SISMICHE: STATO DI PROGETTO | 350 |
| 7.1 | RICHIAMI STORICI E INQUADRAMENTO NORMATIVO DELLA SISMICITÀ DEL SITO | 350 |
| 7.2 | AZIONE SISMICA | 353 |
| 7.3 | VALUTAZIONE DELL'INDICE DI SICUREZZA SISMICA | 355 |
| 7.4 | VERIFICA DEI PRINCIPALI MECCANISMI LOCALI | 356 |
| 7.4.1 | Analisi dei principali meccanismi locali alla situazione Stato di Fatto | 357 |
| 7.4.2 | Cinematismo A1: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800 | 359 |
| 7.4.3 | Cinematismo A2: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800 | 360 |
| 7.4.4 | Cinematismo A3: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800 | 361 |
| 7.4.5 | Cinematismo B1: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800 | 363 |
| 7.4.6 | Cinematismo B2: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800 | 364 |
| 7.4.7 | Cinematismo B3: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800 | 365 |

| | | |
|--|---|-----------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 6 di 439 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 7.4.8 | Cinematismo C1: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800..... | 367 |
| 7.4.9 | Cinematismo C2: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800..... | 368 |
| 7.4.10 | Cinematismo C3: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800..... | 369 |
| 7.4.11 | Cinematismo D1: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800..... | 371 |
| 7.4.12 | Cinematismo D2: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800..... | 372 |
| 7.4.13 | Cinematismo D3: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800..... | 373 |
| 7.4.14 | Cinematismo H1: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800..... | 375 |
| 7.4.15 | Cinematismo H2: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800..... | 376 |
| 7.4.16 | Cinematismo H3: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800..... | 377 |
| 7.4.17 | Cinematismo I1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 379 |
| 7.4.18 | Cinematismo I2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 380 |
| 7.4.19 | Cinematismo I3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 381 |
| 7.4.20 | Cinematismo L1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 383 |
| 7.4.21 | Cinematismo L2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 384 |
| 7.4.22 | Cinematismo L3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 385 |
| 7.4.23 | Cinematismo M1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 387 |
| 7.4.24 | Cinematismo M2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 388 |
| 7.4.25 | Cinematismo M3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 389 |
| 7.4.26 | Cinematismo M4: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 390 |
| 7.4.27 | Cinematismo N1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 392 |
| 7.4.28 | Cinematismo N2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 393 |
| 7.4.29 | Cinematismo N3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 394 |
| 7.4.30 | Cinematismo O1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 396 |
| 7.4.31 | Cinematismo O2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 397 |
| 7.4.32 | Cinematismo O3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800..... | 398 |
| 7.4.33 | Cinematismo P1: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800..... | 400 |
| 7.4.34 | Cinematismo P2: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800..... | 401 |
| 7.4.35 | Cinematismo P3: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800..... | 402 |
| 7.4.36 | Cinematismo Q1: Ribaltamento verso esterno porzione di facciata lato Ovest (vano scala) – Ala '800..... | 404 |
| 7.4.37 | Cinematismo Q2: Ribaltamento verso interno porzione di facciata lato Ovest (vano scala) – Ala '800..... | 405 |
| 7.4.38 | Cinematismo Q3: Flessione verso interno porzione di facciata lato Nord – Vano scala - (3pareti) – Ala '800..... | 407 |
| 7.4.39 | Cinematismo Q4: Flessione verso interno porzione di facciata lato Nord – Vano scala - (3 pareti)– Ala '800..... | 409 |
| 7.4.40 | Cinematismo Q5: Flessione verso interno porzione di facciata lato Nord – Vano scala – Ala '800..... | 412 |
| 7.4.40.1 | Verifica rinforzo a flessione parete rinforzata mediante intonaco armato con rete in fibra di vetro | 414 |
| 7.4.41 | Cinematismo R: Flessione verso esterno porzione di facciata lato Est vano PN06/07 – (2 pareti)– Ala '800..... | 416 |
| 7.4.42 | Riepilogo delle verifiche dei meccanismi locali..... | 418 |

| | | |
|--|---|-----------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 7 di 439 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 7.4.43 | Verifiche dei sistemi di trattenimento | 420 |
| 7.4.43.1 | Calcolo della resistenza a trazione degli inghisaggi nella muratura | 420 |
| 7.4.43.2 | Calcolo del collegamento del piatto di ANCORAGGIO TRAVE/MURATURA | 420 |
| 7.4.43.3 | Calcolo del collegamento del piatto di ANCORAGGIO Tavolato/MURATURA | 423 |
| 7.4.43.4 | Calcolo del collegamento della piastra di ANCORAGGIO tipo p | 426 |
| 7.5 | VALUTAZIONE COMPLESSIVA DELLA RISPOSTA SISMICA DEL FABBRICATO | 429 |
| 7.5.1 | Analisi statica non lineare | 430 |
| 7.5.2 | Risultati | 433 |
| 7.5.3 | Schema di analisi globale | 434 |
| 7.5.4 | Analisi 1 – Direzione +X – Proporzionale alle masse – Eccentricità 0.00 cm | 435 |
| 7.5.5 | Analisi 18 – Direzione +Y – Proporzionale alle masse – Eccentricità -233,30 cm | 437 |

| | | |
|--|---|-----------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 8 di 439 |

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo riporta le verifiche nello stato di fatto e di progetto relative alle opere strutturali del 2° lotto - STRALCIO B dei lavori di restauro e risanamento conservativo di palazzo Chiericati – ala ottocentesca.

Il progetto di restauro e risanamento conservativo di palazzo Chiericati – coordinato dall'arch. Emilio Alberti di Vicenza – conferma per l'edificio ottocentesco la destinazione d'uso museale, con annessi uffici ad uso del personale addetto al museo e locali aperti al pubblico (bar e ufficio di informazioni turistiche IAT) al piano terra dell'ala nord dell'edificio, in diretto affaccio su corso Palladio.

Oltre che sulle ispezioni ed i rilievi condotti direttamente in sito a cura dello scrivente e dei suoi collaboratori, le verifiche statiche e sismiche in fase di redazione del progetto esecutivo sono state condotte sulla scorta:

- degli esiti dei rilievi e delle indagini eseguiti a cura di Expin srl in corrispondenza delle volte e delle pareti in muratura e dei solai lignei dei piani ammezzato e nobile (cfr Relazione tecnica del 15/09/2016 e Relazione tecnica del 24/01/2017);
- degli esiti delle indagini geotecniche e geofisiche condotte a cura di Geotechna srl e del dott. geol. Andrea Baldracchi per la caratterizzazione del terreno di fondazione dell'edificio (cfr Relazione geologica-geotecnica del gennaio 2017 a cura del dott. geol. Baldracchi e i relativi allegati rapporti di prova);
- degli esiti delle verifiche di vulnerabilità sismica nello stato di fatto eseguite a cura dell'ing. Federico Reginato su incarico del Comune di Vicenza;
- dei rilievi forniti dall'arch. Emilio Alberti per le strutture lignee di copertura e di controsoffitto del piano nobile, non più accessibili in condizioni di sicurezza al momento dell'affidamento allo scrivente dell'incarico di progettazione esecutiva delle opere strutturali (cfr tavole di rilievo strutturale allegate al progetto a cura dell'arch. Alberti).

Si richiama invece la relazione illustrativa PE_STR_R01 per la dettagliata descrizione delle caratteristiche del fabbricato ottocentesco e delle scelte progettuali poste a base del progetto esecutivo strutture.

Lo stralcio B dei lavori sull'ala ottocentesca comprenderà:

- un più esteso rilievo e controllo in situ e conseguente mirato consolidamento delle volte e delle pareti in muratura;
- la revisione, con consolidamento o rifacimento dei solai dell'intero piano nobile e della sola porzione sud del piano ammezzato, escludendo invece il completamento degli interventi di consolidamento relativi ai solai soprastanti la IAT e il nuovo bar in affaccio su corso Palladio, rinviati ad altri stralci funzionali;
- la revisione, con adeguamento ai nuovi carichi di progetto, delle strutture di controsoffitto del piano nobile;
- la revisione, con consolidamento o rifacimento di tutte le strutture di copertura, adeguandone la capacità portante ai carichi permanenti e di esercizio di progetto e sfruttandone il piano di falda e le strutture principali per il miglioramento del comportamento sismico dell'edificio;
- la realizzazione di un piano aggiunto con funzione di deposito-archivio tra piano terra e piano ammezzato, in corrispondenza dei vani T.09 e T.10, posti a sud del fabbricato;

| | | |
|--|---|------------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | <i>Pagina 9 di 439</i> |

- la realizzazione di un nuovo blocco scala-ascensore in corrispondenza dell'angolo sud-ovest del fabbricato, con parziale demolizione dei solai attualmente presenti;
- la realizzazione di un nuovo impalcato ad uso impiantistico all'interno del sottotetto dell'ala nord-ovest del fabbricato.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 10 di 439 |

2 CRITERI DI CALCOLO E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Si è fatto riferimento in generale per quanto possibile alla normativa italiana ed alle norme ed istruzioni elencate nel seguito:

- D.M. 14/01/2008, “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 02 febbraio 2009, Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.
- Decreto P.C.M. 9 Febbraio 2011 (G.U. n.47, 26/2/11 suppl. ord. n.54) – Linee Guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche sulle costruzioni D.M. 14/01/08.
- Eurocodice UNI EN 1990:2006 “Criteri generali di progettazione strutturale”.
- Eurocodice n. 1 UNI EN 1991-1-1:2004 “Azioni sulle strutture”. Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici.
- Eurocodice n. 5 UNI EN 1995-1-1:2009 “Progettazione delle strutture in legno”. Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.
- ICOMOS_ISCARSAH – International Scientific Committee for Analysis and Restoration of Structural of Architectural heritage: Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage.
- ISO 13822 Bases for design of structures-Assessment of existing structures.
- ISO CD 13822 – ANNEX I (Informative) Historic Structures.
- UNI 11119:2004: “Beni culturali - Manufatti lignei - Strutture portanti degli edifici – Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera”.
- UNI EN 338:2016: “Legno strutturale - Classi di resistenza”.

2.1 METODO DI CALCOLO

Le analisi e le verifiche strutturali sono state eseguite seguendo le istruzioni previste nelle NTC 2008 e nella relativa circolare esplicativa (Circ. 617/2009). La valutazione del rischio sismico ha seguito inoltre le indicazioni riportate nelle Linee Guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale.

La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata eseguita considerando le disposizioni di carico più gravose ed avvalendosi di codici di calcolo automatico per l'analisi strutturale.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono state eseguite secondo il metodo semiprobabilistico degli stati limite.

Tutti i codici di calcolo automatico utilizzati per il calcolo e la verifica delle strutture e la redazione della presente relazione di calcolo sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche. Si riportano in seguito i software impiegati.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 11 di 439 |

PRO SAP: PROfessional Structural Analysis Program

Programma di calcolo agli elementi finiti della 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi.

I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensio-deformativo indotto da carichi statici.

2Si ProSap: versione 17.1.0 (build 2017-04-177)

Licenza: dsi3189

3 Muri – S.T.A. DATA

Programma di calcolo strutturale per edifici in muratura della STA DATA. Esegue il calcolo di strutture spaziali utilizzando elementi finiti monodimensionali, modellando l'edificio secondo il criterio del "telaio equivalente", nel rispetto delle indicazioni normative del D.M. 2008.

STADATA 3Muri: versione 10.9.1.4

Licenza: n°13154



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 12 di 439 |

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 MURATURA

Concordemente con i risultati delle indagini, descritti dettagliatamente nella relazione di Expin srl di gennaio 2017, si è scelto di assumere diverse tipologie murarie localizzate in parti differenti del corpo di fabbrica.

| Tipologia muraria – ala '800 | f_m (N/mm ²) | τ_0 (N/mm ²) | E (N/mm ²) | G (N/mm ²) | w (kN/m ³) |
|---|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <i>Pilastrini in pietra perimetrali – piano terra</i> | 4.16 | 0.0845 | 2262 | 754 | 21 |
| <i>Paramenti murari</i> | 3.20 | 0.0760 | 1500 | 500 | 18 |

| Tipologia muraria – ala '500 | f_m (N/mm ²) | τ_0 (N/mm ²) | E (N/mm ²) | G (N/mm ²) | w (kN/m ³) |
|---|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <i>Pilastrini in pietra perimetrali</i> | 2.60 | 0.0560 | 1740 | 580 | 21 |
| <i>Paramenti murari</i> | 2.40 | 0.0600 | 1500 | 500 | 18 |

Tabella 1: Valori dei parametri meccanici considerati

Nel calcolo dell'azione e nella valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali entra infine il parametro definito dal fattore di confidenza FC, calcolato in base al livello di conoscenza raggiunto durante l'esecuzione delle indagini in sito.

Grazie alla campagna di indagine estesa eseguita nell'ala '800 viene attribuito un fattore di confidenza FC pari a 1,20, riconoscendo il raggiungimento di un livello di conoscenza Adeguato (LC2) in corrispondenza della porzione ottocentesca del fabbricato.

Visto il limitato livello di conoscenza dell'ala '500, per la quale non risulta essere stata eseguita una mirata campagna di indagini conoscitive prima dei recenti lavori di restauro, si fissa invece un FC pari a 1,35.

3.2 LEGNO

Sulla scorta degli esiti delle indagini per la classificazione a vista del legno eseguite a cura di Expin srl nell'agosto 2016, e con riferimento alla seguente tabella, estratta dalla norma UNI 11119/2004 e relativa alle tensioni massime per l'applicazione del metodo delle tensioni ammissibili e moduli medi di elasticità a flessione, per le categorie in opera delle principali specie legnose (a sua volta tratta dal testo Tecnica delle Costruzioni in Legno di Guglielmo Giordano), si possono assumere per le verifiche delle strutture lignee esistenti le seguenti caratteristiche meccaniche di riferimento.

Tensioni massime per l'applicazione del metodo delle tensioni ammissibili e moduli medi di elasticità a flessione, per le categorie in opera delle principali specie legnose, applicabili per umidità del legno = 12%

| Specie | Categoria in opera | Tensioni massime (N/mm ²) | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | compressione | | flessione statica | trazione parallela alla fibratura ¹⁾ | taglio (parallelo alla fibratura) | modulo di elasticità a flessione |
| | | parallela alla fibratura | perpendicolare alla fibratura | | | | |
| Abete bianco (Abies alba Mill.) | I | 11 | 2,0 | 11,5 | 11 | 0,9 | 13 000 |
| | II | 9 | 2,0 | 10 | 9 | 0,8 | 12 000 |
| | III | 7 | 2,0 | 7,5 | 6 | 0,7 | 11 000 |
| Abete rosso (Picea abies Karst.) | I | 10 | 2,0 | 11 | 11 | 1,0 | 12 500 |
| | II | 8 | 2,0 | 9 | 9 | 0,9 | 11 500 |
| | III | 6 | 2,0 | 7 | 6 | 0,8 | 10 500 |
| Larice (Larix spp.) | I | 12 | 2,5 | 13 | 12 | 1,1 | 15 500 |
| | II | 10 | 2,2 | 11 | 9,5 | 1,0 | 14 500 |
| | III | 7,5 | 2,0 | 8,5 | 7 | 0,9 | 13 500 |
| Pini (Pinus spp.) | I | 11 | 2,0 | 12 | 11 | 1,0 | 13 000 |
| | II | 9 | 2,0 | 10 | 9 | 0,9 | 12 000 |
| | III | 7 | 2,0 | 8 | 6 | 0,8 | 11 000 |
| Castagno (Castanea sativa Mill.) | I | 11 | 2,0 | 12 | 11 | 0,8 | 10 000 |
| | II | 9 | 2,0 | 10 | 9 | 0,7 | 9 000 |
| | III | 7 | 2,0 | 8 | 6 | 0,6 | 8 000 |
| Pioppo (Populus spp.) | I | 10 | 1,5 | 10,5 | 9 | 0,6 | 9 000 |
| | II | 8 | 1,5 | 8,5 | 7 | 0,5 | 8 000 |
| | III | 6 | 1,5 | 6,5 | 4,5 | 0,4 | 7 000 |
| Quercia (Quercus spp.) | I | 12 | 3,0 | 13 | 12 | 1,2 | 13 500 |
| | II | 10 | 2,5 | 11 | 10 | 1,0 | 12 500 |
| | III | 7,5 | 2,2 | 8,5 | 7 | 0,9 | 11 500 |

1) La tensione massima a trazione perpendicolare alla fibratura si assume convenzionalmente uguale a zero.

Figura 3.1: UNI 1119/2004: prospetto 3

3.2.1 Travi in abete rosso – categoria in opera II

Con riferimento al prospetto 3 della UNI 1119/2004, le tensioni massime di riferimento per abete rosso/categoria in opera II, ed in particolare il valore della tensione ammissibile per flessione (di maggiore interesse per la verifica delle travi), risultano comprese tra i valori di riferimento per legno di conifera classe S7 e per legno di conifera classe S10 secondo DIN 4074-1, a loro volta corrispondenti rispettivamente ad una classe di resistenza C16 e C24 secondo UNI EN 338/2016.

Grazie ad una semplice interpolazione con riferimento ai valori delle tensioni a flessione, **si può dunque assumere la classe C20 secondo UNI EN 338/20016 quale riferimento per le caratteristiche meccaniche del legno in esame.**

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 14 di 439 |

3.2.2 Travi in abete rosso – categoria in opera III

Con riferimento al prospetto 3 della UNI 11119/2004, le tensioni massime di riferimento per abete rosso/categoria in opera III, ed in particolare il valore della tensione ammissibile per flessione (di maggiore interesse per la verifica delle travi), risultano corrispondenti ad una classe di resistenza S7 secondo DIN 4074-1, a sua volta corrispondente ad una classe di resistenza C16 secondo UNI EN 338/2016.

Si può dunque assumere la classe C16 secondo UNI EN 338/2016 quale riferimento per le caratteristiche meccaniche del legno in esame.

3.2.3 Travi in quercia – categoria in opera III

Per le travi del solaio E (E1 + E2) non è disponibile la classificazione a vista della categoria in opera secondo UNI 11119/2004.

In assenza di indagini specifiche, in questa fase, è stata assunta una resistenza corrispondente ad un legno di classe C20, che corrisponde ad un livello di resistenza intermedia per le due classi inferiori di legno di latifoglie ovvero D18 e D24 secondo UNI EN 338/2016.

3.2.4 Caratteristiche meccaniche per legno C16 secondo UNI EN 338/2016

Si riportano le caratteristiche meccaniche di riferimento per legno avente classe di resistenza C16 secondo UNI EN 338/2016:

| | | | |
|--|---------------|-----|--------------------|
| resistenza caratteristica a flessione | f_{mk} | 16 | MPa |
| resistenza a trazione parallela alla fibratura | $f_{t,0,k}$ | 8,5 | MPa |
| resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura | $f_{t,90,k}$ | 0,4 | MPa |
| resistenza caratteristica a taglio | f_{vk} | 3,2 | MPa |
| resistenza caratt. a compr. parallela alla fibratura | $f_{c,0,k}$ | 17 | MPa |
| resistenza caratt. a compr. perpend. alla fibratura | $f_{c,90,k}$ | 2,2 | MPa |
| modulo elastico medio legno (parall. alla fibratura) | $E_{0,mean}$ | 8 | kN/mm ² |
| modulo di elasticità tangenziale | G_{mean} | 0,5 | kN/mm ² |
| densità media | ρ_{mean} | 370 | daN/m ³ |

3.2.5 Caratteristiche meccaniche per legno C20 secondo UNI EN 338/2016

Si riportano le caratteristiche meccaniche di riferimento per legno avente classe di resistenza C20 secondo UNI EN 338/2016:

| | | | |
|--|--------------|------|--------------------|
| resistenza caratteristica a flessione | f_{mk} | 20 | MPa |
| resistenza a trazione parallela alla fibratura | $f_{t,0,k}$ | 11,5 | MPa |
| resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura | $f_{t,90,k}$ | 0,4 | MPa |
| resistenza caratteristica a taglio | f_{vk} | 3,6 | MPa |
| resistenza caratt. a compr. parallela alla fibratura | $f_{c,0,k}$ | 19,0 | MPa |
| resistenza caratt. a compr. perpend. alla fibratura | $f_{c,90,k}$ | 2,3 | MPa |
| modulo elastico medio legno (parall. alla fibratura) | $E_{0,mean}$ | 9,5 | kN/mm ² |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 15 di 439 |

| | | | |
|----------------------------------|---------------|------|--------------------|
| modulo di elasticità tangenziale | G_{mean} | 0,59 | kN/mm ² |
| densità media | ρ_{mean} | 390 | daN/m ³ |

3.2.6 Caratteristiche meccaniche per legno C22 secondo UNI EN 338/2016

Si riportano le caratteristiche meccaniche di riferimento per legno avente classe di resistenza C22 secondo UNI EN 338/2016:

| | | | |
|--|---------------|-------|--------------------|
| resistenza caratteristica a flessione | f_{mk} | 22 | MPa |
| resistenza a trazione parallela alla fibratura | $f_{t,0,k}$ | 113,0 | MPa |
| resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura | $f_{t,90,k}$ | 0,4 | MPa |
| resistenza caratteristica a taglio | f_{vk} | 3,8 | MPa |
| resistenza caratt. a compr. parallela alla fibratura | $f_{c,0,k}$ | 20,0 | MPa |
| resistenza caratt. a compr. perpend. alla fibratura | $f_{c,90,k}$ | 2,4 | MPa |
| modulo elastico medio legno (parall. alla fibratura) | $E_{0,mean}$ | 910,0 | kN/mm ² |
| modulo di elasticità tangenziale | G_{mean} | 0,63 | kN/mm ² |
| densità media | ρ_{mean} | 410 | daN/m ³ |

Per elementi lignei di nuova fornitura:

3.2.7 Caratteristiche meccaniche per legno C24 secondo UNI EN 338/2016

Si riportano le caratteristiche meccaniche di riferimento per legno avente classe di resistenza C24 secondo UNI EN 338/2016:

| | | | |
|--|---------------|------|--------------------|
| resistenza caratteristica a flessione | f_{mk} | 24 | MPa |
| resistenza a trazione parallela alla fibratura | $f_{t,0,k}$ | 14,0 | MPa |
| resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura | $f_{t,90,k}$ | 0,4 | MPa |
| resistenza caratteristica a taglio | f_{vk} | 4,0 | MPa |
| resistenza caratt. a compr. parallela alla fibratura | $f_{c,0,k}$ | 21,0 | MPa |
| resistenza caratt. a compr. perpend. alla fibratura | $f_{c,90,k}$ | 2,5 | MPa |
| modulo elastico medio legno (parall. alla fibratura) | $E_{0,mean}$ | 11,0 | kN/mm ² |
| modulo di elasticità tangenziale | G_{mean} | 0,69 | kN/mm ² |
| densità media | ρ_{mean} | 420 | daN/m ³ |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 16 di 439 |

3.3 ACCIAIO

3.3.1 Acciaio S235

Per la verifica dei i profili IPE200 esistenti posti a sostegno delle travi lignee del solaio C è stato considerato – a favore di sicurezza – un acciaio con caratteristiche di resistenza S235 secondo NTC 2008 (ex acciaio Fe360).

| | | | |
|--|---------------------|---------------------|------------------|
| coeff. parziale per la resistenza delle sezioni | γ_{M0} | 1,05 | |
| coeff. parziale per la resistenza all'instabilità | γ_{M1} | 1,05 | |
| coeff. parziale per la resistenza all'instabilità negli elementi dei ponti | $\gamma_{M1,ponti}$ | 1,10 | |
| coeff. parziale per la resistenza delle sezioni tese con fori | γ_{M2} | 1,25 | |
| peso specifico | ρ | 78,50 | kN/mc |
| modulo elastico | E | 210000 | MPa |
| modulo di elasticità trasversale $G = E / (2 \times (1+\nu))$ | G | 80769 | MPa |
| coeff. di Poisson | ν | 0,30 | |
| coeff. espansione termica lineare | α | 12×10^{-6} | °C ⁻¹ |
| resistenza caratteristica a snervamento | f_{yk} | 235,00 | MPa |
| resistenza caratteristica a rottura | f_{tk} | 360,00 | MPa |

Per gli elementi in acciaio di nuova fornitura:

3.3.2 Acciaio S275

| | | | |
|--|---------------------|---------------------|------------------|
| coeff. parziale per la resistenza delle sezioni | γ_{M0} | 1,05 | |
| coeff. parziale per la resistenza all'instabilità | γ_{M1} | 1,05 | |
| coeff. parziale per la resistenza all'instabilità negli elementi dei ponti | $\gamma_{M1,ponti}$ | 1,10 | |
| coeff. parziale per la resistenza delle sezioni tese con fori | γ_{M2} | 1,25 | |
| peso specifico | ρ | 78,50 | kN/mc |
| modulo elastico | E | 210000 | MPa |
| modulo di elasticità trasversale $G = E / (2 \times (1+\nu))$ | G | 80769 | MPa |
| coeff. di Poisson | ν | 0,30 | |
| coeff. espansione termica lineare | α | 12×10^{-6} | °C ⁻¹ |
| resistenza caratteristica a snervamento | f_{yk} | 275,00 | MPa |
| resistenza caratteristica a rottura | f_{tk} | 430,00 | MPa |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 17 di 439 |

3.3.3 Acciaio S355

| | | | |
|--|----------------------|---------------------|------------------|
| coeff. parziale per la resistenza delle sezioni | γ_{M0} | 1,05 | |
| coeff. parziale per la resistenza all'instabilità | γ_{M1} | 1,05 | |
| coeff. parziale per la resistenza all'instabilità negli elementi dei ponti | $\gamma_{M1, ponti}$ | 1,10 | |
| coeff. parziale per la resistenza delle sezioni tese con fori | γ_{M2} | 1,25 | |
| peso specifico | ρ | 78,50 | kN/mc |
| modulo elastico | E | 210000 | MPa |
| modulo di elasticità trasversale $G = E / (2 \times (1 + \nu))$ | G | 80769 | MPa |
| coeff. di Poisson | ν | 0,30 | |
| coeff. espansione termica lineare | α | 12×10^{-6} | °C ⁻¹ |
| resistenza caratteristica a snervamento | f_{yk} | 355,00 | MPa |
| resistenza caratteristica a rottura | f_{tk} | 510,00 | MPa |

3.3.4 Acciaio B450C

| | | | |
|--|-------------------------------------|--------|-----|
| coeff. parziale per le resistenze SLU | γ_M | 1,15 | |
| resistenza caratteristica a snervamento $f_{yk} \geq f_{y,nom}$ | f_{yk} | 450,00 | MPa |
| resistenza caratteristica a rottura $f_{tk} \geq f_{t,nom}$ | f_{tk} | 540,00 | MPa |
| rapporto $(f_t / f_y)_k$ | $1,15 \leq (f_t / f_y)_k \leq 1,35$ | | |
| rapporto $(f_y / f_{y,nom})_k$ | $(f_y / f_{y,nom})_k \leq 1,25$ | | |
| allungamento $(A_{gt})_k$ | $(A_{gt})_k \geq 7,50 \%$ | | |

3.4 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE

3.4.1 Calcestruzzo C25/30

| | | | |
|--|----------------------------------|---------------------|------------------|
| resistenza cubica caratteristica a compressione | R_{ck} | 30,00 | MPa |
| peso specifico calcestruzzo armato | ρ | 25,00 | kN/mc |
| coeff. espansione termica lineare | α | 10×10^{-6} | °C ⁻¹ |
| coeff. di Poisson per calcestruzzo fessurato = 0 per calcestruzzo non fessurato = 0,20 | ν_{fess} $\nu_{non fess}$ | 0,00 0,20 | |
| modulo elastico secante $E_{cm} = 22000 \times (f_{cm} / 10)^{0,3}$ | E_{cm} | 31447 | MPa |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 18 di 439 |

| | | | |
|--|----------------|-------|-----|
| resistenza cilindrica caratteristica a compressione $f_{ck} = 0,83 \times R_{ck}$ | f_{ck} | 24,90 | MPa |
| resistenza cilindrica media a compressione $f_{cm} = f_{ck} + 8$ | f_{cm} | 32,90 | MPa |
| coeff. parziale per resistenze SLU | γ_M | 1,50 | |
| coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata | α_{cc} | 0,85 | |
| resistenza media a trazione assiale per $R_{ck} \leq 60$ MPa $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3}$ per $R_{ck} > 60$ MPa $f_{ctm} = 2,12 \times \ln(1 + f_{cm} / 10)$ | f_{ctm} | 2,56 | MPa |
| resistenza media a trazione per flessione $f_{ctm} = 1,2 \times f_{ctm}$ | f_{ctm} | 3,07 | MPa |
| resistenza caratteristica a trazione frattile 5% $f_{ctk,0.05} = 0,7 \times f_{ctm}$ | $f_{ctk,0.05}$ | 1,79 | MPa |
| resistenza caratteristica a trazione frattile 95% $f_{ctk,0.95} = 1,3 \times f_{ctm}$ | $f_{ctk,0.95}$ | 3,33 | MPa |

3.5 CALCESTRUZZO ALLEGGERITO

Per solette collaboranti su solai lignei è stato considerato un calcestruzzo alleggerito avente le seguenti caratteristiche:

3.5.1 Calcestruzzo alleggerito LC 30/33 D1,7

| | | | |
|--|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|
| resistenza cubica caratteristica a compressione | R_{Lck} | 33,00 | MPa |
| peso specifico calcestruzzo armato | ρ_{cls} | 18,50 | kN/mc |
| coeff. espansione termica lineare | α | 10×10^{-6} | $^{\circ}\text{C}^{-1}$ |
| coeff. di Poisson per calcestruzzo fessurato = 0 per calcestruzzo non fessurato = 0,20 | ν_{fess} $\nu_{non\ fess}$ | 0,00 0,20 | |
| valore limite sup. della massa per classe di appartenenza | ρ_{sup} | 17,00 | kN/mc |
| coeff. $\eta_E = (\rho_{sup} / 22)^2$ | η_E | 0,60 | |
| modulo elastico secante $E_{Lcm} = 22000 \times (f_{Lcm} / 10)^{0,3} \times \eta_E$ | E_{Lcm} | 19607 | MPa |
| resistenza cilindrica caratteristica a compressione $f_{Lck} = 0,83 \times R_{Lck}$ | f_{Lck} | 30,00 | MPa |
| resistenza cilindrica media a compressione $f_{Lcm} = f_{Lck} + 8$ | f_{Lcm} | 38,00 | MPa |
| coeff. parziale per resistenze SLU | γ_M | 1,50 | |
| coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata | α_{cc} | 0,85 | |
| coeff. $\eta_1 = 0,40 + 0,60 \times \rho_{sup} / 22$ | η_1 | 0,86 | |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 19 di 439 |

| | | | |
|--|-----------------|------|-----|
| resistenza media a trazione assiale per classe \leq LC 50/55 $f_{Lctm} = 0,30 \times f_{Lck}^{2/3} \times \eta_1$ per classe $>$ LC 50/55 $f_{Lctm} = 2,12 \times \ln(1 + f_{Lcm} / 10) \times \eta_1$ | f_{Lctm} | 2,50 | MPa |
| resistenza media a trazione per flessione $f_{Lcfm} = 1,2 \times f_{Lctm}$ | f_{Lcfm} | 3,00 | MPa |
| resistenza caratteristica a trazione frattile 5% $f_{Lctk,0.05} = 0,7 \times f_{Lctm}$ | $f_{Lctk,0.05}$ | 1,75 | MPa |
| resistenza caratteristica a trazione frattile 95% $f_{Lctk,0.95} = 1,3 \times f_{Lctm}$ | $f_{Lctk,0.95}$ | 3,25 | MPa |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 20 di 439 |

4 AZIONI SULLE STRUTTURE

4.1 AZIONI SULLE STRUTTURE

4.1.1 Carichi permanenti

I carichi permanenti sono stati calcolati a partire dai seguenti pesi specifici o di superficie:

| | | | | |
|--|---------------------------|---|------|--------------------|
| Legno strutture | ρ_{legno} | = | 600 | daN/m ³ |
| Acciaio strutture | ρ_{acciaio} | = | 7850 | daN/m ³ |
| Acciaio inox strutture | $\rho_{\text{acc inox}}$ | = | 8000 | daN/m ³ |
| Calcestruzzo armato | ρ_{cls} | = | 2500 | daN/m ³ |
| Calcestruzzo alleggerito armato D1,7 | $\rho_{\text{cls_D1,7}}$ | = | 1850 | daN/m ³ |
| Massetto non strutturale in malta a base calce | ρ_{mass} | = | 1900 | daN/m ³ |
| Pavimento in terrazzo alla veneziana (esistente o di nuova realizzazione) | | | 160 | daN/m ² |
| Pacchetto pavimento a calpestio A.08, A.09, A.10 (nuovo pavimento in legno su sottofondo esistente) | | | 254 | daN/m ² |
| Pacchetto pavimento piano aggiunto (pavimento in legno su massetto in cls alleggerito) | | | 73 | daN/m ² |
| Pavimento in pietra pianerottoli ascensore | | | 95 | daN/m ² |
| Divisori interni in cartongesso | | | 50 | daN/m ² |
| Controsoffitto in cartongesso (*) | | | 40 | daN/m ² |
| Controsoffitto in canne e gesso | | | 45 | daN/m ² |
| Rivestimento in materiale tipo Kerlite | | | 8 | daN/m ² |
| Peso pacchetto copertura | | | 75 | daN/m ² |
| Peso pianelle in cotto sp. 3 cm | | | 54 | daN/m ² |
| Peso listelli (8x8cm passo 30cm) | | | 15 | daN/m ² |

(*) I controsoffitti del piano nobile, vista la varietà di tipologia e spessore, sono specificati nei singoli paragrafi di verifica.

4.1.2 Carichi di esercizio

Considerate le destinazioni d'uso e l'esigenza di rendere comunque fruibili per il futuro gli ambienti del piano ammezzato come spazi ad uso museale, per le verifiche sono stati considerati i seguenti carichi di esercizio:

- Volte a calpestio del piano terra: categoria B2 (uffici aperti al pubblico): cfr tabella seguente;
- Solai a calpestio del piano ammezzato e nobile: categoria C3 (ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone): cfr tabella seguente;
- Solai a calpestio del piano aggiunto: categoria E1 (biblioteche, magazzini, archivi, depositi, con $q_k = 6,00$ kN/mq): cfr tabella seguente;



| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 21 di 439 |

- Controsoffitti a soffitto del piano nobile e passerelle di sottotetto: categoria H1 (coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione): cfr tabella seguente;
- Carico neve al suolo: 150 daN/mq;

| Cat. | Ambienti | q_k [kN/m ²] | Q_k [kN] | H_k [kN/m] |
|--|--|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| A | Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento) | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| B | Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico | 2,00 3,00 | 2,00 2,00 | 1,00 1,00 |
| C | Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune | 3,00 4,00 5,00 | 2,00 4,00 5,00 | 1,00 2,00 3,00 |
| D | Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie... | 4,00 5,00 | 4,00 5,00 | 2,00 2,00 |
| E | Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso | ≥ 6,00 — | 6,00 — | 1,00* — |
| F-G | Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso | 2,50 — | 2 x 10,00 — | 1,00** — |
| H | Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso | 0,50 — — | 1,20 — — | 1,00 — — |
| * non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati | | | | |
| ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso | | | | |

Figura 4.1: NTC 2008: tabella 3.1.II: valori dei carichi di esercizio per le diverse categorie di edificio, con indicazione dei carichi di esercizio considerati per le verifiche oggetto della presente relazione

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 22 di 439 |

5 VERIFICA DELLE STRUTTURE ESISTENTI: STATO DI FATTO E DI PROGETTO

5.1 VOLTE IN MURATURA

Le uniche volte in muratura di mattoni pieni dell'edificio ottocentesco sono presenti a soffitto dei due vani interrati posti sotto gli ambienti T.03 e T.06.a, lungo corso Palladio.

Poiché i locali del piano terra – un tempo adibiti a negozio (T.06.a) e bar (T.03) - sono destinati dal progetto ad ospitare il nuovo ufficio di informazioni turistiche (IAT), le volte sono state verificate, sia nello stato di fatto che in quello di progetto, per un carico di esercizio di categoria B2 (uffici aperti al pubblico).

I rilievi delle due volte in esame sono stati condotti a cura di Expin srl nell'ambito delle due campagne di indagine, limitando il rilievo della geometria all'estradosso a limitati saggi localizzati attraverso il pavimento, senza dunque avere la possibilità di rilevare in modo esteso ed accurato l'eventuale presenza di frenelli, costolature o ringrossi esistenti.

Si sottolinea dunque la necessità di procedere durante le fasi iniziali del cantiere ad un rilievo un più esteso dell'estradosso delle volte, con rimozione degli strati pavimentali sovrapposti e del sottostante riempimento al fine di consentire un rilievo visivo diretto della struttura muraria, oltre che un'ulteriore controllo mirato dei relativi spessori. Le verifiche sotto riportate dovranno quindi essere aggiornate – laddove necessario – tenendo conto degli esiti degli ulteriori rilievi, allo scopo di validare le ipotesi di progetto assunte in questa sede.

5.1.1 Verifica della volta a pavimento del locale T.03 (soffitto I.01): stato di fatto

La volta a botte a pavimento del locale T.03, di spessore 25 cm (due teste) è stata rilevata a cura di Expin srl in occasione della campagna di indagini di maggio-agosto 2016. Come si è già detto, non è stato possibile rilevare l'esistenza di costolature o frenelli all'estradosso della volta.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 23 di 439 |

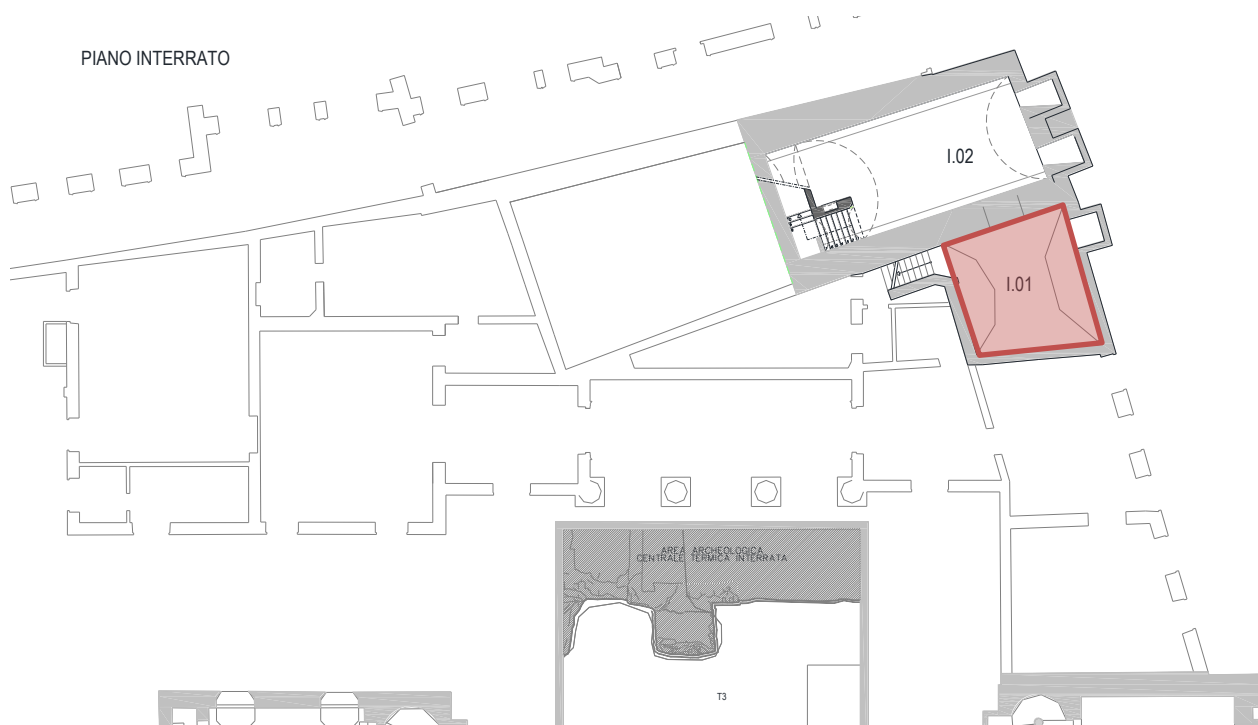
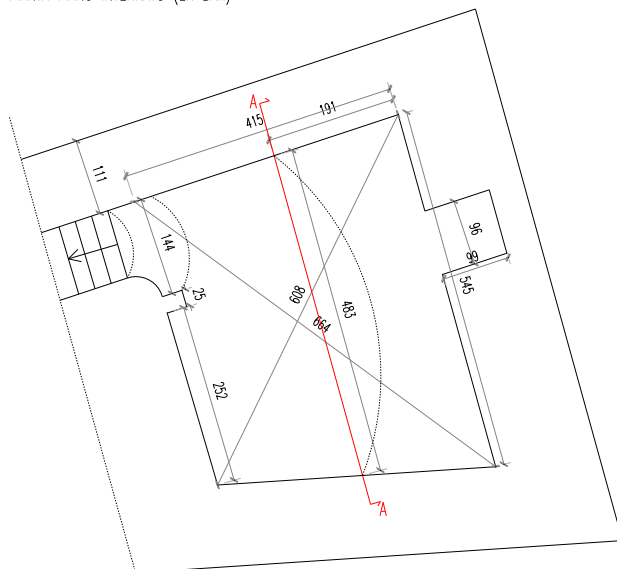


Figura 5.1: localizzazione della volta nella pianta del piano interrato

PIANTA PIANO INTERRATO (EX BAR)



SEZIONE A-A

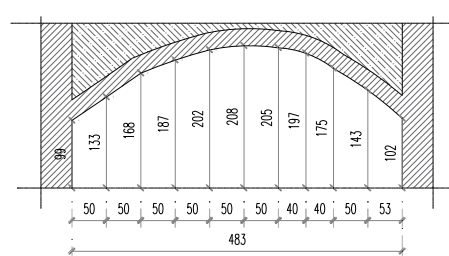


Figura 5.2: rilievo della volta (pianta e sezione) elaborato a cura di Expin srl.

La volta, in mattoni pieni di laterizio e malta a base di calce, è attualmente gravata dai seguenti carichi permanenti non strutturali (saggio eseguito in chiave della volta):

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 24 di 439 |

| | spessore [cm] | peso specifico [daN/mc] | carico a mq [daN/mq] |
|-----------------------|---------------|-------------------------|----------------------|
| Pavimento in marmo | 2 | 2300 | 46 |
| Massetto | 3 | 1900 | 57 |
| Pavimento in marmette | 1 | 2300 | 23 |
| Massetto | 1 | 1900 | 19 |
| Lastra in pietra | 7 | 2300 | 161 |

È inoltre presente un riempimento in materiale sciolto, dello spessore di 7 cm in corrispondenza della chiave della volta.

Il carico di esercizio (Q) per uffici aperti al pubblico risulta essere, secondo le vigenti NTC 2008, pari a:
 $q_{acc} = 300 \text{ daN/mq}$ (Cat. B2).

L'analisi della volta è stata effettuata applicando il teorema della plasticità nelle ipotesi di:

- assenza di scorrimenti tra i conci che costituiscono la volta;
- muratura non resistente a trazione;
- rottura per perdita di equilibrio tra le parti e non per schiacciamento del materiale.

Determinata la funicolare dei carichi, è stato calcolato il coefficiente geometrico di sicurezza α dato dal rapporto tra la metà dello spessore della volta e l'eccentricità massima dello sforzo normale.

Si è proceduto verificando una porzione di volta di larghezza pari ad un metro, secondo le configurazioni di carico indicate in seguito.

Per ogni configurazione di carico sono state valutate 3 combinazioni di carico:

- 1- Combinazione fondamentale, per gli Stati Limite Ultimi (STR): valutazione dello sforzo normale massimo per verificare la resistenza a schiacciamento dei conci dell'arco in muratura ($\sigma_{max} > f_d$);
- 2- Combinazione (EQU): utilizzata per la verifica della stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio come corpo rigido (assumendo secondo NTC 2008 un coefficiente di sicurezza corrispondente a $\alpha > 1$).
- 3- Combinazione rara: utilizzata per la Verifica della Stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico in accordo con l'impostazione di J. Heyman (assumendo un fattore geometrico di sicurezza $\alpha > 3$, valore usualmente considerato in letteratura e corrispondente alla condizione di funicolare dei carichi contenuta nel terzo medio della sezione).

Per ciascuna combinazione, i casi di carico considerati sono i seguenti:

- CASO 1: carichi permanenti + accidentale uniformemente distribuito in disposizione simmetrica;
- CASO 2: carichi permanenti + accidentale uniformemente distribuito in disposizione asimmetrica (lato sinistro);



| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 25 di 439 |

- CASO 3: carichi permanenti + accidentale uniformemente distribuito in disposizione asimmetrica (lato destro).
- CASO 4: carichi permanenti uniformemente distribuiti in modo simmetrico.

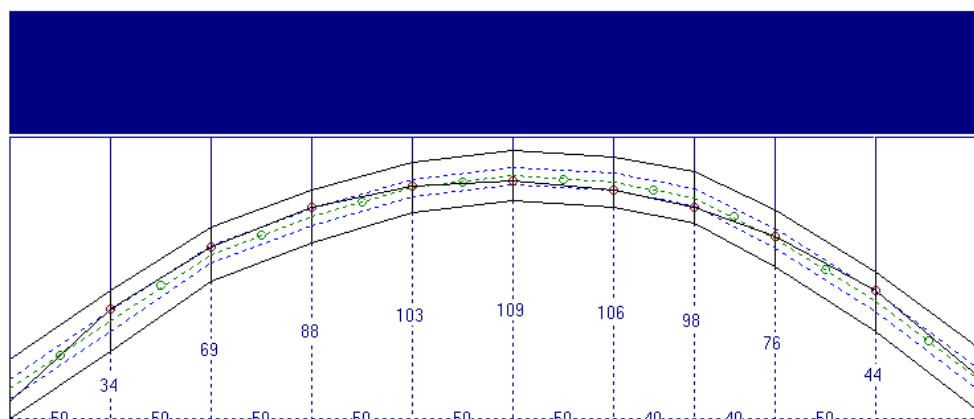


Figura 5.3: configurazione di carico CASO 1 - CASO 4

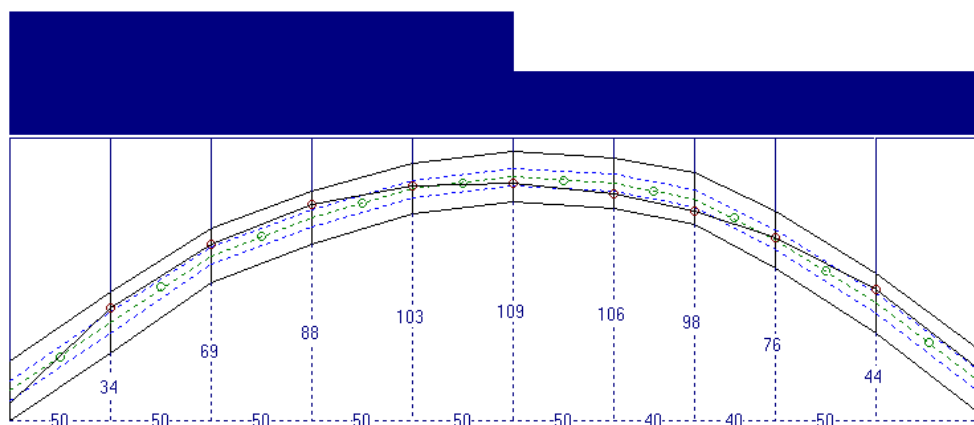


Figura 5.4: configurazione di carico CASO 2

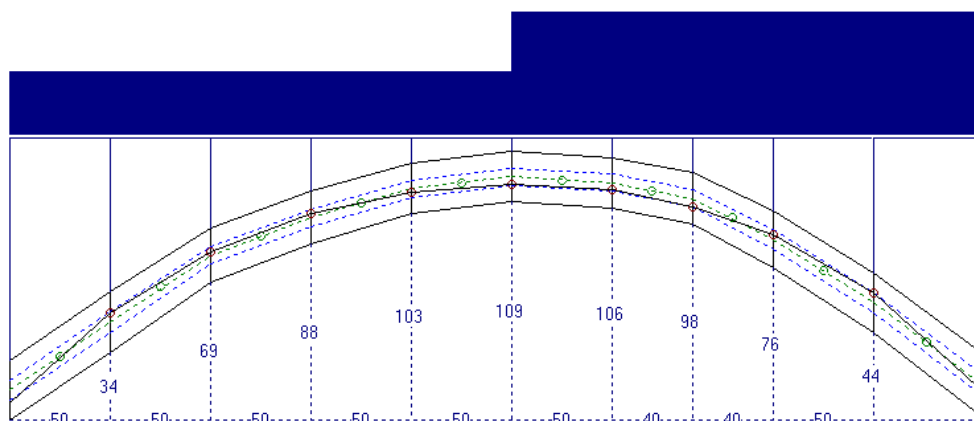


Figura 5.5: configurazione di carico CASO 3

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 26 di 439 |

5.1.1.1 Verifica dello schiacciamento della muratura allo stato limite ultimo

Per la muratura della volta, non essendo state eseguite indagini specialistiche in grado di fornire indicazioni in merito alle caratteristiche meccaniche della muratura, in accordo con le vigenti norme tecniche sulle costruzioni e con la relativa circolare esplicativa, è stato considerato quale valore di resistenza a compressione della muratura il valore minimo di tabella C8A.2.1 già riportato in precedenza nella presente relazione, applicando poi un coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma_M = 3$, un fattore di confidenza $FC = 1,35$ corrispondente ad un livello di conoscenza LC1 ed un coefficiente migliorativo 1,3 per presenza di connessioni trasversali (morse in mattoni).

Si ottiene dunque il seguente valore di calcolo per la resistenza a compressione della muratura:

$$f_{cd} = 1,3 \cdot f_m / (3 \cdot 1,35) = 1,3 \cdot 24 / (3 \cdot 1,35) = 7,70 \text{ kg/cmq}$$

Si riportano sinteticamente di seguito gli esiti della verifica nelle varie configurazioni di carico:

| Configurazione di carico | α | σ_{\max} [kg/cmq] | verifica soddisfatta |
|--------------------------|-----------|--------------------------|----------------------|
| CASO 1 | 2,654 > 1 | 5,88 < 7,70 (concio 1) | sì |
| CASO 2 | 1,933 > 1 | 6,49 < 7,70 (concio 1) | sì |
| CASO 3 | 3,162 > 1 | 4,76 < 7,70 (concio 1) | sì |
| CASO 4 | 2,364 > 1 | 5,15 < 7,70 (concio 1) | sì |

La verifica a schiacciamento della muratura della volta risulta dunque soddisfatta.

5.1.1.2 Verifica della stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio

Per la verifica della volta allo stato limite di equilibrio sono state considerate le tre configurazioni di carico nelle seguenti combinazioni:

CASO 1_1: $F_d = 1,1 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

CASO 1_2: $F_d = 0,9 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

CASO 2: $F_d = 0,9 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ a sinistra e $F_d = 0,9 \cdot G$ a destra

CASO 3: $F_d = 0,9 \cdot G$ a sinistra e $F_d = 0,9 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ a destra

CASO 4_1: $F_d = 0,9 \cdot G + 0,0 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

CASO 4_2: $F_d = 1,1 \cdot G + 0,0 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

ove Q = carico accidentale;

G = somma del peso proprio della volta e dei carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti.

Si riportano sinteticamente di seguito gli esiti della verifica nelle varie configurazioni e combinazioni di carico:

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 27 di 439 |

| Caso di carico: | α | verifica soddisfatta: |
|-----------------|-------------|-----------------------|
| CASO 1_1 | $2,719 > 1$ | sì |
| CASO 1_2 | $2,763 > 1$ | sì |
| CASO 2 | $1,671 > 1$ | sì |
| CASO 3 | $2,457 > 1$ | sì |
| CASO 4_1 | $2,303 > 1$ | sì |
| CASO 4_2 | $2,365 > 1$ | sì |

La verifica di stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio risulta dunque soddisfatta.

5.1.1.3 Verifica della stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico

Si riportano sinteticamente di seguito gli esiti della verifica nelle varie configurazioni di carico:

| Configurazione di carico | α | verifica | verifica soddisfatta |
|--------------------------|----------|----------|----------------------|
| CASO 1 | 2,60 | < 3 | no |
| CASO 2 | 2,013 | < 3 | no |
| CASO 3 | 3,271 | > 3 | sì |
| CASO 4 | 2.363 | < 3 | no |

La verifica della stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico risulta soddisfatta solamente nella configurazione di carico CASO 3.

5.1.2 Verifica della volta a pavimento del locale T.03 (soffitto I.01): stato di progetto

Si riportano di seguito le verifiche della volta tenendo conto del contributo dato da nuovi frenelli in muratura: in tale situazione la verifica può essere limitata alla porzione centrale dato che la volta in corrispondenza delle reni viene stabilizzata dai frenelli.

Si riporta di seguito le verifiche nello stato di progetto, nelle medesime combinazioni e nei medesimi casi di carico delle verifiche nello stato di fatto.

5.1.2.1 Verifica dello schiacciamento della muratura allo stato limite ultimo

Si riportano sinteticamente di seguito gli esiti della verifica nelle varie configurazioni di carico, tenuto conto del valore $f_{cd} = 1,3 \cdot f_m / (3 \cdot 1,35) = 1,3 \cdot 24 / (3 \cdot 1,35) = 7,70$ kg/cm² per la resistenza di calcolo a compressione della muratura.

| Configurazione di carico | α | σ_{max} [kg/cm ²] | verifica soddisfatta |
|--------------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|
| CASO 1 | $4.974 > 1$ | $5.17 < 7,70$ (concio 1) | sì |
| CASO 2 | $2.914 > 1$ | $4.90 < 7,70$ (concio 1) | sì |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 28 di 439 |

| | | | |
|--------|-------------|--------------------------|----|
| CASO 3 | $9.879 > 1$ | $4.01 < 7,70$ (concio 1) | sì |
| CASO 4 | $4.822 > 1$ | $3.79 < 7,70$ (concio 1) | sì |

La verifica a schiacciamento della muratura della volta risulta dunque soddisfatta.

5.1.2.2 Verifica della stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio

Per la verifica della volta allo stato limite di equilibrio sono state considerate le tre configurazioni di carico nelle seguenti combinazioni:

CASO 1_1: $F_d = 1,1 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

CASO 1_2: $F_d = 0,9 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

CASO 2: $F_d = 0,9 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ a sinistra e $F_d = 0,9 \cdot G$ a destra

CASO 3: $F_d = 0,9 \cdot G$ a sinistra e $F_d = 0,9 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ a destra

CASO 4_1: $F_d = 0,9 \cdot G + 0,0 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

CASO 4_2: $F_d = 1,1 \cdot G + 0,0 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

ove Q = carico accidentale;

G = somma del peso proprio della volta e dei carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti.

Si riportano sinteticamente di seguito gli esiti della verifica nelle varie configurazioni e combinazioni di carico:

| Caso di carico: | α | verifica soddisfatta: |
|-----------------|--------------|-----------------------|
| CASO 1_1 | $5.023 > 1$ | sì |
| CASO 1_2 | $5.084 > 1$ | sì |
| CASO 2 | $2.779 > 1$ | sì |
| CASO 3 | $10.882 > 1$ | sì |
| CASO 4_1 | $4.824 > 1$ | sì |
| CASO 4_2 | $4.823 > 1$ | sì |

La verifica di stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio risulta dunque soddisfatta.

5.1.2.3 Verifica della stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico

Si riportano sinteticamente di seguito gli esiti della verifica nelle varie configurazioni di carico:

| Configurazione di carico | α | verifica | verifica soddisfatta |
|--------------------------|-------------|----------|----------------------|
| CASO 1 | $4.931 > 3$ | > 3 | sì |
| CASO 2 | $3.239 > 3$ | > 3 | sì |
| CASO 3 | $8.701 > 3$ | > 3 | sì |
| CASO 4 | $4.822 > 3$ | > 3 | sì |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 29 di 439 |

La verifica della stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico risulta soddisfatta.

5.1.3 Verifica della volta a pavimento del locale T.06.a (soffitto I.02): stato di fatto

La volta a botte a pavimento del locale T.06.a è stata rilevata a cura di Expin srl in occasione della campagna di indagini di novembre-dicembre 2016. Come si è già detto, non è stato possibile rilevare l'esistenza di costolature o frenelli all'estradosso della volta. Dal saggio eseguito, la spessore della volta è risultato essere non inferiore a 25 cm (due teste), analogamente a quanto rilevato per la volta del locale interrato attiguo.

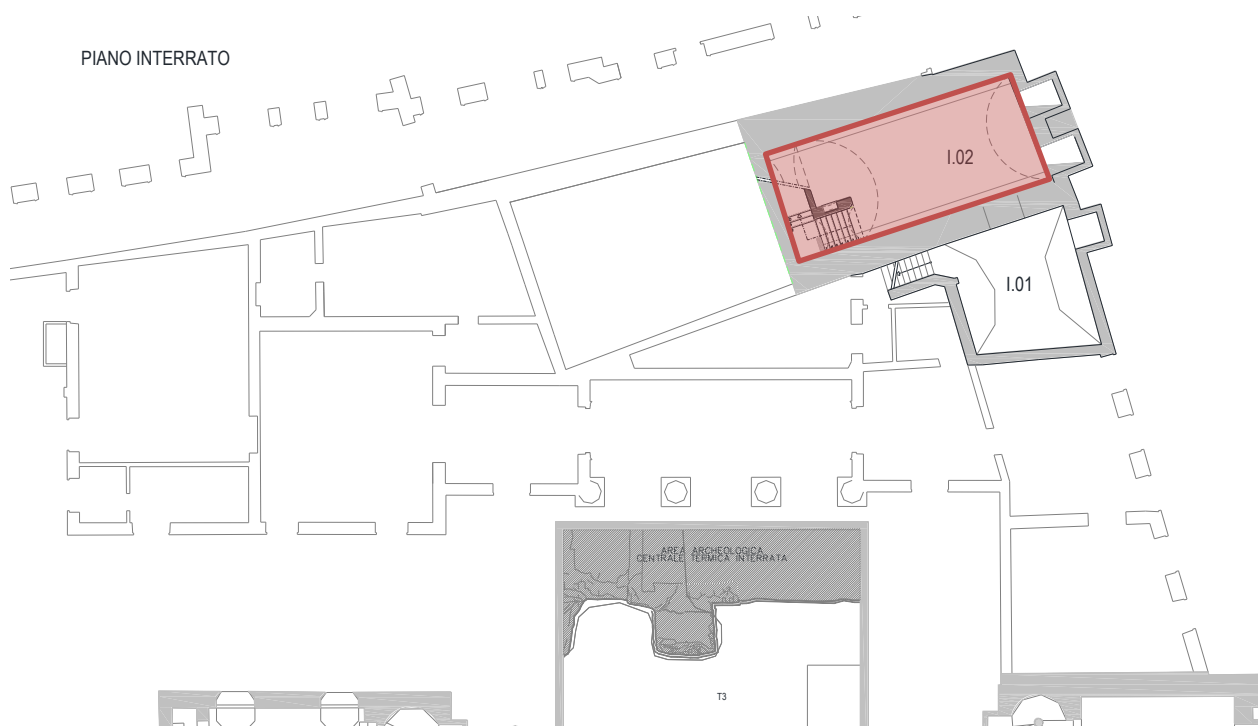


Figura 5.6: localizzazione della volta nella pianta del piano interrato

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 30 di 439 |

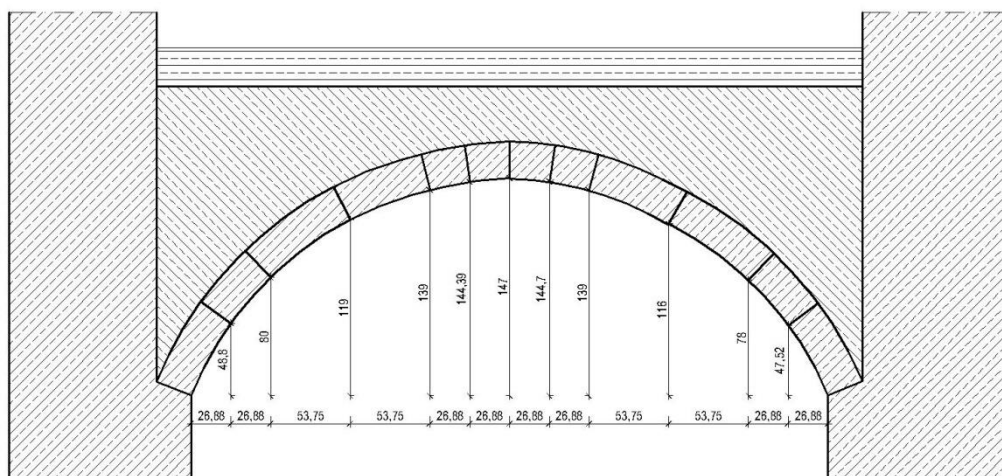


Figura 5.7: restituzione del rilievo della volta (sezione) elaborata a cura dello scrivente

La volta in mattoni pieni di laterizio e malta a base di calce, di spessore 25 cm, è attualmente gravata dai seguenti carichi permanenti non strutturali (saggio eseguito in chiave della volta):

| | spessore [cm] | peso specifico [daN/mc] | carico a mq [daN/mq] |
|-----------------------------|---------------|-------------------------|----------------------|
| Pavimento | 2 | 2300 | 46 |
| Massetto | 2 | 1900 | 38 |
| Pavimento in marmo | 3 | 2300 | 69 |
| Massetto | 6 | 1900 | 114 |
| Riempimento in terra | 7 | 1800 | 126 |
| Pavimento storico in pietra | 6 | 2300 | 138 |

È inoltre presente un riempimento in materiale sciolto, dello spessore di 37 cm in corrispondenza della chiave della volta.

Il carico di esercizio (Q) per uffici aperti al pubblico risulta essere, secondo le vigenti NTC 2008, pari a:
 $q_{acc} = 300 \text{ daN/mq}$ (Cat. B2).

L'analisi della volta è stata effettuata applicando il teorema della plasticità nelle ipotesi di:

- assenza di scorrimenti tra i conci che costituiscono la volta;
- muratura non resistente a trazione;
- rottura per perdita di equilibrio tra le parti e non per schiacciamento del materiale.

Determinata la funicolare dei carichi, è stato calcolato il coefficiente geometrico di sicurezza α dato dal rapporto tra la metà dello spessore della volta e l'eccentricità massima dello sforzo normale.

Si è proceduto verificando una porzione di volta di larghezza pari ad un metro, secondo le configurazioni di carico indicate in seguito.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 31 di 439 |

Per ogni configurazione di carico sono state valutate 3 combinazioni di carico:

- 1- Combinazione fondamentale, per gli Stati Limite Ultimi (STR): valutazione dello sforzo normale massimo per verificare la resistenza a schiacciamento dei conci dell'arco in muratura ($\sigma_{max} > f_d$);
- 2- Combinazione (EQU): utilizzata per la verifica della stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio come corpo rigido (assumendo secondo NTC 2008 un coefficiente di sicurezza corrispondente a $\alpha > 1$).
- 3- Combinazione rara: utilizzata per la Verifica della Stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico in accordo con l'impostazione di J. Heyman (assumendo un fattore geometrico di sicurezza $\alpha > 3$, valore usualmente considerato in letteratura e corrispondente alla condizione di funicolare dei carichi contenuta nel terzo medio della sezione).

Per ciascuna combinazione, i casi di carico considerati sono i seguenti:

- CASO 1: carichi permanenti + accidentale uniformemente distribuito in disposizione simmetrica;
- CASO 2: carichi permanenti + accidentale uniformemente distribuito in disposizione asimmetrica (lato sinistro);
- CASO 3: carichi permanenti + accidentale uniformemente distribuito in disposizione asimmetrica (lato destro);
- CASO 4: carichi permanenti uniformemente distribuiti in modo simmetrico.

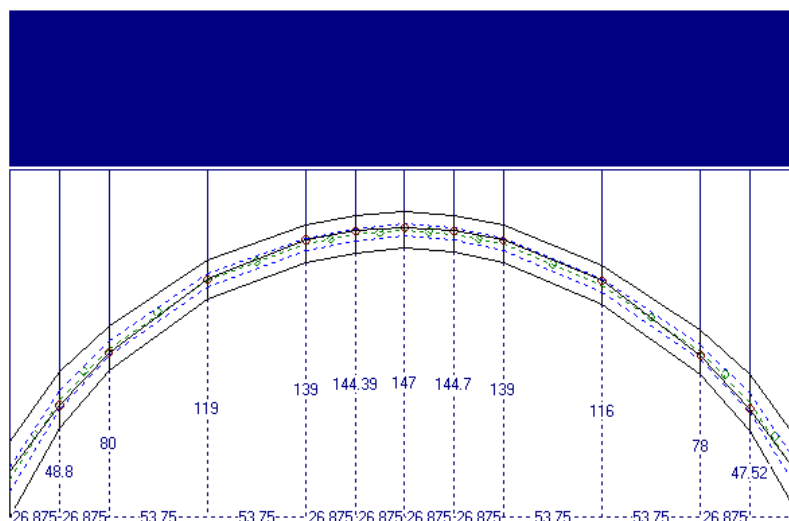


Figura 5.8: configurazione di carico CASO 1-CASO 4

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 32 di 439 |

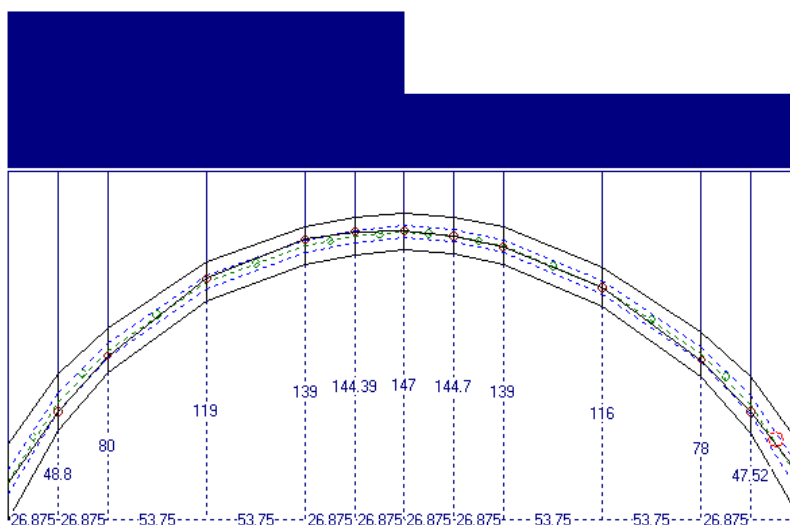


Figura 5.9: configurazione di carico CASO 2

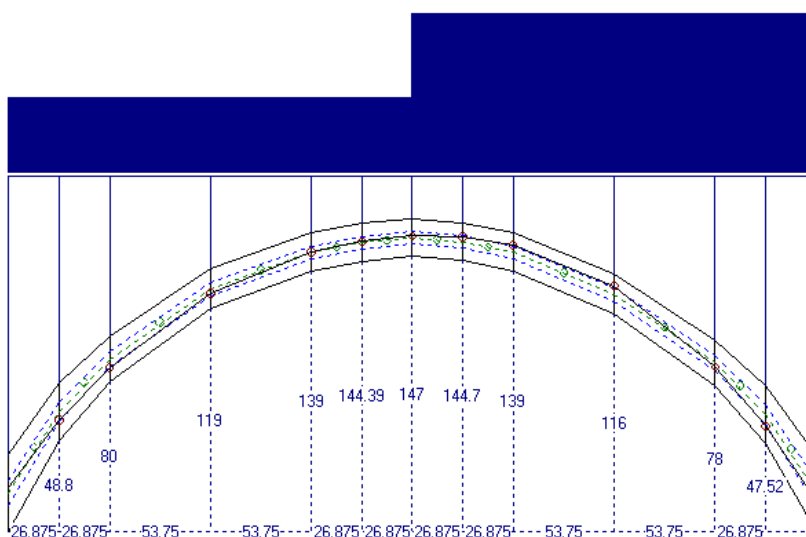


Figura 5.10: configurazione di carico CASO 3

5.1.3.1 Verifica dello schiacciamento della muratura allo stato limite ultimo

Per la muratura della volta, non essendo state eseguite indagini specialistiche in grado di fornire indicazioni in merito alle caratteristiche meccaniche della muratura, in accordo con le vigenti norme tecniche sulle costruzioni e con la relativa circolare esplicativa, è stato considerato quale valore di resistenza a compressione della muratura il valore minimo di tabella C8A.2.1 già riportato in precedenza nella presente relazione, applicando poi un coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma_M = 3$, un fattore di confidenza $FC = 1,35$ corrispondente ad un livello di conoscenza LC1 ed un coefficiente migliorativo 1,3 per presenza di connessioni trasversali (morse in mattoni).

Si ottiene dunque il seguente valore di calcolo per la resistenza a compressione della muratura:

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 33 di 439 |

$$f_{cd} = 1,3 \cdot f_m / (3 \cdot 1,35) = 1,3 \cdot 24 / (3 \cdot 1,35) = 7,70 \text{ kg/cm}^2$$

Si riportano sinteticamente di seguito gli esiti della verifica nelle varie configurazioni di carico:

| Configurazione di carico | α | σ_{max} [kg/cm ²] | verifica soddisfatta |
|--------------------------|-----------|--------------------------------------|----------------------|
| CASO 1 | 4.874 > 1 | 5.56 < 7,70 (concio 1) | sì |
| CASO 2 | 4.561 > 1 | 5.08 < 7,70 (concio 11) | sì |
| CASO 3 | 3.509 > 1 | 5.35 < 7,70 (concio 10) | sì |
| CASO 4 | 5.725 > 1 | 4.84 < 7,70 (concio 1) | sì |

La verifica a schiacciamento della muratura della volta risulta dunque soddisfatta.

5.1.3.2 Verifica della stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio

Per la verifica della volta allo stato limite di equilibrio sono state considerate le tre configurazioni di carico nelle seguenti combinazioni:

CASO 1_1: $F_d = 1,1 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

CASO 1_2: $F_d = 0,9 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

CASO 2: $F_d = 0,9 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ a sinistra e $F_d = 0,9 \cdot G$ a destra

CASO 3: $F_d = 0,9 \cdot G$ a sinistra e $F_d = 0,9 \cdot G + 1,5 \cdot Q$ a destra

CASO 4_1: $F_d = 0,9 \cdot G + 0,0 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

CASO 4_2: $F_d = 1,1 \cdot G + 0,0 \cdot Q$ uniformemente distribuito in modo simmetrico

ove Q = carico accidentale;

G = somma del peso proprio della volta e dei carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti.

Si riportano sinteticamente di seguito gli esiti della verifica nelle varie configurazioni e combinazioni di carico:

| Caso di carico: | α | verifica soddisfatta: |
|-----------------|-----------|-----------------------|
| CASO 1_1 | 4.739 > 1 | sì |
| CASO 1_2 | 4.580 > 1 | sì |
| CASO 2 | 3.473 > 1 | sì |
| CASO 3 | 3.027 > 1 | sì |
| CASO 4_1 | 5.722 > 1 | sì |
| CASO 4_2 | 5.724 > 1 | sì |

La verifica di stabilità della volta nei confronti dello stato limite di equilibrio risulta dunque soddisfatta.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 34 di 439 |

5.1.3.3 Verifica della stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico

Si riportano sinteticamente di seguito gli esiti della verifica nelle varie configurazioni di carico:

| Configurazione di carico | α | verifica | verifica soddisfatta |
|--------------------------|-----------|----------|----------------------|
| CASO 1 | 4.973 > 3 | > 3 | sì |
| CASO 2 | 4.452 > 3 | > 3 | sì |
| CASO 3 | 3.714 > 3 | > 3 | sì |
| CASO 4 | 5.718 > 3 | > 3 | sì |

La verifica della stabilità della volta secondo l'impostazione tradizionale del metodo plastico risulta soddisfatta.

5.2 SOLAI LIGNEI ESISTENTI: STATO DI FATTO

Le verifiche dei solai lignei esistenti nello stato di fatto sono state condotte considerando i carichi di esercizio di progetto e sulla scorta del rilievo geometrico dei solai condotto a cura di Expin srl grazie all'apertura di limitate finestre di ispezione tramite i controsoffitti esistenti, che per la maggior parte dei solai nascondevano alla vista le travi lignee.

Alla luce degli esiti delle indagini condotte da Expin srl per la classificazione a vista del legno, per la travi esistenti sono inoltre state assunte le caratteristiche meccaniche corrispondenti ad un legno di classe di resistente C20 secondo UNI EN 338/2016.

Si sottolinea dunque in questa sede la necessità di validare le ipotesi di verifica durante le fasi iniziali del cantiere, una volta completate le opere di rimozione dei controsoffitti esistenti e di sverniciatura delle travi lignee, in gran parte coperte da una vernice color crema.

In funzione dell'accurato rilievo di tutti le travi - sia dal punto di vista geometrico, che del degrado, che della classificazione a vista della classe di resistenza - dovranno dunque essere sostituite tutte quelle travi che dovessero risultare incompatibili con le verifiche per ragioni di minore sezione e/o classe di resistenza, oltre che, naturalmente, di insanabile degrado.

Vista la richiesta dell'arch. Alberti di garantire la massima flessibilità di destinazione d'uso dei solai, tutte le verifiche sono state condotte per un carico di esercizio di categoria C3 (ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, 500 kg/mq).

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 35 di 439 |

5.2.1 Solaio T.08

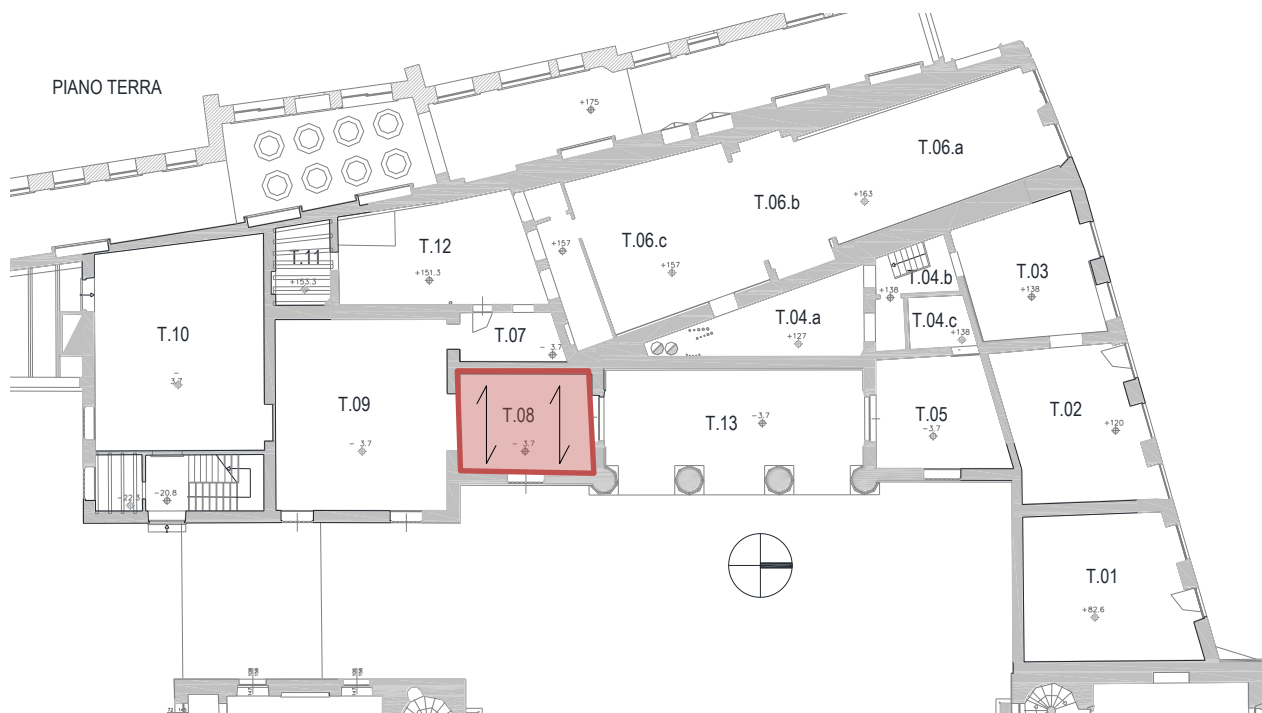


Figura 5.11 Localizzazione del solaio T.08 con relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 4.18 m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 13 | 15 | 46 | 4.18 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso travi esistenti 13x15cm i=46cm | G ₁ | 25 daN/mq |
| Peso tavolato | G ₁ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto nuovo pavimento in legno su sottofondo esistente) | G ₂ | 254 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 36 di 439 |

VERIFICHE SLU/SLE:

Verifica travi lignee secondo N.T.C. di cui al D.M. 14/01/2008

dati sezione e materiali

denominazione trave: T08

| | <i>B</i> | <i>H</i> | <i>inclinaz.</i> | <i>f_{m,d}</i> | <i>f_{v,d}</i> | <i>legno</i> | | |
|-------|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------|
| trave | 13 | 15 | 0°0 | 106.7 | 19.2 | C20 - massiccio | classe di servizio | 1 |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | media |

combinazioni e sollecitazioni

| | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|------------|-----------------|------------------|
| luce di calcolo | L | 418 | cm | |
| | | <i>SLU</i> | <i>SLE rara</i> | <i>SLE q. p.</i> |
| distribuito <i>q_d</i> | | 546.88 | 382.46 | 290.46 [kg/m] |
| conc. a L/2 <i>P_d</i> | | 0.00 | 0.00 | 0.00 [kg] |
| momento flettente | <i>M_{Ed,y}</i> | 119441 | kgcm | |
| | <i>M_{Ed,z}</i> | 0 | kgcm | |
| sollecitazione di taglio | <i>V_{Ed,y}</i> | 1143 | kg | |
| | <i>V_{Ed,z}</i> | 0 | kg | |

verifiche agli S.L.U.

| <i>σ_{my,d}</i> | <i>σ_{mz,d}</i> | <i>verifica</i> | <i>τ_{y,d}</i> | <i>τ_{z,d}</i> | <i>verifica</i> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| 245.0 | 0.0 | 2.30 | 8.8 | 0.0 | 0.46 |
| [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |

verifiche agli S.L.E.

| | <i>f_y</i> [cm] | <i>f_z</i> [cm] | <i>f_{TOT}</i> [cm] | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------|
| freccia istantanea | 0.0 | 4.4 | 4.4 | L / 95 |
| freccia finale | 0.0 | 6.4 | 6.4 | L / 65 |

Il solaio risulta non verificato sia per resistenza (flessione 2,30 > 1) che per deformabilità.

5.2.2 Solaio T.09

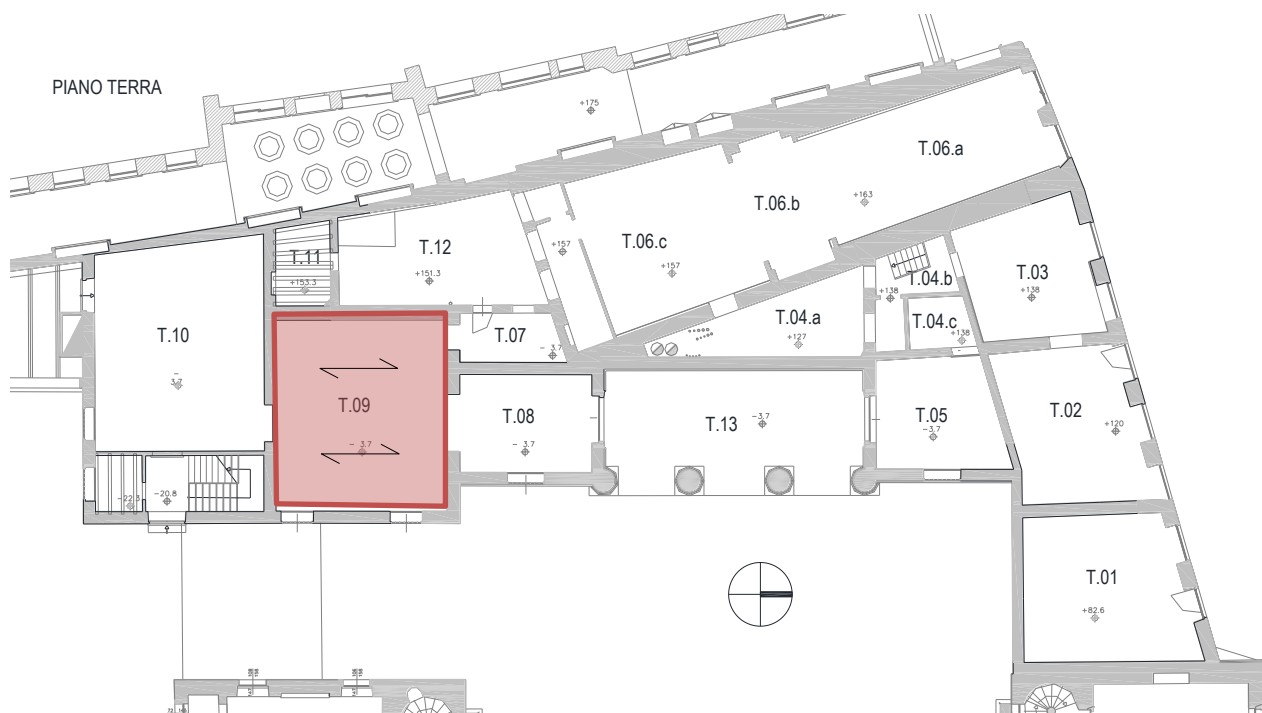


Figura 5.12 Localizzazione del solaio T.09 con relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

| | | |
|---|--|------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 37 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio si è considerata una luce pari a 7.12m, data dalla somma della luce netta massima del solaio (6.82m) e 0.15m per ogni appoggio: essendo l'appoggio reale pari a 30cm, la mezzzeria è il punto di applicazione della risultante.

$$L=6.82+0.15+0.15=7.12m$$

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 21 | 21 | 55 | 7.12 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso travi esistenti | G ₁ | 48 daN/mq |
| Peso tavolato | G ₁ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto nuovo pavimento in legno su sottofondo esistente) | G ₂ | 254 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

VERIFICHE SLU/SLE:

| Verifica travi lignee secondo N.T.C. di cui al D.M. 14/01/2008 | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|--|
| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
| denominazione trave: trave principale vano 1.01 | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 21 | 21 | 0°.0 | 106.7 | 19.2 | C20 - massiccio | classe di servizio | 1 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | media | |
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | | | | | | |
| luce di calcolo | | L | 712 | cm | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | |
| distribuito | q _d | 674.38 | 473.06 | 363.06 | [kg/m] | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 427340 | kgcm | | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 2401 | kg | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | | |
| <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | | | | | |
| | | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica | |
| | | 276.9 | 0.0 | 2.60 | | 8.2 | 0.0 | 0.43 | |
| | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | | | | | |
| | | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | | | | | |
| freccia istantanea | | 0.0 | 10.3 | 10.3 | L / 69 | | | | |
| freccia finale | | 0.0 | 15.0 | 15.0 | L / 47 | | | | |

Il solaio risulta non verificato sia per resistenza (flessione, 2.60>1.00) che per deformabilità.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 38 di 439 |

5.2.3 Solaio T.10

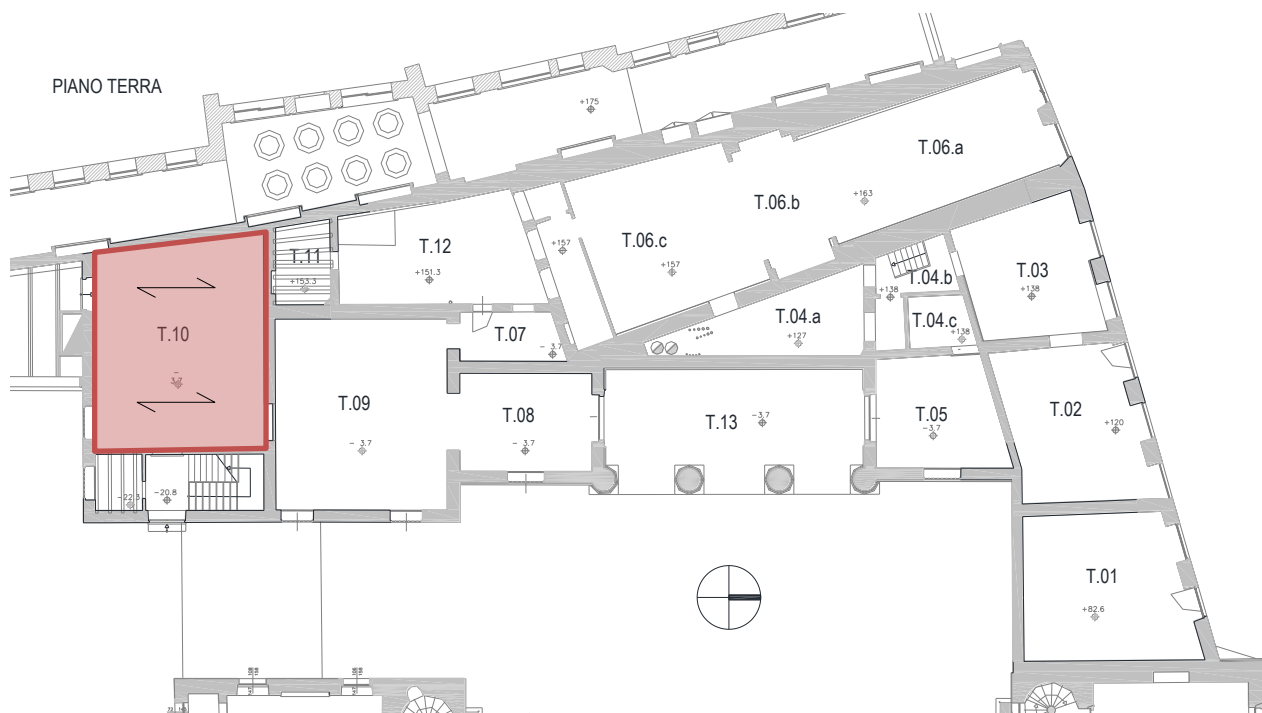


Figura 5.13 Localizzazione del solaio T.10 con relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 6.92 m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 20 | 55 | 6.92 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso travi esistenti 20x20cm i=55cm | G ₁ | 44 daN/mq |
| Peso tavolato | G ₁ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto nuovo pavimento in legno su sottofondo esistente) | G ₂ | 254 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 39 di 439 |

VERIFICHE SLU/SLE:

Verifica travi lignee secondo N.T.C. di cui al D.M. 14/01/2008

dati sezione e materiali

denominazione trave: trave principale vano 1.01

| | B | H | inclinaz. | $f_{m,d}$ | $f_{v,d}$ | legno | | |
|-------|----------|----------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|-------|
| trave | 20 | 20 | 0°0 | 106.7 | 19.2 | C20 - massiccio | classe di servizio | 1 |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | media |

combinazioni e sollecitazioni

| | | | |
|--------------------------|------------|-----------------|------------------|
| luce di calcolo | L | 712 | cm |
| | SLU | SLE rara | SLE q. p. |
| distribuito q_d | 671.18 | 470.60 | 360.60 [kg/m] |
| conc. a L/2 P_d | 0.00 | 0.00 | 0.00 [kg] |
| momento flettente | $M_{Ed,y}$ | 425313 | kgcm |
| | $M_{Ed,z}$ | 0 | kgcm |
| sollecitazione di taglio | $V_{Ed,y}$ | 2389 | kg |
| | $V_{Ed,z}$ | 0 | kg |

verifiche agli S.L.U.

| $\sigma_{m,y,d}$ | $\sigma_{m,z,d}$ | verifica | $\tau_{y,d}$ | $\tau_{z,d}$ | verifica |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| 319.0 | 0.0 | 2.99 | 9.0 | 0.0 | 0.47 |
| [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |

verifiche agli S.L.E.

| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------|
| freccia istantanea | 0.0 | 12.4 | 12.4 | L / 57 |
| freccia finale | 0.0 | 18.1 | 18.1 | L / 39 |

Il solaio risulta non verificato sia per resistenza (flessione, 2.99>1.00) che per deformabilità.

5.2.4 Solaio T.13

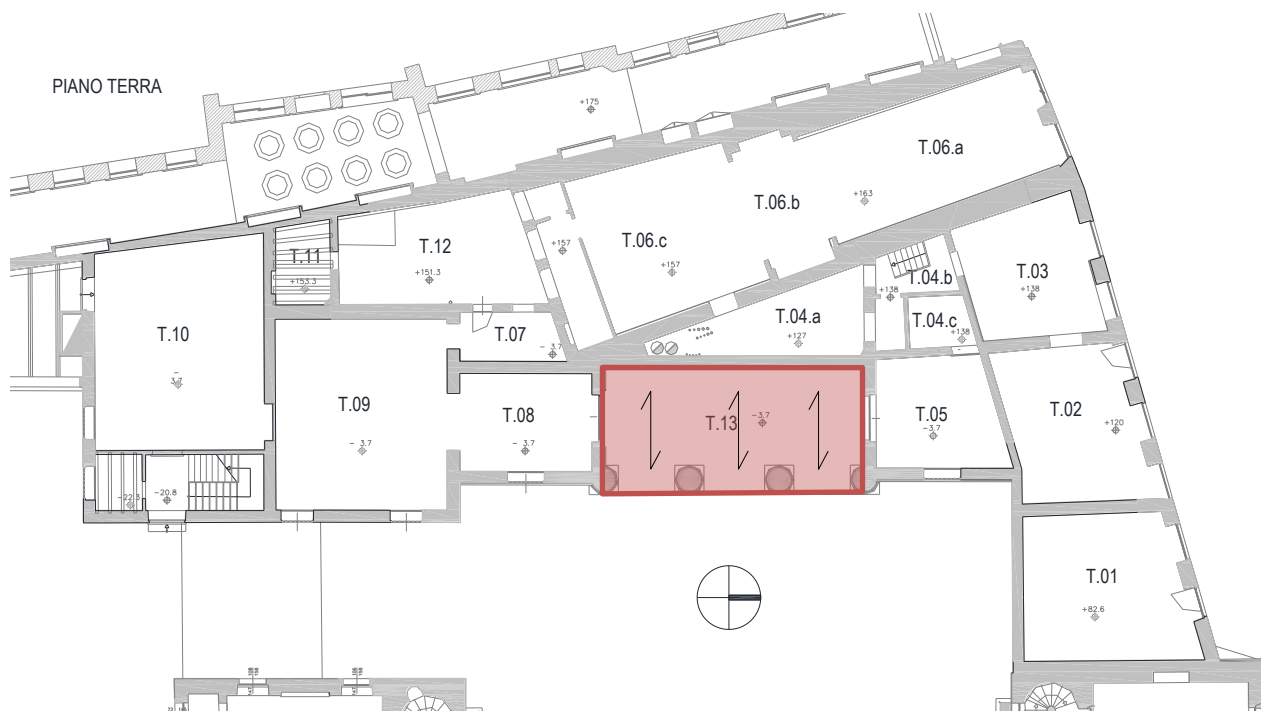


Figura 5.14 Localizzazione del solaio T.13 con relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 40 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 4.20 m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 13 | 15 | 45 | 4.20 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso travi esistenti 13x15cm i=45cm | G ₁ | 26 daN/mq |
| Peso tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato ncd (controsoffitto canne e gesso) | G _{2,nd} | 45 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

VERIFICHE SLU/SLE:

| Verifica travi lignee secondo N.T.C. di cui al D.M. 14/01/2008 | | | | | | | | | |
|--|----------------|--------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------|
| dati sezione e materiali | | | | | | | | | |
| denominazione trave: trave principale vano 1.01 | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | | | |
| trave | 13 | 15 | 0°0 | 106.7 | 19.2 | C20 - massiccio | classe di servizio | 1 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | media | |
| | | | | | | verifiche agli S.L.U. | | | |
| | | | | | | verifiche agli S.L.E. | | | |
| luce di calcolo | | | | | | L | 420 | cm | |
| | | | | | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | |
| distribuito | q _d | 487.22 | 337.05 | 247.05 | [kg/m] | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | | |
| momento flettente | | | | | | M _{Ed,y} | 107431 | kgcm | |
| | | | | | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | |
| sollecitazione di taglio | | | | | | V _{Ed,y} | 1023 | kg | |
| | | | | | | V _{Ed,z} | 0 | kg | |
| | | | | | | f _y [cm] | f _z [cm] | f _{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | | | | | | 0.0 | 3.9 | 3.9 | L / 106 |
| freccia finale | | | | | | 0.0 | 5.7 | 5.7 | L / 74 |

Il solaio risulta non verificato sia per resistenza (flessione 2,07 > 1) che per deformabilità.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 41 di 439 |

5.2.5 Solaio A.01

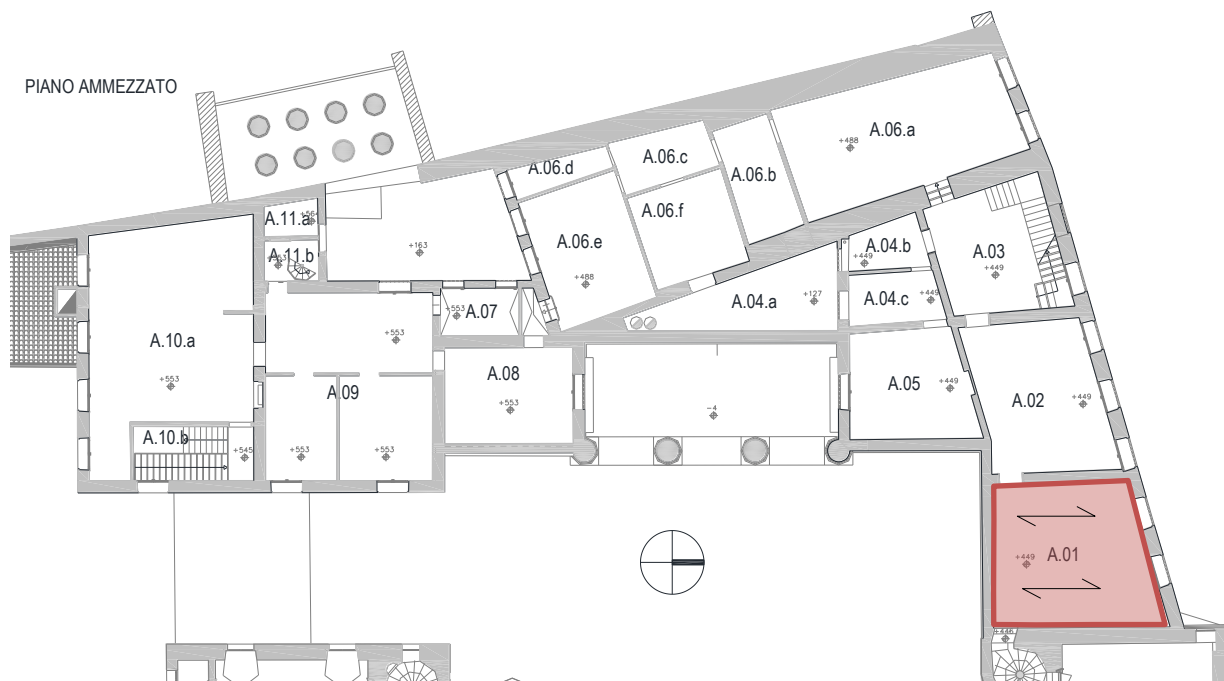


Figura 5.15 Localizzazione del solaio A.01 con direzione di tessitura delle travi secondarie del solaio nella condizione di stato di fatto

MODELLAZIONE:

Il modello presenta due livelli di orditura: travi secondarie in legno di sezione 13x15cm con interasse $i=47$ cm con direzione Nord-Sud e due travi rompitratta principali ortogonali alle travi secondarie, anch'esse in legno, di sezione b28xh40 cm.

Nel modello le travi portanti in legno sono state considerate in semplice appoggio.

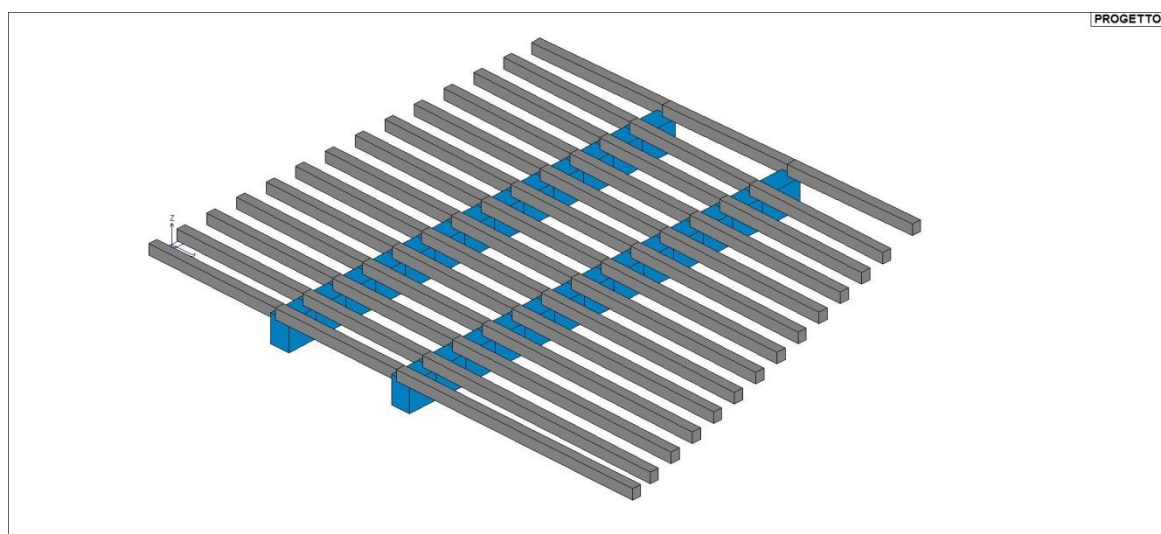


Figura 5.16 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi secondarie e rompitratta)

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 42 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo per la trave principale (rompitratta) pari a 6.23m.

| ID. | TRAVERE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Secondaria | Rettangolare | Legno C20 | 13 | 15 | 47 | max 3.67 | Semplice appoggio |
| 2 | Principale | Rettangolare | Legno C20 | 28 | 40 | 190 | max 6.23 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali (travi in legno) sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso del tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

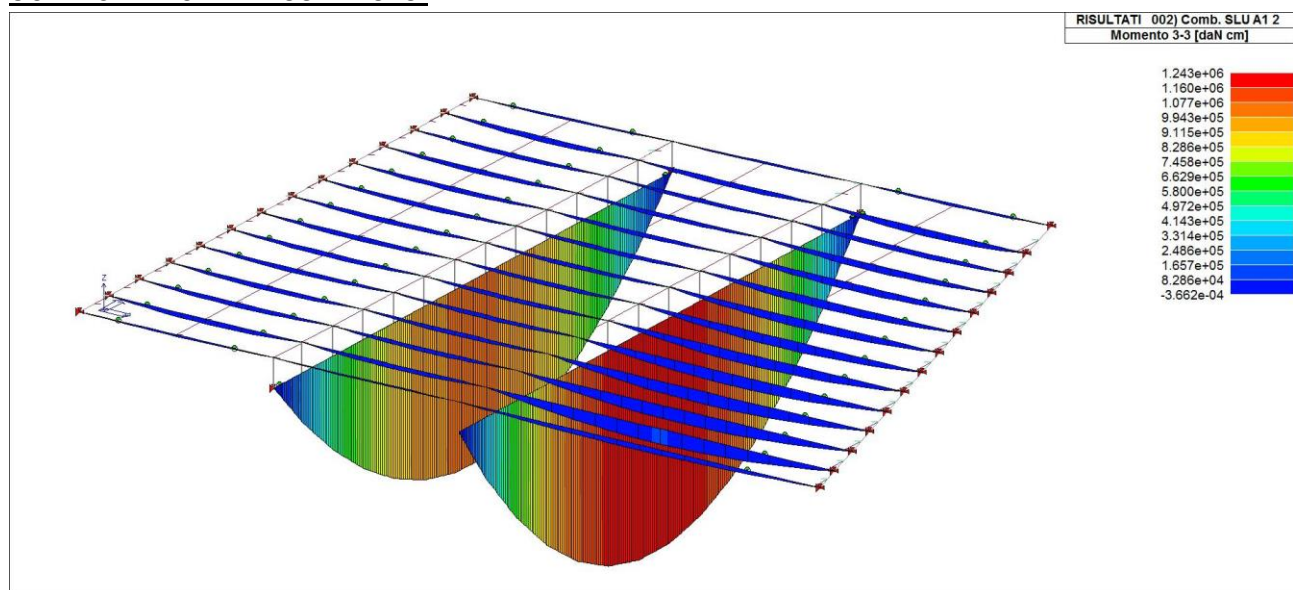


Figura 5.17 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

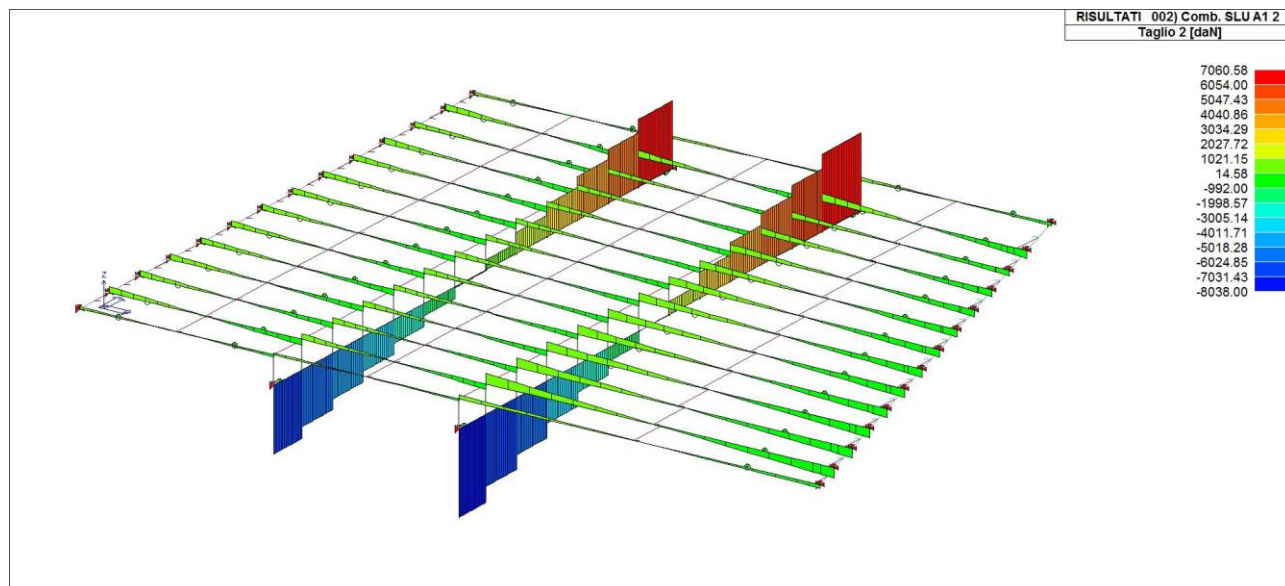


Figura 5.18 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

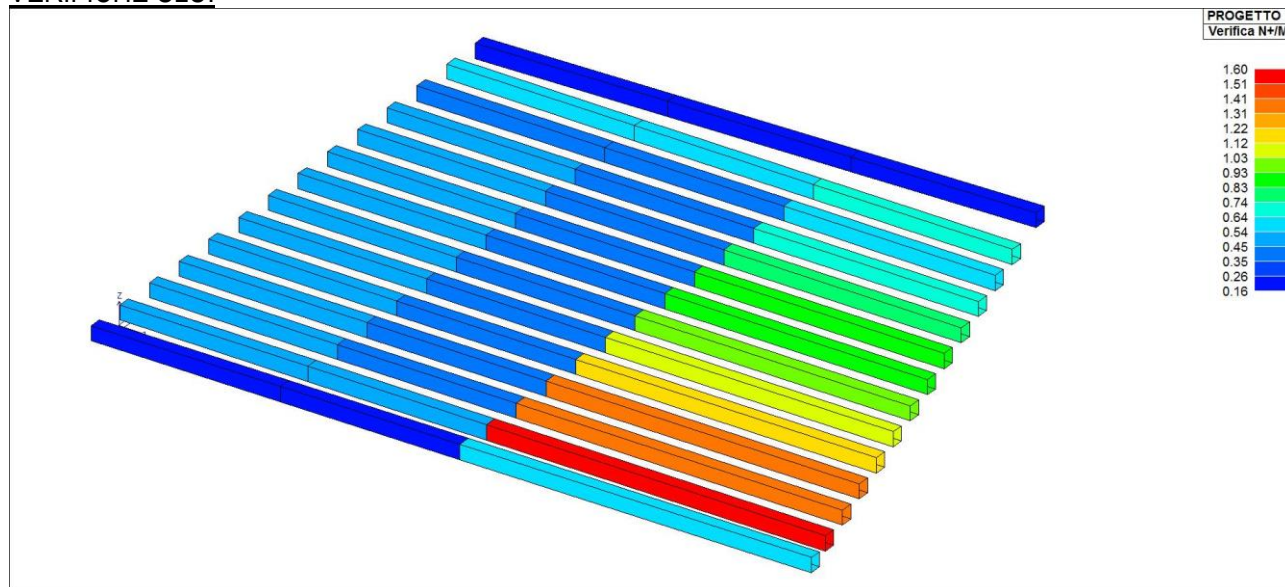


Figura 5.19 Verifica presso-flessione travi in legno secondarie – Verificato se <1

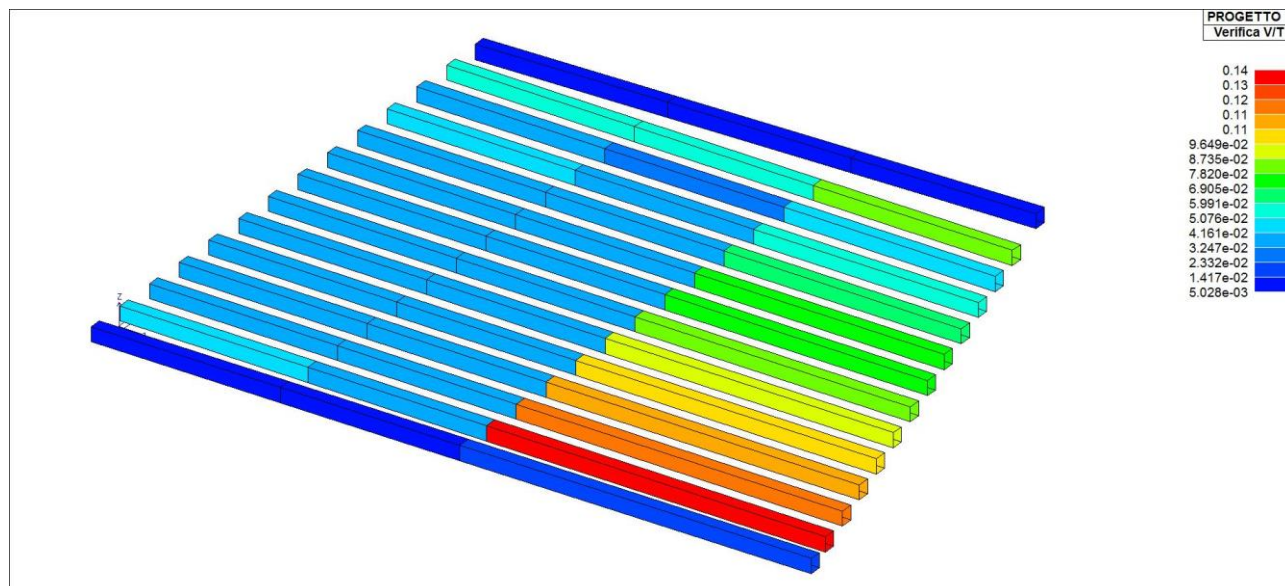


Figura 5.20 Verifica a taglio travi in legno secondarie - Verificato se <1

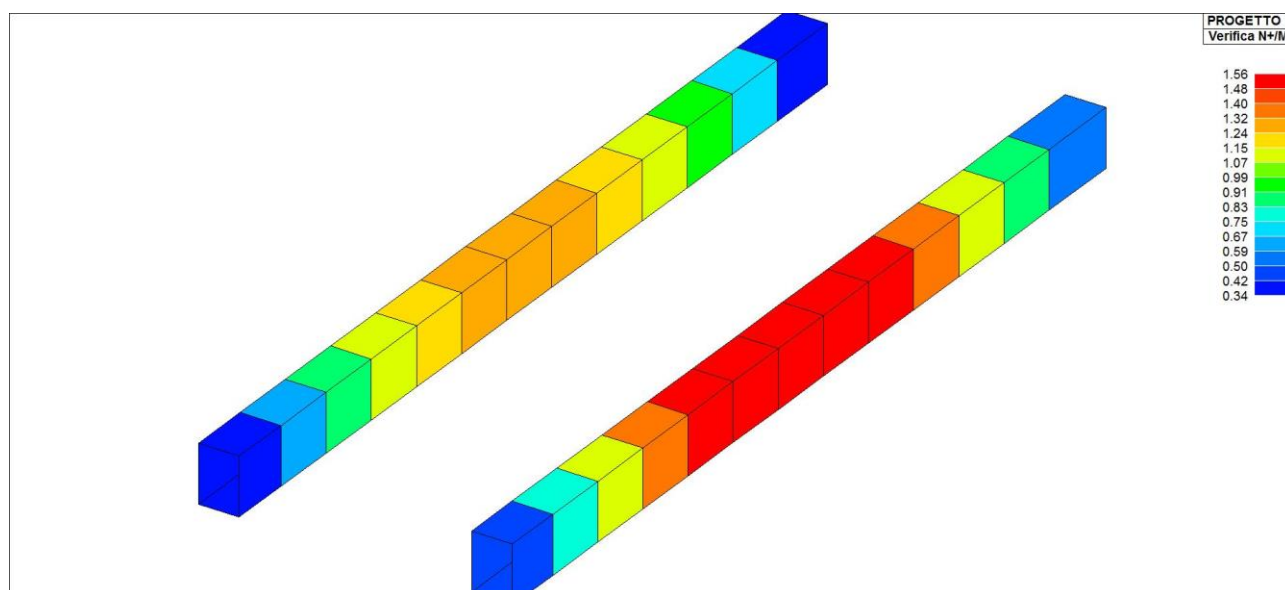


Figura 5.21 Verifica presso-flessione travi in legno principali – Verificato se <1

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 45 di 439 |

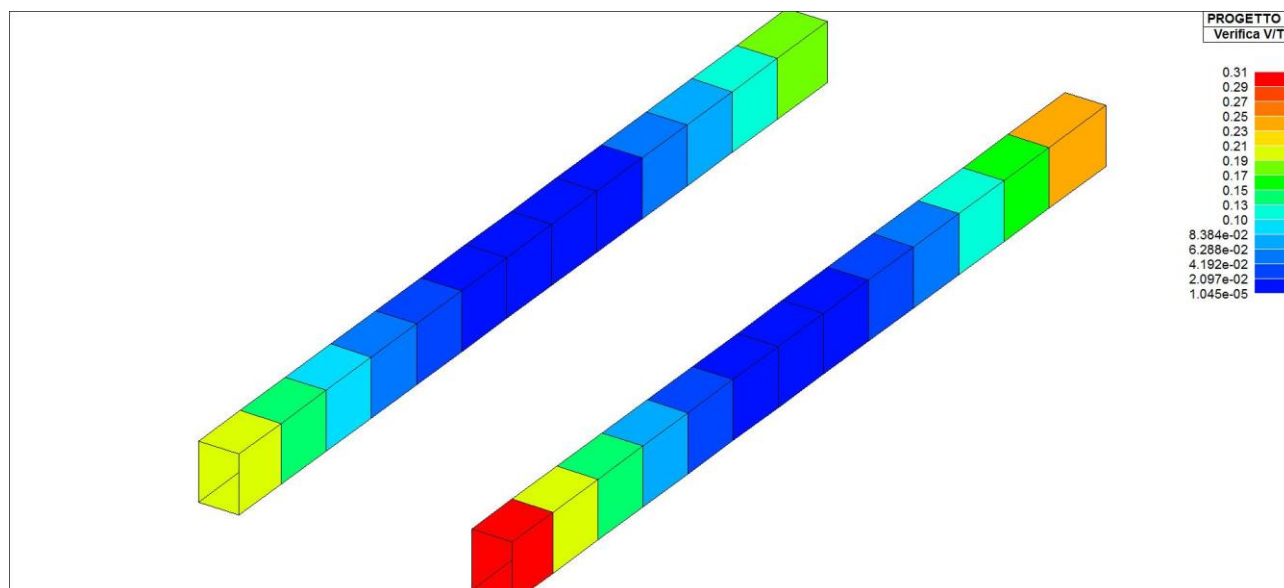


Figura 5.22 Verifica a taglio travi in legno principali - Verificato se <1

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|------|-------|----------------|
| TRAVI SECONDARIE | 160% | >100% | NON VERIFICATO |
| TRAVI PRINCIPALI | 156% | >100% | NON VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

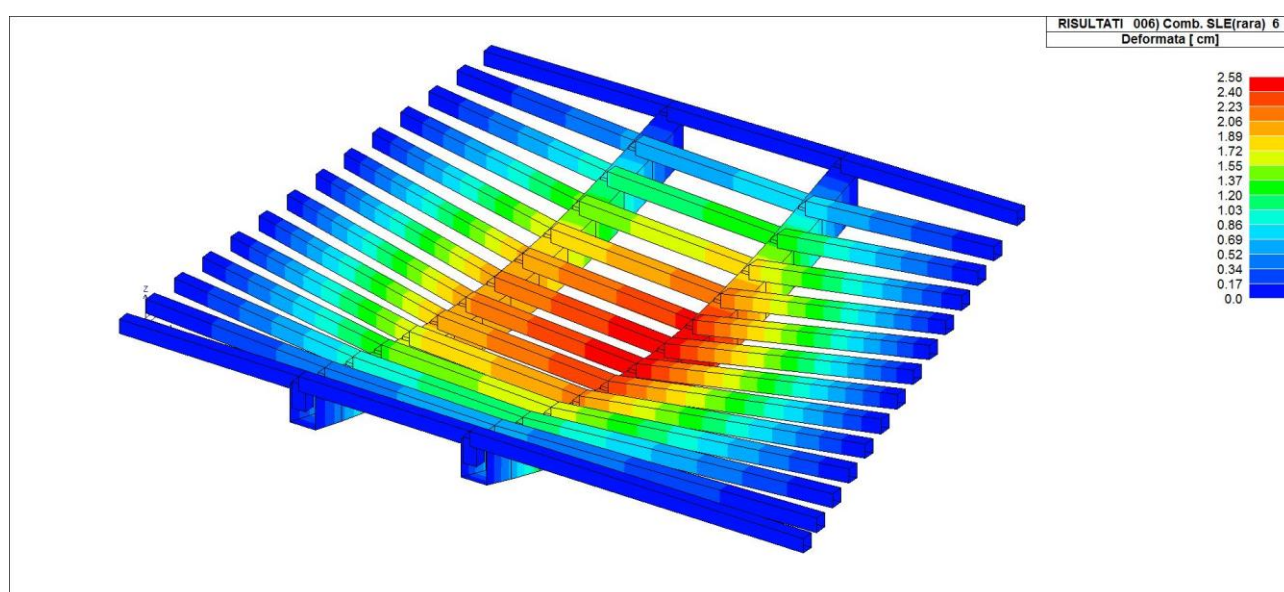


Figura 5.23 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 46 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=6.12m | | | | | | |
|--|------------|----------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 2 | Principale | SLE-RARA | 2.58 | L/237 | L/250 | No |

Il solaio risulta dunque non verificato sia per resistenza che per deformabilità.

5.2.6 Solaio A.02

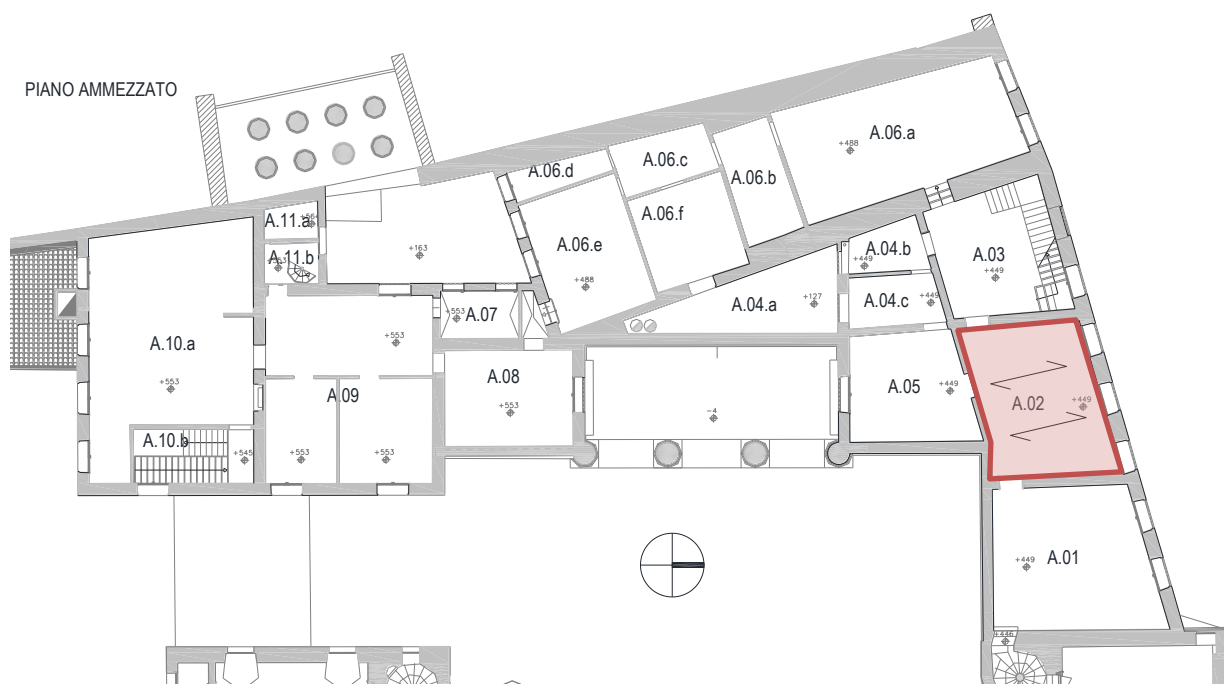


Figura 5.24 Localizzazione del solaio A.02 con relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 5.52 m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 15 | 17 | 47 | 5.52 | Semplice appoggio |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 47 di 439 |

CARICHI:

| | | |
|--|-------------------|-------------|
| Peso travi esistenti 15x17cm i=47cm | G ₁ | 32.5 daN/mq |
| Peso tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato ncd (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

VERIFICHE SLU/SLE:

| Verifica travi lignee secondo N.T.C. di cui al D.M. 14/01/2008 | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| dati sezione e materiali | | | | | | | | | |
| denominazione trave: trave principale vano 1.01 | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | | | |
| trave | 15 | 17 | 0°0 | 106.7 | 19.2 | C20 - massiccio | classe di servizio | 1 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | media | |
| combinazioni e sollecitazioni | | | | | | | | | |
| luce di calcolo | | L | 552 | cm | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | |
| distribuito | q _d | 509.35 | 352.76 | 258.76 | [kg/m] | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 194000 | kgcm | | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 1406 | kg | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | | |
| verifiche agli S.L.U. | | | | | | | | | |
| | σ _{my,d} | σ _{mz,d} | verifica | τ _{y,d} | τ _{z,d} | verifica | | | |
| | 268.5 | 0.0 | 2.52 | 8.3 | 0.0 | 0.43 | | | |
| | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | | |
| verifiche agli S.L.E. | | | | | | | | | |
| | f _y [cm] | f _z [cm] | f _{TOT} [cm] | | | | | | |
| freccia istantanea | 0.0 | 7.3 | 7.3 | L / 75 | | | | | |
| freccia finale | 0.0 | 10.5 | 10.5 | L / 52 | | | | | |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 48 di 439 |

5.2.7 Solaio A.03

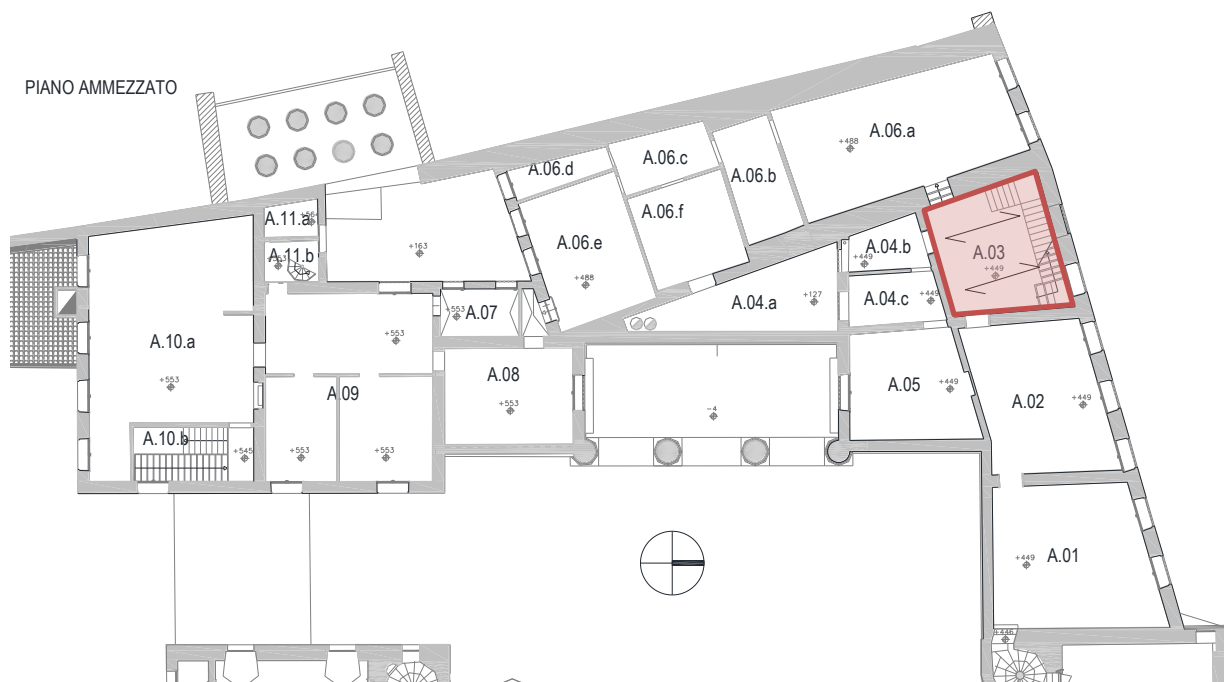


Figura 5.25 Localizzazione del solaio A.03 con relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

MODELLAZIONE:

Il solaio presenta due orditure di travi, le travi secondarie in legno di sezione 11x16cm con interasse $i=40\text{cm}$ con direzione Nord-Sud e un rompitratta centrale di sezione 28x29cm. Le travi secondarie sono continue in corrispondenza della trave centrale.

Vista la necessità di proseguire con il solaio per chiudere il foro lasciato libero dalla demolizione dell'attuale scala lungo il lato nord, si è provveduto a modellare l'intero solaio, per verificare la possibilità di conservare senza integrazioni la trave principale esistente.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 49 di 439 |

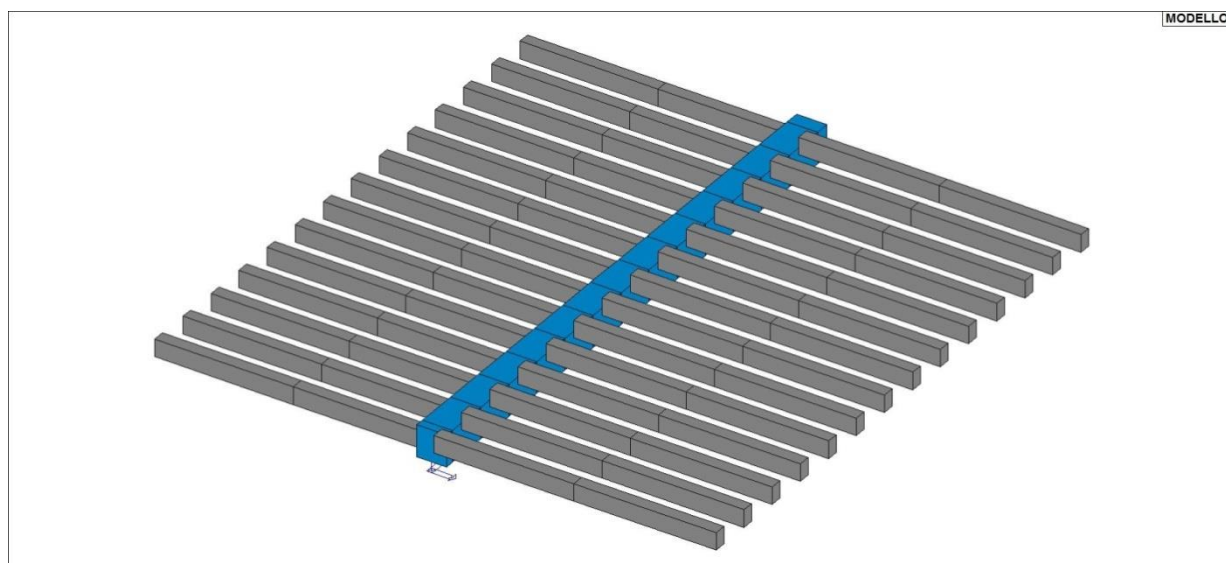


Figura 5.26 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi) nell'ipotesi di semplice integrazione della porzione nord del solaio (ora mancante) con travi secondarie in legno di sezione analoga a quelle esistenti

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo per le travi principali pari a 5.42 m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Secondaria | Rettangolare | Legno C20 | 11 | 16 | 40 | 1.78 | Continua |
| 2 | Principale | Rettangolare | Legno C20 | 28 | 29 | 80 | 5.41 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali (travi in legno) sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso del tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Peso parete in cartongesso (trave secondaria centrale) | G _{2,nd} | 254 daN/m |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

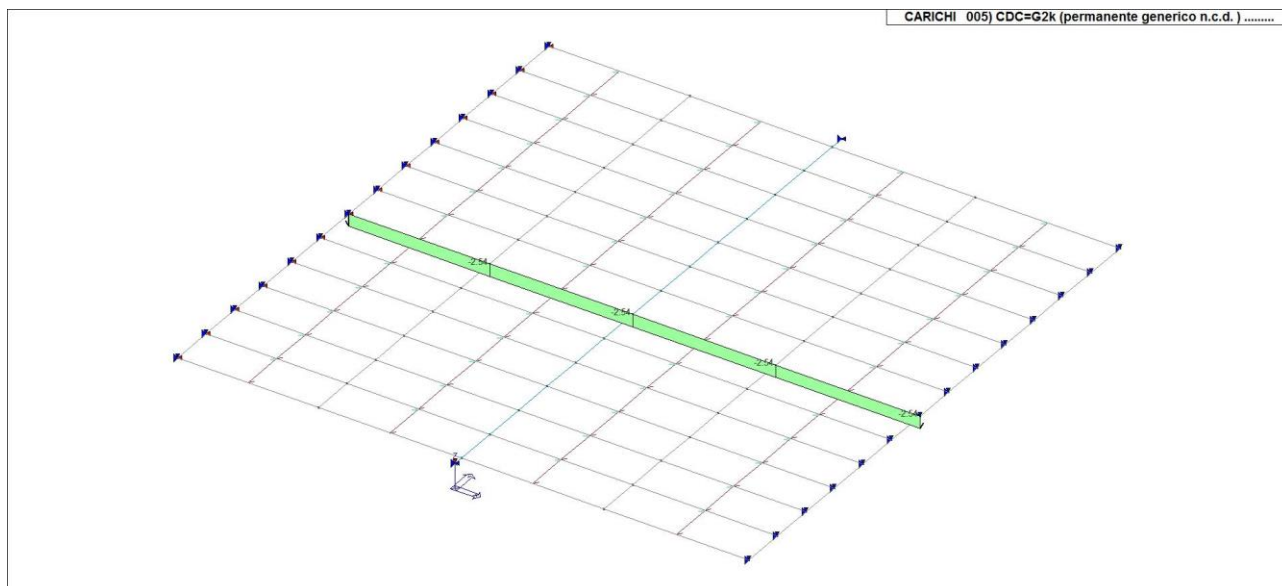


Figura 5.27 Localizzazione carico permanente portato parete in cartongesso

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

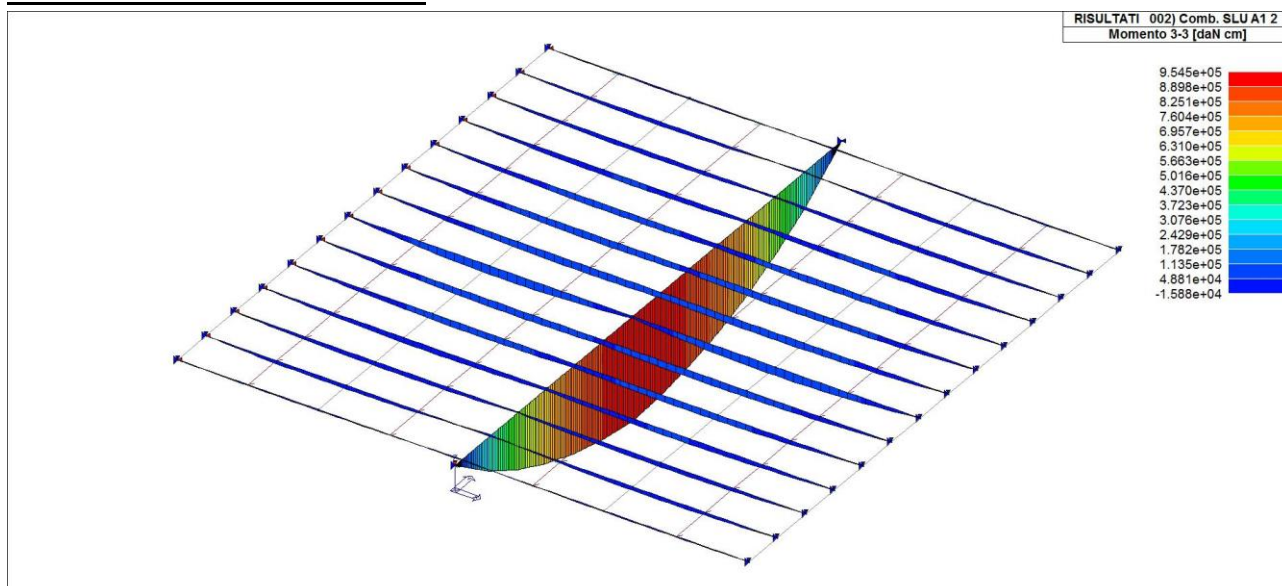


Figura 5.28 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

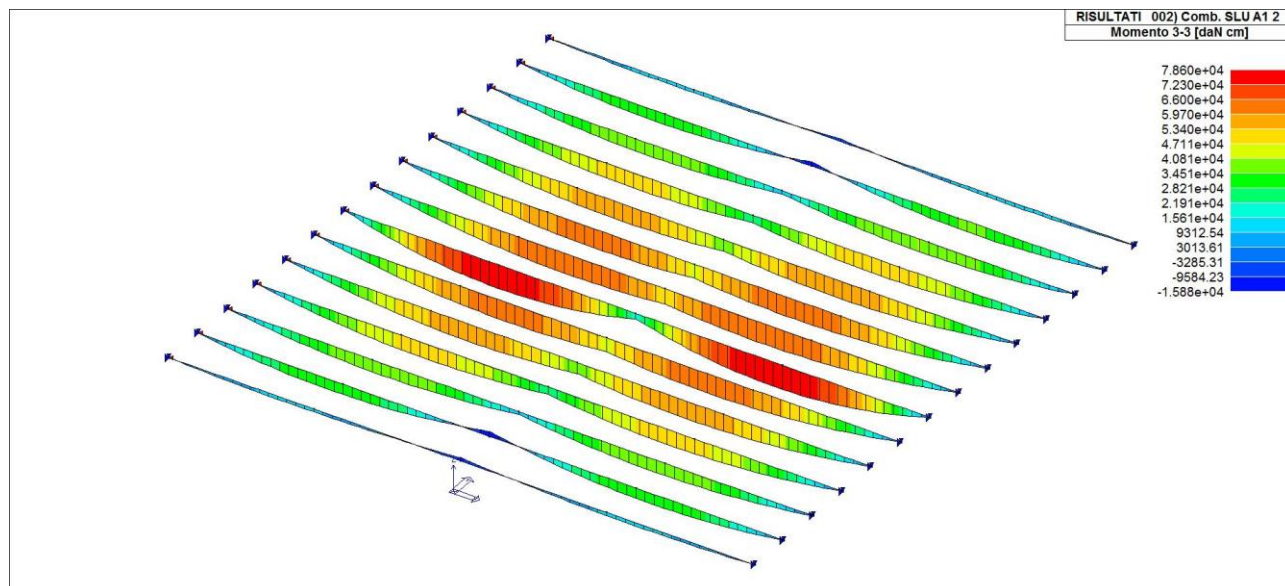


Figura 5.29 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente nelle travi secondarie - [daNcm]

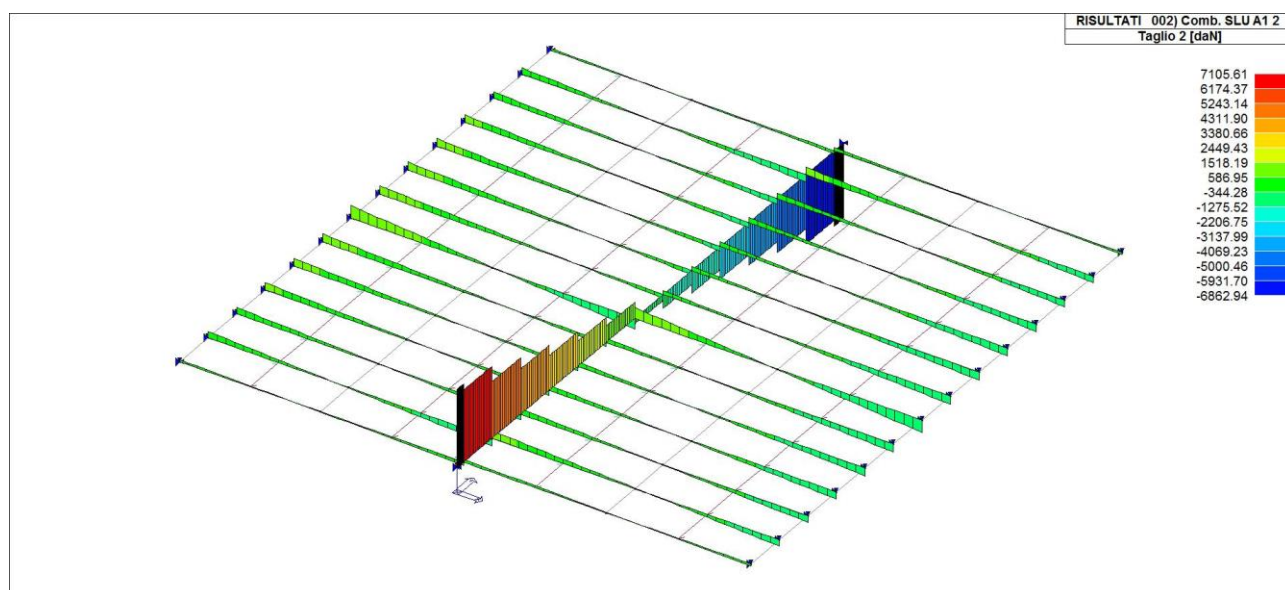


Figura 5.30 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

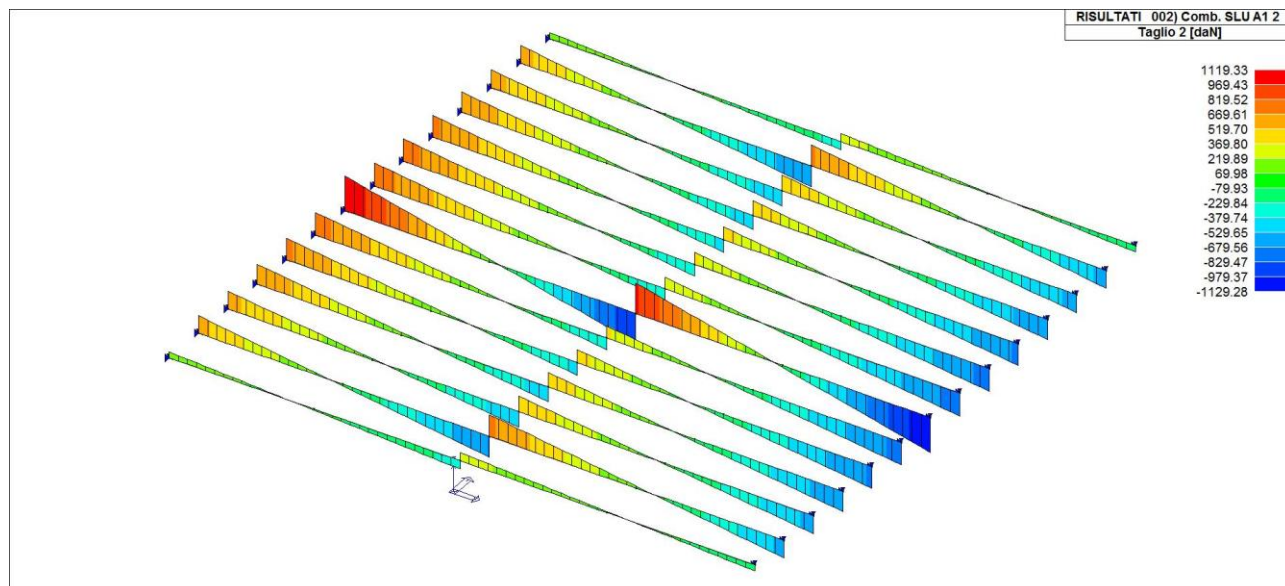


Figura 5.31 Massima sollecitazione SLU sulle travi secondarie– Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

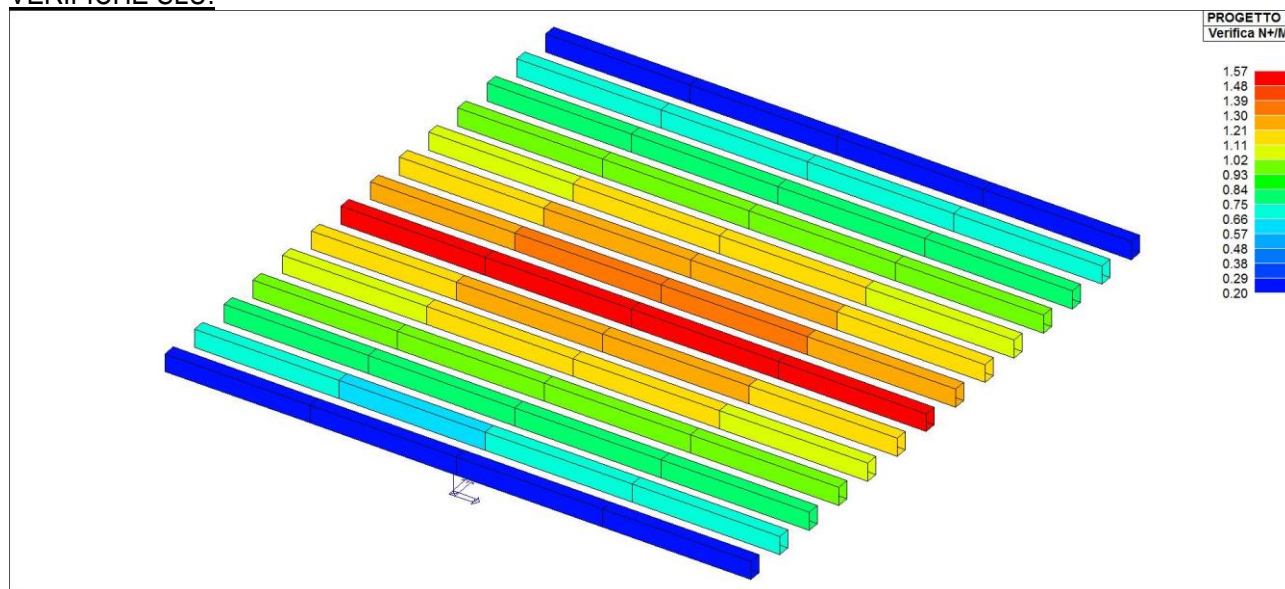


Figura 5.32 Verifica presso-flessione travi in legno secondarie – Verificato se <1

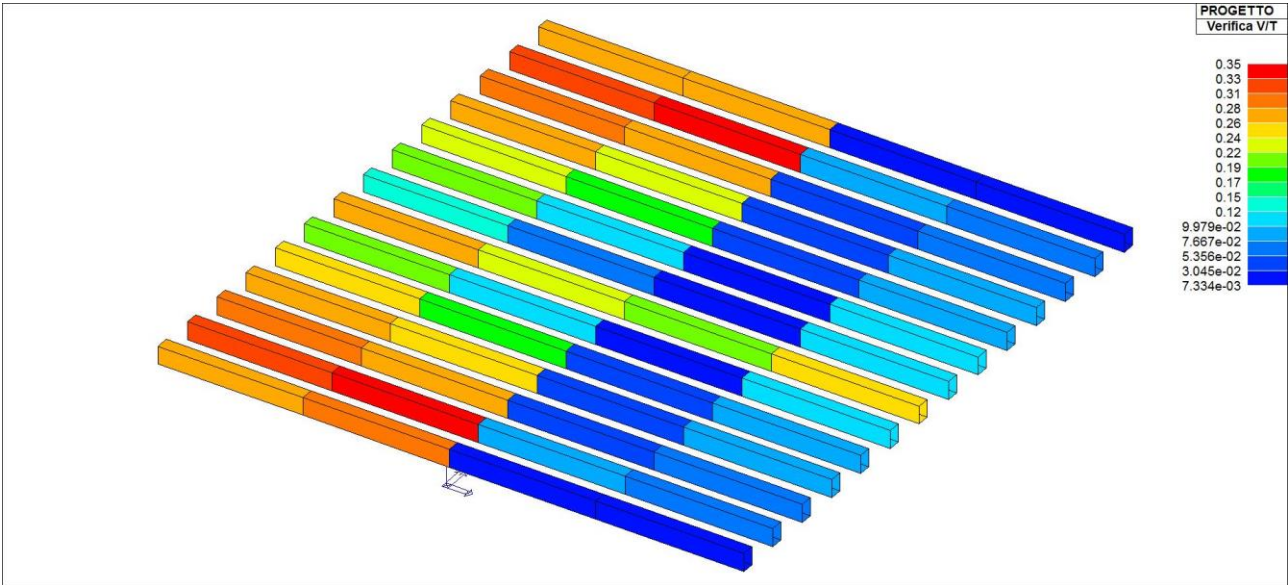


Figura 5.33 Verifica a taglio travi in legno secondarie - Verificato se <1

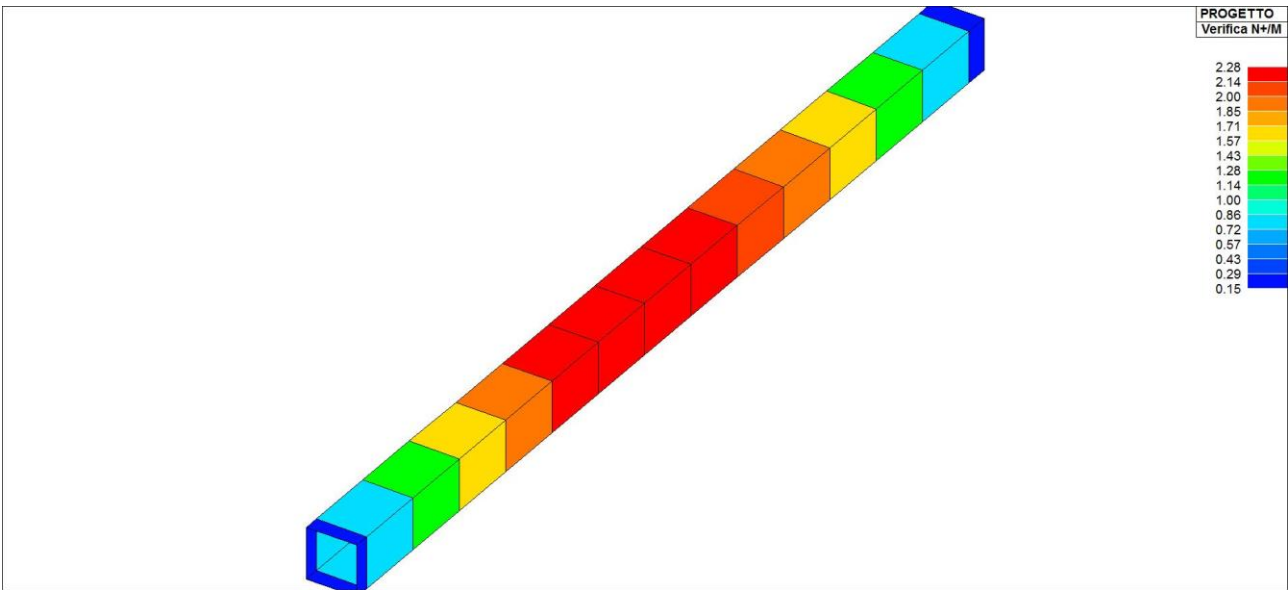


Figura 5.34 Verifica presso-flessione travi in legno principali – Verificato se <1

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 54 di 439 |

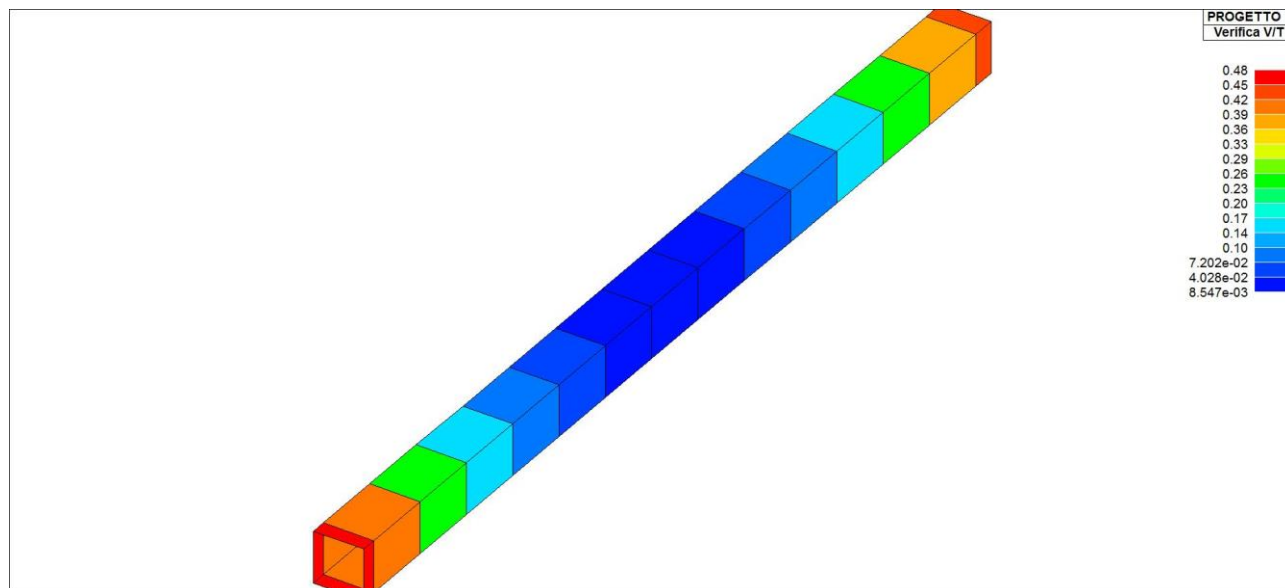


Figura 5.35 Verifica a taglio travi in legno principali - Verificato se <1

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|------------|----------------|
| TRAVI SECONDARIE | 157% >100% | NON VERIFICATO |
| TRAVI PRINCIPALI | 228% >100% | NON VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

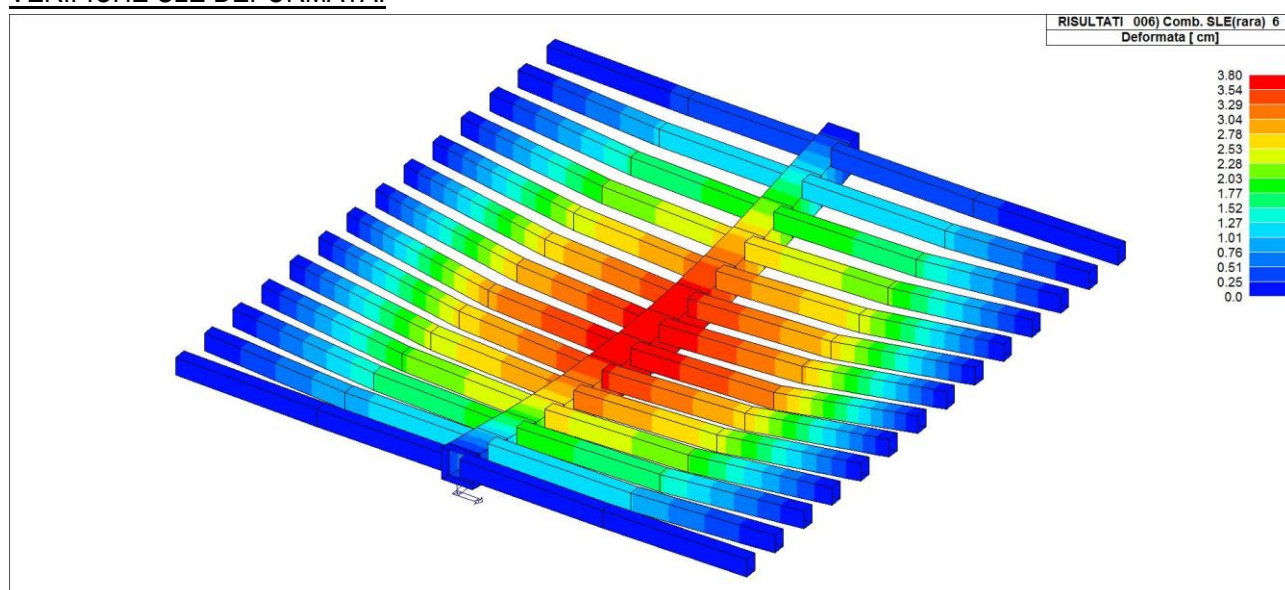


Figura 5.36 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 55 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=5.41 | | | | | | |
|---|-----------|----------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 4 | Esistente | SLE-RARA | 3.80 | L/142 | L/250 | No |

Il solaio risulta dunque non verificato sia per resistenza che per deformabilità nell'ipotesi di semplice reintegro delle travi mancanti sul lato nord.

5.2.8 Solaio A.04

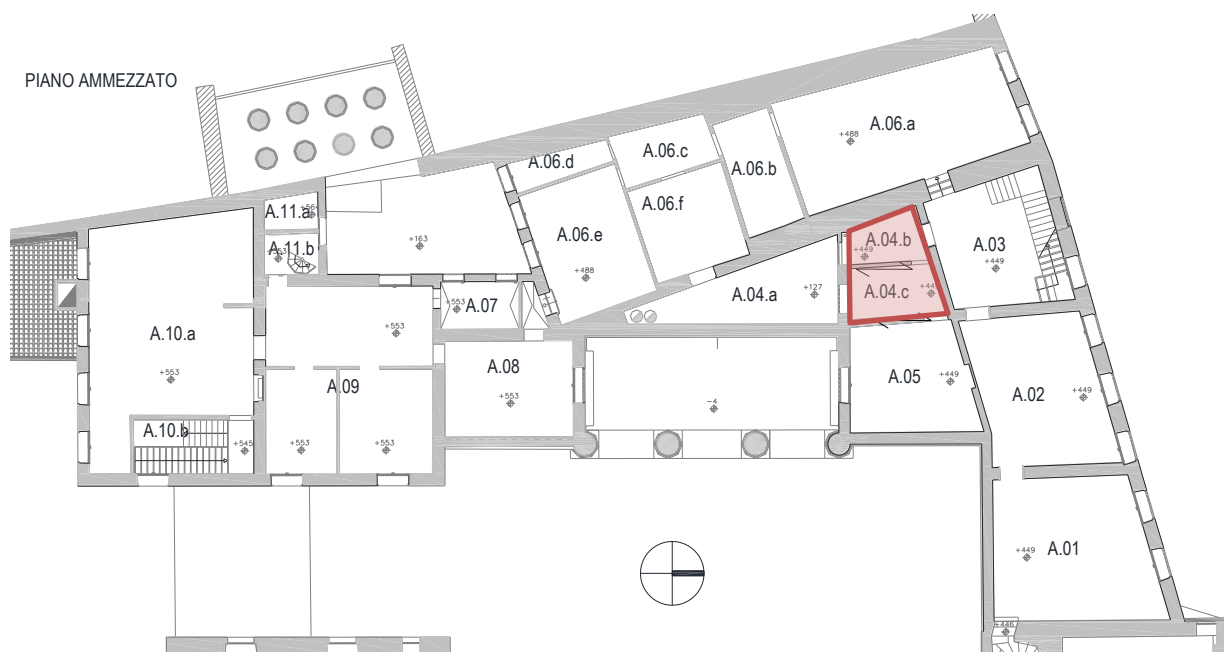


Figura 5.37 Localizzazione del solaio A.04 con relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 4.33m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 17 | 15 | 50 | 4.43 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|--------------|
| Peso travi esistenti 17x15cm i=50cm | G ₁ | 35.70 daN/mq |
| Peso tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato ncd (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 56 di 439 |

| | | |
|--------------------|---|------------|
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |
|--------------------|---|------------|

VERIFICHE SLU/SLE:

| Verifica travi lignee secondo N.T.C. di cui al D.M. 14/01/2008 | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
| denominazione trave: trave principale vano 1.01 | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 17 | 15 | 0°0 | 106.7 | 19.2 | C20 - massiccio | classe di servizio | 2 | |
| | | | | | | | classe durata carico | media | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | | |
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | | | | | | |
| luce di calcolo | | L | 433 | cm | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | |
| distribuito | q _d | 543.91 | 376.85 | 276.85 | [kg/m] | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 127470 | kgcm | | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 1178 | kg | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | | |
| <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | | | | | |
| | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica | | | |
| | 200.0 | 0.0 | 1.87 | 6.9 | 0.0 | 0.36 | | | |
| | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | | | | | |
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | | | | | | |
| freccia istantanea | | 0.0 | 3.8 | 3.8 | L / 114 | | | | |
| freccia finale | | 0.0 | 6.0 | 6.0 | L / 71 | | | | |

Il solaio risulta non verificato sia per resistenza (flessione 1,87 > 1) che per deformabilità.

5.2.9 Solaio A.05

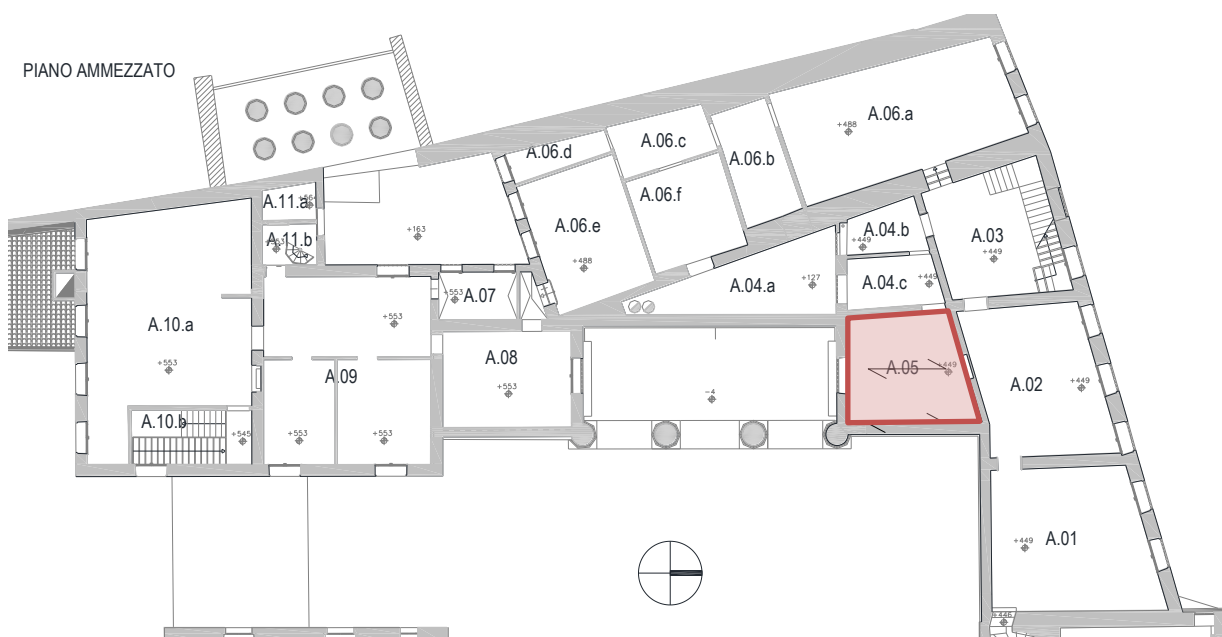


Figura 5.38 Localizzazione del solaio A.05 con verso di tessitura delle travi lignee secondarie nella condizione di stato di fatto

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 57 di 439 |

MODELLAZIONE:

Il modello presenta due livelli di orditura: travi secondarie in legno di sezione 13x15cm con interasse $i=45\text{cm}$ con direzione Nord-Sud ed una trave principale rompitratta, anch'essa in legno, con sezione 20x29cm.

Nel modello tutte le travi portanti sono state considerate in semplice appoggio.

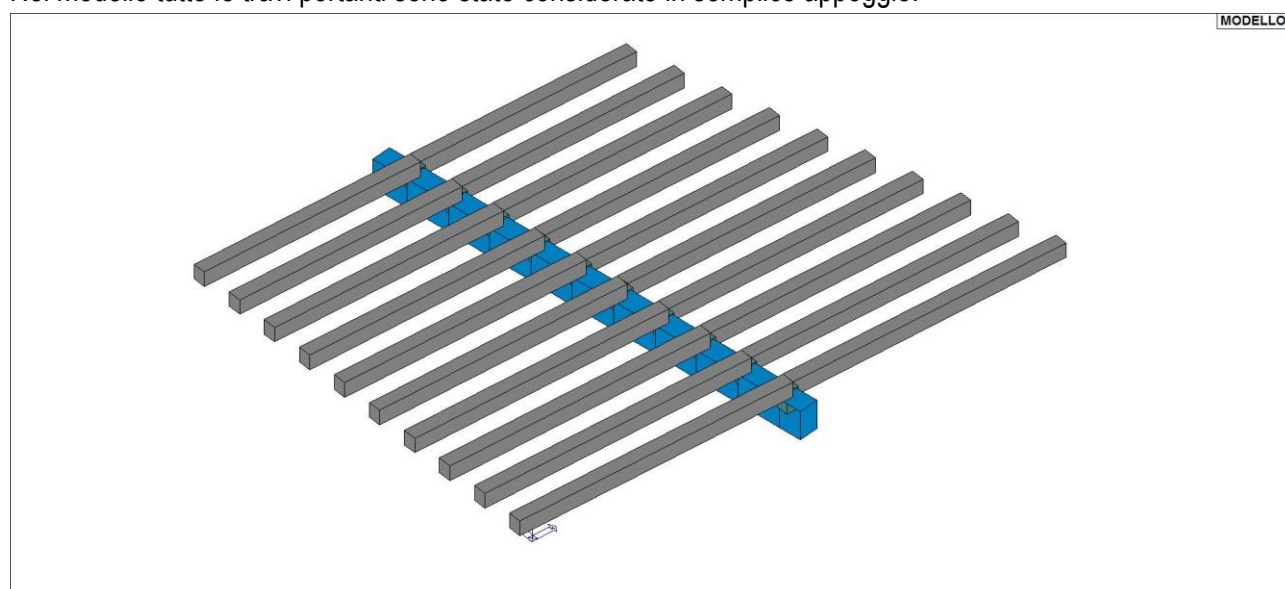


Figura 5.39 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo per la trave principale (rompitratta) pari a 4.69m.

| ID. | TRAVERE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|------------------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------------------|-------------------|
| 1 | Secondaria (esistente) | Rettangolare | Legno C20 | 13 | 15 | 45 | min 2.21 Max 2.81 | Semplice appoggio |
| 2 | Principale (Esistente) | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 29 | - | 4.69 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno e il tavolato dello spessore di 3cm sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|------------|------------|
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento alla veneziana) | G_2 | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | $G_{2,nd}$ | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

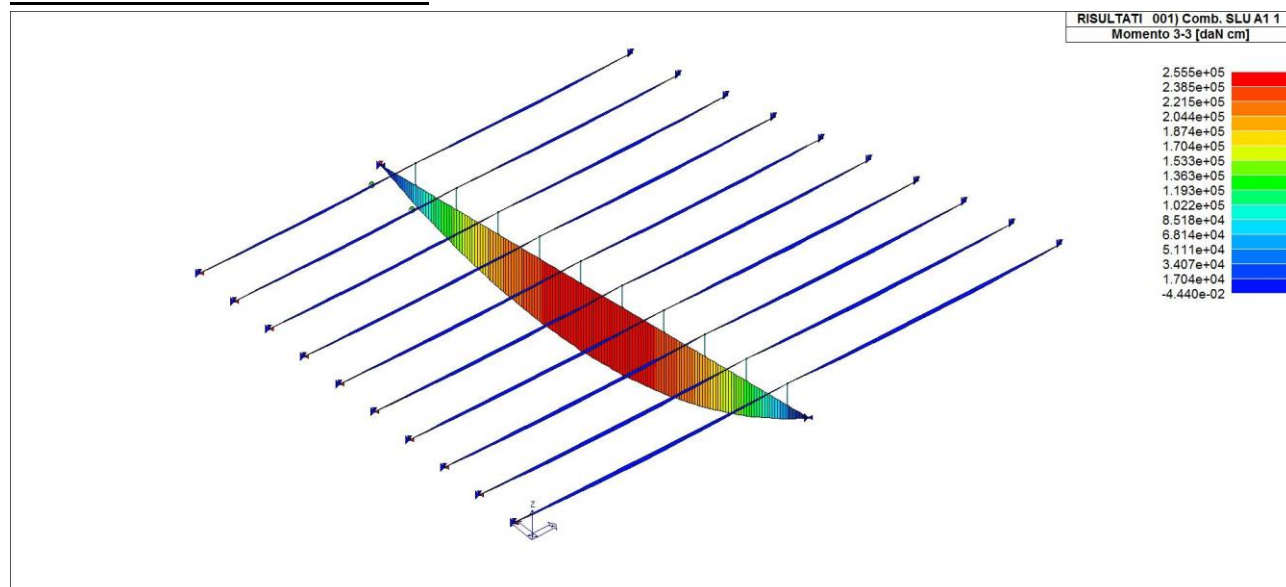


Figura 5.40 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

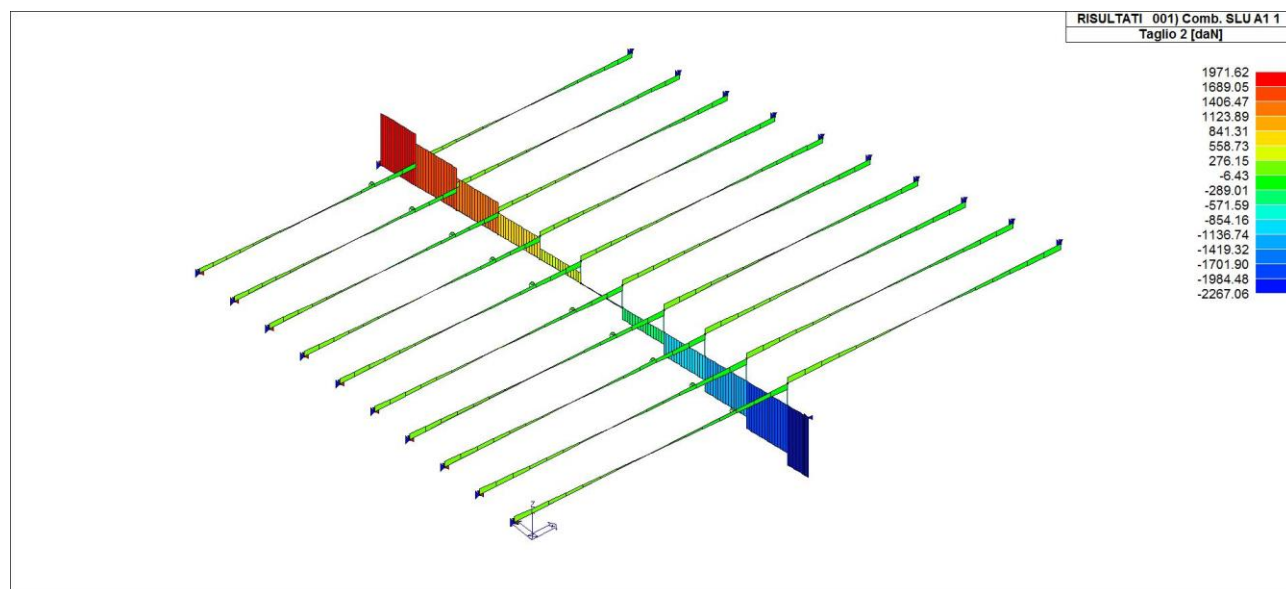


Figura 5.41 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

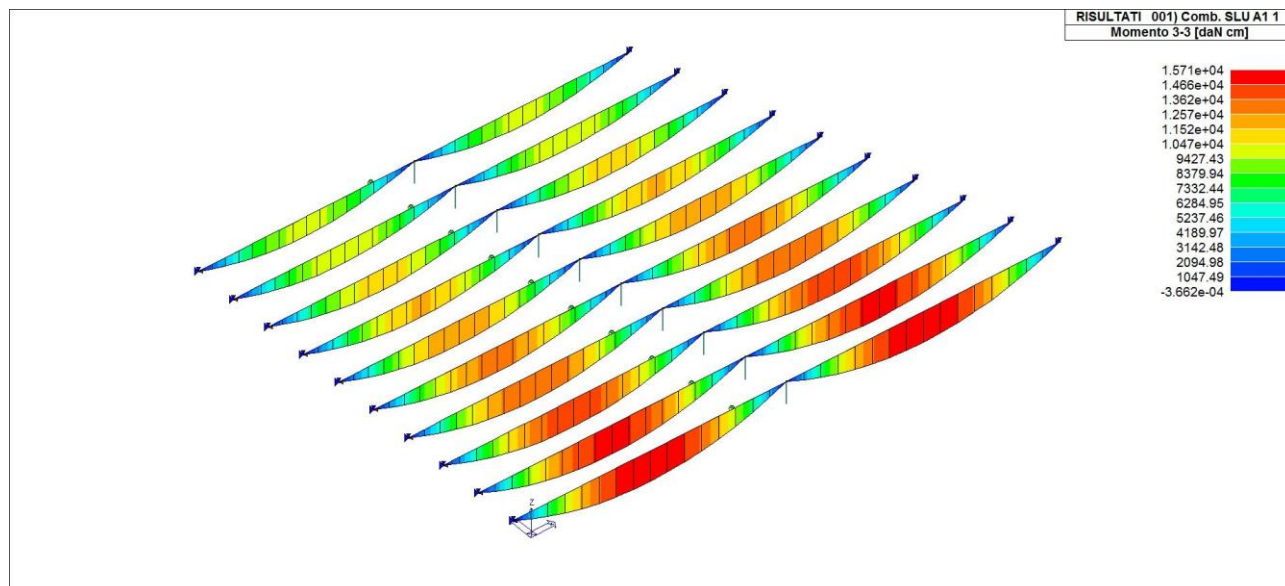


Figura 5.42 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente travi secondarie - [daNcm]

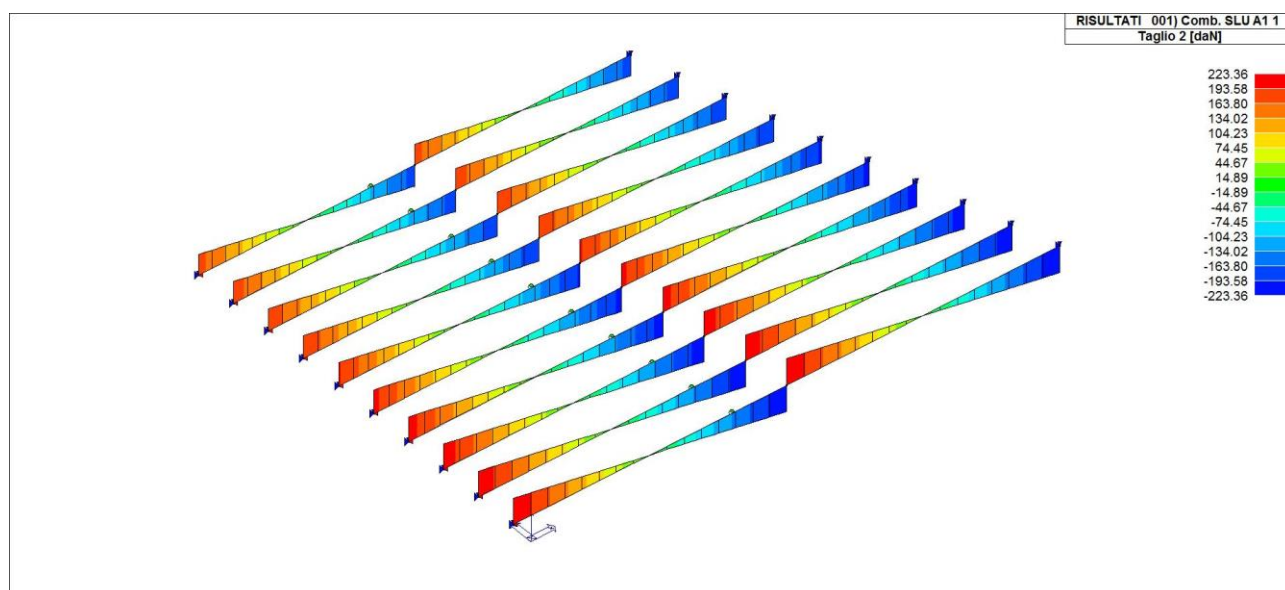


Figura 5.43 Massima sollecitazione SLU – Taglio travi secondarie- [daN]

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 60 di 439 |

VERIFICHE SLU:

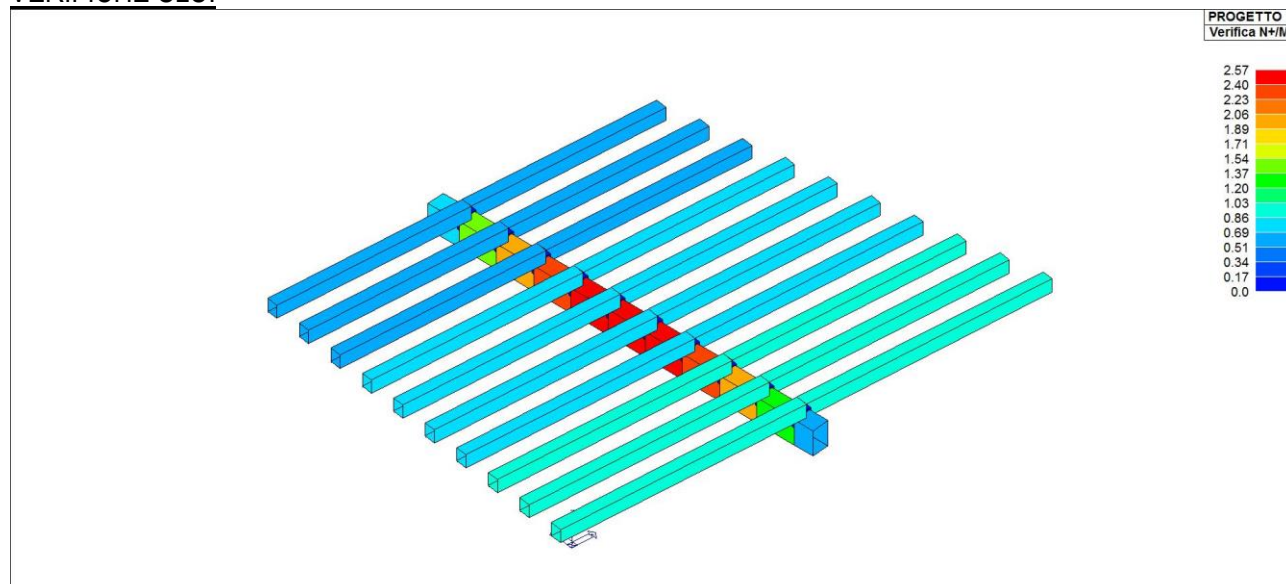


Figura 5.44 Verifica presso-flessione travi in legno – Verificato se <1

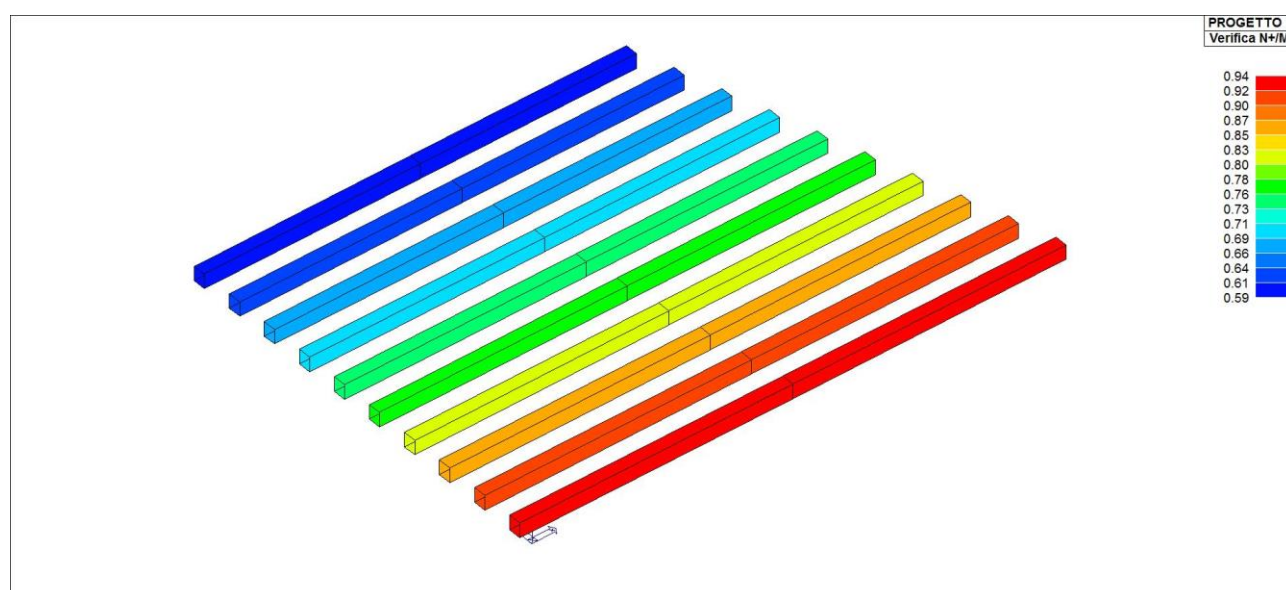


Figura 5.45 Verifica presso-flessione travi in legno secondarie – Verificato se <1

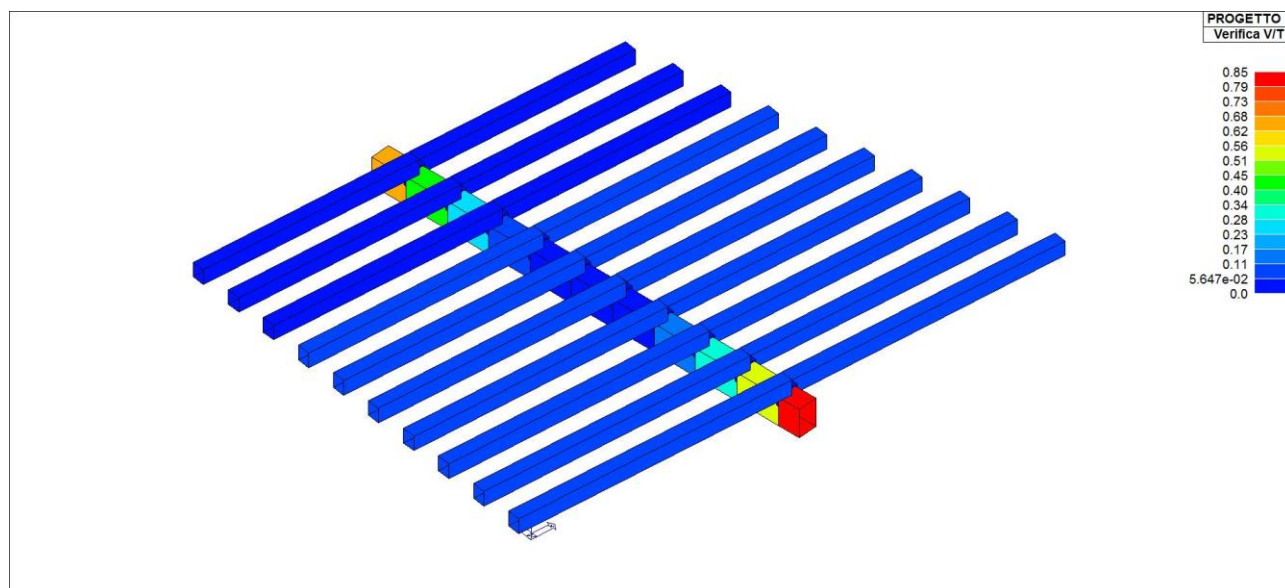


Figura 5.46 Verifica a taglio travi in legno principali - Verificato se <1

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|------------|----------------|
| TRAVE PRINCIPALE | 257% >100% | NON VERIFICATO |
| TRAVI SECONDARIE | 94% <100% | VERICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

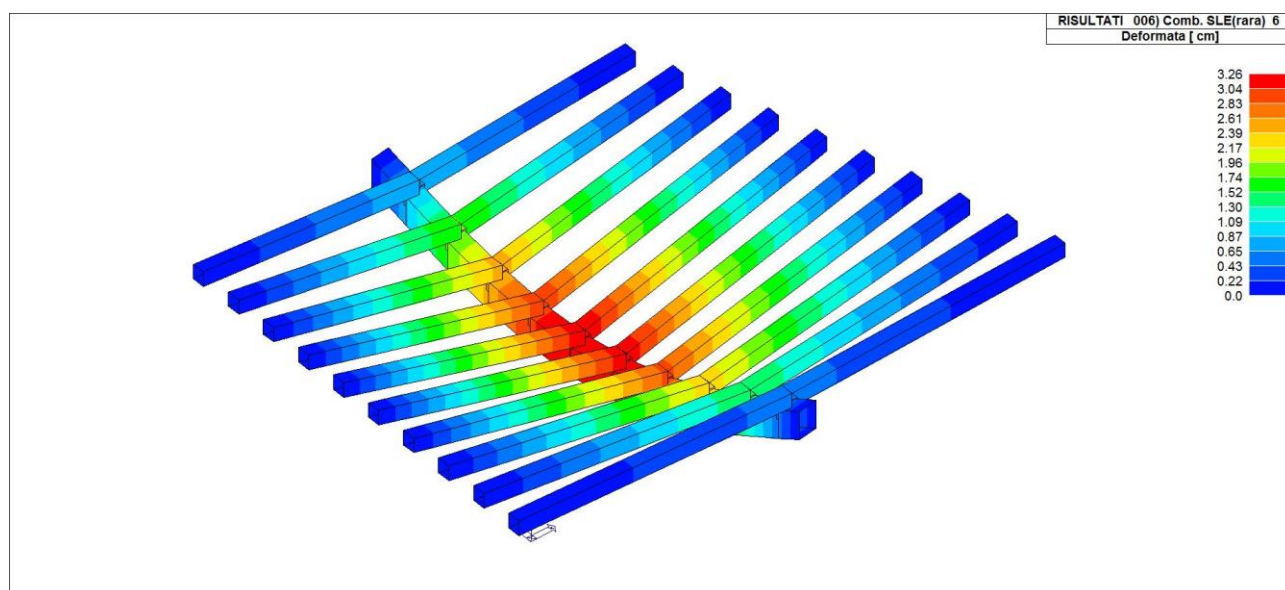


Figura 5.47 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 62 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=4.69m | | | | | | |
|--|------------|----------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 2 | Principale | SLE-RARA | 3.26 | L/144 | L/250 | No |

Il solaio presenta dunque problemi di verifica, sia di resistenza che di deformabilità, della trave principale rompitratta.

5.2.10 Solaio A.06.a

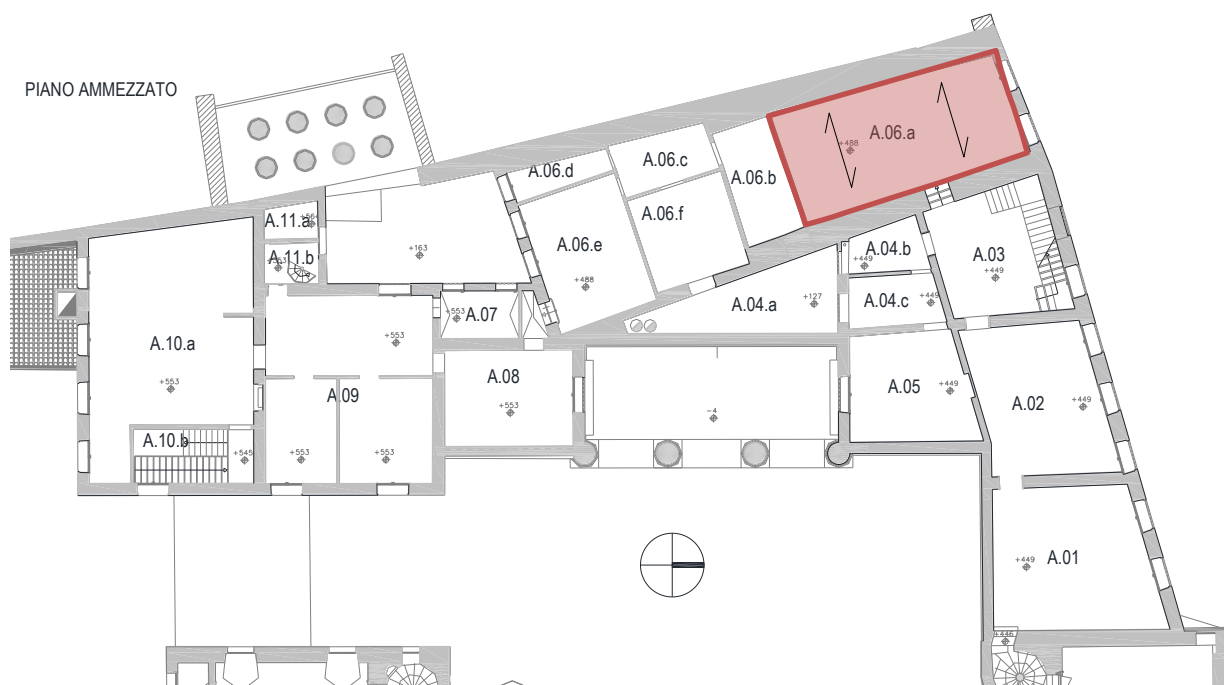


Figura 5.48 Localizzazione del solaio A.06.a con indicazione del relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

MODELLAZIONE:

Nel modello le travi portanti in legno sono state considerate in semplice appoggio, mentre il tavolato di spessore 3 cm è stato modellato come se fosse un elemento continuo.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 63 di 439 |

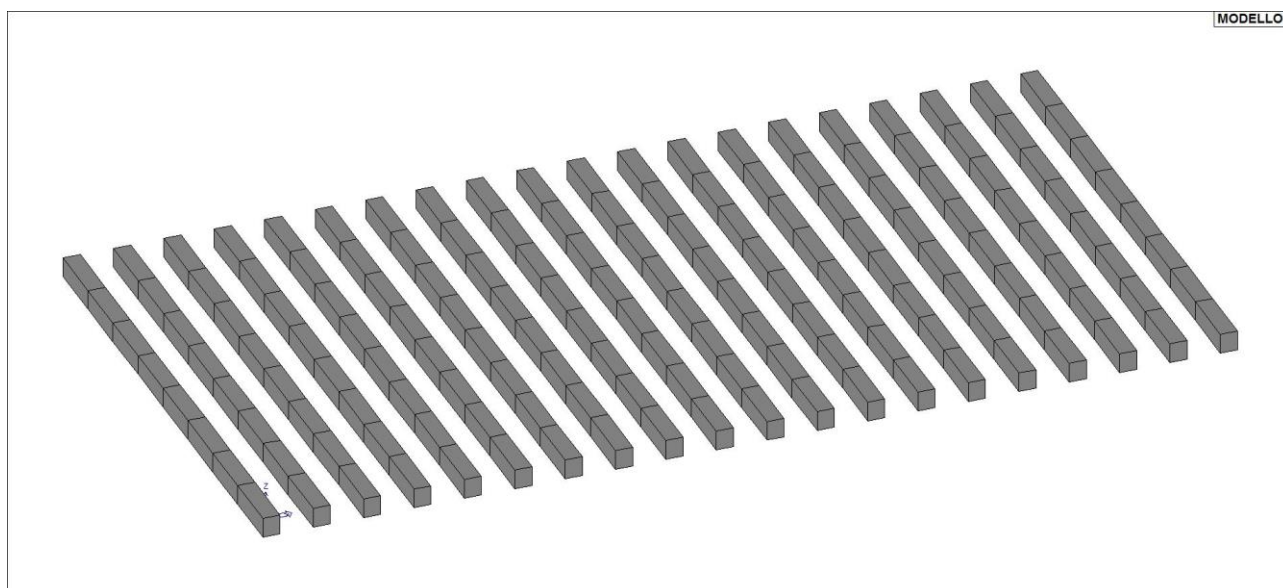


Figura 5.49 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 5.16m.

| ID. | TRAVERTE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 17 | 20 | 50 | 5.16 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali le travi in legno e il tavolato sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

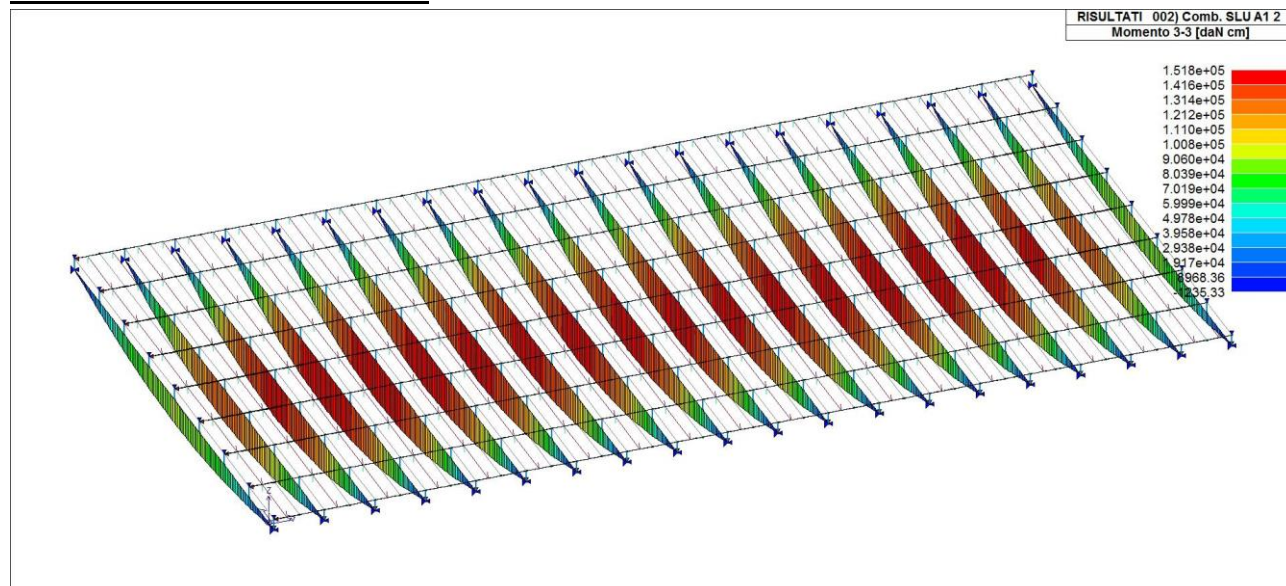


Figura 5.50 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

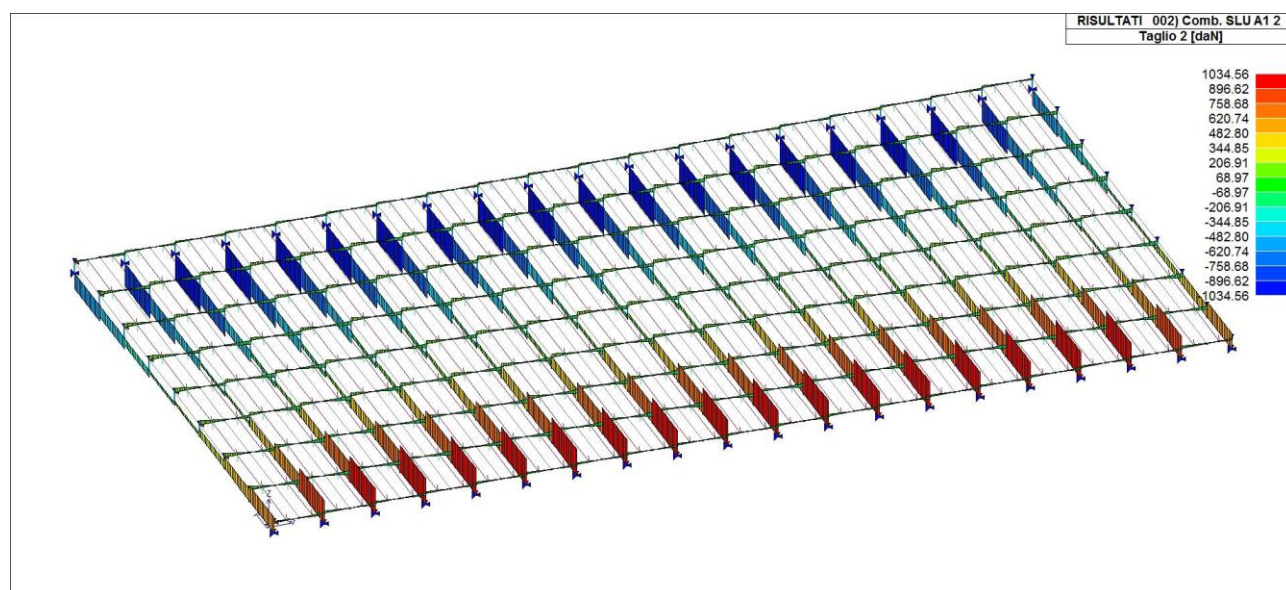


Figura 5.51 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

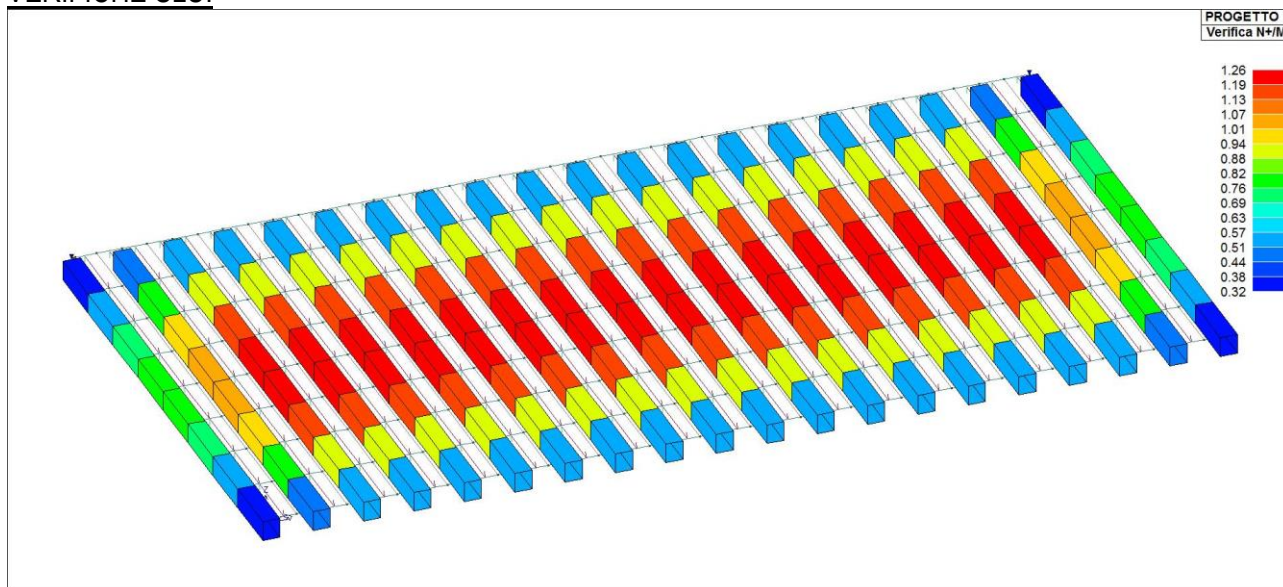


Figura 5.52 Verifica presso-flessione travi in legno – Verificato se <1

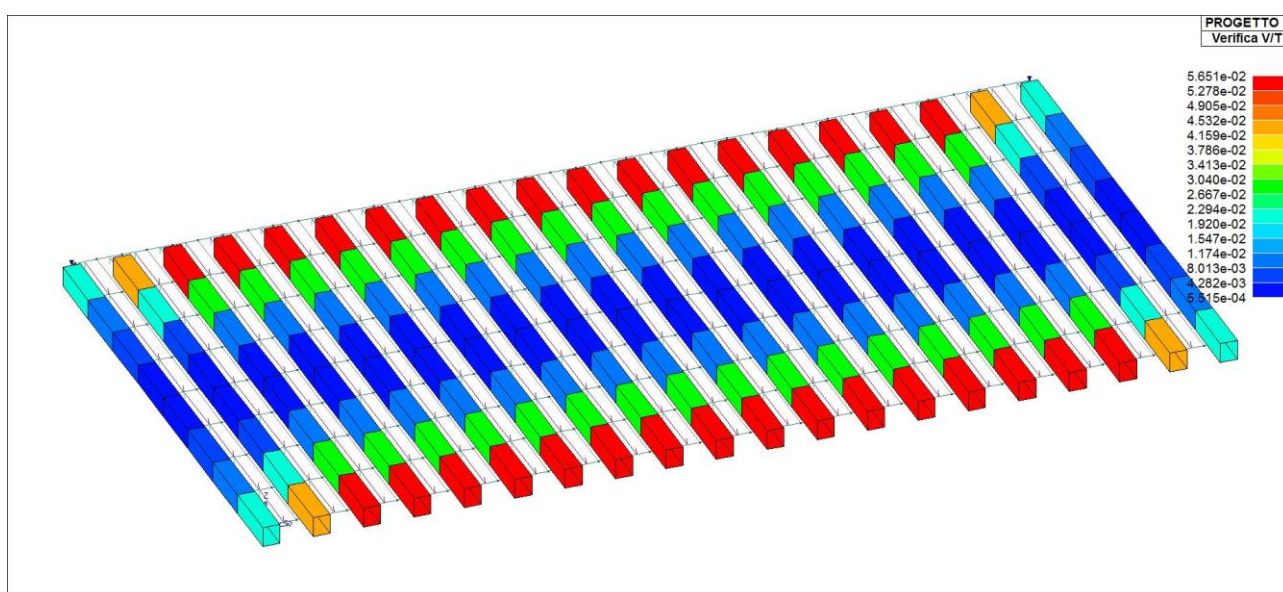


Figura 5.53 Verifica a taglio travi in legno principali - Verificato se <1

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|------------|----------------|
| TRAVI IN LEGNO | 126% >100% | NON VERIFICATO |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 66 di 439 |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

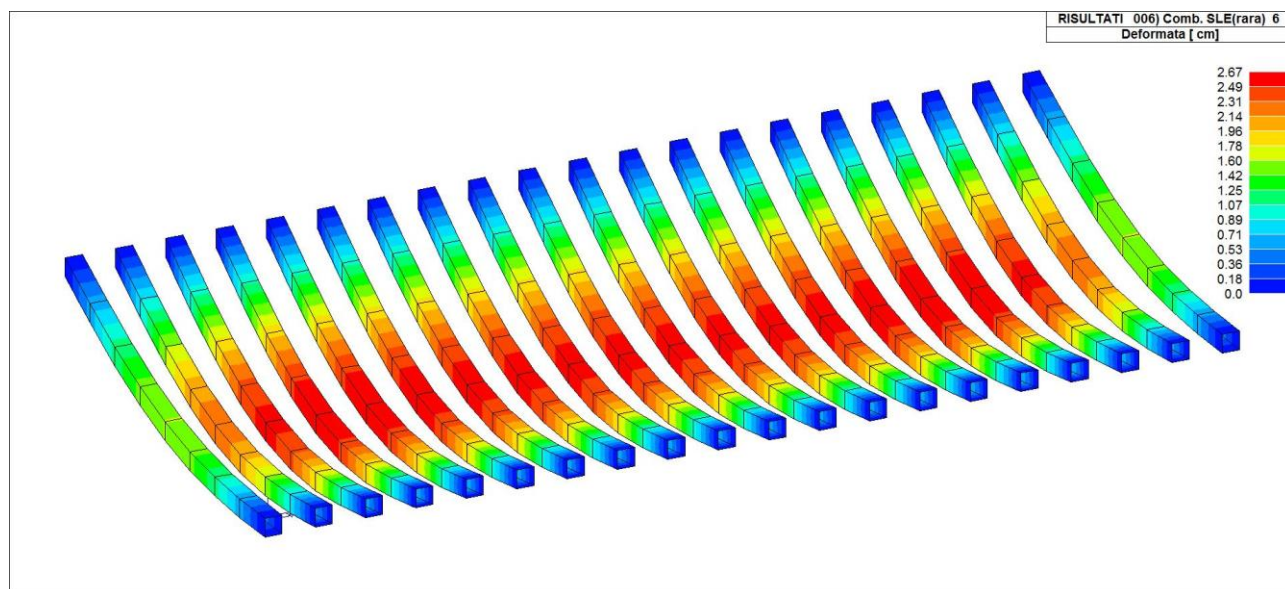


Figura 5.54 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=5.16m | | | | | | |
|--|------------|----------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 2 | Principale | SLE-RARA | 2.67 | L/193 | L/250 | No |

Il solaio risulta dunque non verificato sia per resistenza (flessione) che per deformabilità.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 67 di 439 |

5.2.11 Solaio A.06.b-c-f

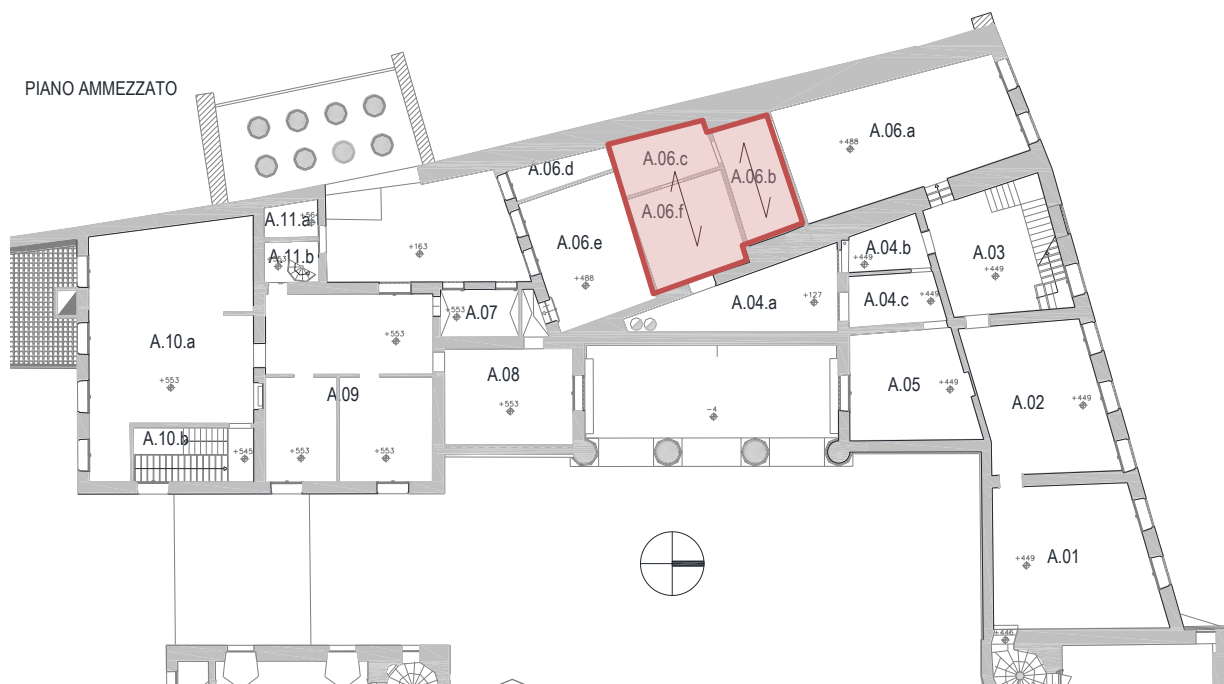


Figura 5.55 Localizzazione del solaio A.06.b-c-f con indicazione del relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

MODELLAZIONE:

Nel modello le travi portanti in legno sono state considerate in semplice appoggio, mentre il tavolato dello spessore di 3cm è stato modellato come se fosse un elemento continuo.

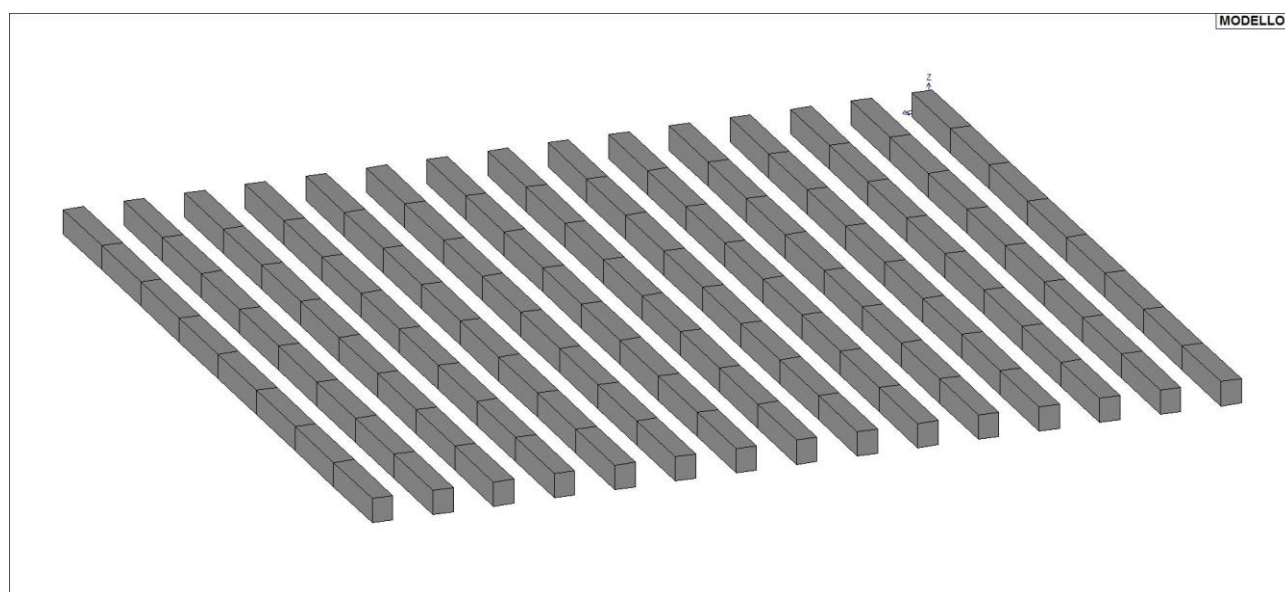


Figura 5.56 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 68 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 6.64m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 17 | 20 | 50 | 6.64 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno e tavolato sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Peso permanente portato pareti divisorie (n.c.d.) su due travi | G _{2,nd} | 122 daN/m |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

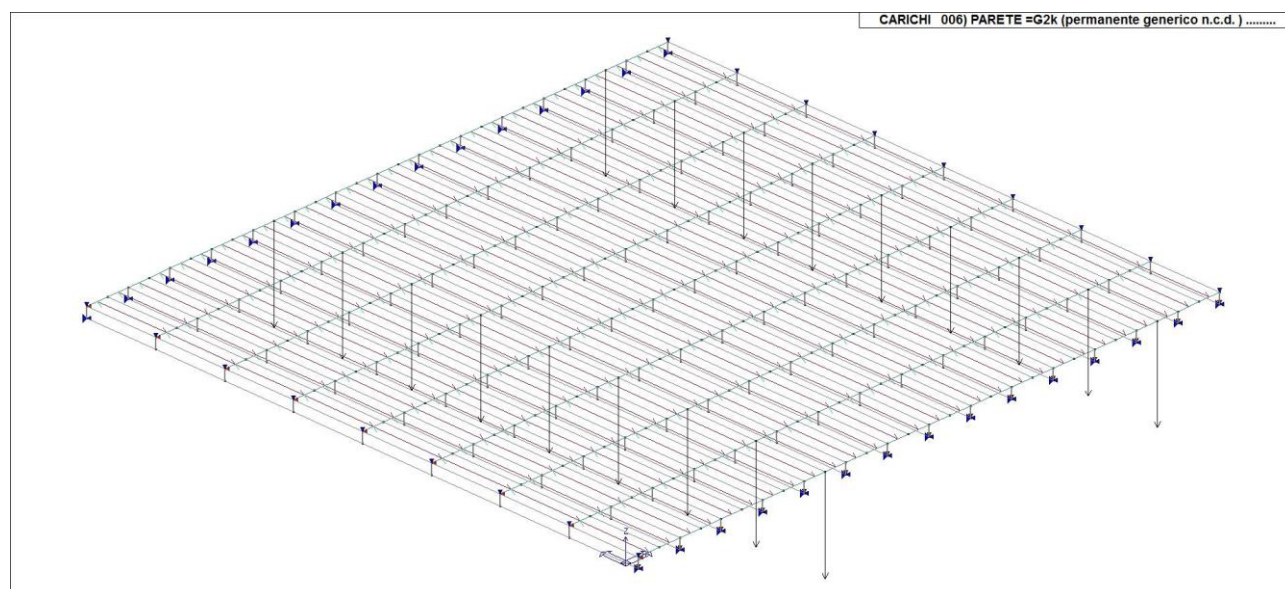


Figura 5.57 Localizzazione dei punti di inserimento dei carichi permanenti dovuti alle pareti divisorie

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

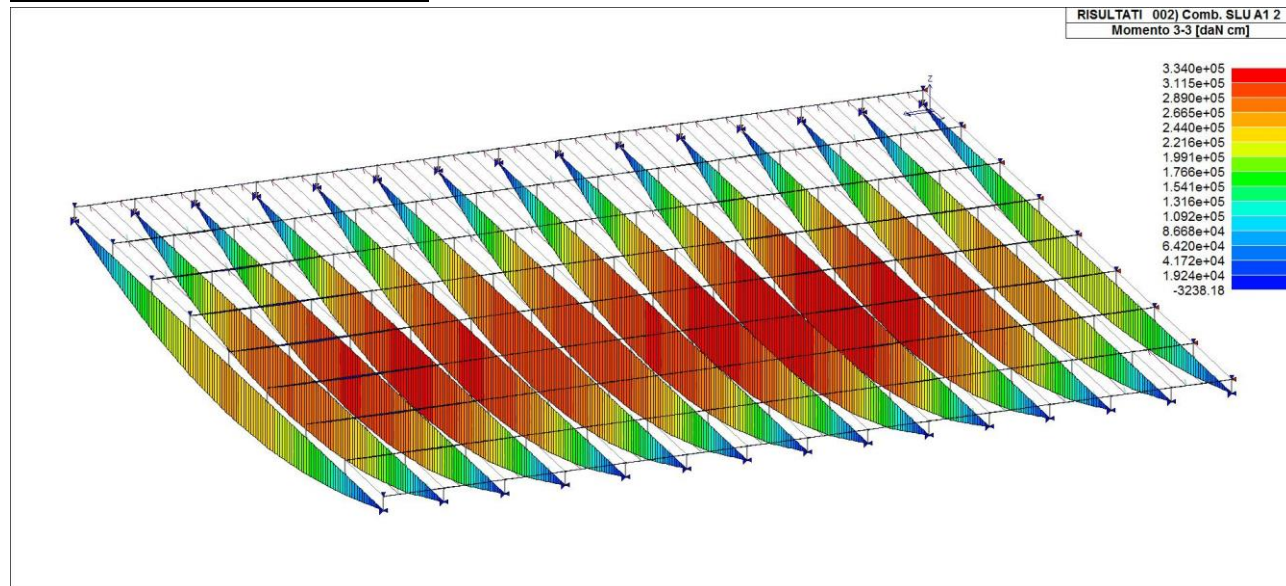


Figura 5.58 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

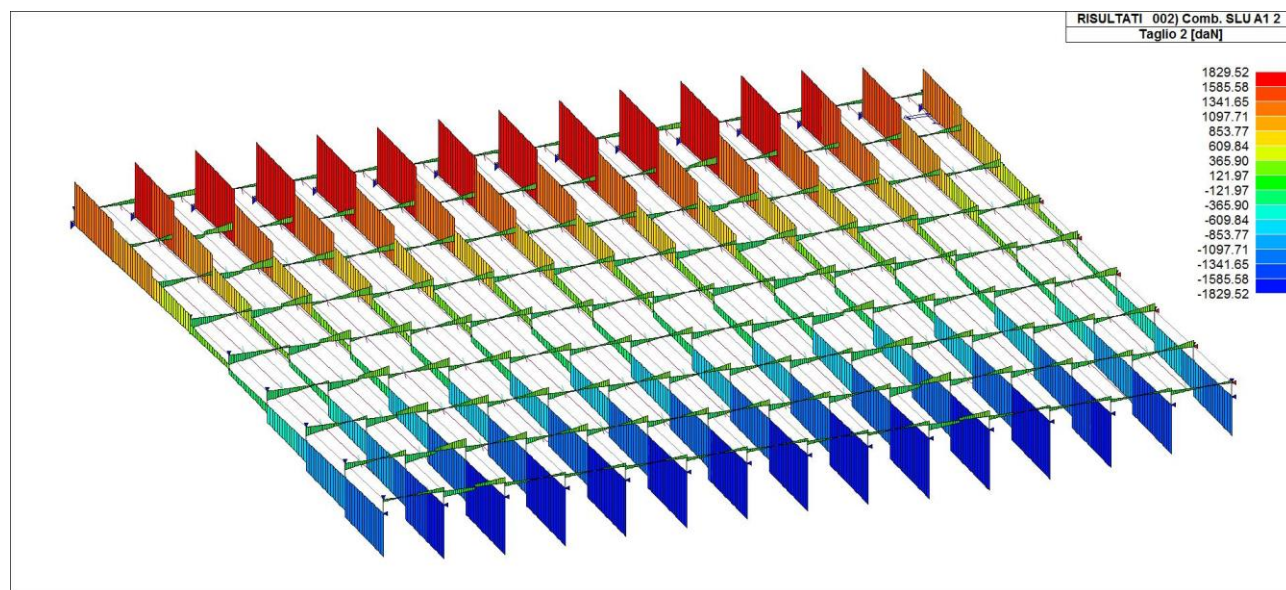


Figura 5.59 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

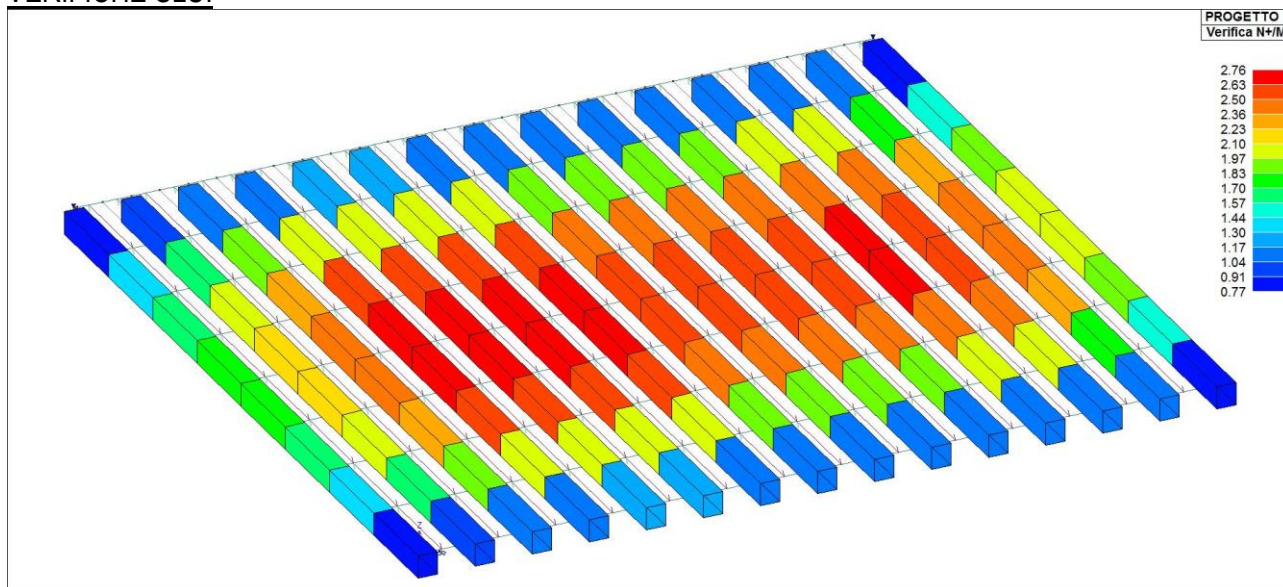


Figura 5.60 Verifica presso-flessione travi in legno – Verificato se <1

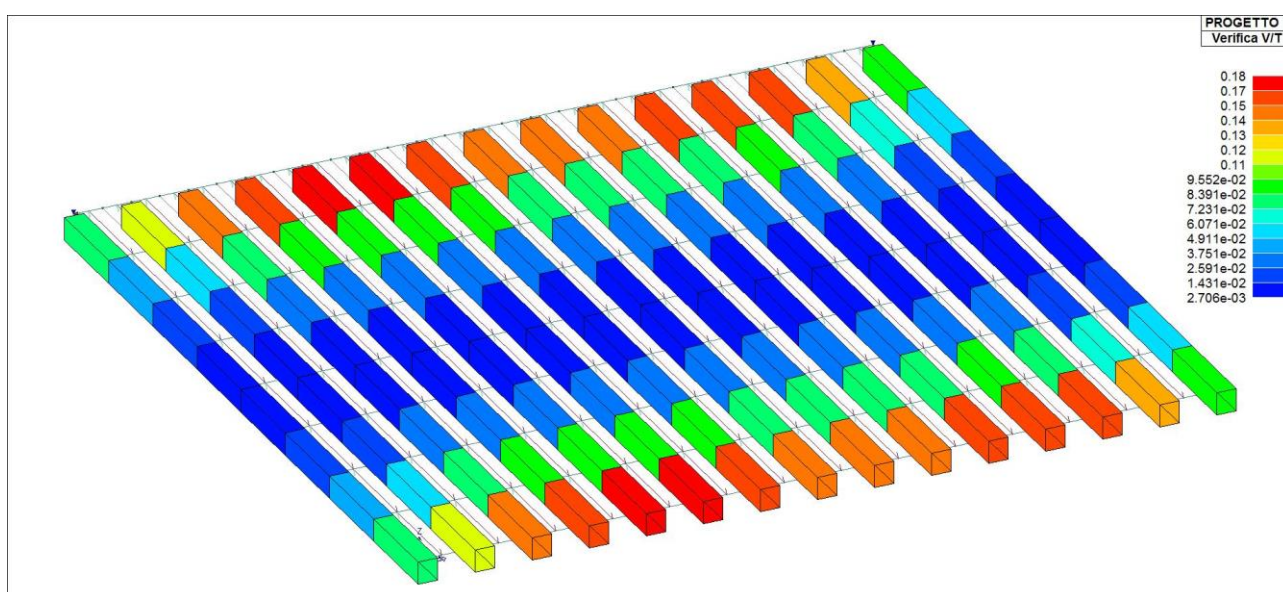


Figura 5.61 Verifica a taglio travi in legno principali - Verificato se <1

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|------------|----------------|
| TRAVI IN LEGNO | 276% >100% | NON VERIFICATO |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 71 di 439 |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

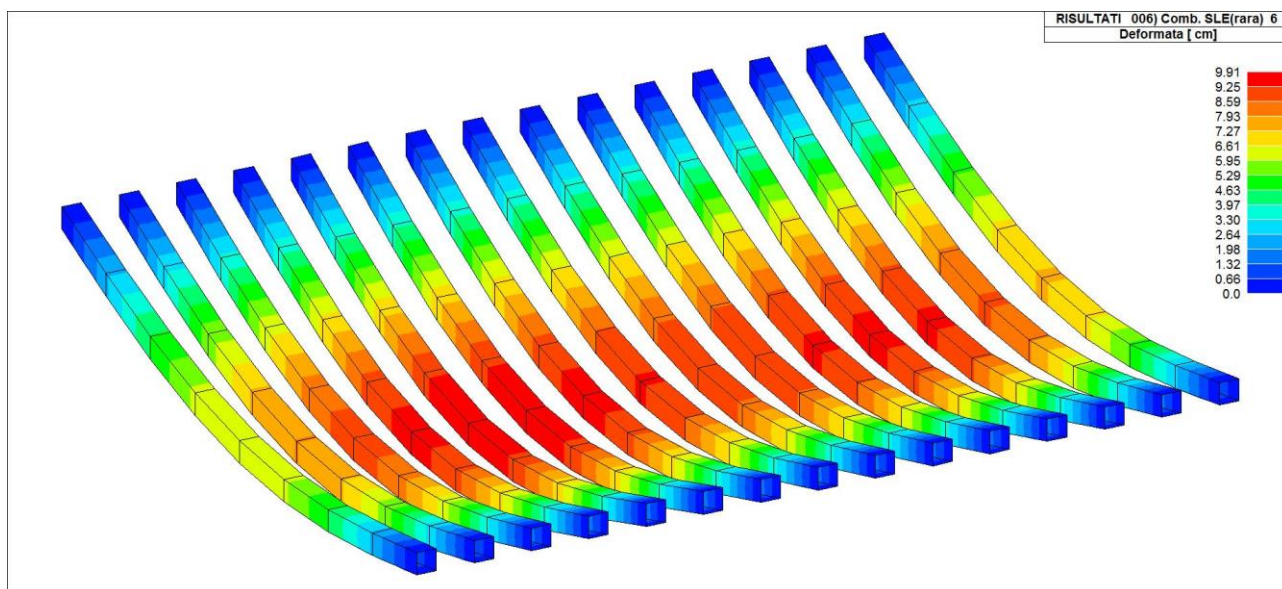


Figura 5.62 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=6.64m | | | | | | |
|--|------------|----------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 2 | Principale | SLE-RARA | 9.91 | L/67 | L/250 | No |

Il solaio risulta dunque non verificato sia per resistenza (flessione) che per deformabilità.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 72 di 439 |

5.2.12 Solaio A.06.d-e

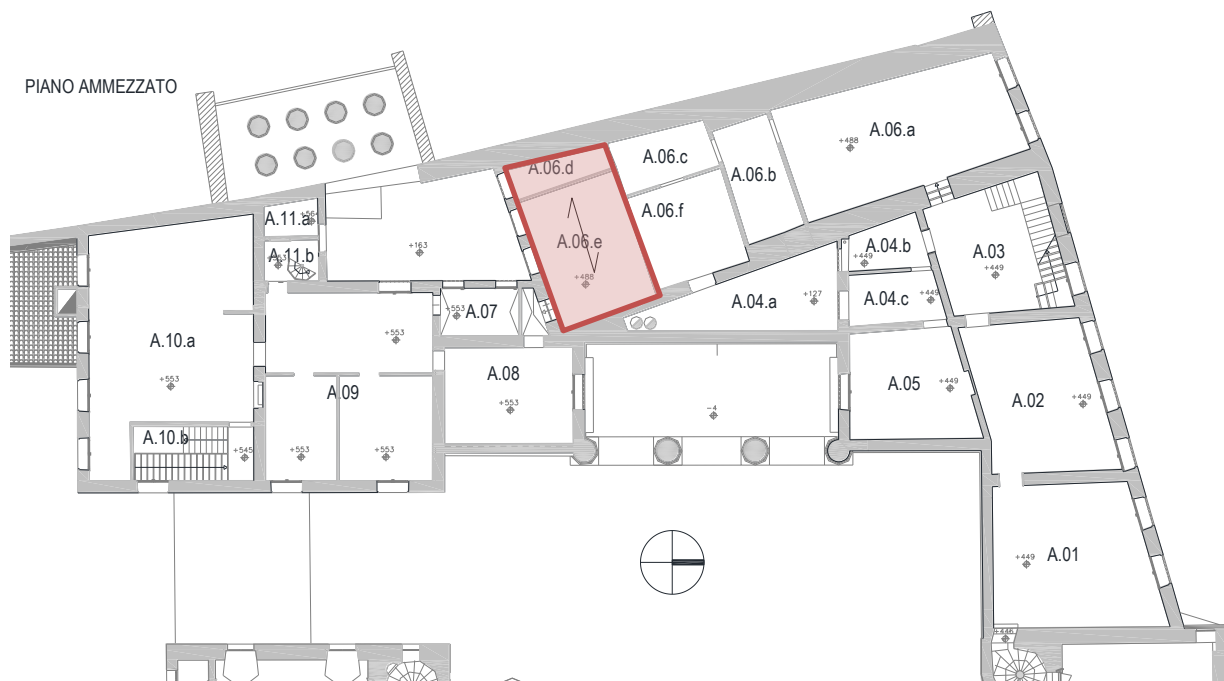


Figura 5.63 Localizzazione del solaio A.06.d-e con indicazione del relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

MODELLAZIONE:

Nel modello le travi portanti in legno e in acciaio sono state considerate in semplice appoggio, mentre il tavolato dello spessore di 3 cm è stato modellato come se fosse un elemento continuo.

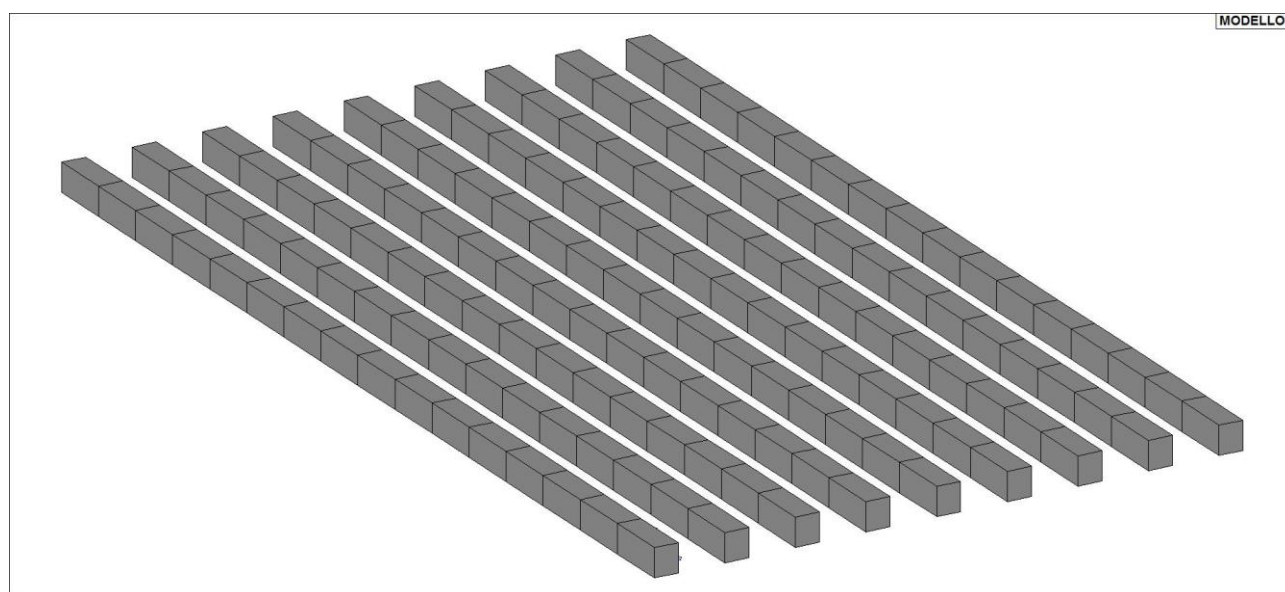


Figura 5.64 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 73 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 7.27m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 17 | 20 | 50 | 7.27 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno e tavolato sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

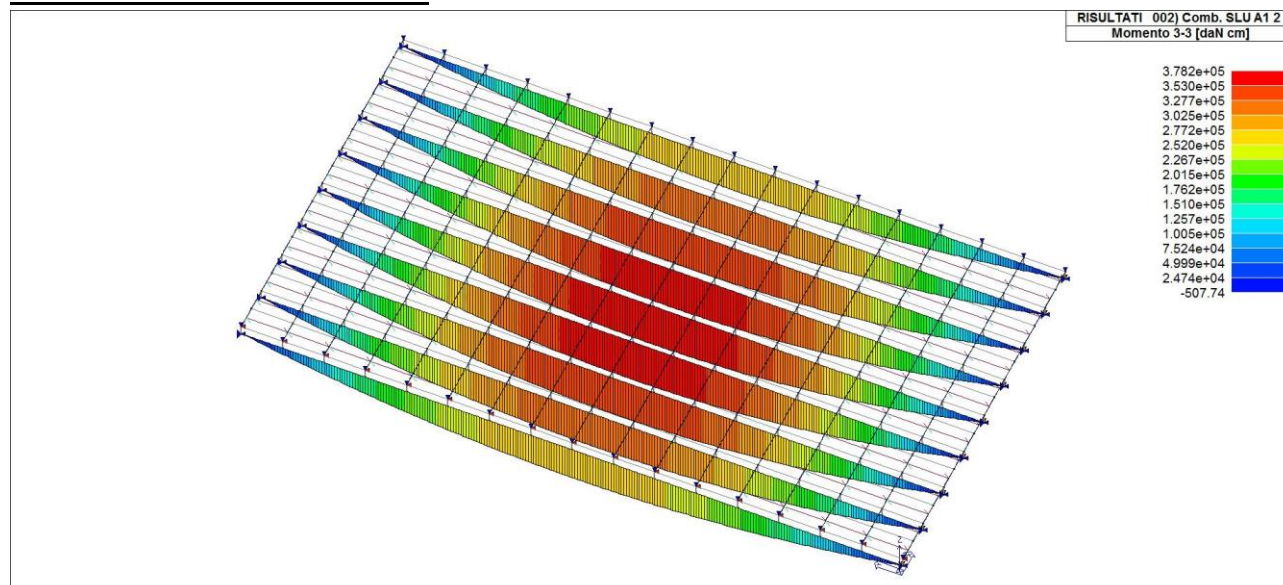


Figura 5.65 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

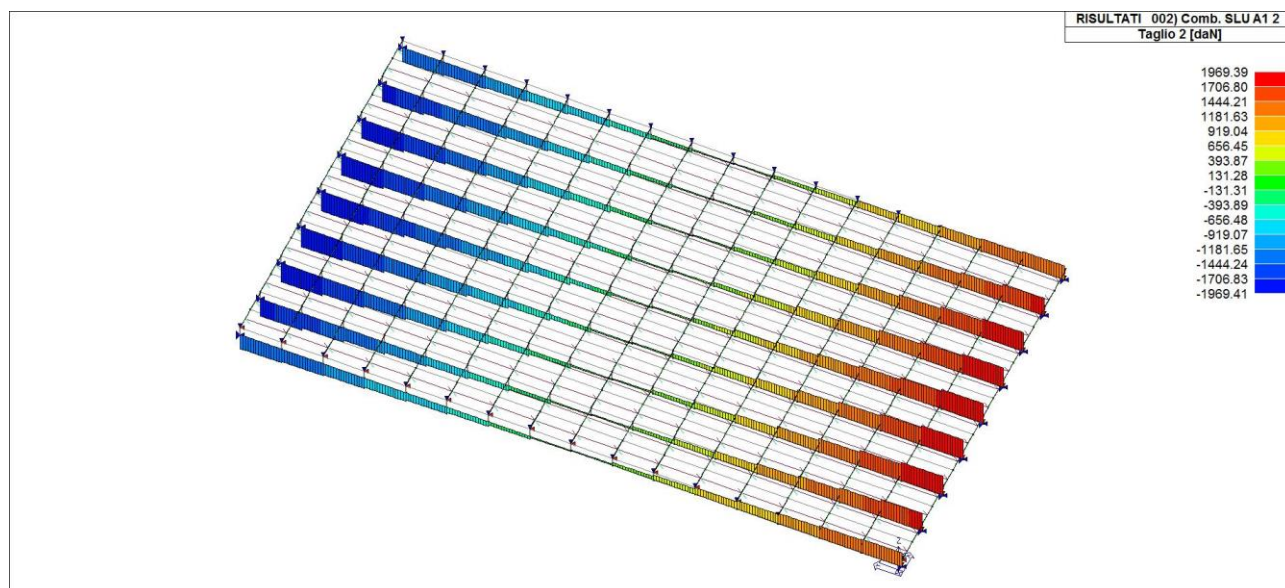


Figura 5.66 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

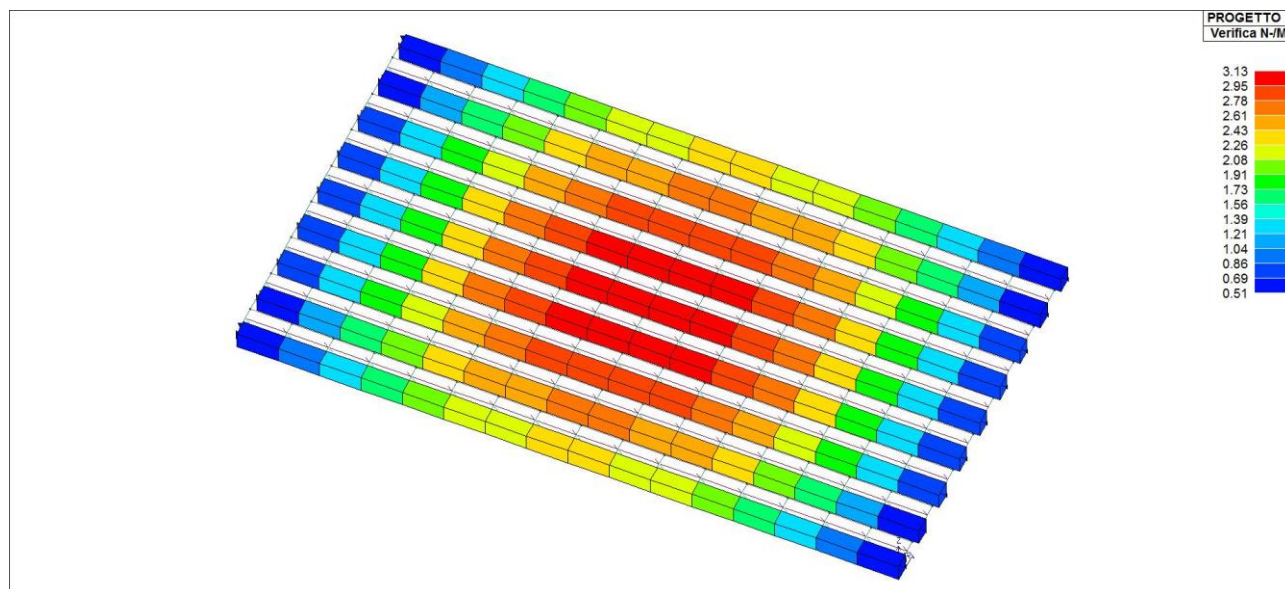


Figura 5.67 Verifica presso-flessione travi in legno – Verificato se <1

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 75 di 439 |

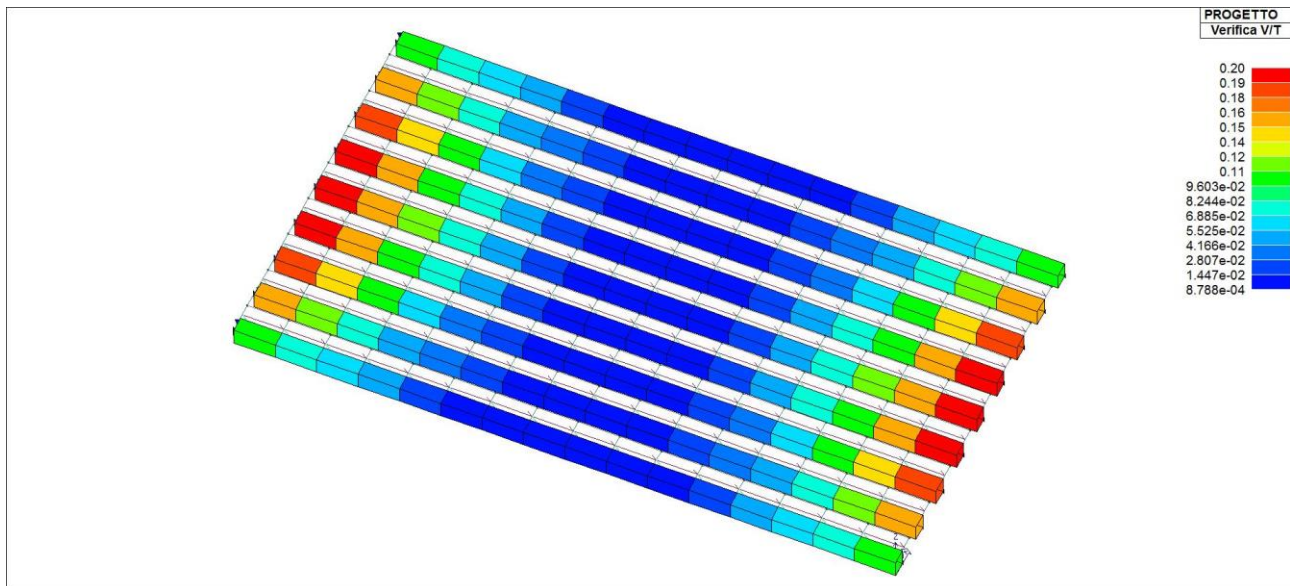


Figura 5.68 Verifica a taglio travi in legno principali - Verificato se <1

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|------|-------|----------------|
| TRAVI IN LEGNO | 313% | >100% | NON VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

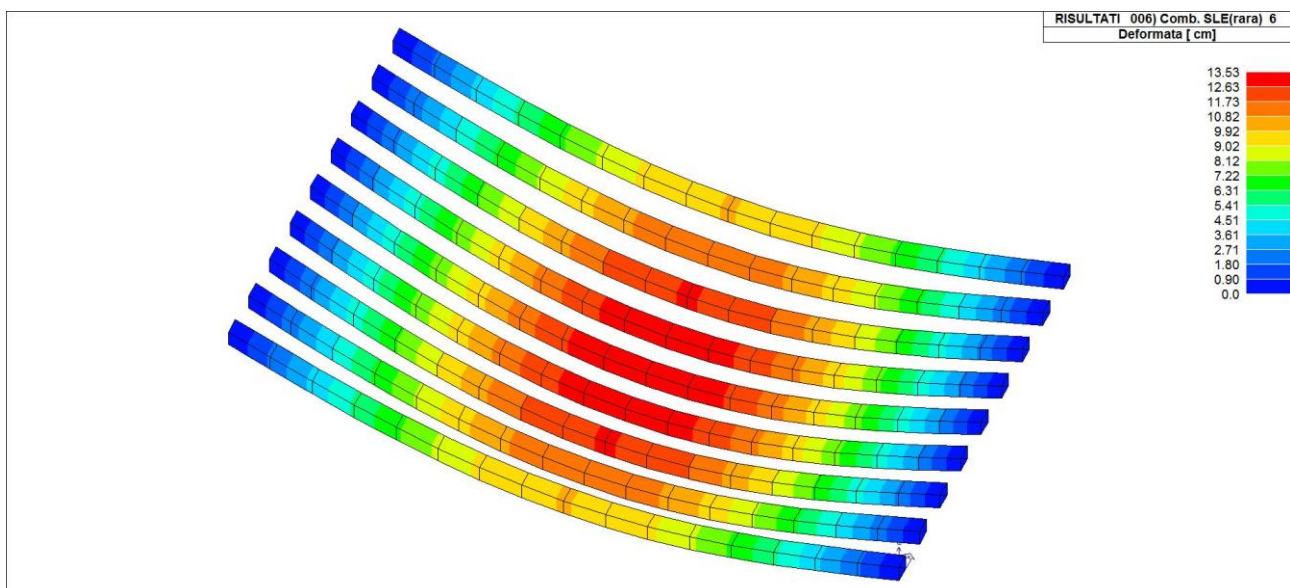


Figura 5.69 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 76 di 439 |

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=7.27m | | | | | | |
|--|------------|----------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 2 | Principale | SLE-RARA | 13.53 | L/54 | L/250 | No |

Il solaio risulta dunque non verificato sia per resistenza (flessione) che per deformabilità.

5.2.13 Solaio A.08

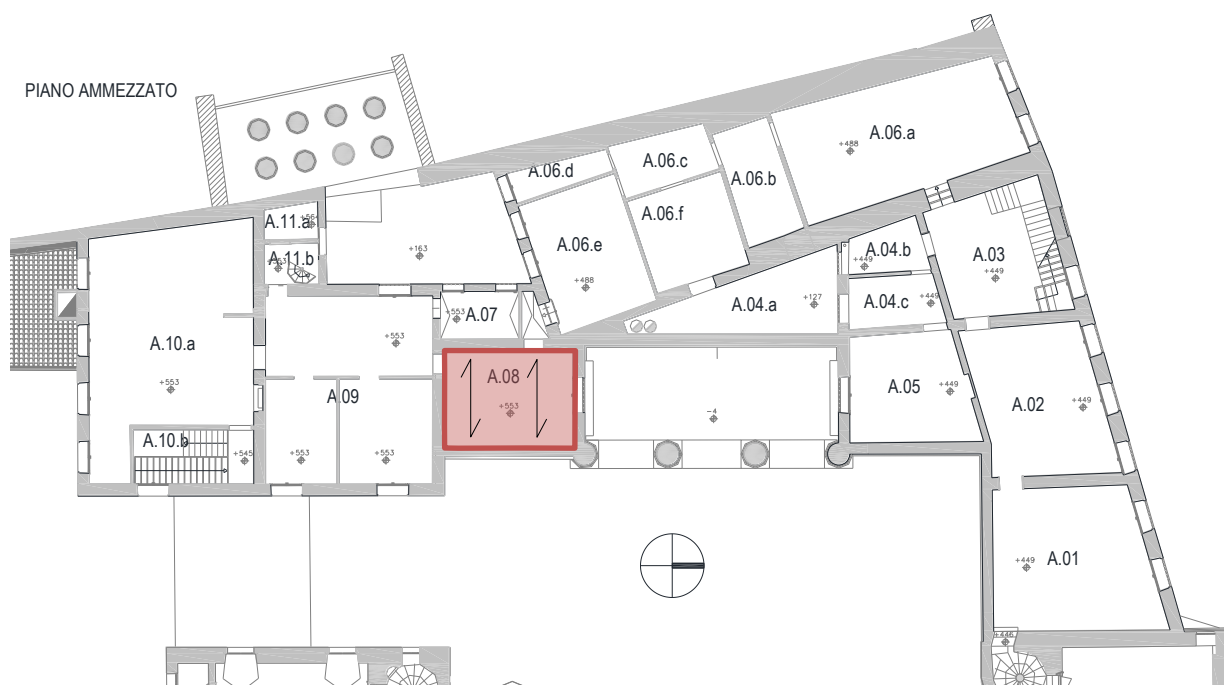


Figura 5.70 Localizzazione del solaio A.08 con indicazione del relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 4.20m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 17 | 20 | 45 | 4.20 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|--|----------------|-------------|
| Peso travi esistenti sez. 17x20cm i=45cm | G ₁ | 45.3 daN/mq |
| Peso tavolato | G ₂ | 18 daN/mq |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 77 di 439 |

| | | |
|---|------------|------------|
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento alla veneziana) | G_2 | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | $G_{2,nd}$ | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

VERIFICHE SLU/SLE:

| Verifica travi lignee secondo N.T.C. di cui al D.M. 14/01/2008 | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
| denominazione trave: trave principale vano 1.01 | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 17 | 20 | 0° 0 | 106.7 | 19.2 | C20 - massiccio | classe di servizio | 1 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | media | |
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | | | | | | |
| luce di calcolo | | L | 420 | cm | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | |
| distribuito | q _d | 495.15 | 343.50 | 253.50 | [kg/m] | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 109181 | kgcm | | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 1040 | kg | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | | |
| <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | | | | | |
| | | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | | | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| | | 96.3 | 0.0 | 0.90 | | | 4.6 | 0.0 | 0.24 |
| | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | | | | | |
| | | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | | | | | |
| freccia istantanea | | 0.0 | 1.3 | 1.3 | L / 324 | | | | |
| freccia finale | | 0.0 | 1.9 | 1.9 | L / 225 | | | | |

Il solaio risulta verificato $0.90 < 1.00$, mentre per quanto riguarda la deformata finale, la freccia risulta essere L/225 che si considera accettabile per una struttura esistente.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 78 di 439 |

5.2.14 Solaio A.09

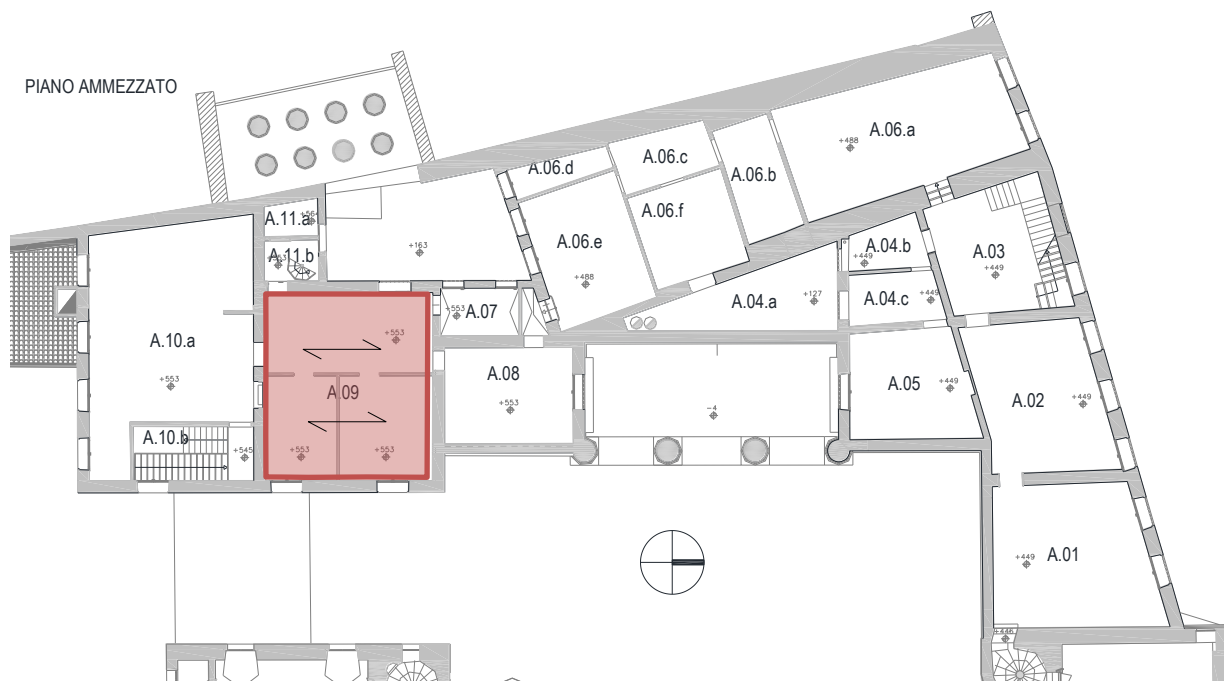


Figura 5.71 Localizzazione del solaio A.09 con indicazione del relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 7.02m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 24 | 20 | 57 | 7.02 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Le indagini eseguite hanno consentito di riscontrare la presenza di una cappa in calcestruzzo collaborante con il solaio ligneo e di un massetto in calcestruzzo alleggerito sotto il pavimento alla veneziana.

Vista la presenza della cappa collaborante, nelle verifiche il carico dovuto alla parete in cartongesso posizionata in mezzeria della luce maggiore del vano è stato ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito secondo quanto riportato nelle NTC08 al §3.1.3.1.

| | | |
|---|-------------------|-------------|
| Peso travi esistenti | G ₁ | 50.5 daN/mq |
| Peso tavolato | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pav. veneziana, massetto in cls alleggerito) | G ₂ | 244 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Peso parete in cartongesso (2.5kN/m) | G _{2,nd} | 120 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|---|--|------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 79 di 439 |

VERIFICHE SLU/SLE:

Caratteristiche solaio composto legno-calcestruzzo

| Carichi nominali, combinazioni di carico e azioni interne | | | | | | SLU_1 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_Q (G_{2k} + Q_{1k})$ | | | SLU_2 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_{G2} G_{2k}$ | | | SLE | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|---|-------------------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| g_{1k} [kN/m ²] | g_{2k} [kN/m ²] | q_k [kN/m ²] | ψ_2 [-] | γ_{G1} [-] | $\gamma_{G2} ; \gamma_Q$ [-] | $q_{SLU,1}$ [kN/m] | $M_{Ed,SLU,1}$ [kNm] | $V_{Ed,SLU,1}$ [kN] | $q_{SLU,2}$ [kN/m] | $M_{Ed,SLU,2}$ [kNm] | $V_{Ed,SLU,2}$ [kN] | g_k [kN/m] | q_k [kN/m] |
| 4.50 | 1.60 | 5.00 | 0.60 | 1.30 | 1.50 | 8.98 | 55.30 | 31.51 | 4.70 | 28.97 | 16.51 | 3.48 | 2.85 |

| Trave | | legno | massiccio | C20 | $\rho_k =$ | 330.00 | kg/m ³ | $\gamma_{M,legno} =$ | 1.50 |
|-------|----------------|-------|-----------|----------------------|--------------|------------|-------------------|----------------------|-----------|
| b | h ₂ | i | L | γ_{legno} | $E_{0,mean}$ | G_{mean} | $f_{m,k}$ | $f_{t,0,k}$ | $f_{v,k}$ |
| [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 240 | 200 | 570 | 7020 | 6.00 | 9500 | 590 | 20.00 | 12.00 | 3.60 |

| | | |
|--|----------|-----|
| Capacità portante connessione legno-acciaio ad un piano di taglio con piastra spessa | | |
| $\gamma_{con} =$ | 1.50 | |
| $f_{h,0,k} =$ | 22.73 | MPa |
| $M_{yk} =$ | 1.77E+05 | Nmm |
| $F_{v,Rk} =$ | 18.45 | kN |

| Soletta in calcestruzzo | | | | | cls | classe | C16/20 | $\gamma_c =$ | 1.50 |
|-------------------------|------|----------------------|----------------------|--------|----------|----------|----------------|--------------|----------|
| h_1 | t | γ_{assito} | γ_{cls} | ϕ | f_{ck} | f_{cd} | $f_{ctk,0.05}$ | f_{ctd} | E_{cm} |
| [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [kN/m ³] | [-] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 55 | 30 | 6.00 | 25.00 | 2.00 | 16.60 | 9.41 | 1.37 | 0.91 | 28821 |

Considerare il contributo della soletta nelle verifiche a taglio?

NO

| Connettori | | | | | | acciaio | FeB 44k | $\gamma_s =$ | 1.15 |
|------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-------|-------------------|----------|--------------|----------|
| ϕ | s_{min} | s_{max} | Verifica | s_{eq} | L_w | Verifica | f_{tk} | f_{yk} | f_{yd} |
| [mm] | [mm] | [mm] | $s_{max} \leq 4 s_{min}$ | [mm] | [mm] | $l_w \geq 10\phi$ | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 16 | 150 | 150 | SI | 150 | 160 | SI | 540.00 | 430.00 | 373.91 |

Verifiche SLU

| | | t = 0 | | t = ∞ | |
|--------------------------------------|---------------------|----------|------------------|----------|------------------|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | E ₁ | 28821 | MPa | 9607 | MPa |
| | (EI) ₁ | 2.28E+11 | Nmm ² | 7.59E+10 | Nmm ² |
| | (EA) ₁ | 9.04E+08 | N | 3.01E+08 | N |
| Legno | E ₂ | 9500 | MPa | 5938 | MPa |
| | (EI) ₂ | 1.52E+12 | Nmm ² | 9.50E+11 | Nmm ² |
| | (EA) ₂ | 4.56E+08 | N | 2.85E+08 | N |
| Connessione | K _u | 6394 | N/mm | 3996 | N/mm |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | | | | |
| | (EI) ₁₊₂ | 9.27E+12 | Nmm ² | 4.66E+12 | Nmm ² |
| | γ ₁ | 0.19 | | 0.31 | |
| | γ ₂ | 1.00 | | 1.00 | |
| | y _{G,ef} | 143.19 | mm | 138.52 | mm |
| | a ₁ | 114.31 | mm | 118.98 | mm |
| | a ₂ | 43.19 | mm | 38.52 | mm |
| | (EI) _{ef} | 4.85E+12 | Nmm ² | 2.76E+12 | Nmm ² |
| | η | 0.413 | | 0.476 | |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 80 di 439 |

| Combinazione SLU_1 | | | | | |
|--|---|--|--|------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | |
| Classe di durata del carico | | media | | 0.80 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -16.20 | MPa | -12.33 | MPa |
| | σ _{1,t} | 1.87 | MPa | -1.73 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 4.68 | MPa | 4.59 | MPa |
| | σ _{m,2} | 10.83 | MPa | 11.92 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.98 | MPa | 0.98 | MPa |
| Connessione | F _{v,Ed} | 19.19 | kN | 18.84 | kN |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | 1.72 | Non verifica | 1.31 | Non verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | 2.06 | Predisporre armatura (N = 224.58 kN ; M = 2.59 kNm) | - | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | 1.75 | Non verifica | 1.83 | Non verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | 0.51 | Verifica | 0.51 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | 1.95 | Non verifica | 1.91 | Non verifica |

| Combinazione SLU_2 | | | | | |
|--|---|--|--|------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | |
| Classe di durata del carico | | permanente | | 0.60 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -8.49 | MPa | -6.46 | MPa |
| | σ _{1,t} | 0.98 | MPa | -0.90 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 2.45 | MPa | 2.40 | MPa |
| | σ _{m,2} | 5.68 | MPa | 6.24 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.52 | MPa | 0.52 | MPa |
| Connessione | F _{v,Ed} | 10.05 | kN | 9.87 | kN |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | 0.90 | Verifica | 0.69 | Verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | 1.08 | Predisporre armatura (N = 117.63 kN ; M = 1.36 kNm) | - | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | 1.22 | Non verifica | 1.28 | Non verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | 0.36 | Verifica | 0.36 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | 1.36 | Non verifica | 1.34 | Non verifica |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 81 di 439 |

Verifiche SLE

| | t = 0 | | | t = ∞ | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|--|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | E ₁ | 28821 | MPa | 9607 | MPa | |
| | (EI) ₁ | 2.28E+11 | Nmm ² | 7.59E+10 | Nmm ² | |
| | (EA) ₁ | 9.04E+08 | N | 3.01E+08 | N | |
| Legno | E ₂ | 9500 | MPa | 5938 | MPa | |
| | G ₂ | 590 | MPa | 369 | MPa | |
| | (EI) ₂ | 1.52E+12 | Nmm ² | 9.50E+11 | Nmm ² | |
| | (EA) ₂ | 4.56E+08 | N | 2.85E+08 | N | |
| Connessione | K _{ser} | 9592 | N/mm | 5995 | N/mm | |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | | | | | |
| | (EI) ₁₊₂ | 9.27E+12 | Nmm ² | 4.66E+12 | Nmm ² | |
| | γ ₁ | 0.26 | | 0.40 | | |
| | γ ₂ | 1.00 | | 1.00 | | |
| | y _{G,ef} | 153.70 | mm | 146.67 | mm | |
| | a ₁ | 103.80 | mm | 110.83 | mm | |
| | a ₂ | 53.70 | mm | 46.67 | mm | |
| | (EI) _{ef,ser} | 5.60E+12 | Nmm ² | 3.12E+12 | Nmm ² | |
| | η _{ser} | 0.513 | ≤ 0,70 Verifica | 0.577 | | |
| <u>Verifiche della freccia</u> | | | | | | |
| | u _g | 20.53 | mm | 36.68 | mm | |
| | u _q | 16.82 | mm | 30.07 | mm | |
| | u _{tot} | 37.35 | > L/350 = 20.06 Non verifica | 54.72 | > L/250 = 28.08 Non verifica | |

Il solaio risulta non verificato sia per resistenza che per deformabilità.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 82 di 439 |

5.2.15 Solaio A.10

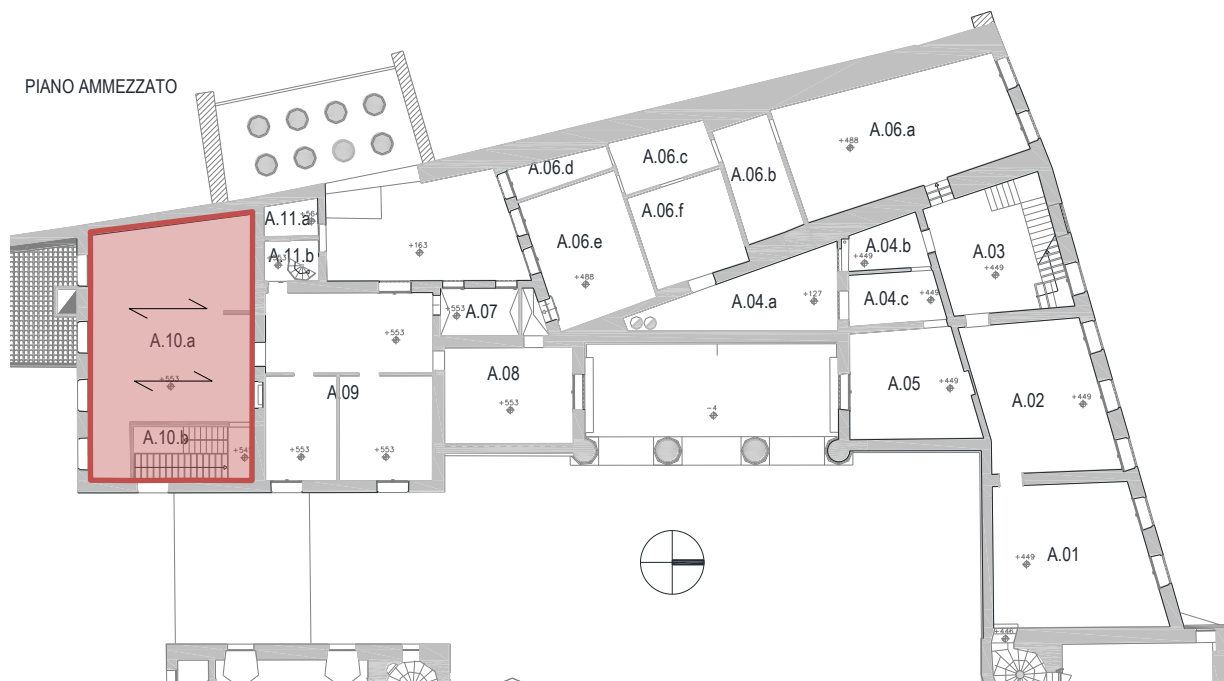


Figura 5.72 Localizzazione del solaio A.10 con indicazione del relativo verso di tessitura nella condizione di stato di fatto

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 6.92m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 22 | 20 | 50 | 6.92 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Le indagini eseguite hanno consentito di riscontrare la presenza di una cappa in calcestruzzo collaborante con il solaio ligneo e di un massetto in calcestruzzo alleggerito sotto il pavimento alla veneziana.

Vista la presenza della cappa collaborante, nelle verifiche il carico dovuto alla parete in cartongesso posizionata in mezzeria della luce maggiore del vano è stato ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito secondo quanto riportato nelle NTC08 al §3.1.3.1.

| | | |
|---|-------------------|-------------|
| Peso travi esistenti | G ₁ | 50.5 daN/mq |
| Peso tavolato | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pav. veneziana, massetto in cls alleggerito) | G ₂ | 244 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Peso parete in cartongesso (2.5kN/m) | G _{2,nd} | 120 daN/mq |

| | | |
|---|--|------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 83 di 439 |

| | | |
|--------------------|---|------------|
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |
|--------------------|---|------------|

VERIFICHE SLU/SLE:

Caratteristiche solaio composto legno-calcestruzzo

| Carichi nominali, combinazioni di carico e azioni interne | | | | | | SLU_1 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_Q (G_{2k} + Q_k)$ | | | SLU_2 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_{Q2} G_{2k}$ | | | SLE | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|--|-------------------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| g_{1k} [kN/m ²] | g_{2k} [kN/m ²] | q_k [kN/m ²] | ψ_2 [-] | γ_{G1} [-] | $\gamma_{Q2} : \gamma_Q$ [-] | $q_{SLU,1}$ [kN/m] | $M_{Ed,SLU,1}$ [kNm] | $V_{Ed,SLU,1}$ [kN] | $q_{SLU,2}$ [kN/m] | $M_{Ed,SLU,2}$ [kNm] | $V_{Ed,SLU,2}$ [kN] | g_k [kN/m] | q_k [kN/m] |
| 4.52 | 1.60 | 5.00 | 0.60 | 1.30 | 1.50 | 7.89 | 47.23 | 27.30 | 4.14 | 24.78 | 14.32 | 3.06 | 2.50 |

| Trave | | legno | massiccio | C20 | $\rho_k =$ | 330.00 | kg/m ³ | $\gamma_{M,legno} =$ | 1.50 |
|-------|-------|-------|-----------|----------------------|--------------|------------|-------------------|----------------------|-----------|
| b | h_2 | i | L | γ_{legno} | $E_{0,mean}$ | G_{mean} | $f_{m,k}$ | $f_{t,0,k}$ | $f_{v,k}$ |
| [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 220 | 200 | 500 | 6920 | 6.00 | 9500 | 590 | 20.00 | 12.00 | 3.60 |

| | |
|--|--------------|
| Capacità portante connessione legno-acciaio ad un piano di taglio con piastra spessa | |
| $\gamma_{con} =$ | 1.50 |
| $f_{n,0,k} =$ | 22.73 MPa |
| $M_{yk} =$ | 1.77E+05 Nmm |
| $F_{v,Rk} =$ | 18.45 kN |

| Soletta in calcestruzzo | | | | | cls | classe | C16/20 | $\gamma_c =$ | 1.50 |
|-------------------------|------|----------------------|----------------------|--------|----------|----------|----------------|--------------|----------|
| h_1 | t | γ_{assito} | γ_{cls} | ϕ | f_{ck} | f_{cd} | $f_{ctk,0.05}$ | f_{ctd} | E_{cm} |
| [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [kN/m ³] | [-] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 55 | 30 | 6.00 | 25.00 | 2.00 | 16.60 | 9.41 | 1.37 | 0.91 | 28821 |

Considerare il contributo della soletta nelle verifiche a taglio?

NO

| Connettori | | | | | | acciaio | FeB 44k | $\gamma_s =$ | 1.15 |
|------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-------|-------------------|----------|--------------|----------|
| ϕ | s_{min} | s_{max} | Verifica | s_{eq} | L_w | Verifica | f_{tk} | f_{yk} | f_{yd} |
| [mm] | [mm] | [mm] | $s_{max} \leq 4 s_{min}$ | [mm] | [mm] | $l_w \geq 10\phi$ | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 16 | 150 | 150 | SI | 150 | 160 | SI | 540.00 | 430.00 | 373.91 |

Verifiche SLU

| | | t = 0 | | t = ∞ | |
|--------------------------------------|---------------------|----------|------------------|----------|------------------|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | E ₁ | 28821 | MPa | 9607 | MPa |
| | (EI) ₁ | 2.00E+11 | Nmm ² | 6.66E+10 | Nmm ² |
| | (EA) ₁ | 7.93E+08 | N | 2.64E+08 | N |
| Legno | E ₂ | 9500 | MPa | 5938 | MPa |
| | (EI) ₂ | 1.39E+12 | Nmm ² | 8.71E+11 | Nmm ² |
| | (EA) ₂ | 4.18E+08 | N | 2.61E+08 | N |
| Connessione | K _u | 6394 | N/mm | 3996 | N/mm |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | | | | |
| | (EI) ₁₊₂ | 8.38E+12 | Nmm ² | 4.20E+12 | Nmm ² |
| | γ ₁ | 0.21 | | 0.33 | |
| | γ ₂ | 1.00 | | 1.00 | |
| | y _{G,ef} | 144.39 | mm | 139.28 | mm |
| | a ₁ | 113.11 | mm | 118.22 | mm |
| | a ₂ | 44.39 | mm | 39.28 | mm |
| | (EI) _{ef} | 4.52E+12 | Nmm ² | 2.55E+12 | Nmm ² |
| | η | 0.430 | | 0.496 | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 84 di 439 |

| Combinazione SLU_1 | | | | | |
|--|---|--|--|------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | |
| Classe di durata del carico | | media | | 0.80 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -15.35 | MPa | -11.79 | MPa |
| | σ _{1,t} | 1.23 | MPa | -2.02 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 4.41 | MPa | 4.31 | MPa |
| | σ _{m,2} | 9.94 | MPa | 10.98 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.93 | MPa | 0.93 | MPa |
| Connessione | F _{v,Ed} | 16.83 | kN | 16.45 | kN |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | 1.63 | Non verifica | 1.25 | Non verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | 1.35 | Predisporre armatura (N = 194.06 kN ; M = 2.08 kNm) | - | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | 1.62 | Non verifica | 1.70 | Non verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | 0.48 | Verifica | 0.48 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | 1.71 | Non verifica | 1.67 | Non verifica |

| Combinazione SLU_2 | | | | | |
|--|---|--|--------------|------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | |
| Classe di durata del carico | | permanente | | 0.60 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -8.05 | MPa | -6.18 | MPa |
| | σ _{1,t} | 0.65 | MPa | -1.06 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 2.31 | MPa | 2.26 | MPa |
| | σ _{m,2} | 5.21 | MPa | 5.76 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.49 | MPa | 0.49 | MPa |
| Connessione | F _{v,Ed} | 8.83 | kN | 8.63 | kN |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | 0.86 | Verifica | 0.66 | Verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | 0.71 | Verifica | - | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | 1.13 | Non verifica | 1.19 | Non verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | 0.34 | Verifica | 0.34 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | 1.20 | Non verifica | 1.17 | Non verifica |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 85 di 439 |

Verifiche SLE

| | | t = 0 | | t = ∞ | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | E ₁ | 28821 | MPa | 9607 | MPa |
| | (EI) ₁ | 2.00E+11 | Nmm ² | 6.66E+10 | Nmm ² |
| | (EA) ₁ | 7.93E+08 | N | 2.64E+08 | N |
| Legno | E ₂ | 9500 | MPa | 5938 | MPa |
| | G ₂ | 590 | MPa | 369 | MPa |
| | (EI) ₂ | 1.39E+12 | Nmm ² | 8.71E+11 | Nmm ² |
| | (EA) ₂ | 4.18E+08 | N | 2.61E+08 | N |
| Connessione | K _{ser} | 9592 | N/mm | 5995 | N/mm |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | | | | |
| | (EI) ₁₊₂ | 8.38E+12 | Nmm ² | 4.20E+12 | Nmm ² |
| | γ ₁ | 0.28 | | 0.42 | |
| | γ ₂ | 1.00 | | 1.00 | |
| | y _{G,ef} | 154.79 | mm | 147.21 | mm |
| | a ₁ | 102.71 | mm | 110.29 | mm |
| | a ₂ | 54.79 | mm | 47.21 | mm |
| | (EI) _{ef,ser} | 5.20E+12 | Nmm ² | 2.88E+12 | Nmm ² |
| | η _{ser} | 0.531 | ≤ 0,70 Verifica | 0.596 | |
| <u>Verifiche della freccia</u> | | | | | |
| | u _g | 18.43 | mm | 33.10 | mm |
| | u _q | 15.05 | mm | 27.03 | mm |
| | u _{tot} | 33.47 | > L/350 = 19.77 Non verifica | 49.31 | > L/250 = 27.68 Non verifica |

Il solaio risulta essere non verificato sia per resistenza che per deformabilità.

5.3 SOLAI LIGNEI ESISTENTI: STATO DI PROGETTO

Per i solai esistenti, tutti non verificati rispetto ai carichi di progetto ad eccezione del solaio a soffitto dell'ambiente A.08, sono stati studiati diversi metodi di intervento, in funzione delle specifiche esigenze e caratteristiche.

I metodi di intervento si suddividono nelle seguenti tipologie:

- consolidamento dall'intradosso mediante inserimento di nuove travi in acciaio parallele a quelle lignee esistenti;
- consolidamento dall'intradosso mediante inserimento di nuove travi rompitratta in acciaio;
- demolizione e ricostruzione del solaio con nuove travi lignee e soletta collaborante in calcestruzzo alleggerito.

Nel rinviare alla Relazione illustrativa per la dettagliata esposizione delle ragioni che hanno condotto alla scelta dei diversi metodi di intervento, si riportano a seguire le verifiche nello stato di progetto dei singoli solai.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 86 di 439 |

5.3.1 Solai esistenti consolidati mediante inserimento di travi integrative in acciaio all'intradosso

Tale metodo di intervento, che consiste nell'inserimento tra una trave lignea e l'altra o ad interassi alterni di un nuovo profilo IPE in acciaio S275, è stato studiato in modo da minimizzare l'esecuzione di nuovi scassi sulle murature di appoggio, sfruttando il margine di resistenza a taglio delle travi esistenti, a cui è stato affidato il compito di sorreggere le nuove travi tramite un sistema di barre filettate ancorate ad un profilo UNP. Appare dunque evidente l'importanza del controllo accurato dello stato di conservazione delle teste delle travi lignee esistenti, da eseguirsi nella fase iniziale dell'intervento a cura di personale tecnico qualificato.

Nel caso di solai da consolidare nell'ipotesi di conservazione della pavimentazione esistente, il modello di calcolo è stato impostato attribuendo il carico permanente portato dovuto al pacchetto pavimentazione alle sole travi esistenti, ripartendo invece tra nuove travi in acciaio e travi lignee, in funzione delle relative rigidità, il carico permanente portato dovuto al nuovo controsoffitto e il carico di esercizio.

Affinché l'interventi di consolidamento risulti immediatamente efficace, l'estradosso delle nuove travi in acciaio dovrà essere portato a perfetto contatto con l'intradosso del tavolato esistente grazie all'interposizione di cunei, spessori, resina o altro materiale atto a compensare l'andamento dovuto alla deformata del tavolato stesso.

Nel caso di solai da consolidare nell'ipotesi di integrale rifacimento della pavimentazione, il modello di calcolo è stato invece impostato ripartendo tra travi lignee esistenti e nuove travi in acciaio anche il carico permanente portato dovuto alla nuova pavimentazione, che certamente sarà realizzata una volta ultimate le opere strutturali. Si annota che in tale ipotesi risulterà certamente opportuno provvedere alla preliminare demolizione del pavimento esistente all'estradosso del solaio, al fine di diminuire la deformata delle travi e del tavolato dovuta al peso del pavimento, per poi procedere all'accurata messa a perfetto contatto dei nuovi profili in acciaio con l'intradosso del tavolato stesso.

L'inserimento delle nuove travi in acciaio consente dunque in entrambe le situazioni – grazie all'incremento del numero degli elementi portanti e alla riduzione del relativo interasse – di far rientrare le verifiche di resistenza a flessione e di deformabilità rispetto alla condizione di stato di fatto.

Si riportano a seguire le verifiche relative ai singoli solai consolidati con tale metodo, che per lo stralcio funzionale A risultano essere i seguenti:

| SOLAI A CALPESTIO DEL PIANO AMMEZZATO | |
|---------------------------------------|--|
| Solaio a soffitto del vano T.08 | Inserimento IPE 140 ad ogni interasse |
| Solaio a soffitto del vano T.09 | Inserimento IPE 220 ad ogni interasse |
| SOLAI A CALPESTIO DEL PIANO NOBILE | |
| Solaio a soffitto del vano T.13 | Inserimento IPE 140 ad interassi alterni |
| Solaio a soffitto del vano A.06.a | Inserimento IPE 160 ad ogni interasse |
| Solaio a soffitto del vano A.06.b-c-f | Inserimento IPE 180 ad ogni interasse |
| Solaio a soffitto del vano A.06.d-e | Inserimento IPE 220 ad ogni interasse |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 87 di 439 |

5.3.1.1 Solaio T.08

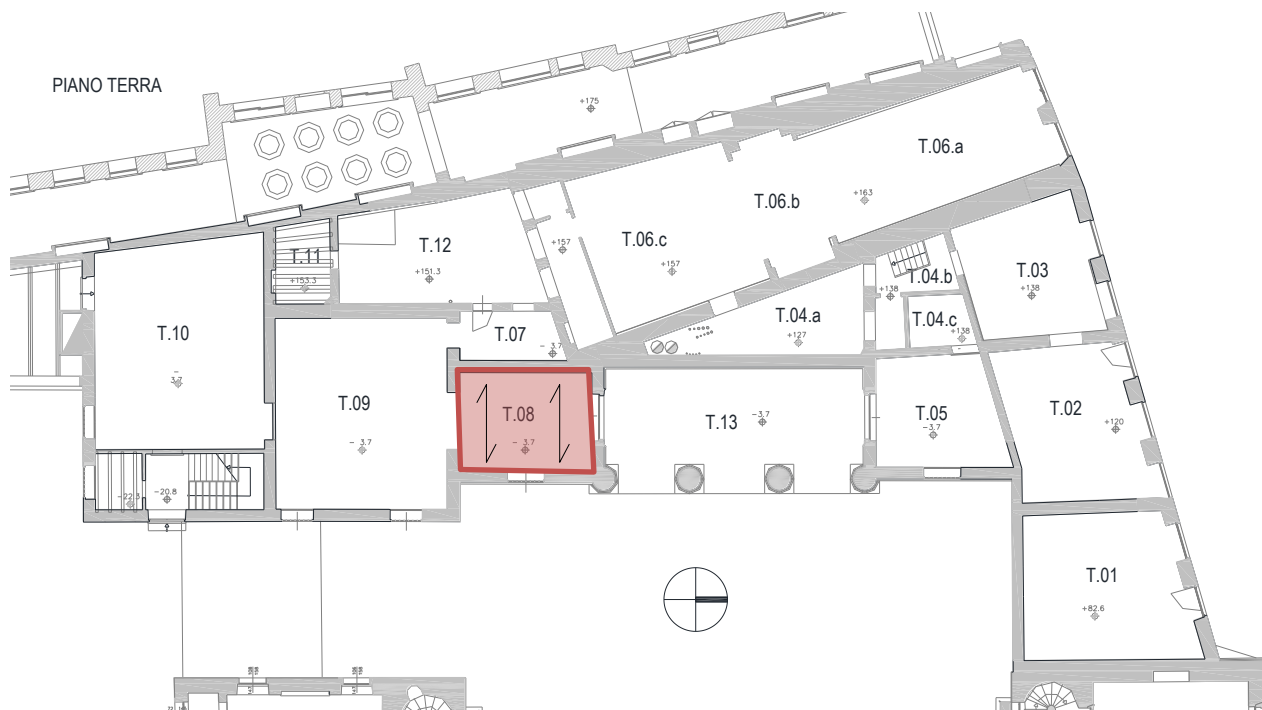


Figura 5.73 Localizzazione del solaio T.08

MODELLAZIONE:

Nel modello le travi portanti in legno e in acciaio sono state considerate in semplice appoggio, mentre il tavolato dello spessore di 3cm è stato modellato come un elemento continuo.

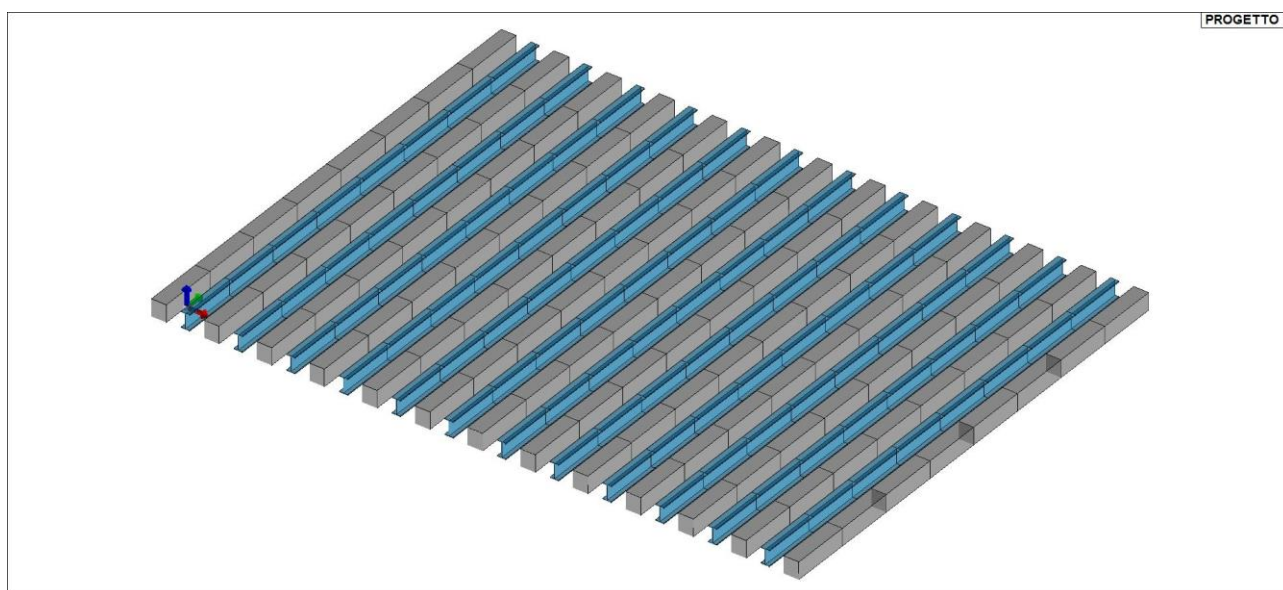


Figura 5.74 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 88 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 4.18m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 13 | 15 | 46 | 4.18 | Semplice appoggio |
| 2 | Nuova | IPE140 | S275 | 7.3 | 14 | 46 | 4.18 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno, travi in acciaio e il tavolato sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento) | G ₂ | 254 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

Poiché le travi in legno risultano attualmente già caricate dal carico dovuta al solaio esistente e considerata la scelta progettuale di non scaricare da tale peso delle travi esistenti in fase di intervento, si è provveduto ad attribuire il peso permanente portato dovuto al solaio alle sole travi lignee esistenti, distribuendo invece, in funzione delle relative rigidezze tra travi lignee e travi nuove in acciaio, il peso permanente portato dovuto al controsoffitto e al pavimento nuovo (elemento aggiunto in fase successiva a quella del consolidamento del solaio) e il carico accidentale dovuto alla folla.

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

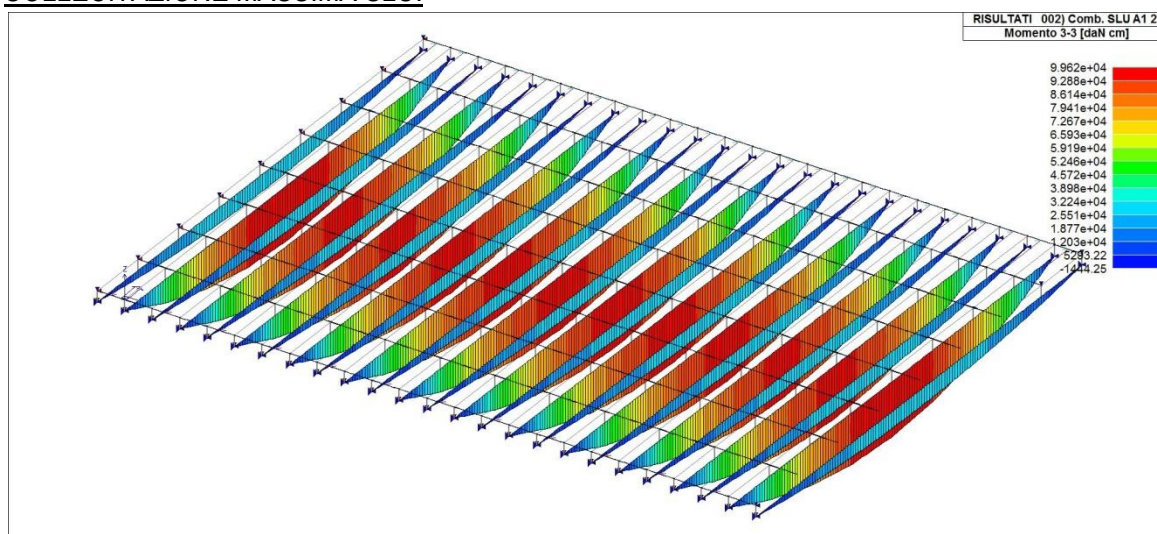


Figura 5.75 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

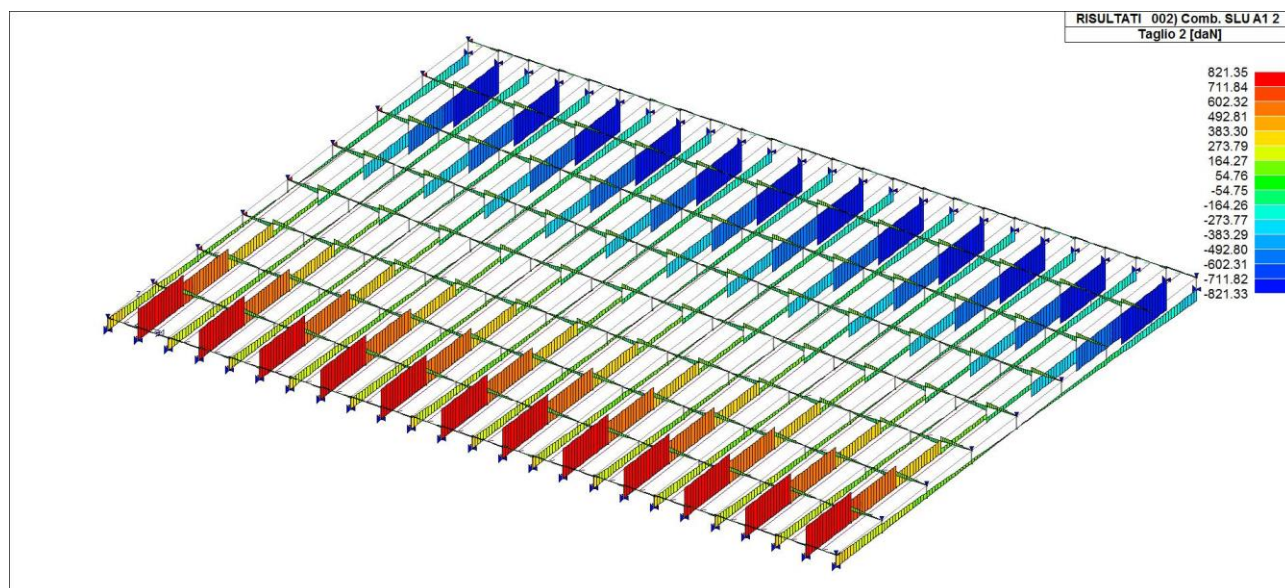


Figura 5.76 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

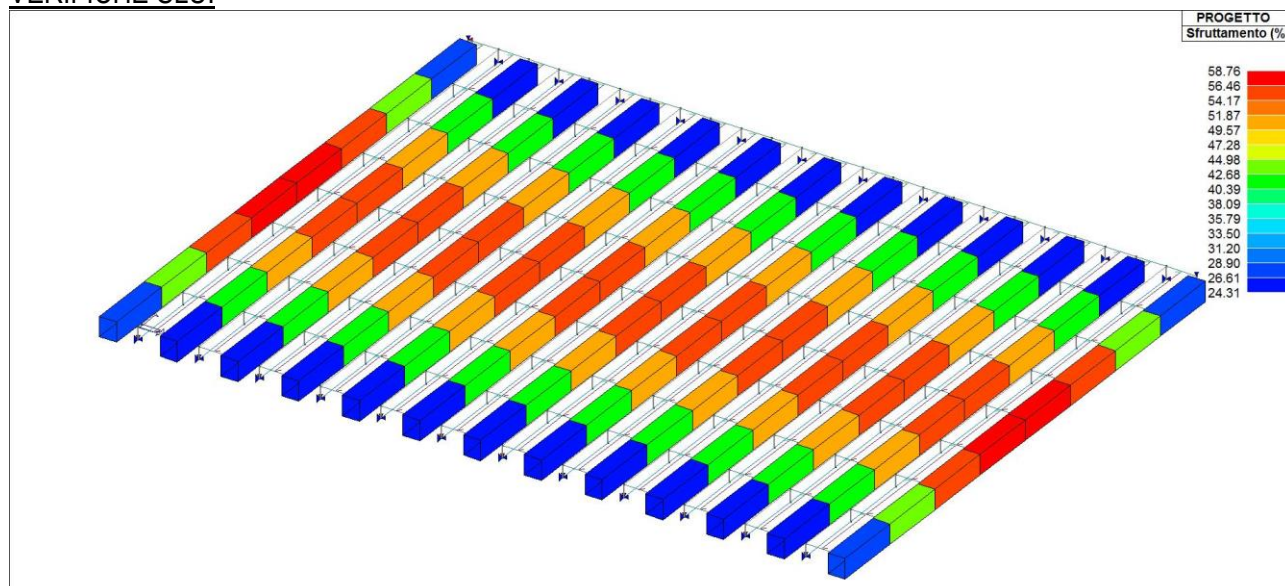


Figura 5.77 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

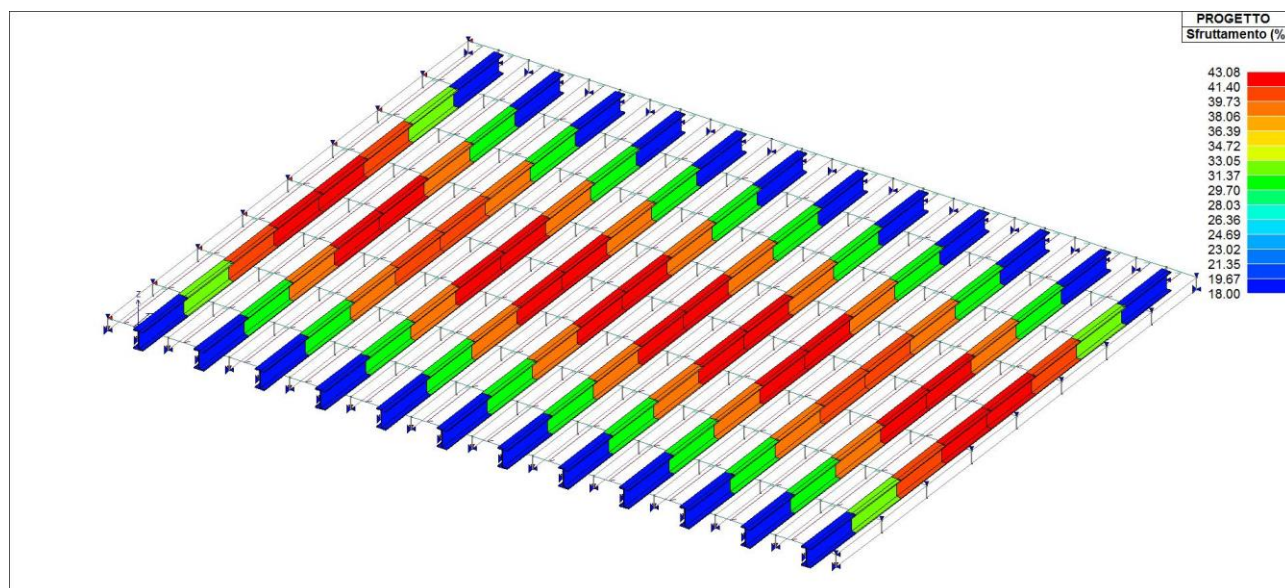


Figura 5.78 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 58.76% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 43.06% | <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

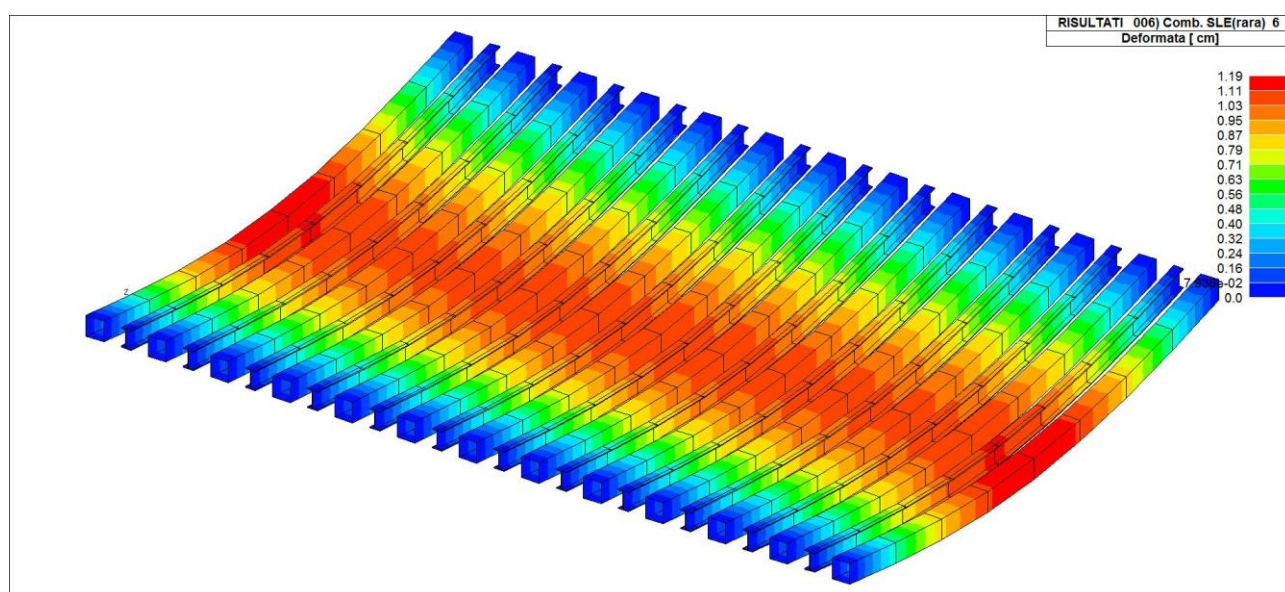


Figura 5.79 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 91 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=4.18m | | | | | | |
|--|-----------|---------------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 1.19 | L/351 | L/300 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-RARA | 1.13 | L/370 | L/250 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-solo acc. | 0.63 | L/663 | L/350 | Si |

5.3.1.2 Solaio T.09

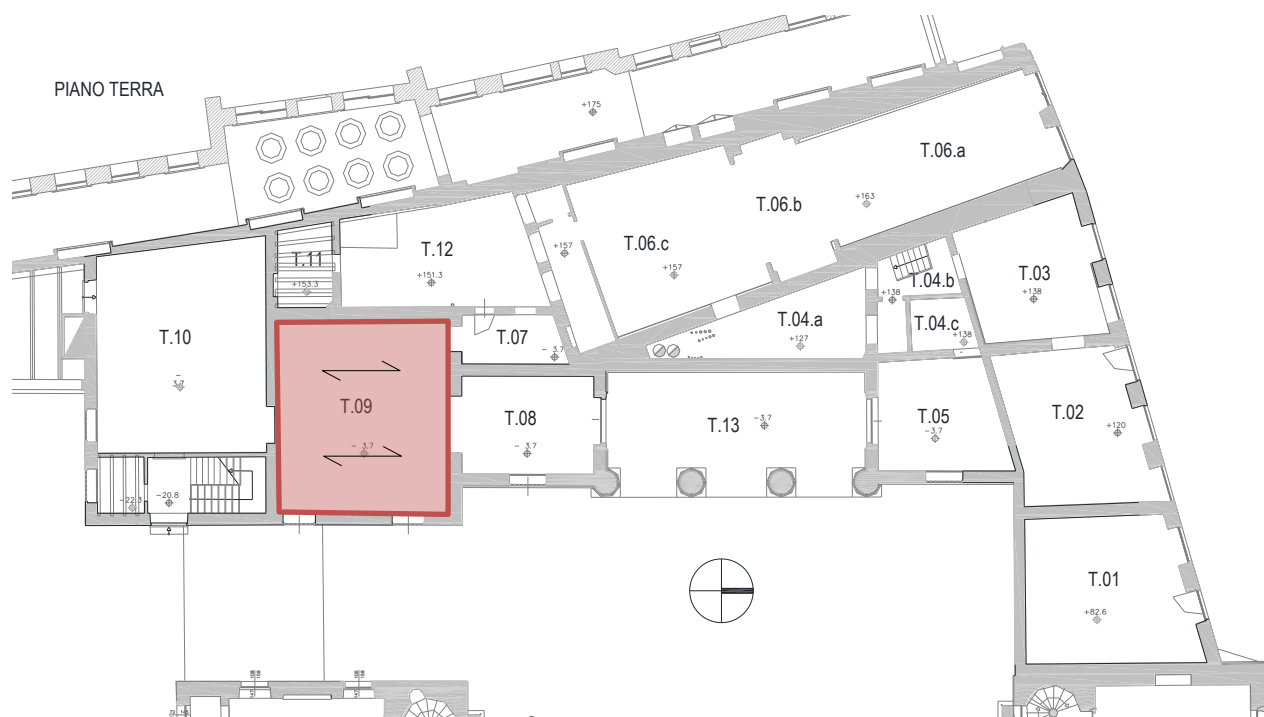


Figura 5.80 Localizzazione del solaio T.09

MODELLAZIONE:

Nel modello le travi portanti in legno e in acciaio sono state considerate in semplice appoggio, mentre il tavolato di spessore 3cm è stato modellato come elemento continuo.

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 92 di 439 |

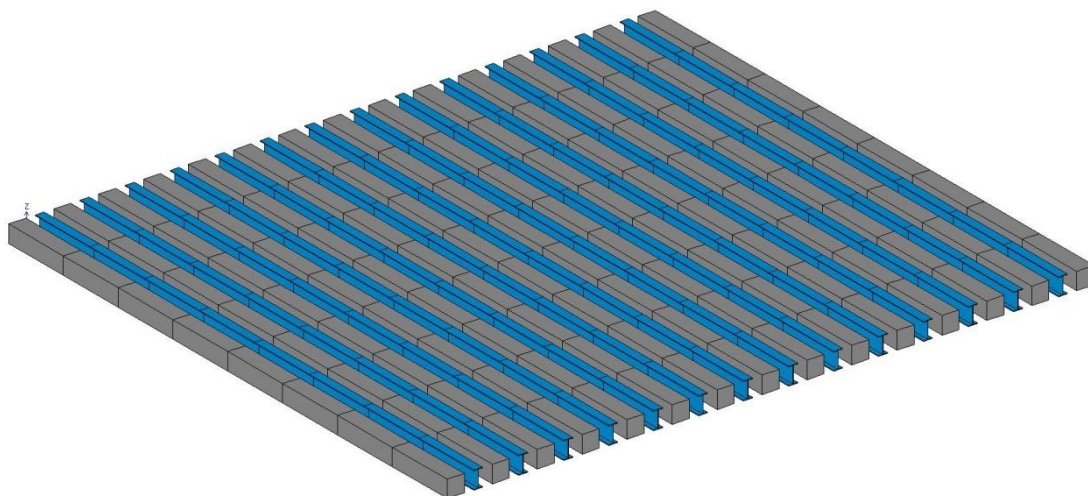


Figura 5.81 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 7.12m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 21 | 21 | 55 | 7.12 | Semplice appoggio |
| 2 | Nuova | IPE220 | S275 | 11 | 22 | 55 | 7.12 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno, travi in acciaio e il tavolato sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento) | G ₂ | 254 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

Poiché le travi in legno risultano attualmente già caricate dal carico dovuta al solaio esistente e considerata la scelta progettuale di non scaricare da tale peso delle travi esistenti in fase di intervento, si è provveduto ad attribuire il peso permanente portato dovuto al solaio alle sole travi lignee esistenti, distribuendo invece, in funzione delle relative rigidezze tra travi lignee e travi nuove in acciaio, il peso permanente portato dovuto al controsoffitto e al pavimento nuovo (elemento aggiunto in fase successiva a quella del consolidamento del solaio) e il carico accidentale dovuto alla folla.

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

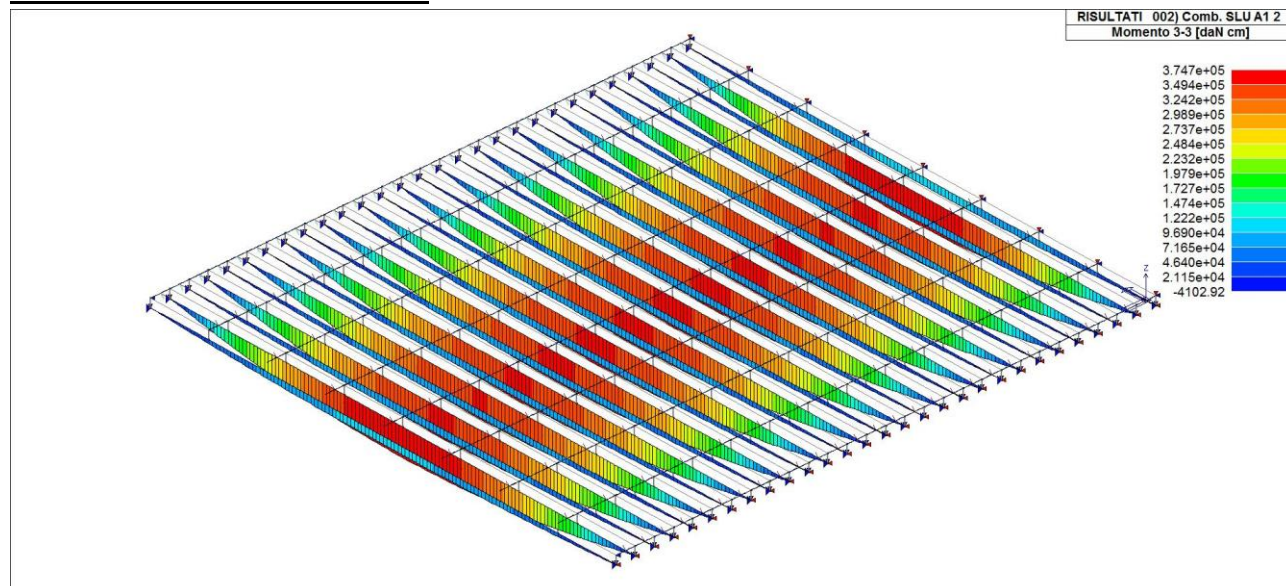


Figura 5.82 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

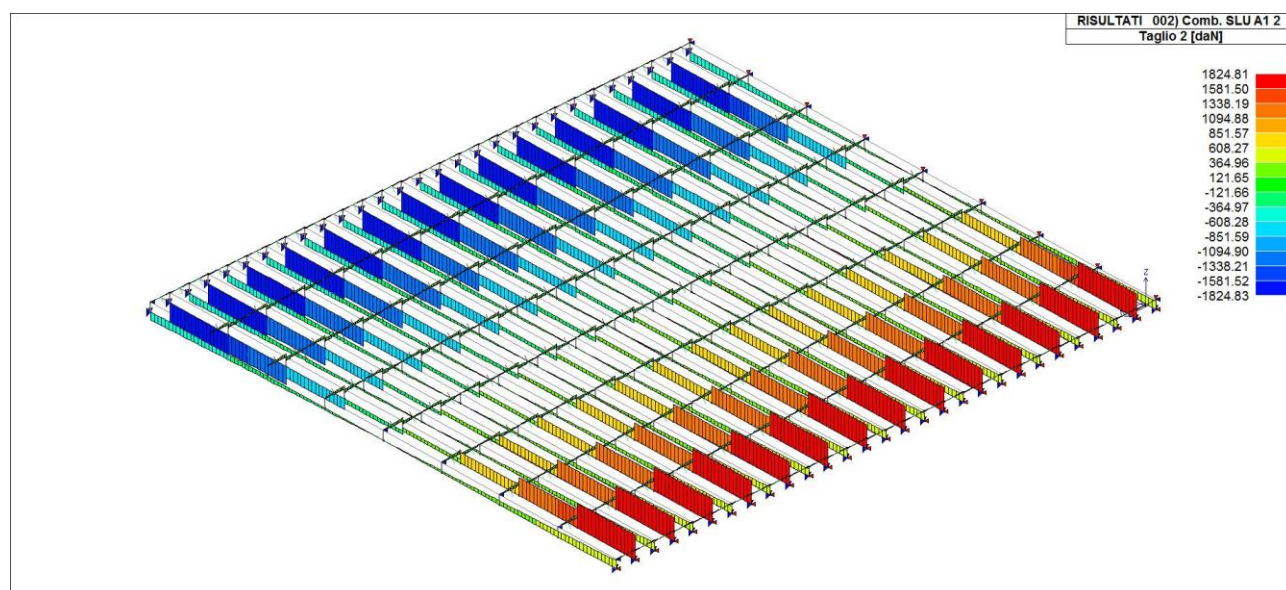


Figura 5.83 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

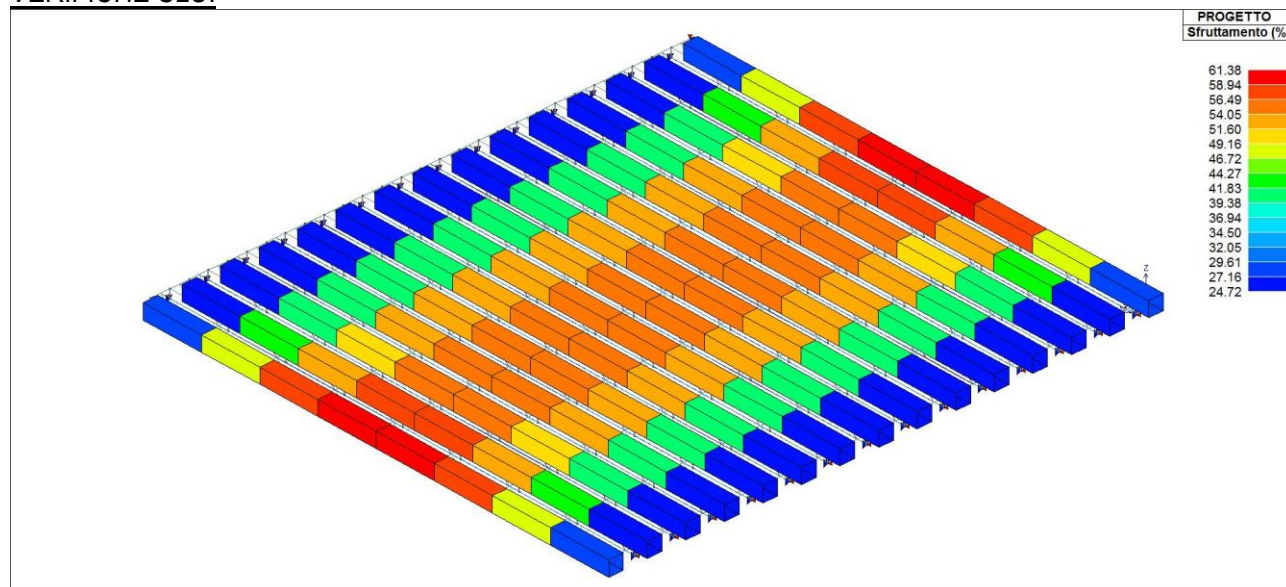


Figura 5.84 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

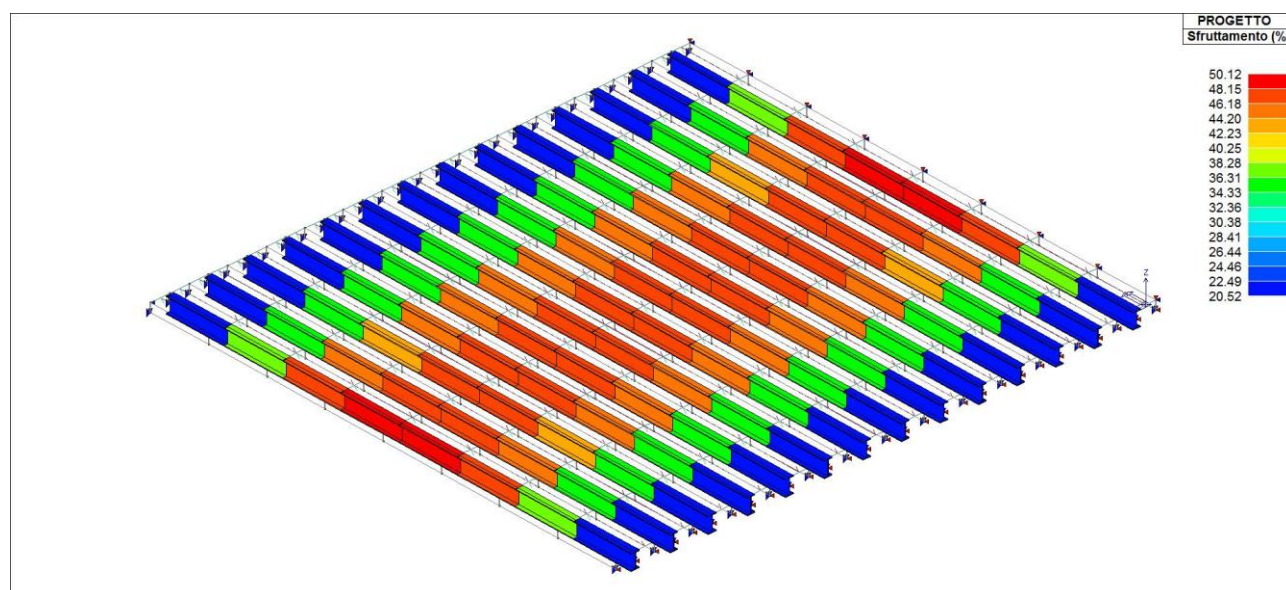


Figura 5.85 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 61.38% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 50.12% | <100% | VERIFICATO |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 95 di 439 |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

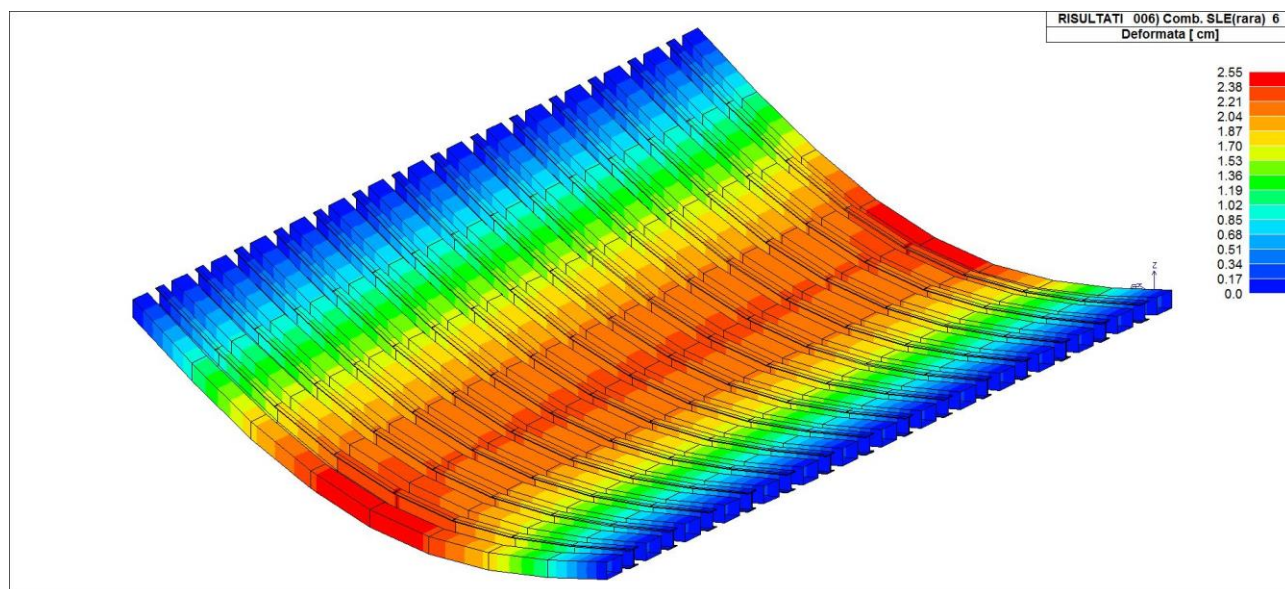


Figura 5.86 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=7.12m | | | | | | |
|--|-----------|---------------|--------------|---------|--------|-------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 2.55 | L/279 | L/250 | Accettabile |
| 2 | Nuova | SLE-RARA | 2.39 | L/298 | L/250 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-solo acc. | 1.24 | L/574 | L/350 | Si |

| | | |
|--|---|------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 96 di 439 |

5.3.1.3 Solaio T.13

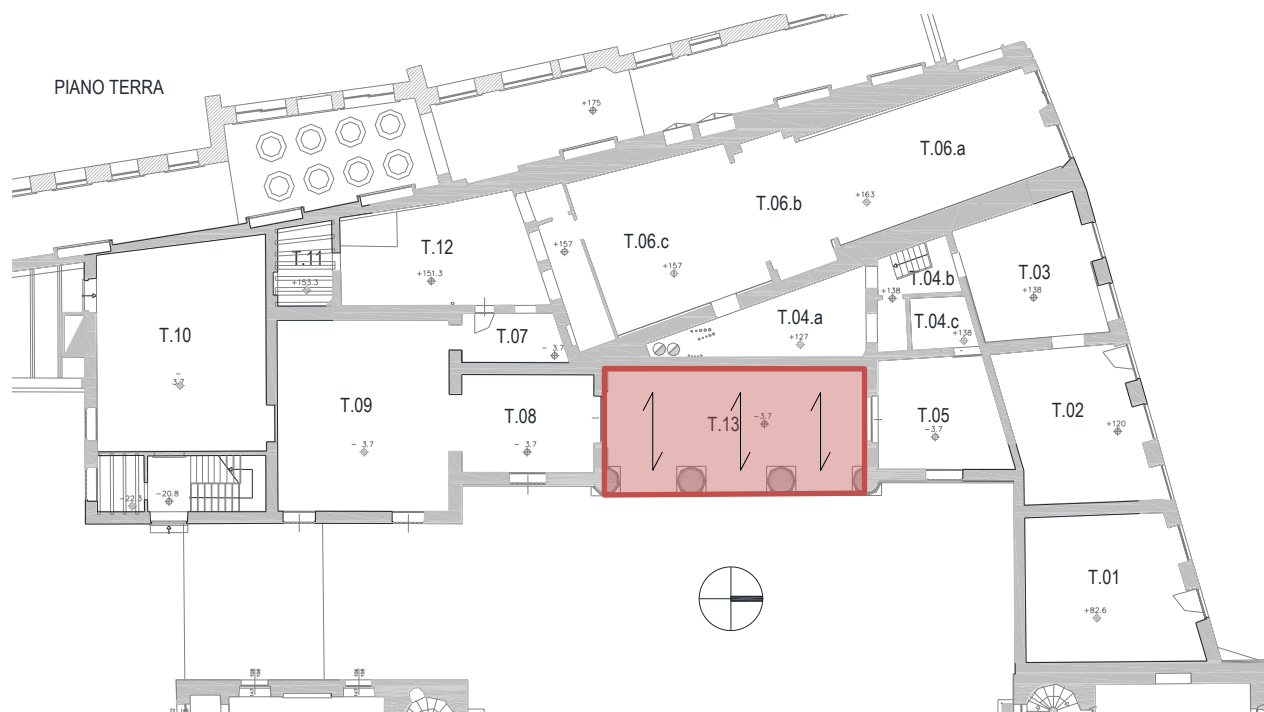


Figura 5.87 Localizzazione del solaio T.13

L'intervento, che consiste nell'inserire un nuovo profilo IPE 140 ogni due travi di legno, nel caso in esame verrà realizzando operando dall'estradosso, in modo tale da non demolire il controsoffitto voltato in canne e gesso presente all'intradosso, che sarà conservato mantenendolo appeso alle sole travi lignee.

MODELLAZIONE:

Nel modello le travi portanti in legno e in acciaio sono state considerate in semplice appoggio, mentre il tavolato di spessore 3 cm è stato modellato come elemento continuo.

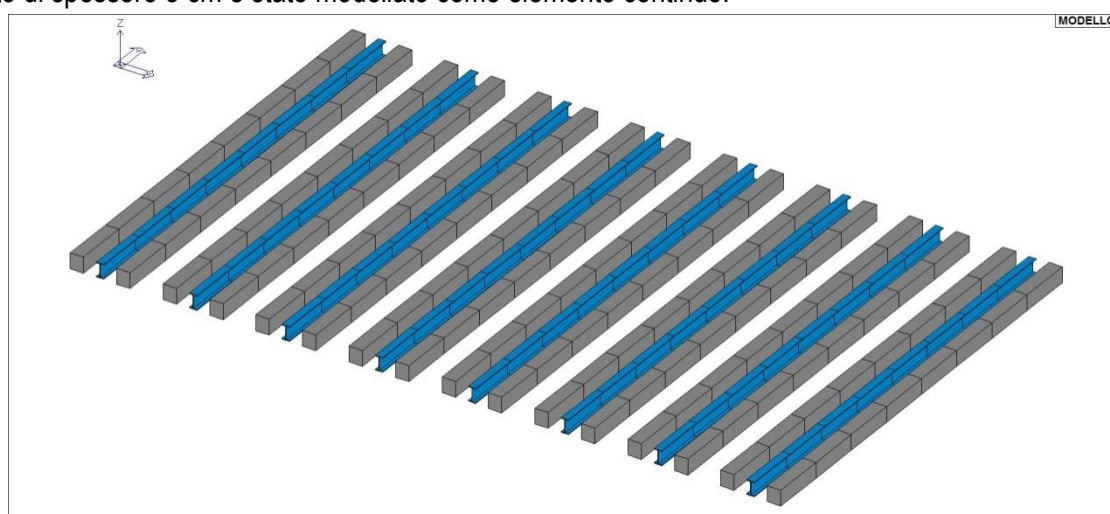


Figura 5.88 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

| | | |
|---|--|------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 97 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 4.20m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 13 | 15 | 45 | 4.20 | Semplice appoggio |
| 2 | Nuova | IPE140 | S275 | 7.3 | 14 | 45 | 4.20 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno, travi in acciaio e tavolato sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso permanente portato (nuovo pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato (controsoffitto esistente in canne e gesso) | G _{2,nd} | 45 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

Viste le previsioni di conservare il controsoffitto esistente e di demolire e rifare invece il pavimento, per consentire l'esecuzione dell'intervento salvaguardando la volta in canniciato, nel modello di calcolo il carico permanente dovuto al controsoffitto esistente è stato attribuito alle sole travi lignee, mentre quello dovuto al nuovo pavimento alla veneziana è stato ripartito tra travi in legno e travi in acciaio in funzione delle rispettive rigidzze.

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

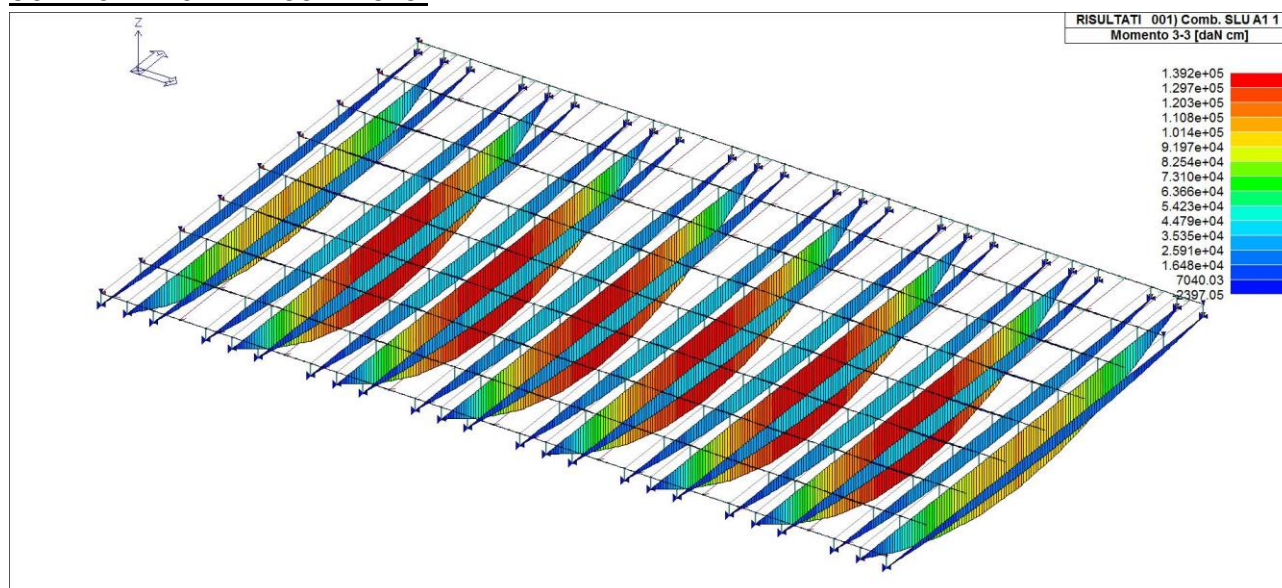


Figura 5.89 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

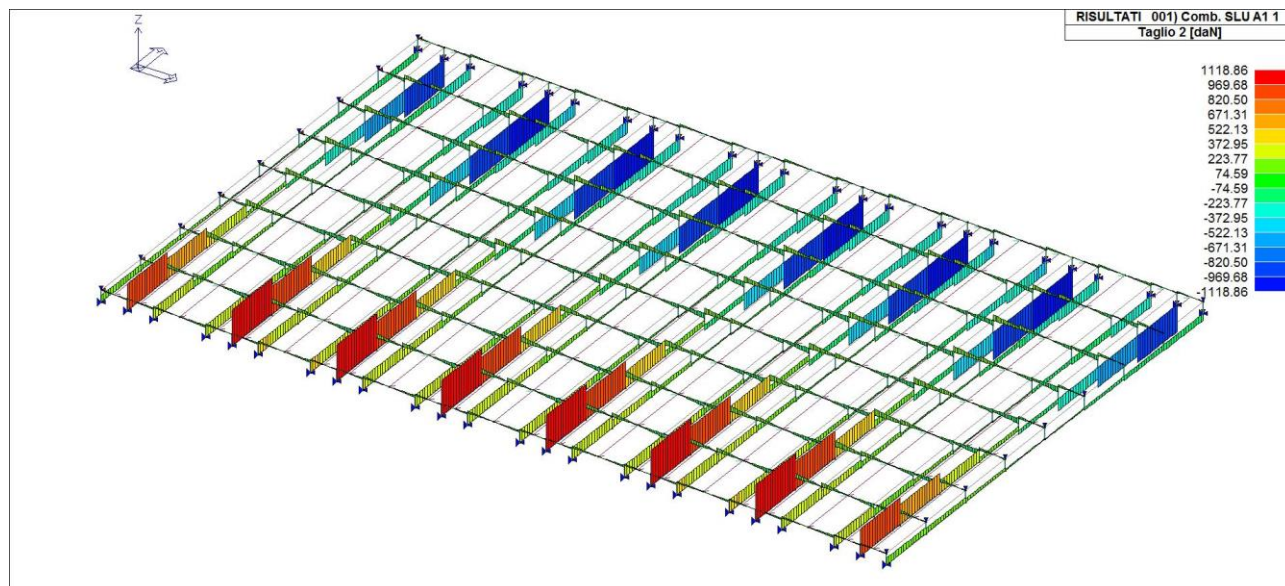


Figura 5.90 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

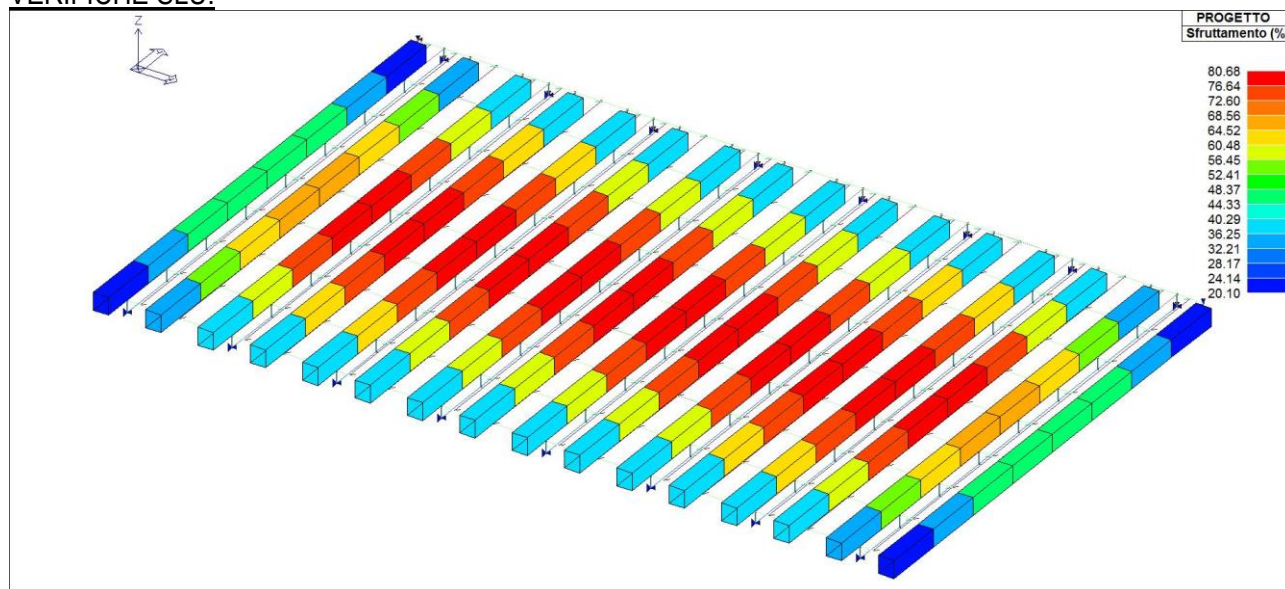


Figura 5.91 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

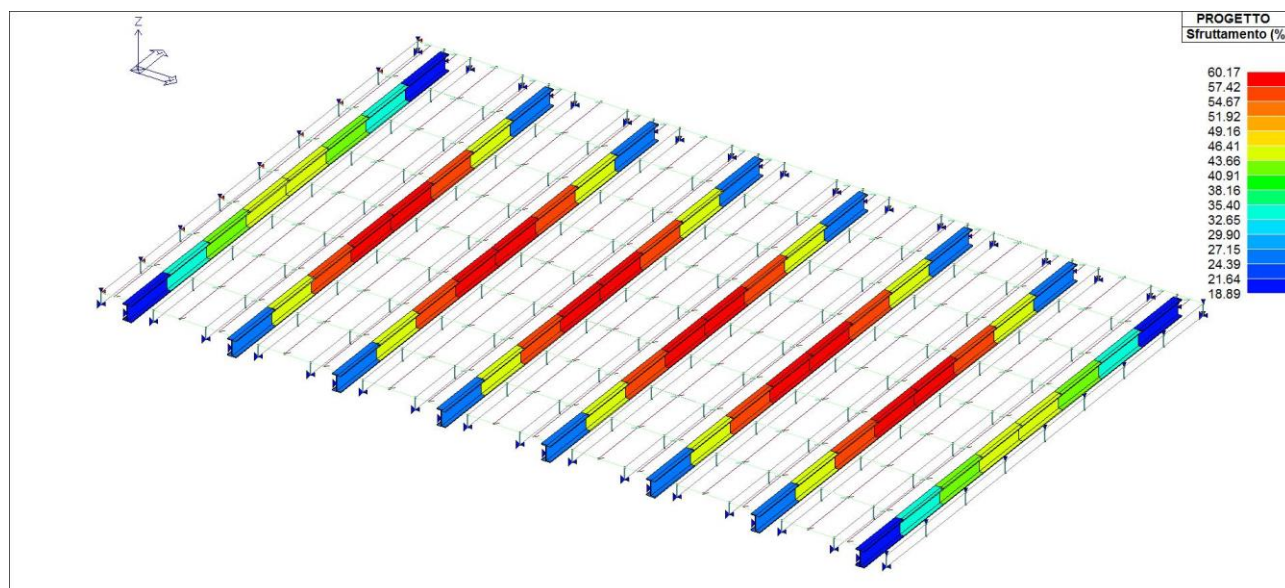


Figura 5.92 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 80.68% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 60.17% | <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

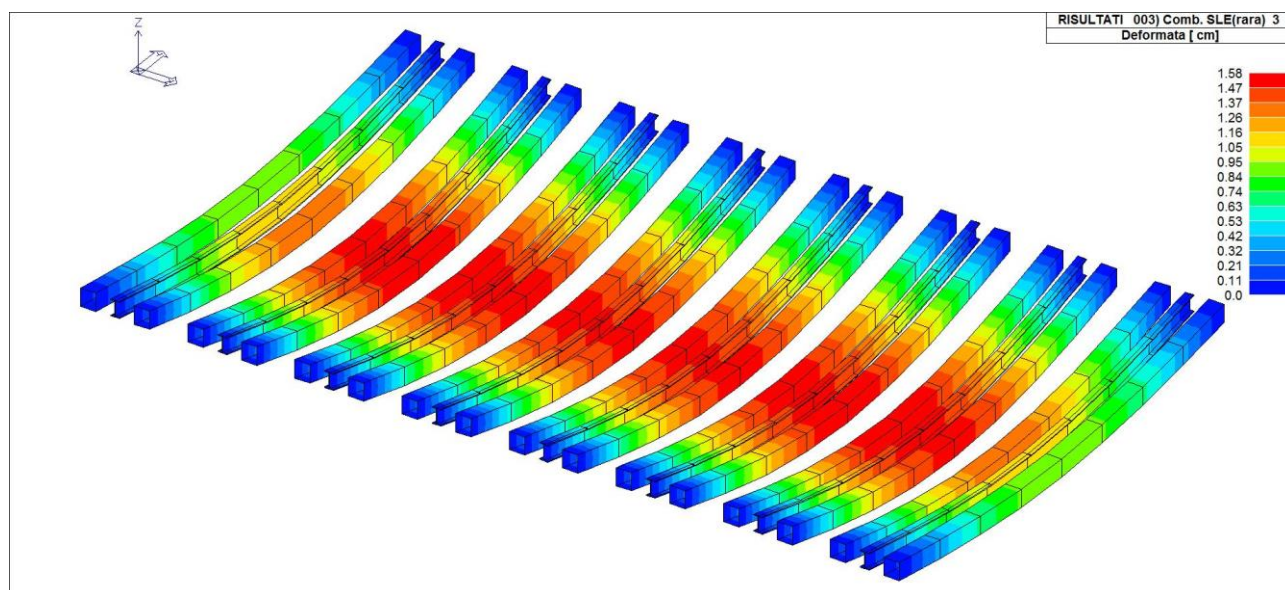


Figura 5.93 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 100 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=4.20m | | | | | | |
|--|-----------|---------------|--------------|---------|--------|-------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 1.58 | L/266 | L/250 | Accettabile |
| 2 | Nuova | SLE-RARA | 1.54 | L/273 | L/250 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-solo acc. | 1.01 | L/416 | L/350 | Si |

5.3.1.4 Solaio A.06.a

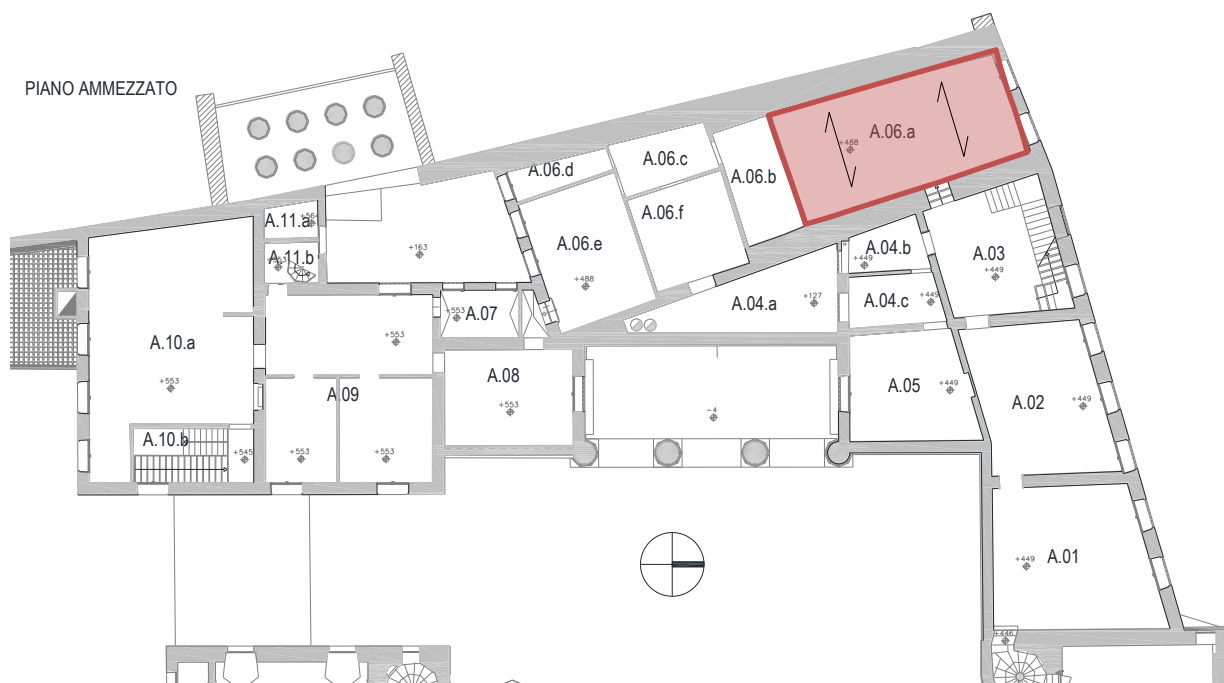


Figura 5.94 Localizzazione del solaio A.06.a

MODELLAZIONE:

Nel modello le travi portanti in legno e in acciaio sono state considerate in semplice appoggio, mentre il tavolato di spessore 3 cm è stato modellato come elemento continuo.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 101 di 439 |

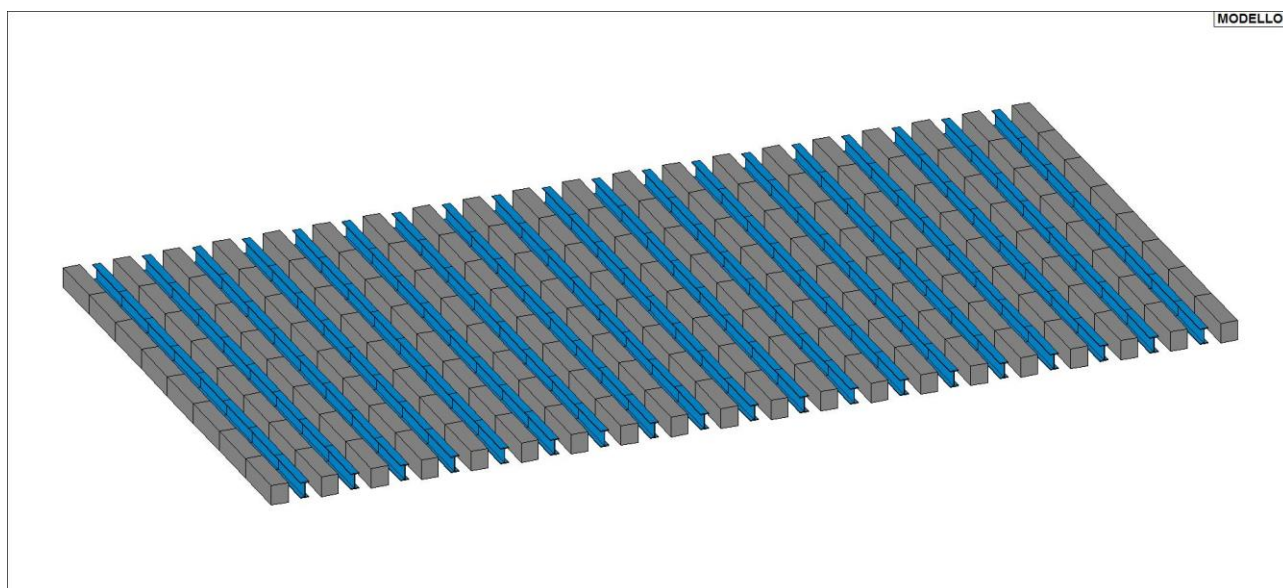


Figura 5.95 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 5.16m.

| ID. | TRAVERE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 17 | 20 | 50 | 5.16 | Semplice appoggio |
| 2 | Nuova | IPE160 | S275 | 8.2 | 16 | 50 | 5.16 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno, travi in acciaio e il tavolato dello spessore di 3cm sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

Poiché le travi in legno risultano attualmente già caricate dalla pavimentazione esistente (da conservare) e considerata la scelta progettuale di non scaricare da tale peso le travi esistenti in fase di intervento, nel modello di calcolo si è provveduto ad attribuire il peso permanente portato dovuto al pavimento alle sole travi lignee esistenti, distribuendo invece tra travi lignee e nuove travi in acciaio, in funzione delle relative rigidità, il peso permanente portato dovuto al controsoffitto (elemento aggiunto in fase successiva a quella del consolidamento del solaio), oltre che naturalmente il carico accidentale dovuto alla folla.

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

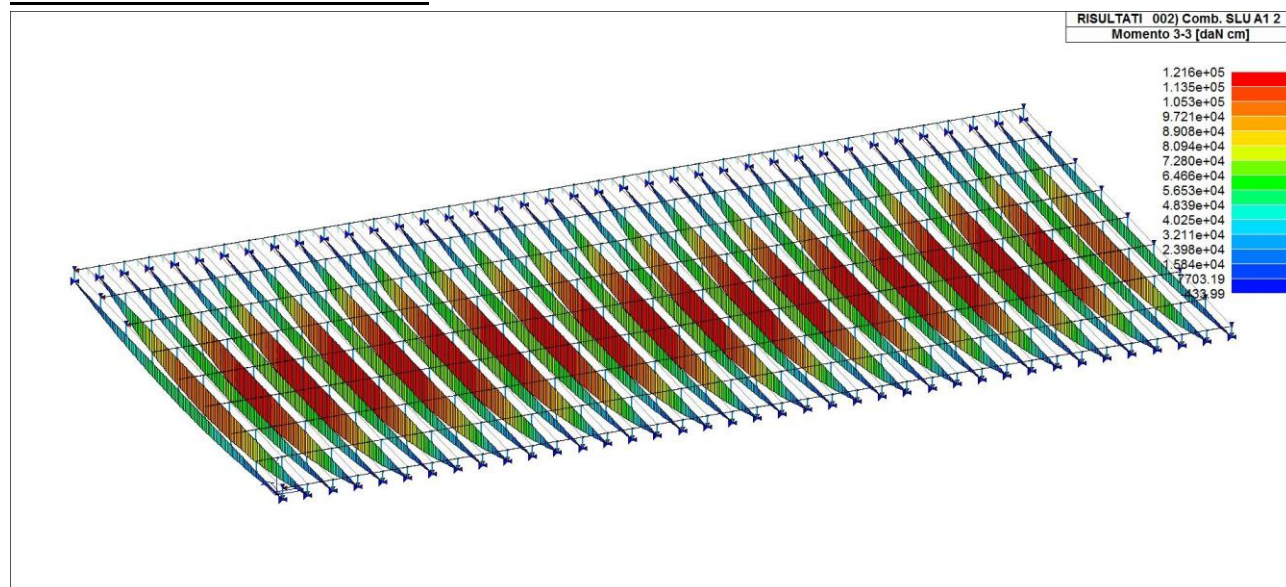


Figura 5.96 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

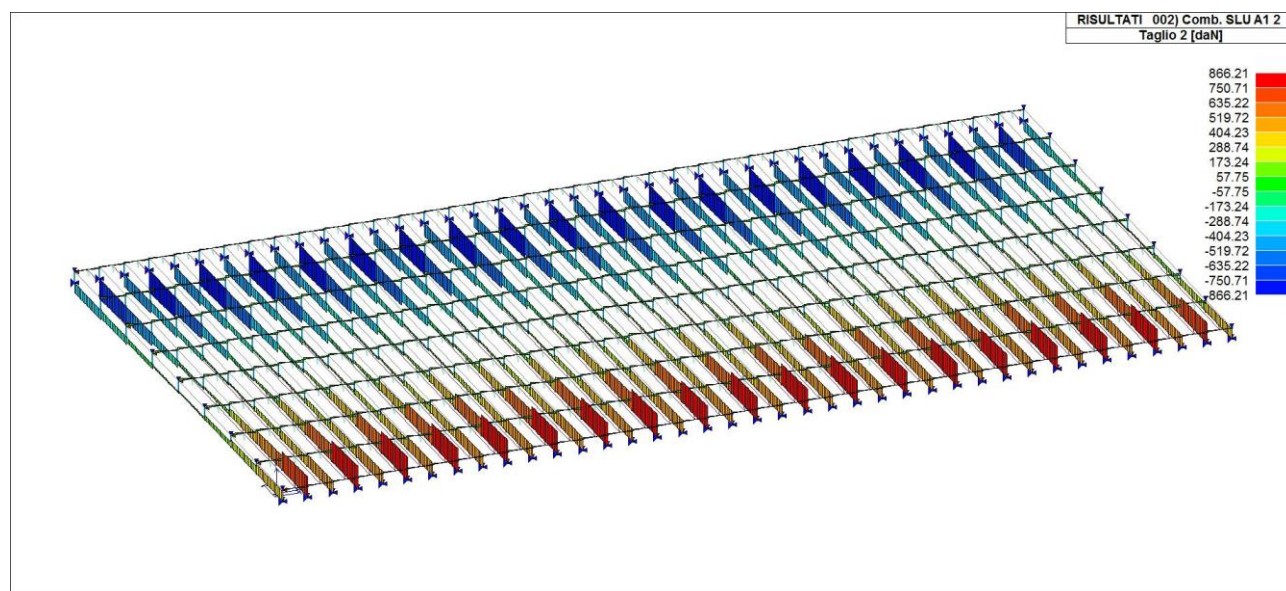


Figura 5.97 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

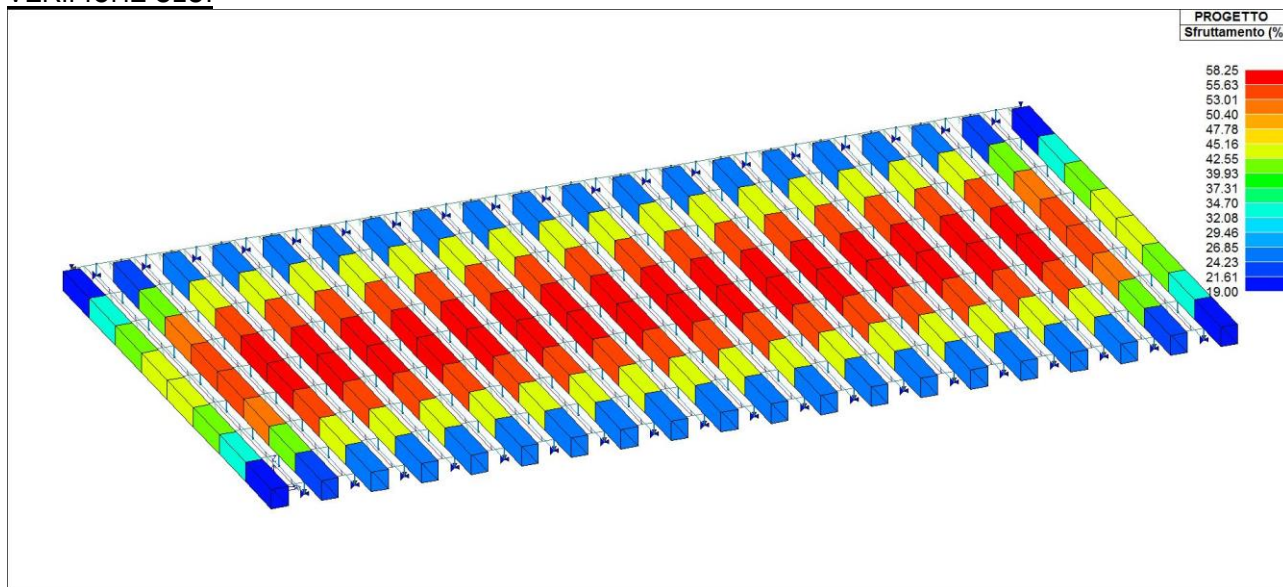


Figura 5.98 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

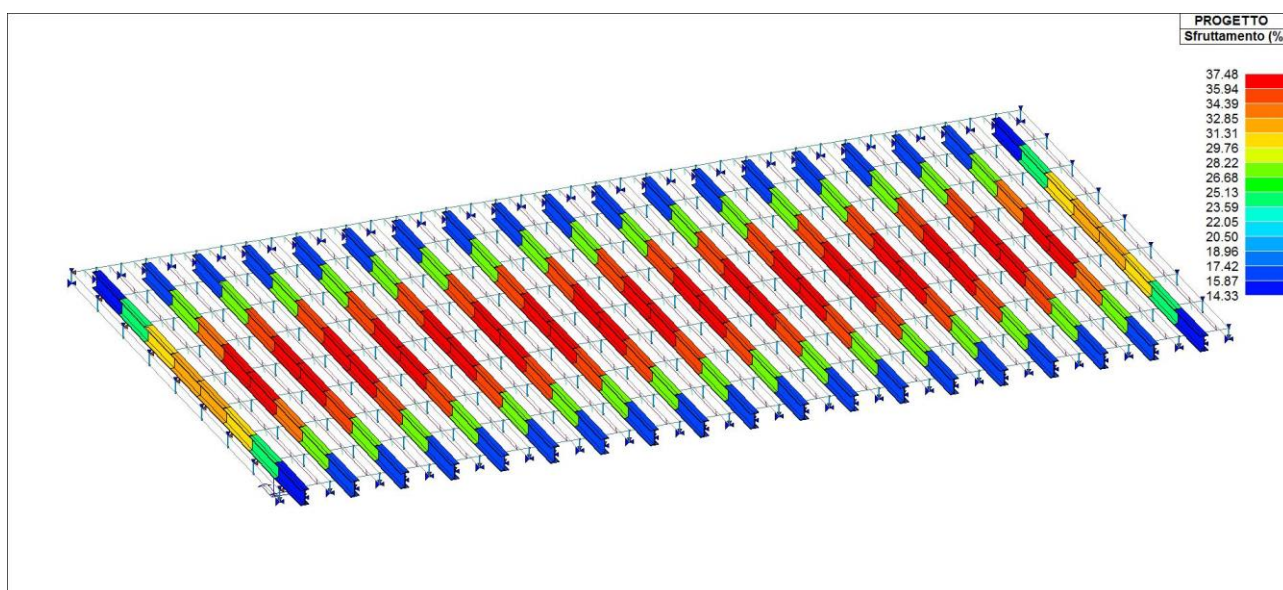


Figura 5.99 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 58.25% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 37.48% | <100% | VERIFICATO |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 104 di 439 |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

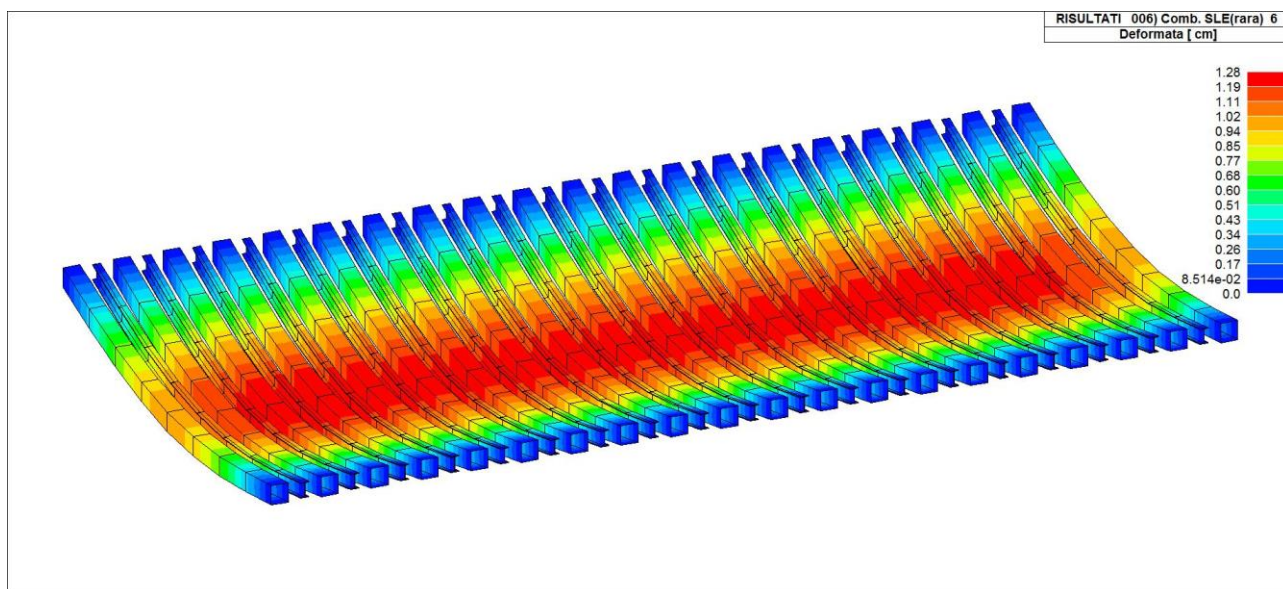


Figura 5.100 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=5.16m | | | | | | |
|--|-----------|---------------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 1.28 | L/403 | L/300 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-RARA | 1.28 | L/403 | L/250 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-solo acc. | 0.81 | L/637 | L/350 | Si |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 105 di 439 |

5.3.1.5 Solaio A.06.b-c-f

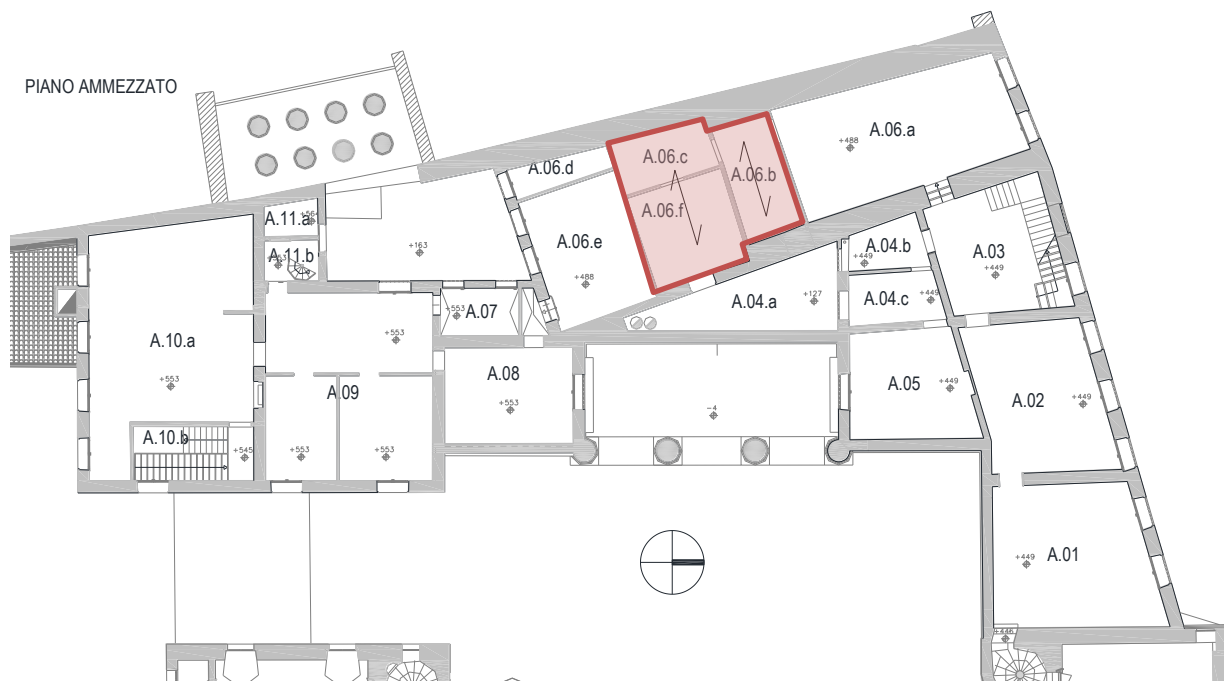


Figura 5.101 Localizzazione del solaio A.06.b-c-f

MODELLAZIONE:

Nel modello le travi portanti in legno e in acciaio sono state considerate in semplice appoggio, mentre il tavolato di spessore 3 cm è stato modellato come elemento continuo.

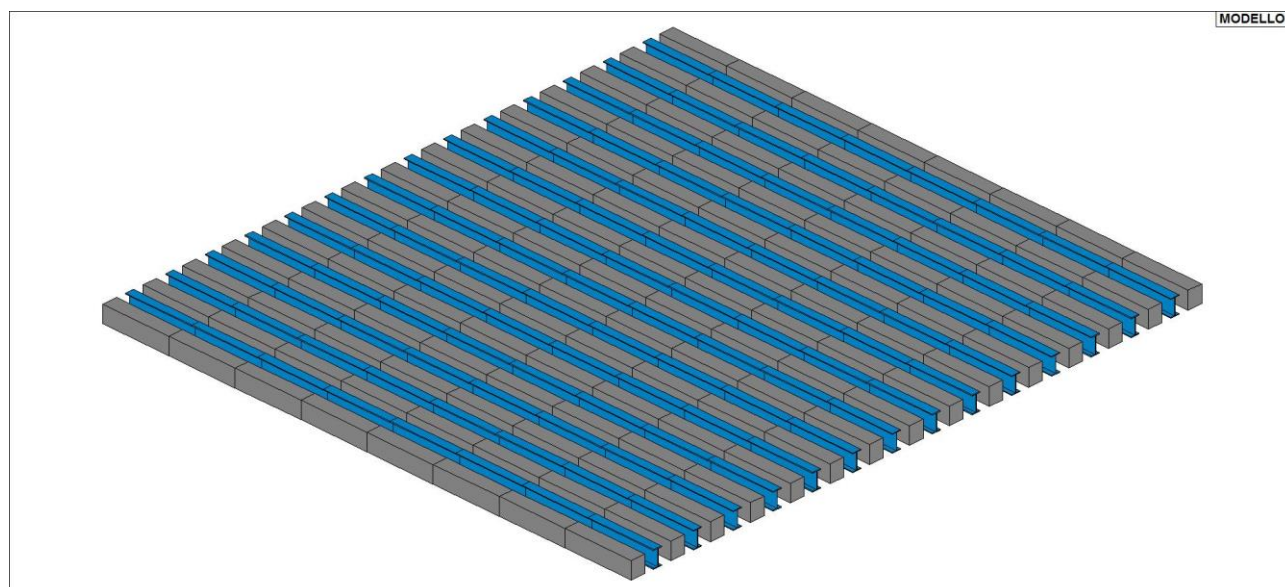


Figura 5.102 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 106 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 6.64m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 17 | 20 | 50 | 6.64 | Semplice appoggio |
| 2 | Nuova | IPE200 | S275 | 10 | 20 | 50 | 6.64 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno, travi in acciaio e tavolato sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso permanente portato (pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato n.c.d. (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Peso permanente portato pareti divisorie (n.c.d.) su due travi | G _{2,nd} | 122 daN/m |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

Poiché le travi in legno risultano attualmente già caricate dalla pavimentazione esistente (da conservare) e considerata la scelta progettuale di non scaricare da tale peso le travi esistenti in fase di intervento, nel modello di calcolo si è provveduto ad attribuire il peso permanente portato dovuto al pavimento alle sole travi lignee esistenti, distribuendo invece tra travi lignee e nuove travi in acciaio, in funzione delle relative rigidezze, il peso permanente portato dovuto al controsoffitto (elemento aggiunto in fase successiva a quella del consolidamento del solaio), oltre che naturalmente il carico accidentale dovuto alla folla.

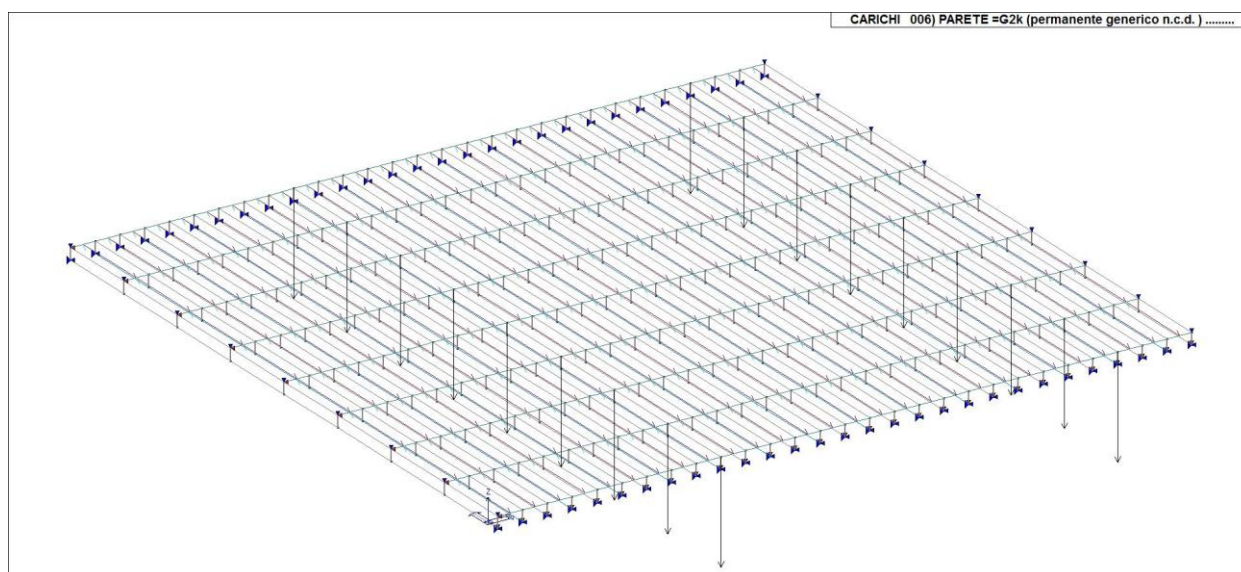


Figura 5.103 Localizzazione dei carichi permanenti dovuti alle pareti divisorie

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

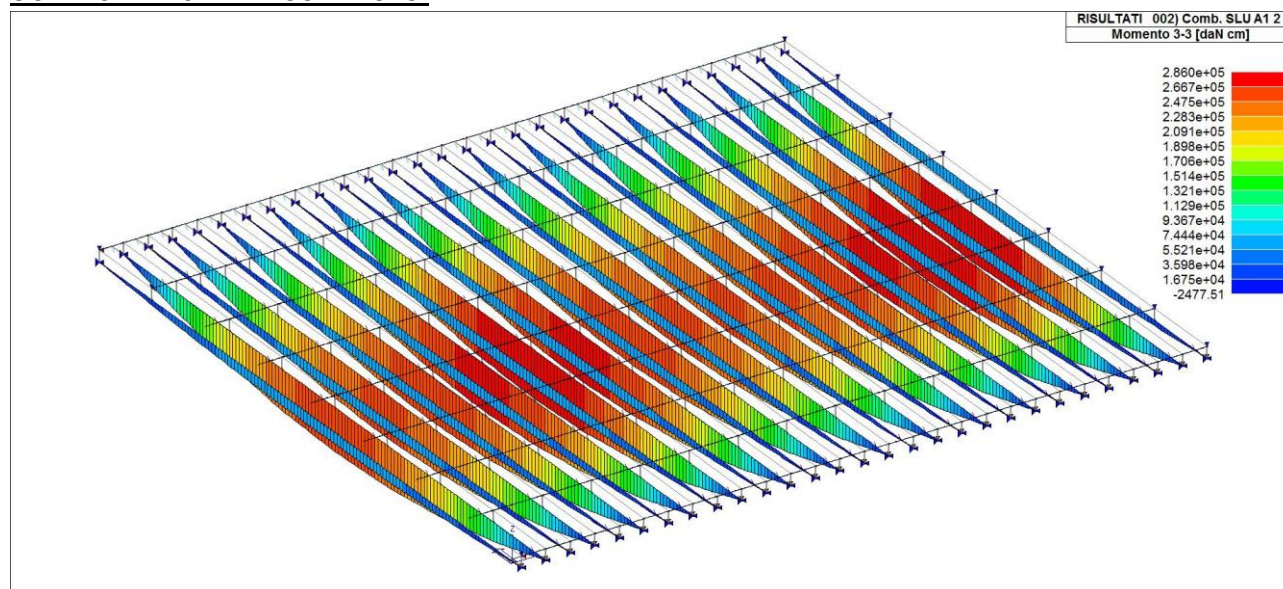


Figura 5.104 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

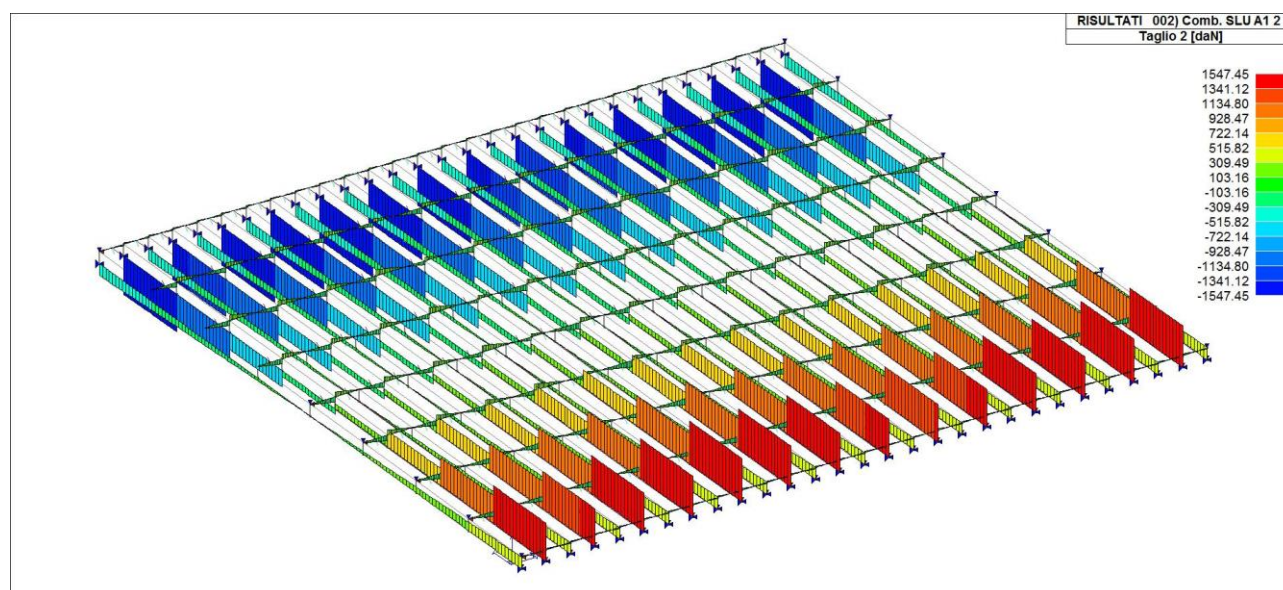


Figura 5.105 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

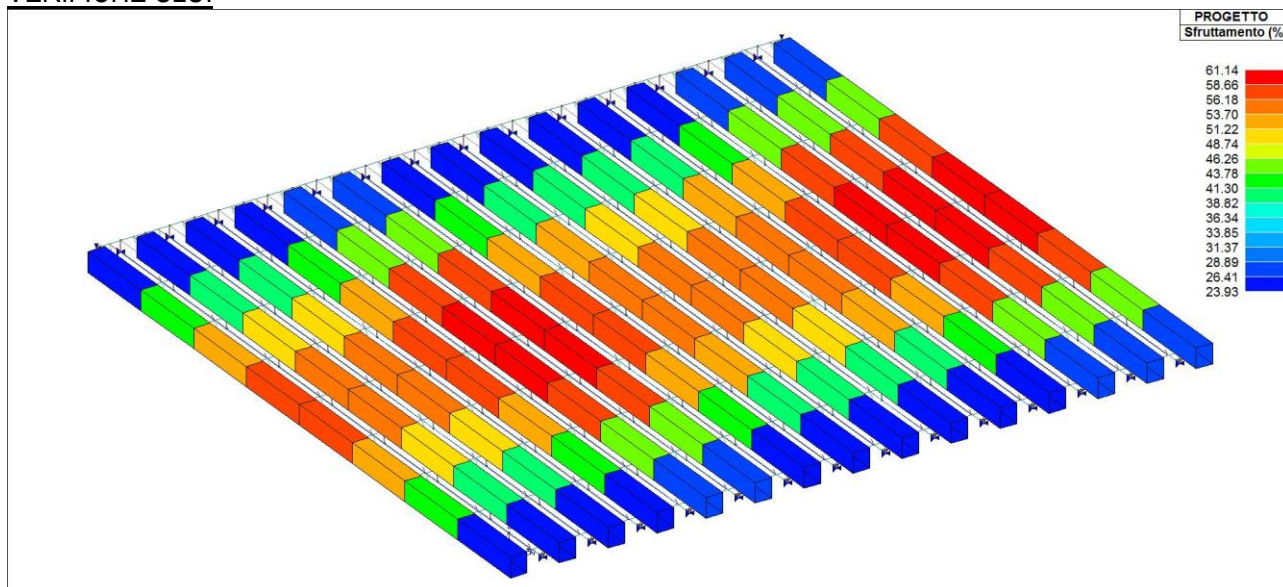


Figura 5.106 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

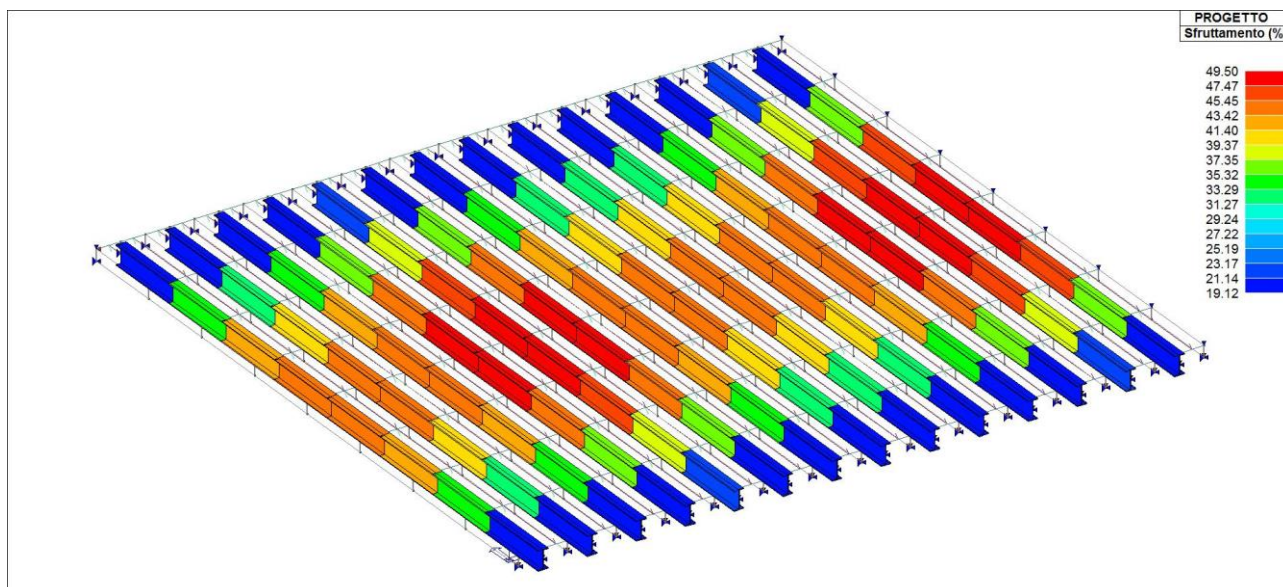


Figura 5.107 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 61.14% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 49.50% | <100% | VERIFICATO |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 109 di 439 |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

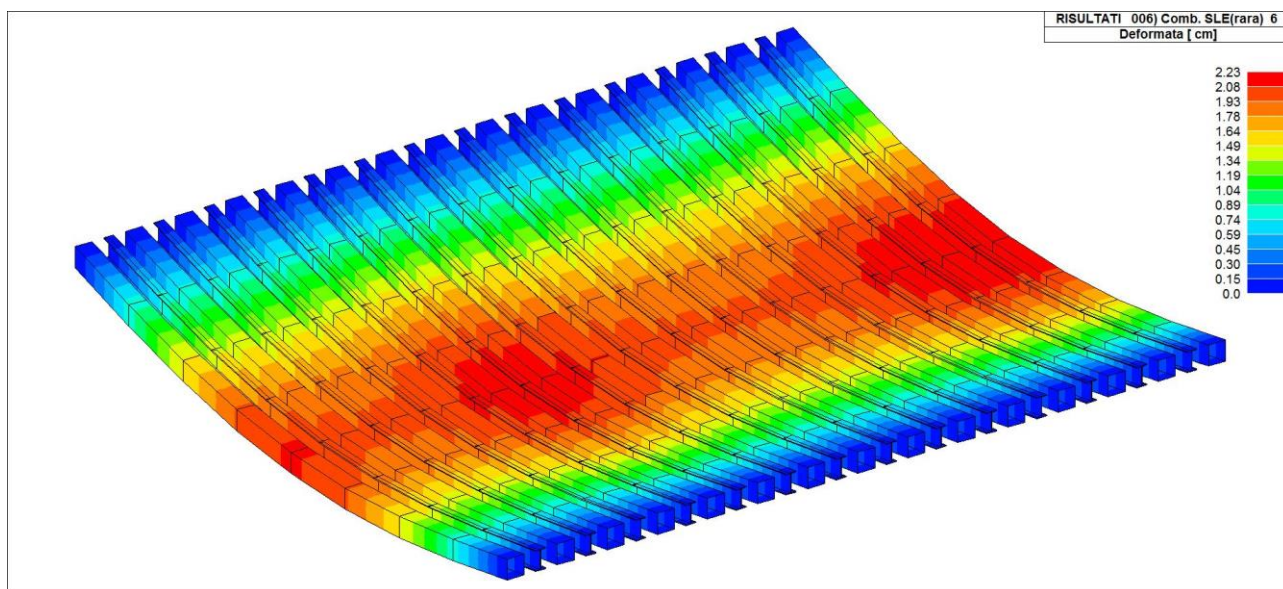


Figura 5.108 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=6.64m | | | | | | |
|--|-----------|---------------|--------------|---------|--------|-------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 2.23 | L/298 | L/250 | Accettabile |
| 2 | Nuova | SLE-RARA | 2.23 | L/298 | L/250 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-solo acc. | 1.23 | L/540 | L/350 | Si |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 110 di 439 |

5.3.1.6 Solaio A.06.d-e

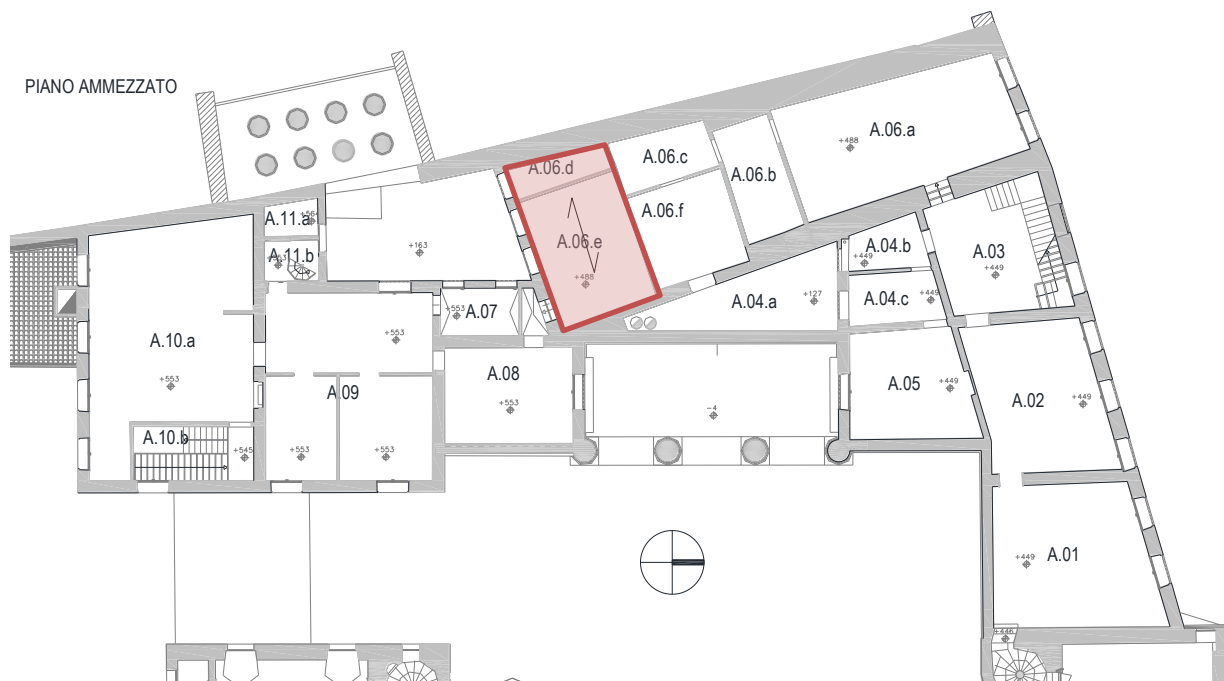


Figura 5.109 Localizzazione del solaio A.06.d-e

MODELLAZIONE:

Nel modello le travi portanti in legno e in acciaio sono state considerate in semplice appoggio, mentre il tavolato di spessore 3 cm è stato modellato come elemento continuo.

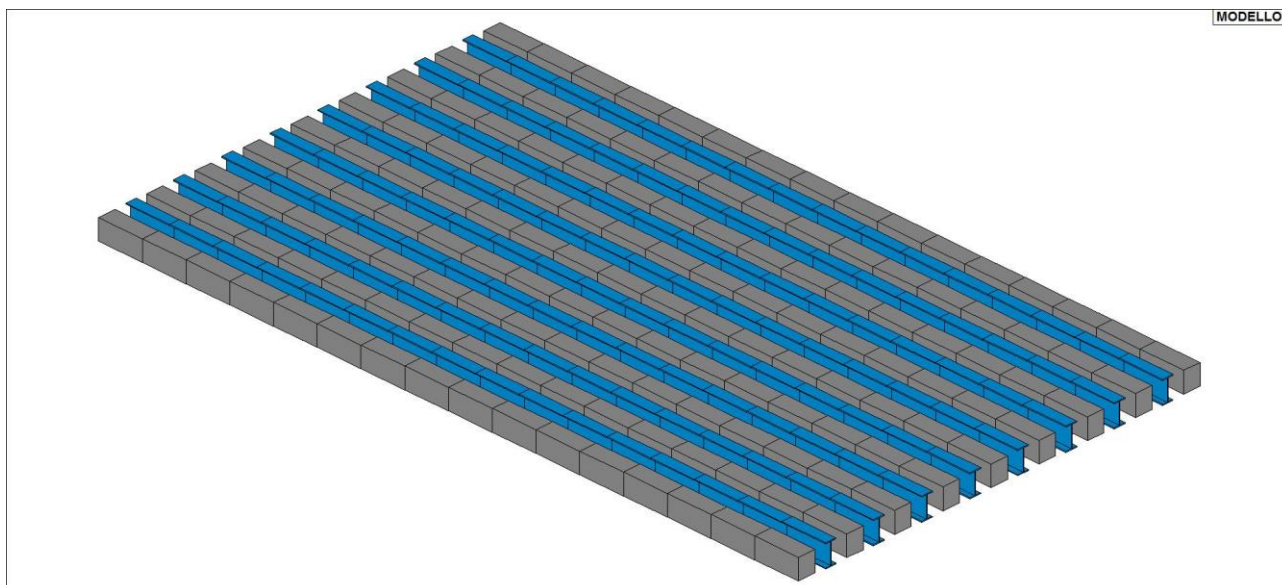


Figura 5.110 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 111 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 7.27m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 17 | 20 | 50 | 7.27 | Semplice appoggio |
| 2 | Nuova | IPE220 | S275 | 11 | 22 | 50 | 7.27 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno, travi in acciaio e tavolato sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso permanente portato (pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato n.c.d. (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

Poiché le travi in legno risultano attualmente già caricate dalla pavimentazione esistente (da conservare) e considerata la scelta progettuale di non scaricare da tale peso le travi esistenti in fase di intervento, nel modello di calcolo si è provveduto ad attribuire il peso permanente portato dovuto al pavimento alle sole travi lignee esistenti, distribuendo invece tra travi lignee e nuove travi in acciaio, in funzione delle relative rigidezze, il peso permanente portato dovuto al controsoffitto (elemento aggiunto in fase successiva a quella del consolidamento del solaio), oltre che naturalmente il carico accidentale dovuto alla folla.

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

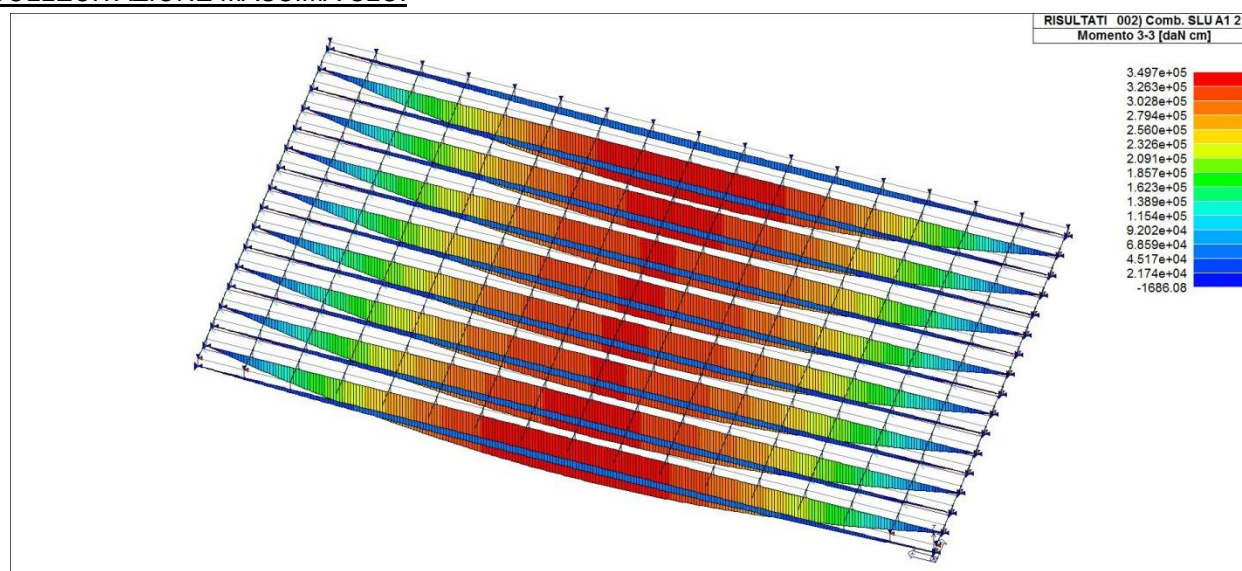


Figura 5.111 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

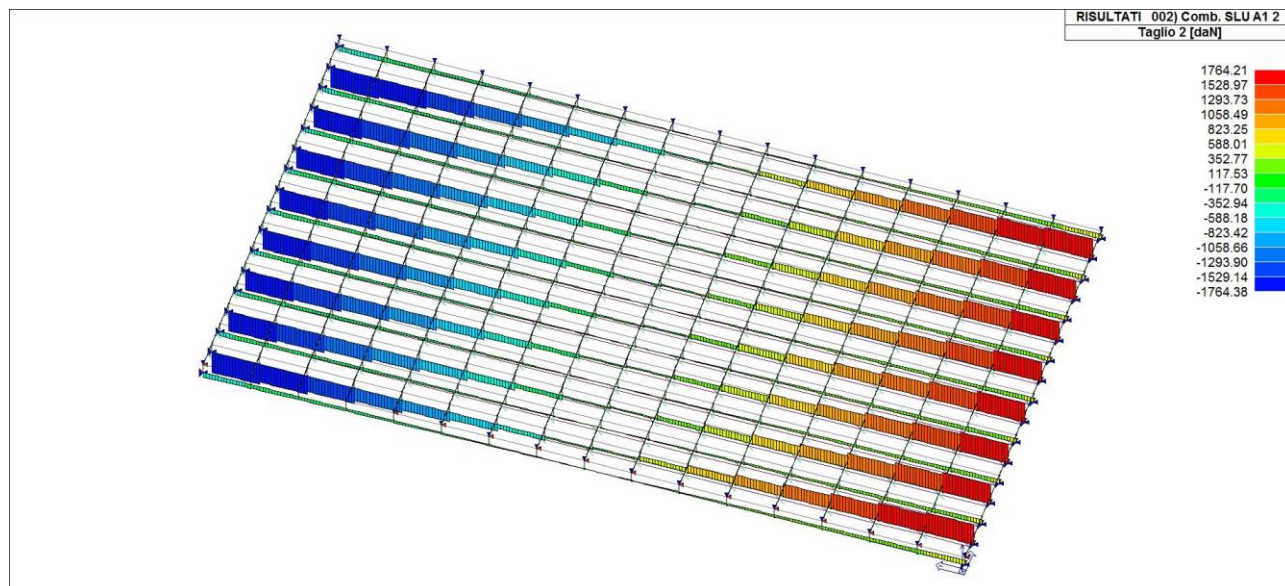


Figura 5.112 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

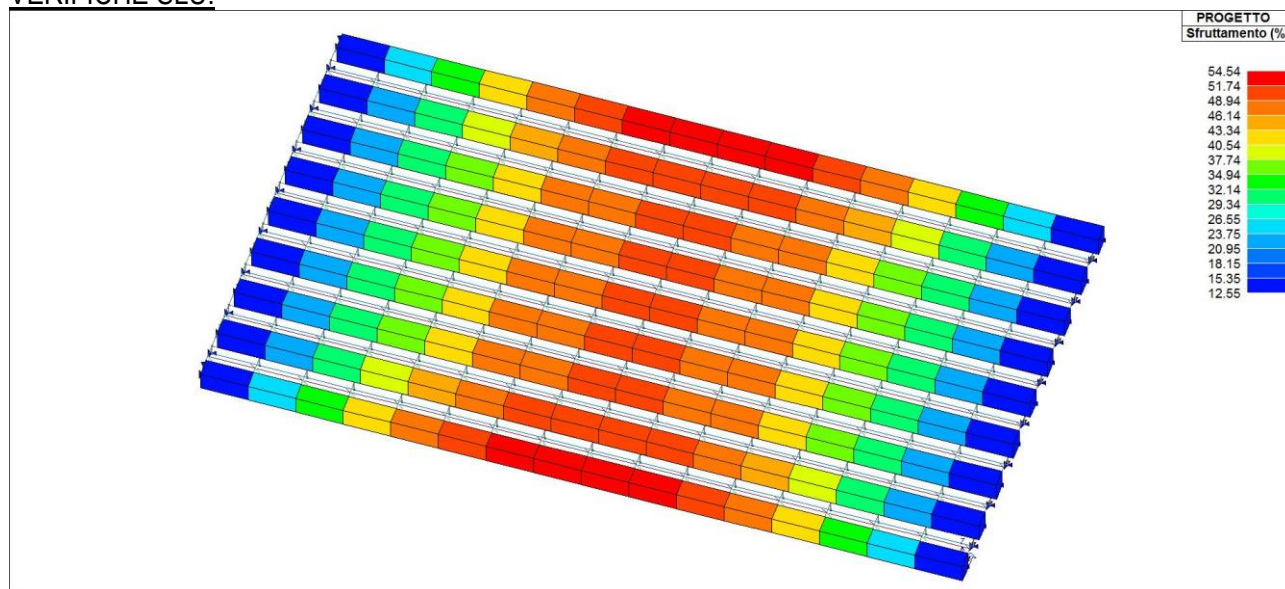


Figura 5.113 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 113 di 439 |

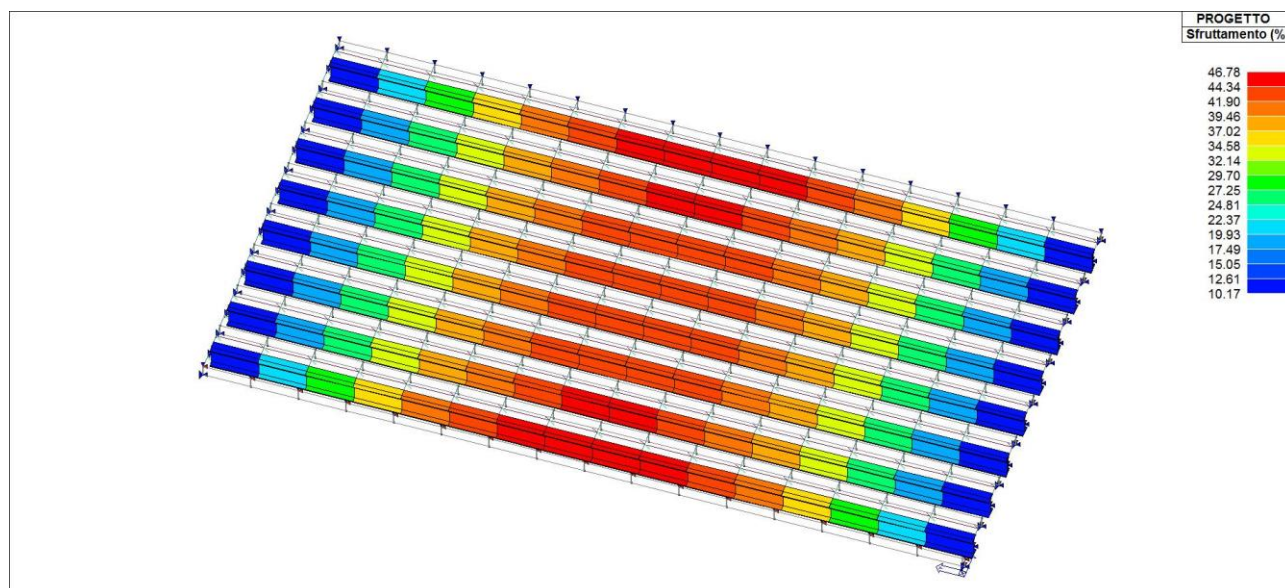


Figura 5.114 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 54.54% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 46.76% | <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

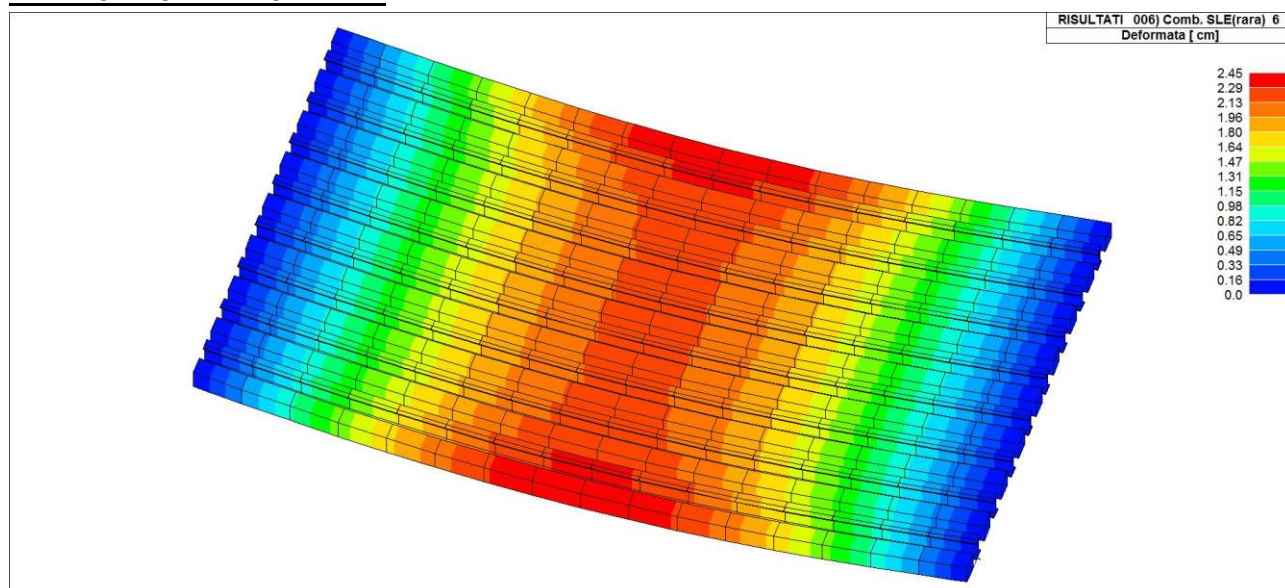


Figura 5.115 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 114 di 439 |

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=7.27m | | | | | | |
|--|-----------|---------------|--------------|---------|--------|-------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 2.45 | L/297 | L/250 | Accettabile |
| 2 | Nuova | SLE-RARA | 2.45 | L/297 | L/250 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-solo acc. | 1.33 | L/547 | L/350 | Si |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 115 di 439 |

5.3.1.7 Verifica profilo UPN140 di appoggio dei profili in acciaio sulle travi in legno

In corrispondenza di tutti i solai dove si applica l'intervento di inserimento di nuove travi IPE in acciaio agli interassi delle travi esistenti, sono collocati alle estremità dei profili IPE due elementi trasversali UPN140 che fungono da appoggio per le travi in acciaio, appese ad esso mediante n°2+2 bulloni M10 classe 8.8.

A favore di sicurezza si sono invece trascurate nella verifica le n°1+1 barre inox M10 A2-70 inghisate alla muratura con resina epossidica tramite la piastra di testata delle travi IPE.

Si riporta di seguito il dettaglio del collegamento.

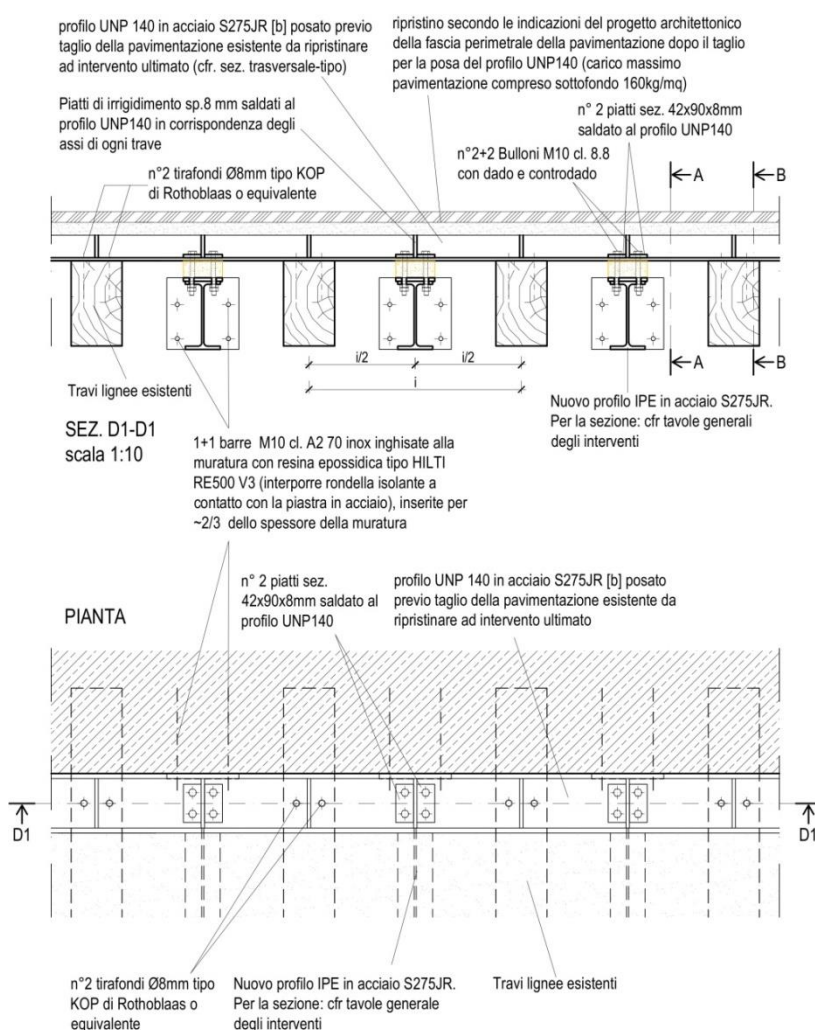


Figura 5.116 Dettaglio tipo del profilo UPN con funzione di appoggio per le travi IPE

La massima sollecitazione del profilo UPN140 è relativa al caso del solaio a soffitto del vano A.06.d-e, ove la massima reazione di appoggio risulta essere pari a 1764.21daN (cfr Figura 5.112).

Si riportano di seguito le verifiche del profilo e dell'ancoraggio.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 116 di 439 |

MODELLAZIONE:

A favore di sicurezza il profilo UPN140 è stato modellato con un elemento beam discretizzato, con lo schema statico di trave in semplice appoggio, caricato in mezzeria con un carico concentrato pari alla reazione all'appoggio delle travi IPE.

| ID. | ELEM. | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|----------|-------------------|
| 1 | Trave | UPN140 | S275 | 0.50 | Semplice appoggio |

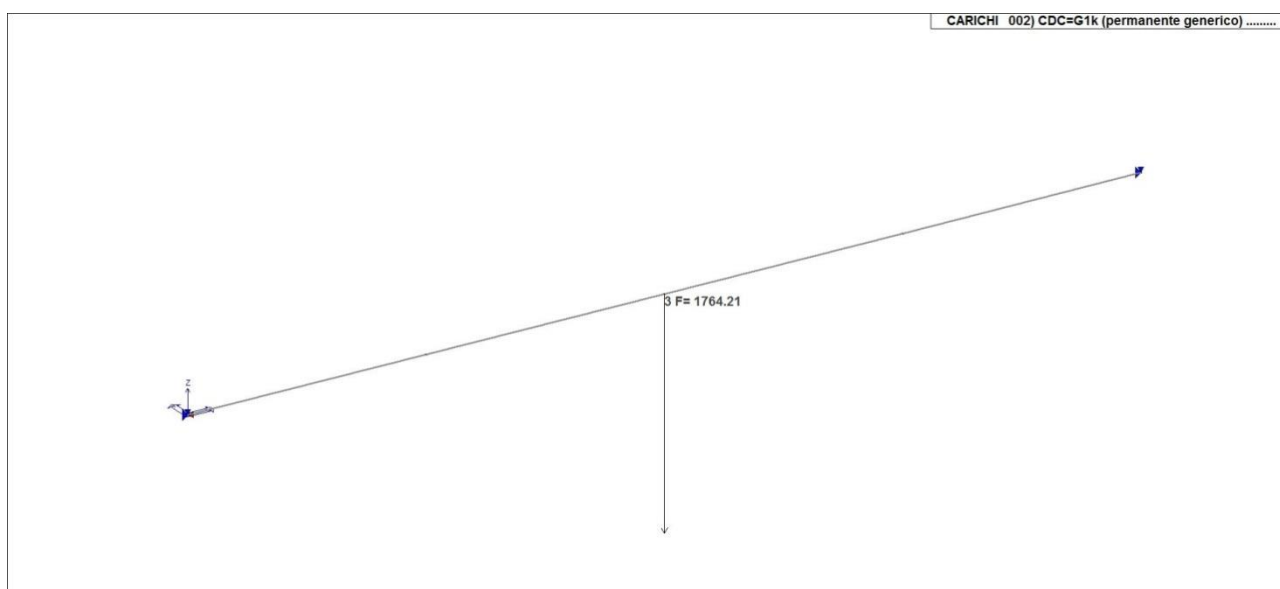


Figura 5.117 Profilo con lunghezza pari all'interasse esistente tra le travi in legno e il carico applicato in mezzeria

INVILUPPO SLU:

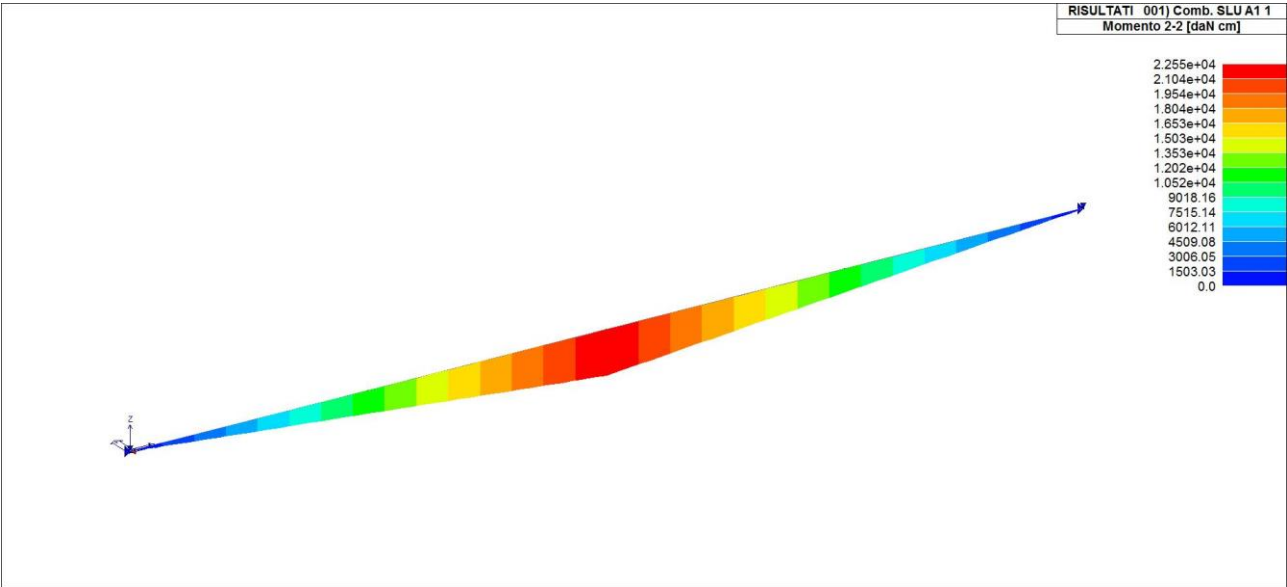


Figura 5.118 Momento flettente sul profilo [daNcm]

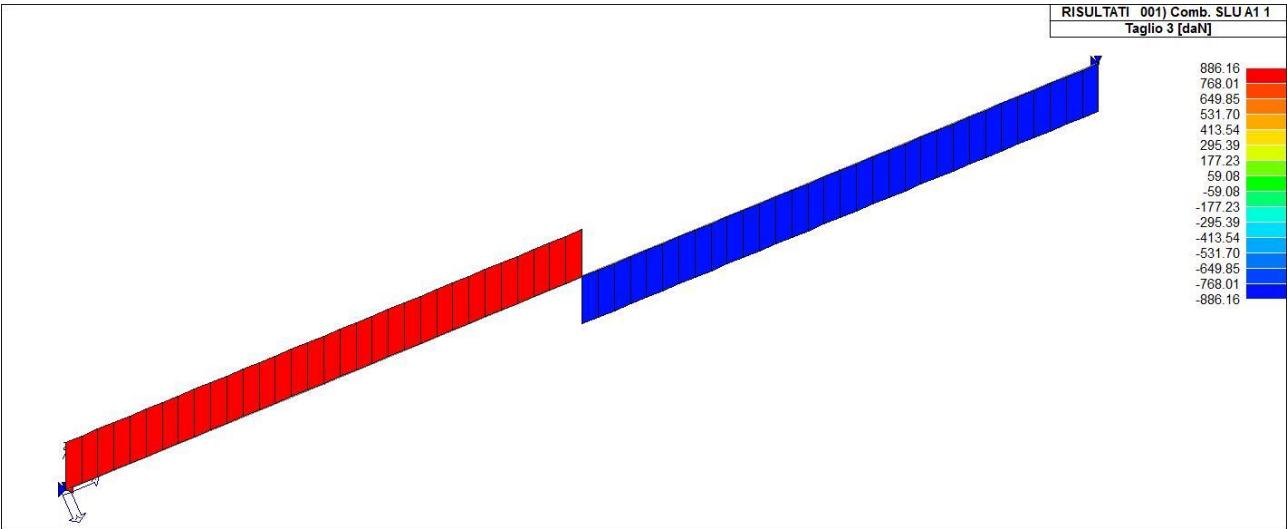


Figura 5.119 Taglio [daN]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 118 di 439 |

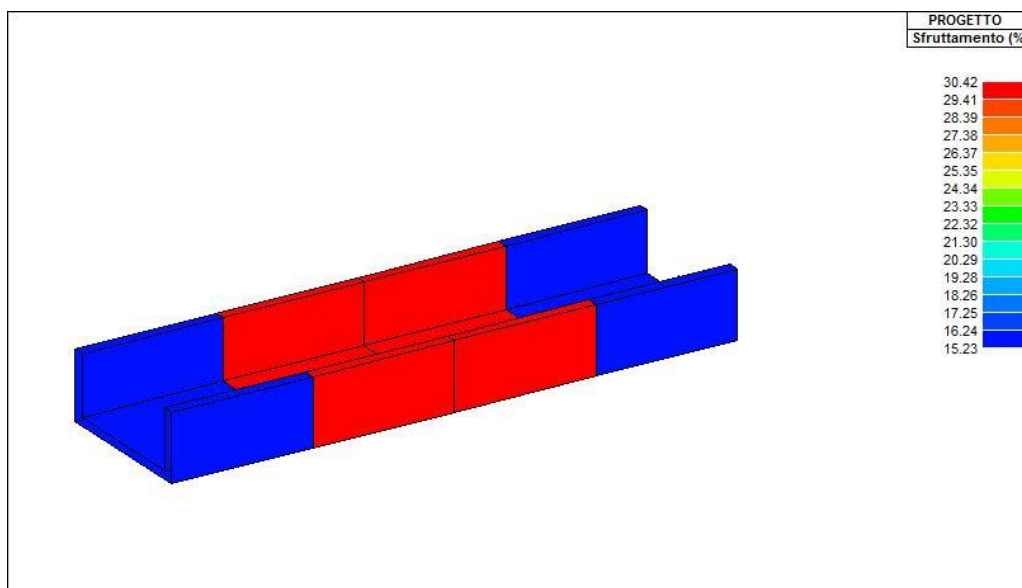


Figura 5.120 Sfruttamento profilo in acciaio

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| UPN140 | 30.42% | <100% | VERIFICATO |

VERIFICA DELLA CONNESSIONE:

Le travi IPE sono appese al profilo UPN 140 attraverso n°2+2 bulloni M10 classe 8.8.

Si riportano di seguito le verifiche.

| BULLONI ACCIAIO - NTC 2008 | | | | |
|----------------------------|------------------|---------|-------------------|----------|
| Diametro | d | 10 | mm | max 39mm |
| Area | A | 78.54 | mm ² | |
| Area resistente | A _{res} | 58.00 | mm ² | |
| | | | | |
| classe bullone | | 8.8 | | |
| tensione a rottura | f _{tb} | 800 | N/mm ² | |
| tensione a snervamento | f _{yb} | 640 | N/mm ² | |
| numero di bulloni | n | 4 | | |
| SOLLECITAZIONI | | | | |
| SFORZO NORMALE | N _{Sd} | 17642.1 | N | |
| RESISTENZE | | | | |
| TRAZIONE | F _{tRd} | 133632 | N | |
| VERIFICHE | | | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 119 di 439 |

| | | | | |
|---------------------------------------|--|------------|-------------------|--|
| TRAZIONE | N_{Sd}/F_{tRd} | VERIFICATO | 0.13 | |
| PIASTRA | | | | |
| Spessore piastra | t | 8 | mm | |
| Larghezza piastra | L | 90 | mm | |
| Diametro foro | d _f | 11 | mm | |
| Diametro medio testa bullone | d _{m1} | 10 | mm | in favore di sicurezza d _m =d |
| Diametro dado | d _{m2} | | mm | |
| d _m | d _m =min(d _{m1} ;d _{m2}) | 10 | mm | |
| Distanza dal bordo | e ₁ | 20 | mm | |
| Distanza dal bordo | e ₂ | 21.6 | mm | |
| a | | 0.61 | | |
| k | | 2.5 | | |
| ACCIAIO PIASTRA | S | 275 | | |
| tensione caratteristica a rottura | f _{uk} | 430 | N/mm ² | |
| tensione caratteristica a snervamento | f _{yk} | 275 | N/mm ² | |
| VERIFICA PUNZONAMENTO | | | | |
| PUNZONAMENTO PIASTRA | B _{pRd} | 51873.98 | N | |
| PUNZONAMENTO PIASTRA | N _{Sd} /n<B _{pRd} | VERIFICATO | 0.09 | |

VERIFICA APPOGGIO TRAVE IN LEGNO DOVUTO ALLO SCARICO DEL PROFILO UPN140:

| VERIFICA A MOMENTO SU TRAVE IN LEGNO ESISTENTE | | |
|--|----------|--------------------|
| DATI | | |
| distanza bordo UNP da muro | 1 | cm |
| inserimento legno in muratura | 25 | cm |
| Braccio | 20.5 | cm |
| CALCOLO MOMENTO | | |
| Momento su appoggio UNP | 44435.8 | kg cm |
| W legno | 1133.333 | cm ³ |
| σ soll. flessione | 39.21 | kg/cm ² |
| RESISTENZA | | |
| Materiale | C20 | |
| f _{m,k} | 200 | kg/cm ² |
| γ _m | 1.5 | |
| k _{mod} | 0.8 | |
| f _{m,d} | 106.67 | kg/cm ² |
| VERIFICA | | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 120 di 439 |

| | | |
|---|--------|------------|
| $\sigma/f_{m,d}$ | 36.76% | VERIFICATO |
| NOTA: La verifica a momento su trave in legno è la verifica al momento provocato dalla reazione vincolare moltiplicato per il braccio tra l'appoggio della trave in legno e l'appoggio del profilo UPN. | | |

| VERIFICA A TAGLIO TRAVE IN LEGNO ESISTENTE | | | |
|--|---------|------------|-----|
| DATI | | | |
| Taglio trave acciaio | 1764.21 | kg | SLU |
| Taglio trave legno | 403.39 | kg | SLU |
| CALCOLO TENSIONI | | | |
| Taglio tot su trave legno con appendimento | 2167.6 | kg | SLU |
| base trave legno | 17 | cm | |
| altezza trave legno | 20 | cm | |
| τ max | 9.56 | kg/cmq | SLU |
| RESISTENZA | | | |
| C20 | | | |
| $f_{v,k}$ | 36 | kg/cmq | |
| γ_m | 1.5 | | |
| k_{mod} | 0.8 | | |
| $f_{v,d}$ | 19.20 | kg/cmq | SLU |
| VERIFICA | | | |
| $\tau/f_{v,d}$ | 49.81% | VERIFICATO | |

| VERIFICA SCHIACCHIAMENTO TRAVE IN LEGNO (UPN SU LEGNO) | | | |
|--|---------|------------|-----|
| DATI | | | |
| Taglio acc | 882.105 | kg | SLU |
| base profilo UNP | 14 | cm | |
| base trave | 17 | cm | |
| area contatto | 238 | cmq | |
| Compressione σ | 3.71 | kg/cmq | SLU |
| RESISTENZA | | | |
| Materiale | C20 | | |
| $f_{c90,k}$ | 23 | kg/cmq | |
| γ_m | 1.5 | | |
| k_{mod} | 0.8 | | |
| $f_{c90,d}$ | 12.27 | kg/cmq | SLU |
| VERIFICA | | | |
| $\sigma/f_{c90,d}$ | 30.21% | VERIFICATO | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 121 di 439 |

| VERIFICA APPOGGIO SU MURATURA (LEGNO SU MURATURA) | | | |
|---|--------------|-----------------|-----|
| DATI | | | |
| Taglio trave acciaio | 1764.21 | kg | |
| Taglio trave legno | 403.39 | kg | |
| Taglio tot su trave legno con appendimento | 2167.6 | kg | |
| base trave legno | 17 | cm | |
| profondità appoggio | 25 | cm | |
| Area appoggio | 425 | cm ² | |
| Compressione σ | 5.10 | kg/cmq | SLU |
| RESISTENZA | | | |
| compressione legno fc90,d | 12.27 | kg/cmq | SLU |
| compressione muratura fc martinetti | 32 | kg/cmq | |
| FC LC2 | 1.2 | | |
| γ_m | 3 | | |
| coeff. legature trasv | 1 | | |
| compressione muratura fc,d | 8.89 | kg/cmq | |
| VERIFICA | | | |
| $\sigma/fc,d$ | 57.38% | VERIFICATO | |
| $\sigma/fc90,d$ | 41.58% | VERIFICATO | |

5.3.2 Solai esistenti consolidati mediante travi rompitratta in acciaio

Per i solai lignei ove risultavano già presenti delle travi rompitratta in legno, l'intervento di consolidamento è stato limitato ad un semplice inserimento di nuove travi rompitratta in acciaio, che a seconda dei casi sono state poste:

- in sostituzione di quelle lignee esistenti, gravemente sottodimensionate rispetto alle esigenze di verifica con i carichi di progetto (caso dei solai a soffitto dei vani A.01 e a.02);
- ad integrazione di quelle lignee esistenti, non sufficienti rispetto alle esigenze di verifica con i carichi di progetto (caso dei solai a soffitto del vano A.03, ove è prevista l'estensione del solaio fino alla parete nord per colmare il vuoto derivante dalla demolizione dell'attuale scala a servizio del museo, e A.05).

Al fine di garantire la piena efficacia dell'intervento, l'estradosso delle travi rompitratta dovrà essere posto a perfetto contatto con l'intradosso delle travi lignee esistenti, compensando le irregolarità dovute alla deformata di queste ultime.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 122 di 439 |

5.3.2.1 Solaio A.01

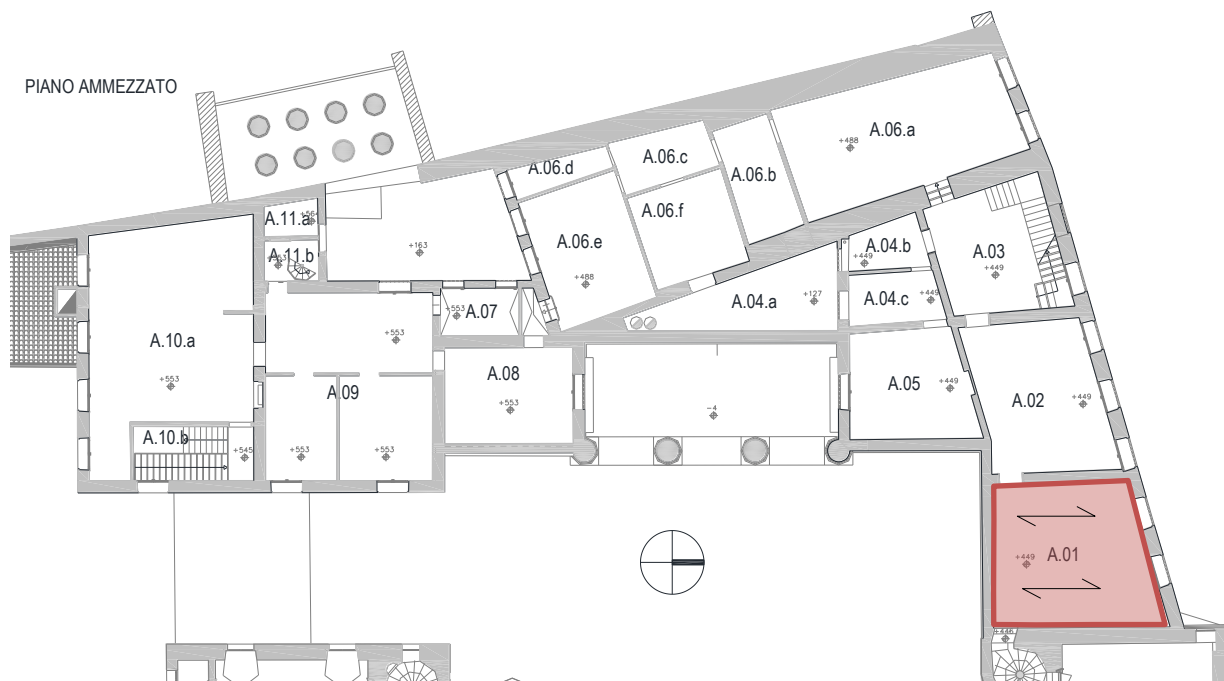


Figura 5.121 Localizzazione del solaio A.01

MODELLAZIONE:

Il modello presenta una doppia orditura di travi: le travi secondarie in legno esistenti, di sezione 13x15cm con interasse $i=47\text{cm}$, tessute in direzione Nord-Sud, e le nuove travi rompitratta in acciaio S275, ortogonali alle travi secondarie e costituite da profili HEA240. Tali profili risultano essere sostitutivi/integrativi rispetto alle travi rompitratta esistenti in legno.

Nel modello sia le travi in legno che quelle in acciaio sono state considerate in semplice appoggio.

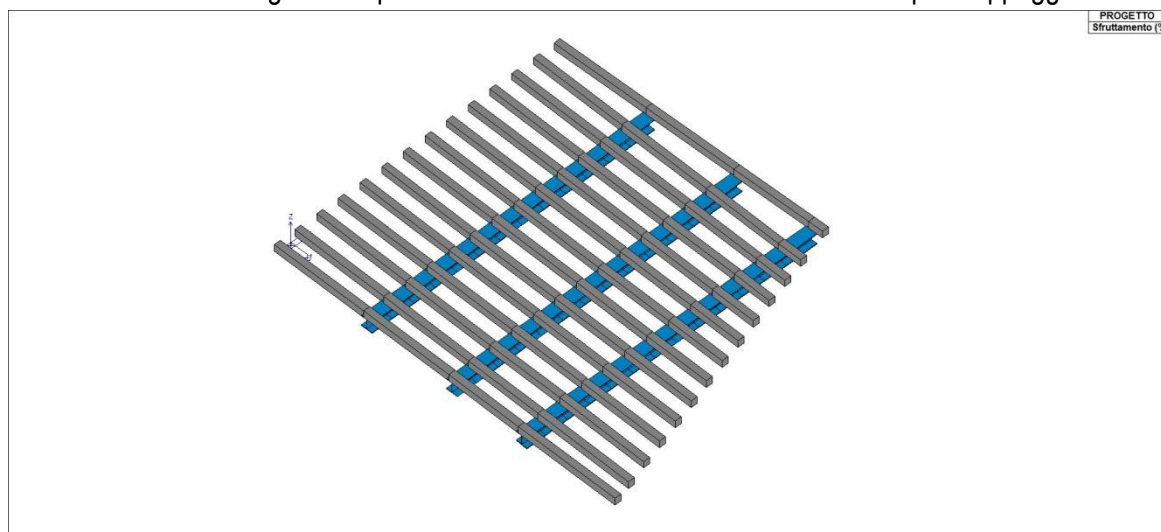


Figura 5.122 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 123 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo per la trave principale pari a 6.23m.

| ID. | TRAVERTE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|------------------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Secondaria (esistente) | Rettangolare | Legno C20 | 13 | 15 | 47 | max 2.13 | Semplice appoggio |
| 2 | Principale (Nuova) | HEA240 | S275 | 23 | 24 | 190 | max 6.23 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno e travi in acciaio sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso del tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato n.c.d. (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

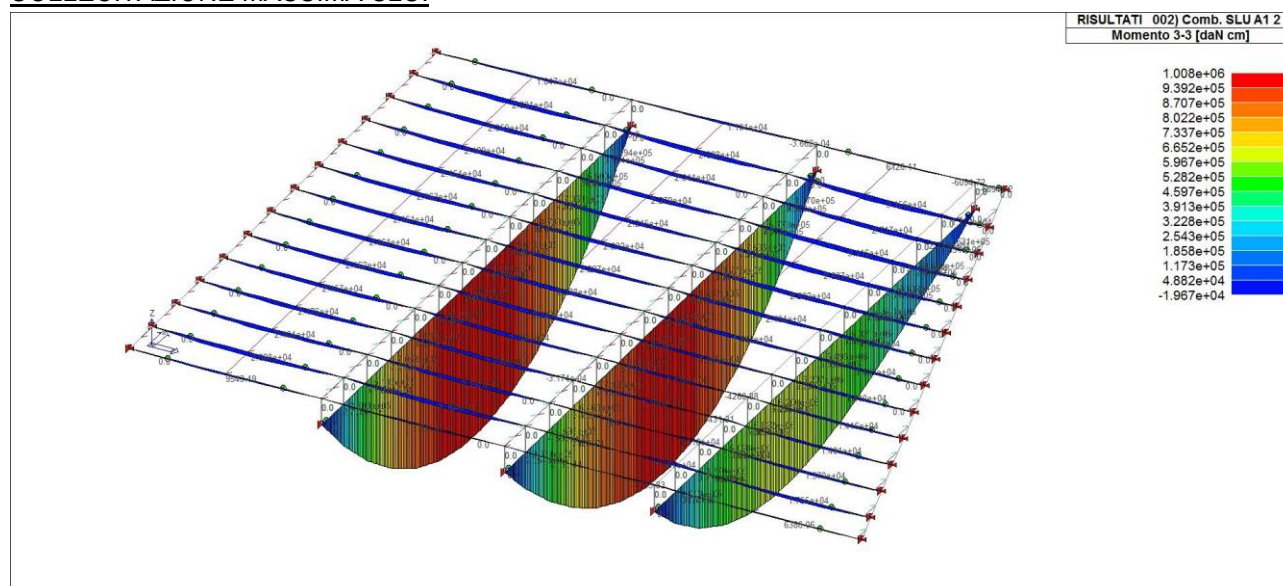


Figura 5.123 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

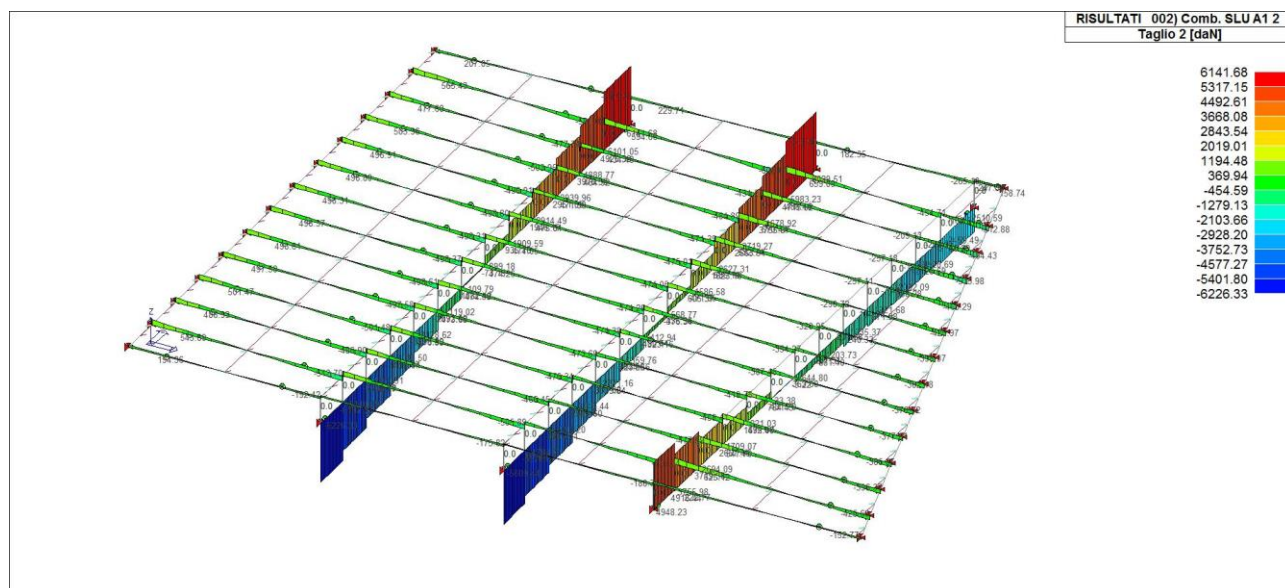


Figura 5.124 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

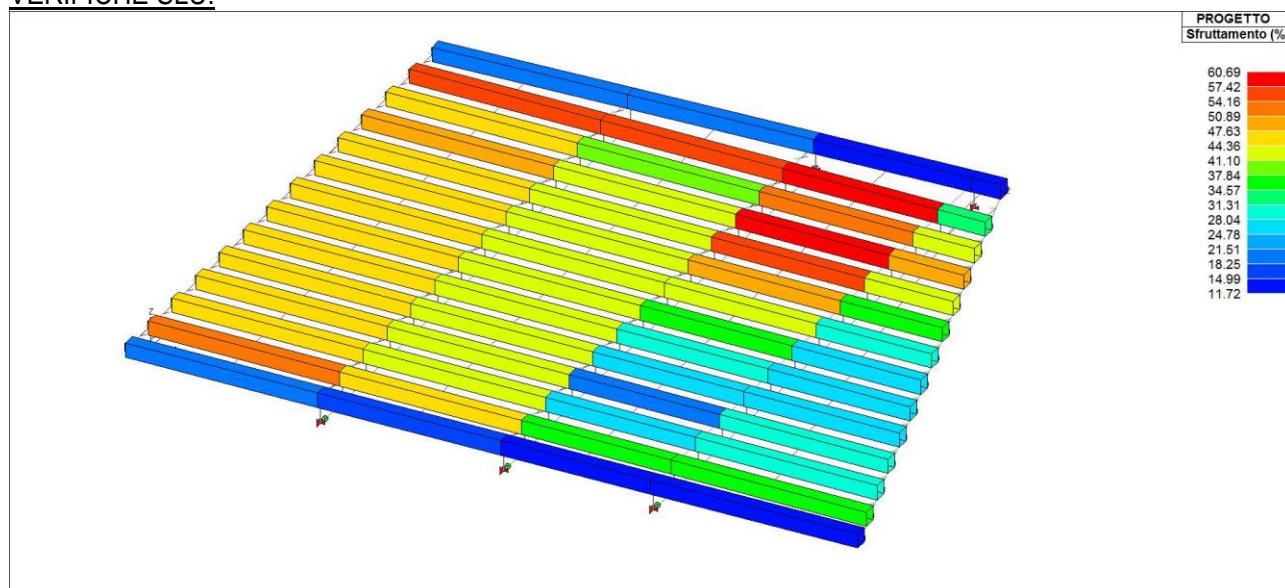


Figura 5.125 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

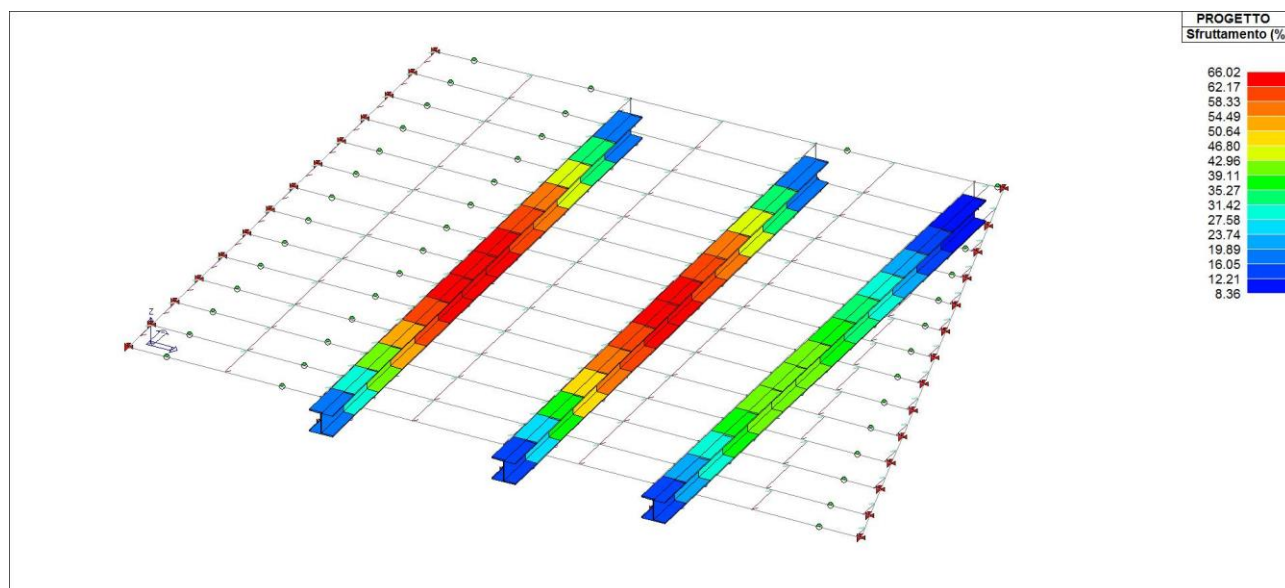


Figura 5.126 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 60.69% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 66.02% | <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

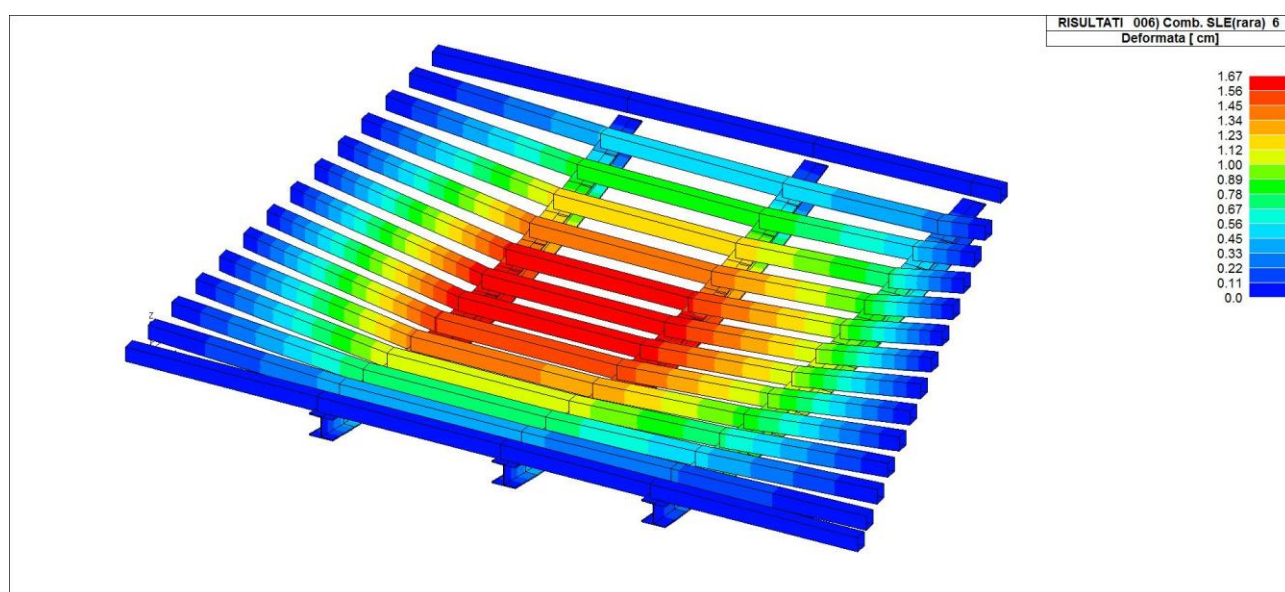


Figura 5.127 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 126 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=6.12m | | | | | | |
|--|------------|---------------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 2 | Principale | SLE-RARA | 1.67 | L/366 | L/300 | Si |
| 2 | Principale | SLE-solo acc. | 1.08 | L/566 | L/350 | Si |

5.3.2.2 Solaio A.02

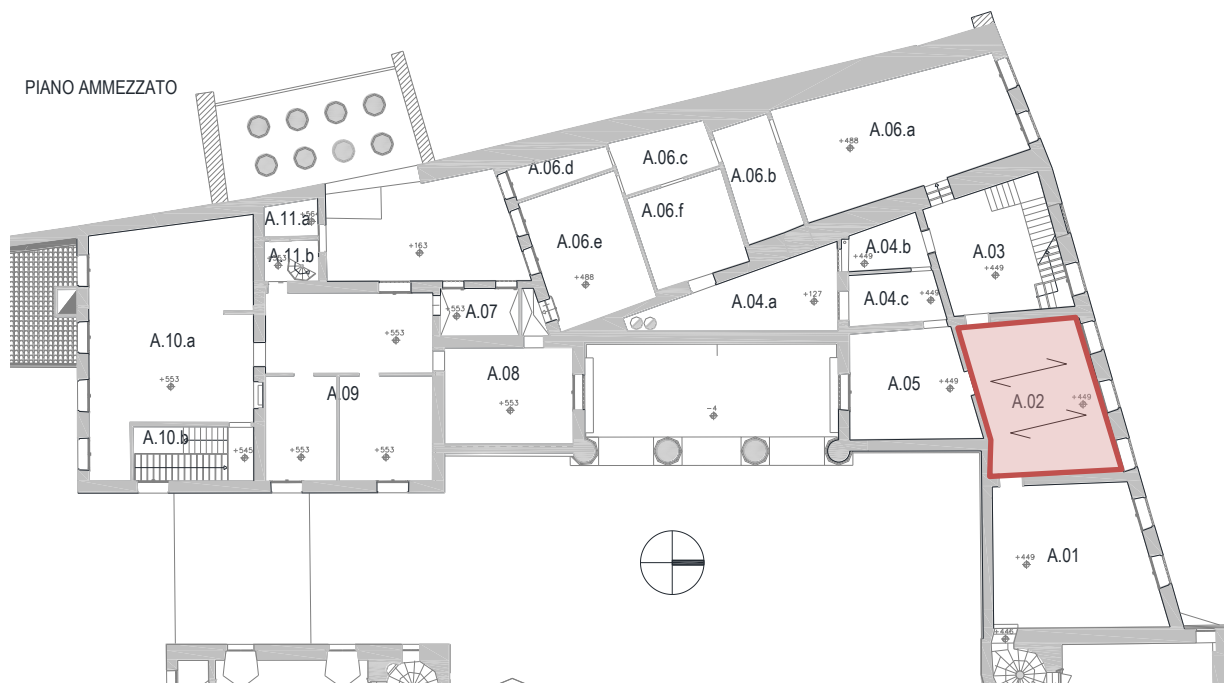


Figura 5.128 Localizzazione del solaio A.02

MODELLAZIONE:

Il modello presenta una doppia orditura di travi: le travi secondarie in legno esistenti, di sezione 15x17cm con interasse $i=47$ cm tessute in direzione Nord-Sud e le nuove travi rompitratta in acciaio S275, costituite da profili HEA240.

Nel modello le travi portanti in legno e in acciaio sono state considerate in semplice appoggio.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 127 di 439 |

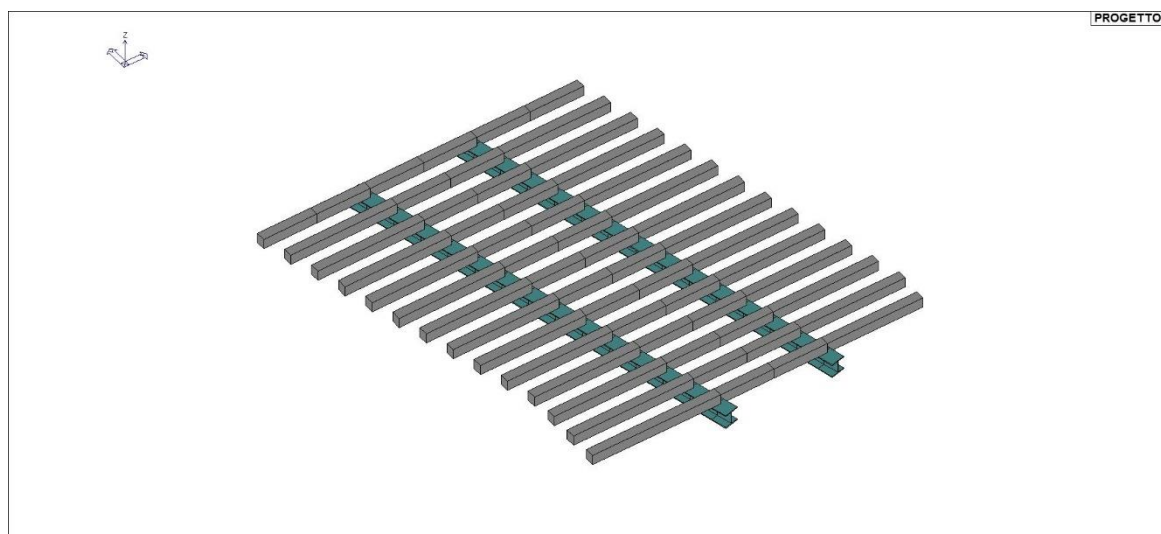


Figura 5.129 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo per la trave principale pari a 6.80m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|------------------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Secondaria (esistente) | Rettangolare | Legno C20 | 15 | 17 | 47 | 5.52 | Semplice appoggio |
| 2 | Principale (Nuova) | HEA240 | S275 | 23 | 24 | 177 | 6.80 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno e travi in acciaio sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso del tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato n.c.d. (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

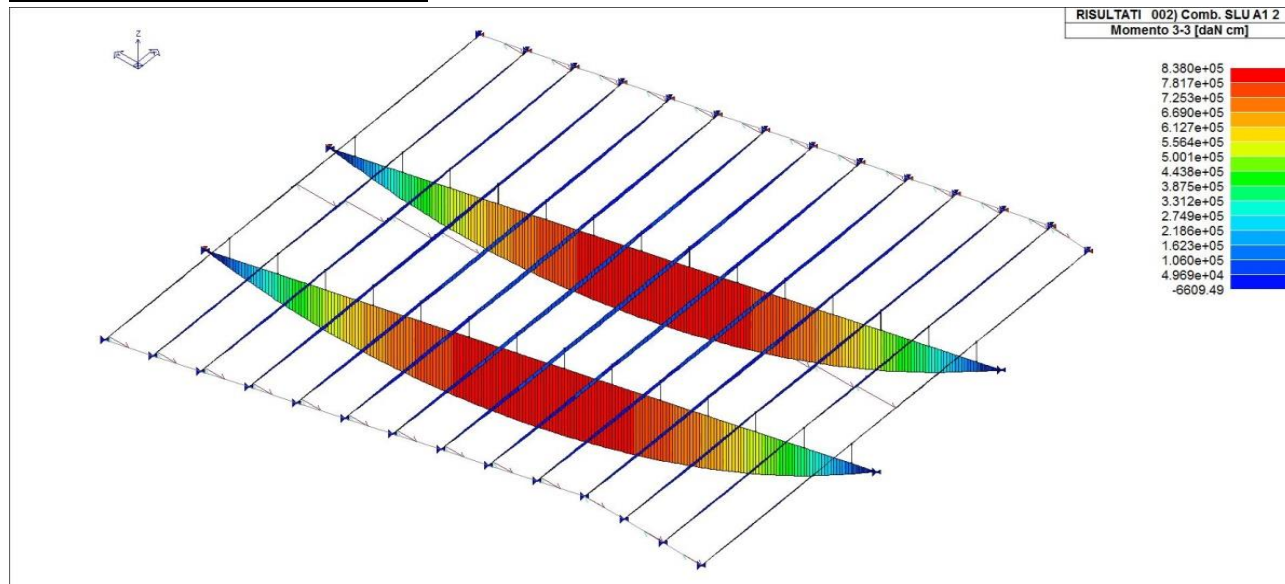


Figura 5.130 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

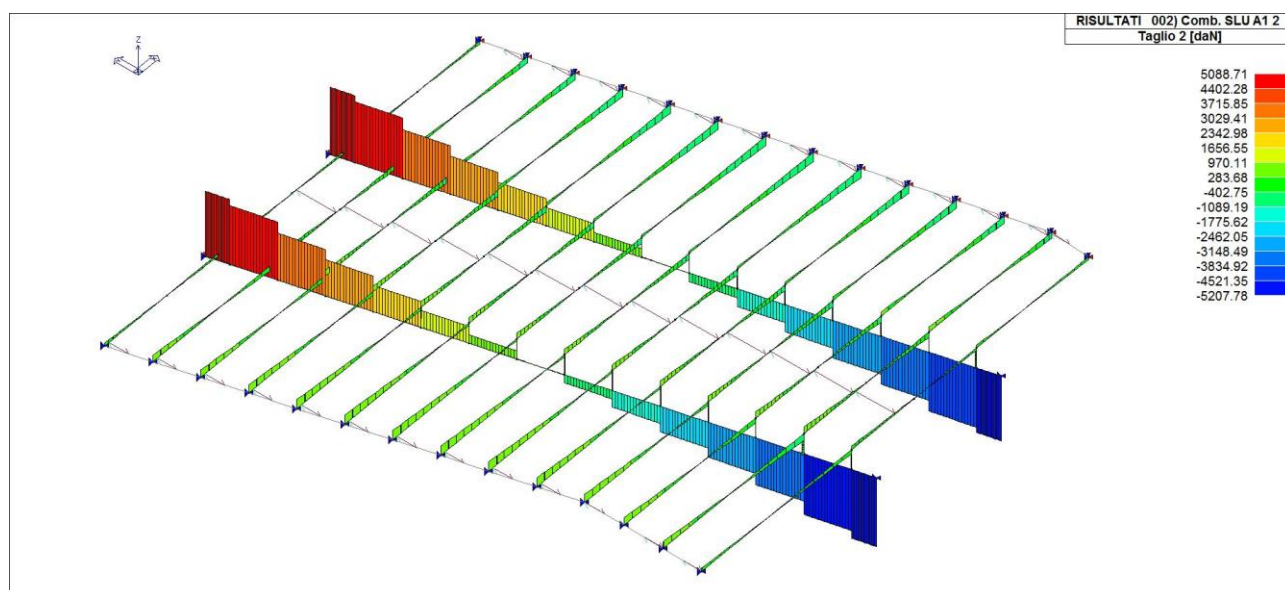


Figura 5.131 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

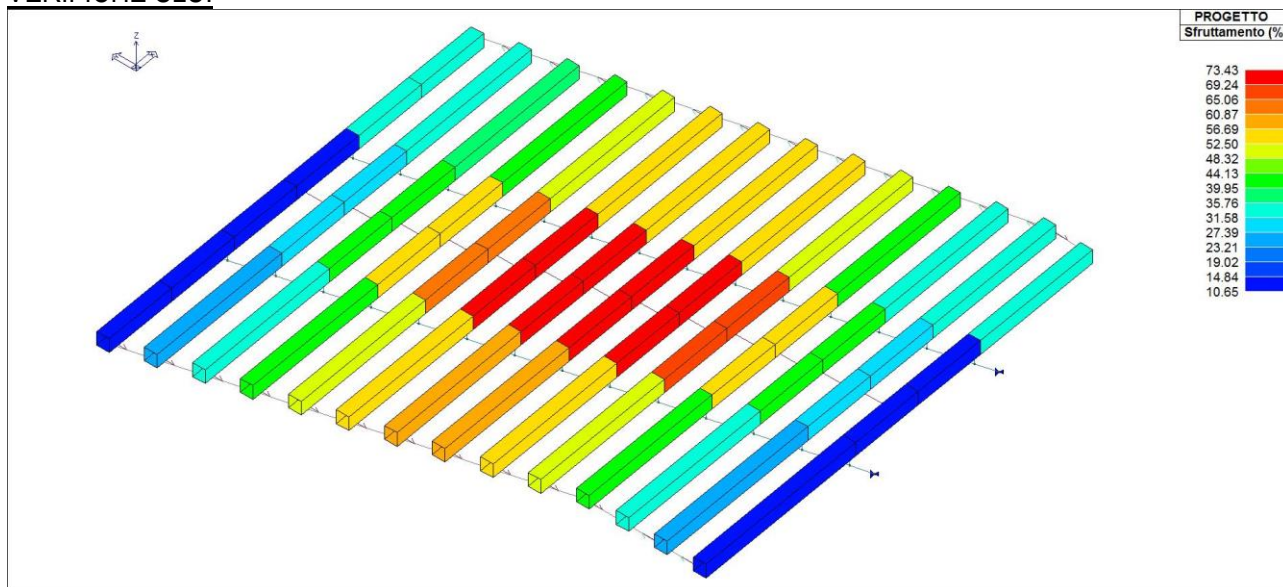


Figura 5.132 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

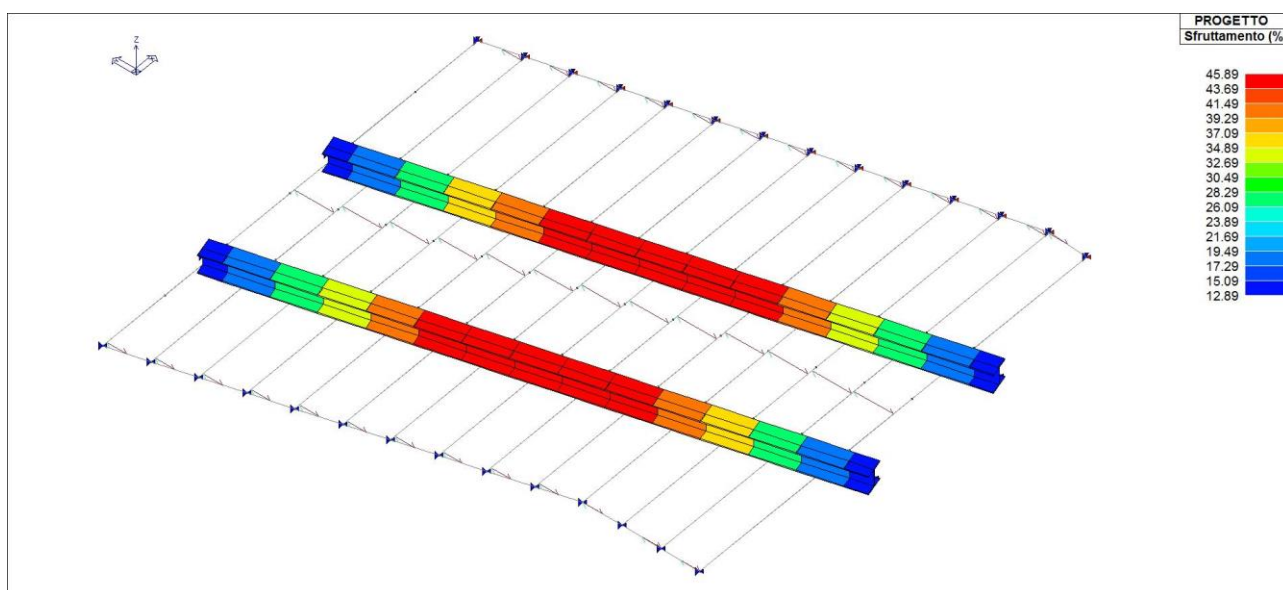


Figura 5.133 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|--------------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 73.43% <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 45.89% <100% | VERIFICATO |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 130 di 439 |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

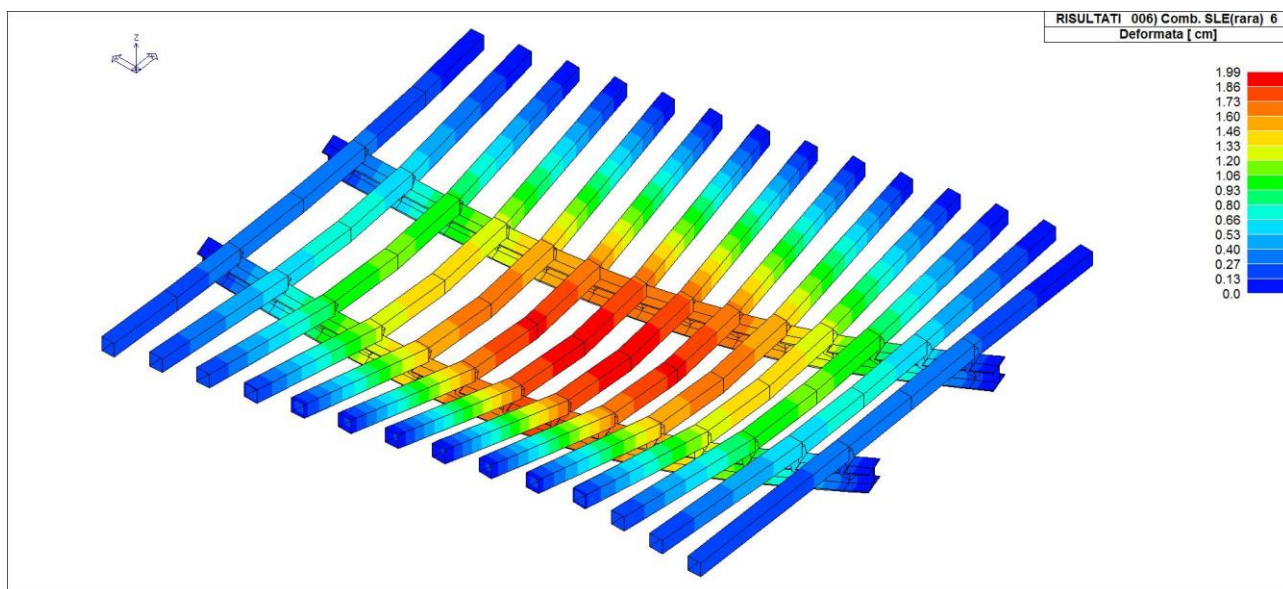


Figura 5.134 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=6.80m | | | | | | |
|--|------------|---------------|--------------|---------|--------|-------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Secondaria | SLE-RARA | 1.99 | L/266 | L/250 | Accettabile |
| 2 | Principale | SLE-RARA | 1.74 | L/391 | L/250 | Si |
| 2 | Principale | SLE-solo acc. | 1.14 | L/596 | L/350 | Si |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 131 di 439 |

5.3.2.3 Solaio A.03

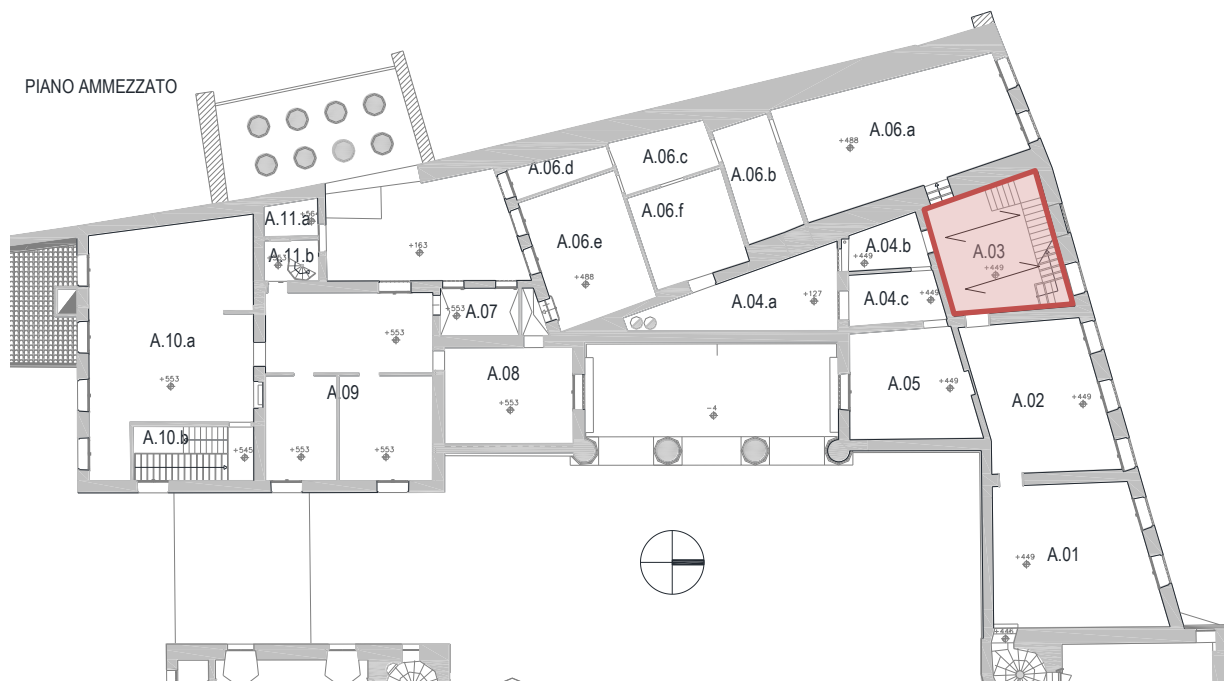


Figura 5.135 Localizzazione del solaio A.03

MODELLAZIONE:

Il modello presenta una doppia orditura di travi: le travi secondarie esistenti in legno di sezione 11x16cm con interasse $i=40\text{cm}$ tessute in direzione Nord-Sud e le tre travi rompitratta, di cui le due esterne risulta o essere quelle integrative in acciaio, con sezione HEB200, mentre quella centrale è la trave esistente in legno, di sezione 28x29cm. I profili HEB200 distano 80cm dal rompitratta centrale.

Le travi secondarie sono continue in corrispondenza del profilo in acciaio e in semplice appoggio sulla trave centrale. La travatura lignea secondaria posta a nord è tutta di nuova realizzazione, a chiusura del vano scala esistente.

Si riporta di seguito la disposizione delle travi principali.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 132 di 439 |

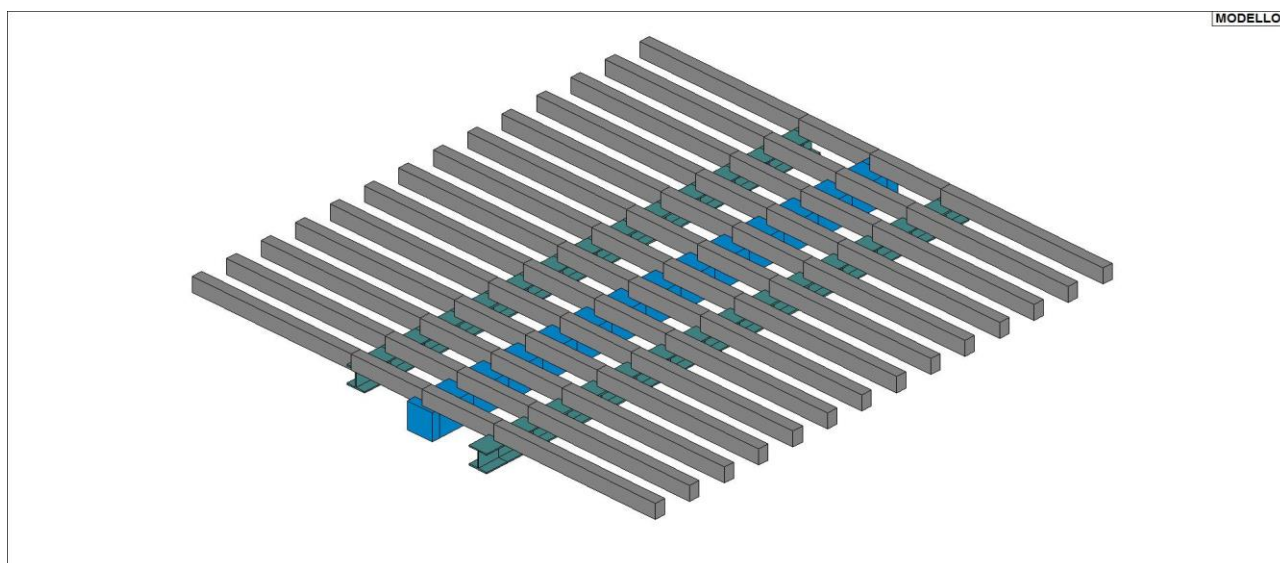


Figura 5.136 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo per le travi principali pari a 5.42m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|---------------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Secondaria sud | Rettangolare | Legno C20 | 11 | 16 | 40 | 1.78 | Semplice appoggio |
| 2 | Secondaria nord | Rettangolare | Legno C24 | 11 | 16 | 40 | 1.81 | Semplice appoggio |
| 3 | Principale esterna | HEB200 | S275 | 20 | 20 | 80 | 5.41 | Semplice appoggio |
| 4 | Principale centrale | Rettangolare | Legno C20 | 28 | 29 | 80 | 5.41 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno e travi in acciaio sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso del tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato n.c.d. (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Peso parete in cartongesso (trave secondaria centrale) | G _{2,nd} | 254 daN/m |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

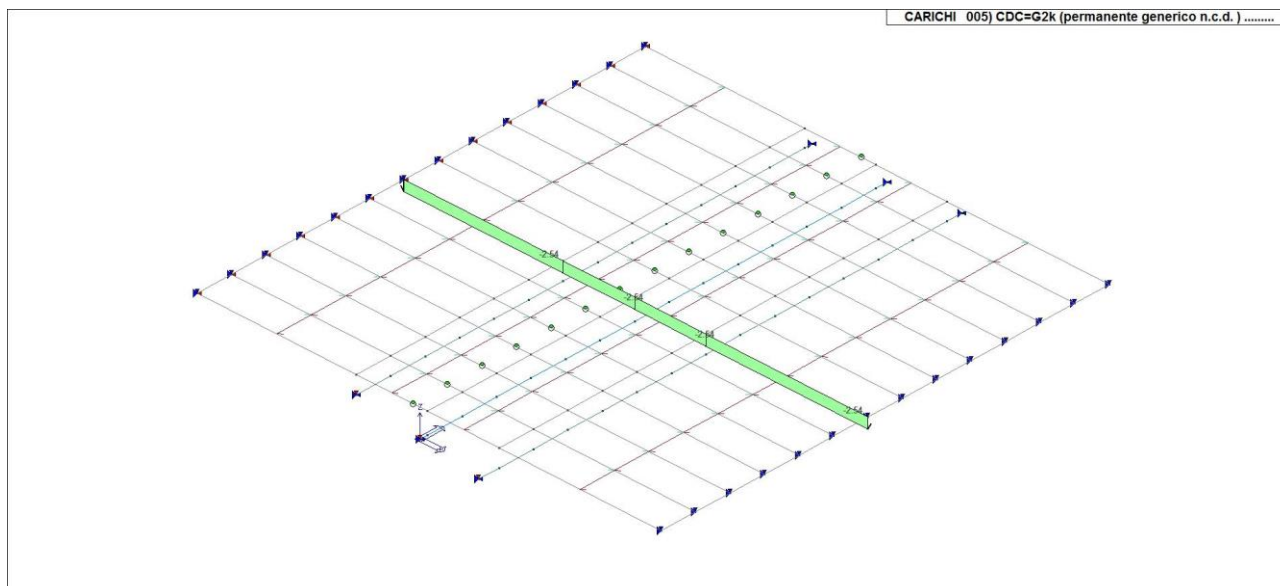


Figura 5.137 Localizzazione carico permanente portato parete in cartongesso

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

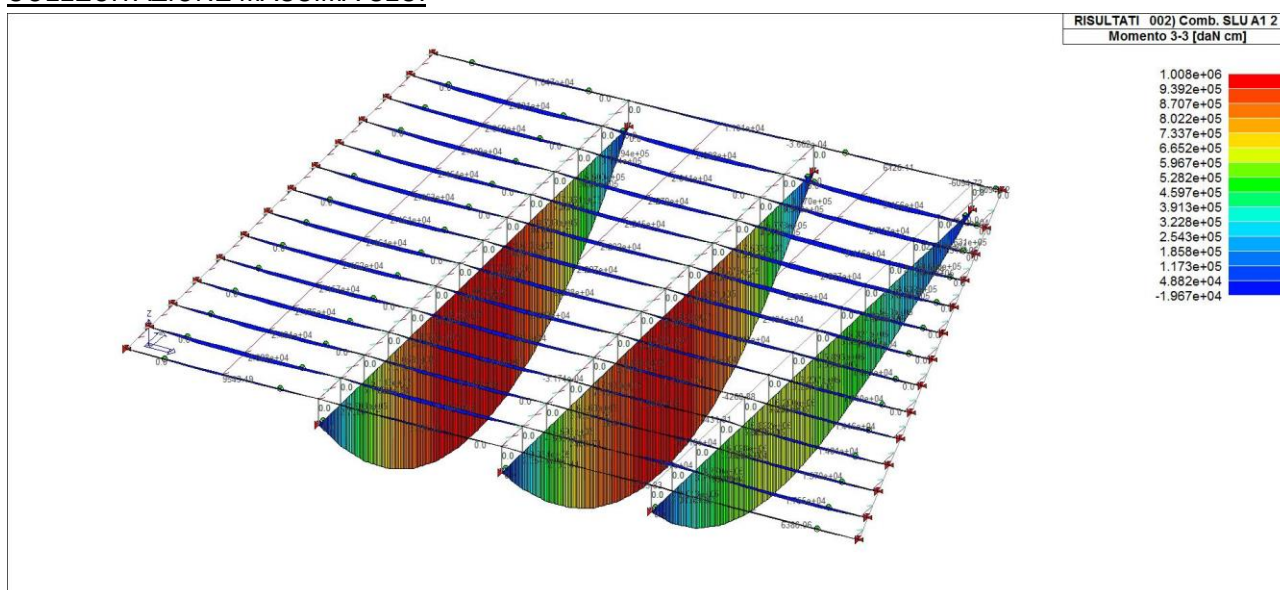


Figura 5.138 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

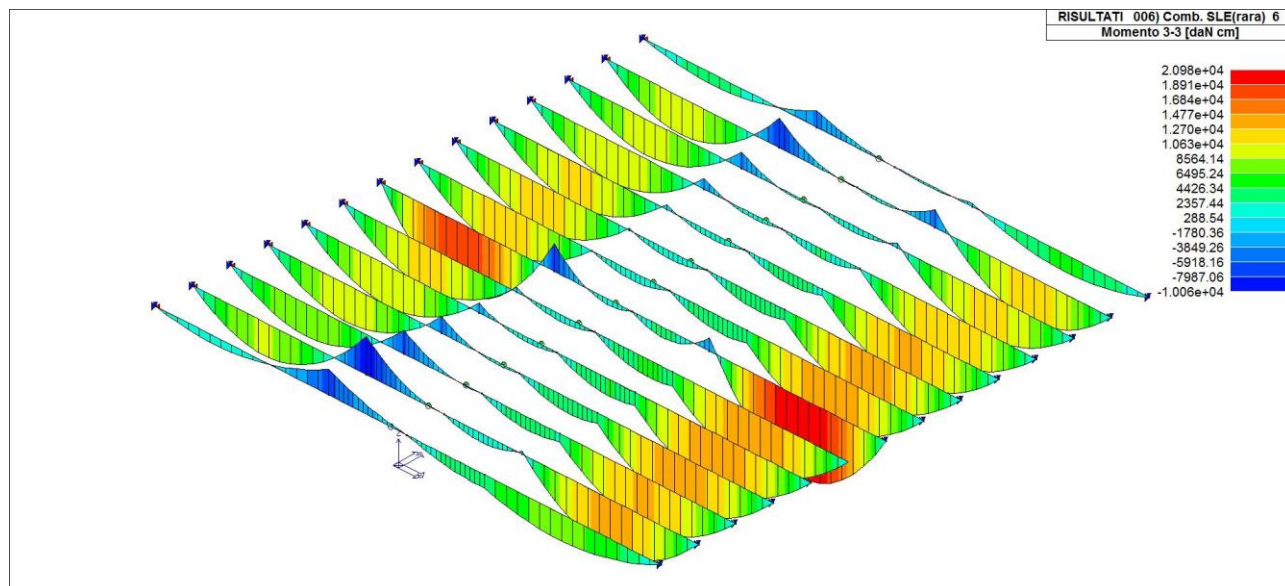


Figura 5.139 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente nelle travi secondarie - [daNcm]

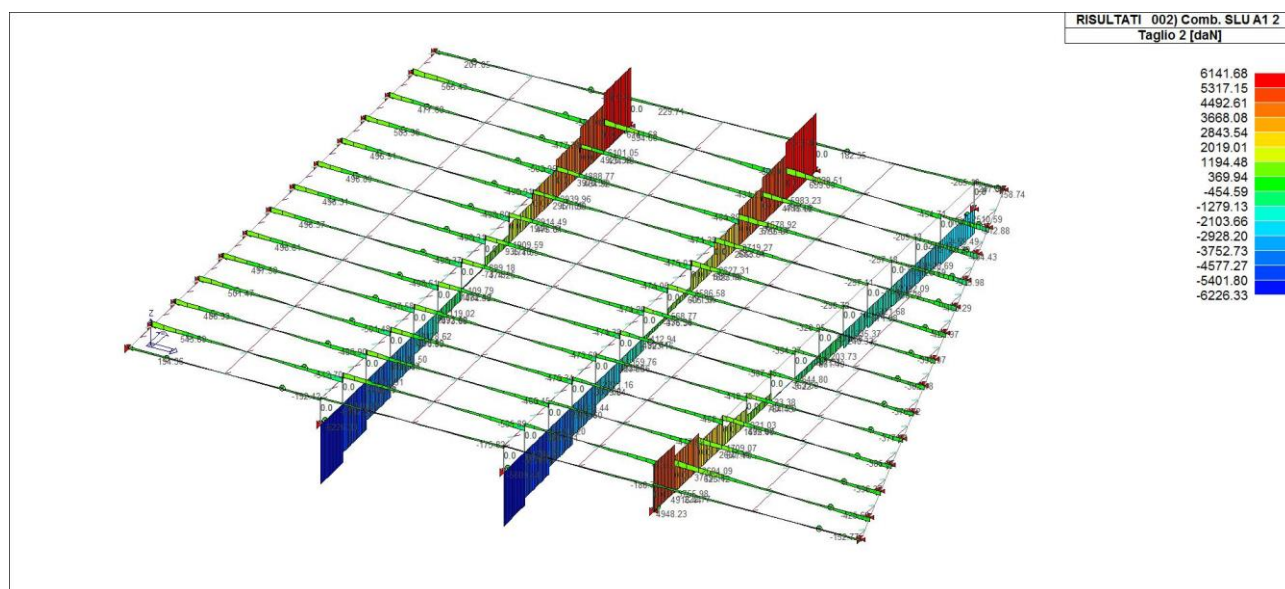


Figura 5.140 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

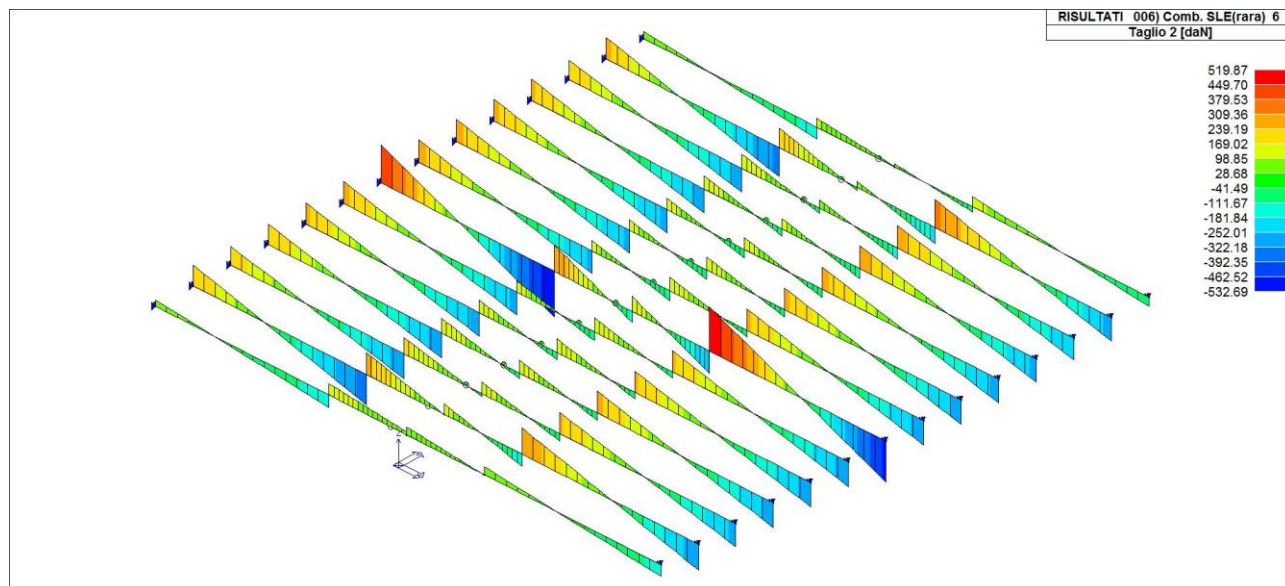


Figura 5.141 Massima sollecitazione SLU sulle travi secondarie– Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

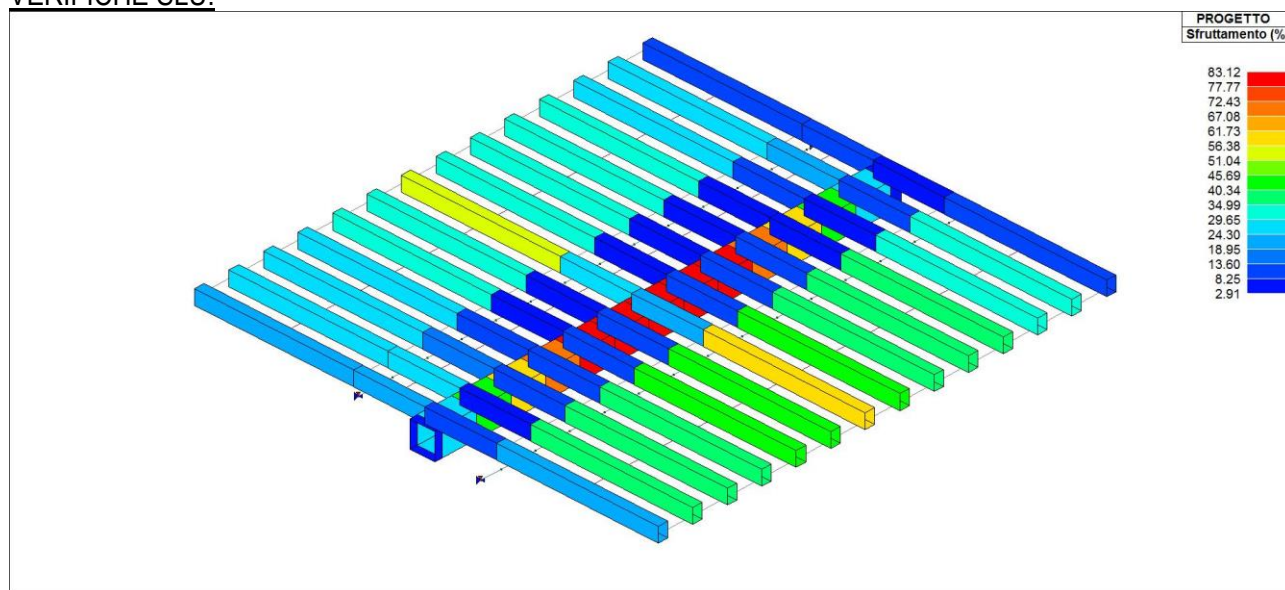


Figura 5.142 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

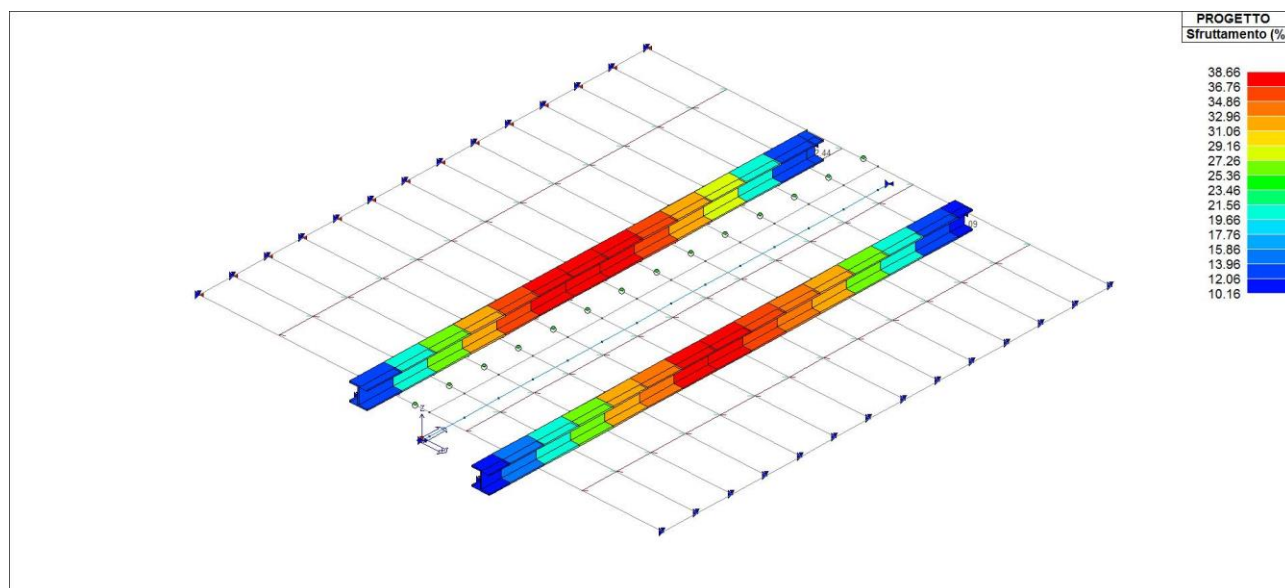


Figura 5.143 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 83.12% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 38.66% | <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

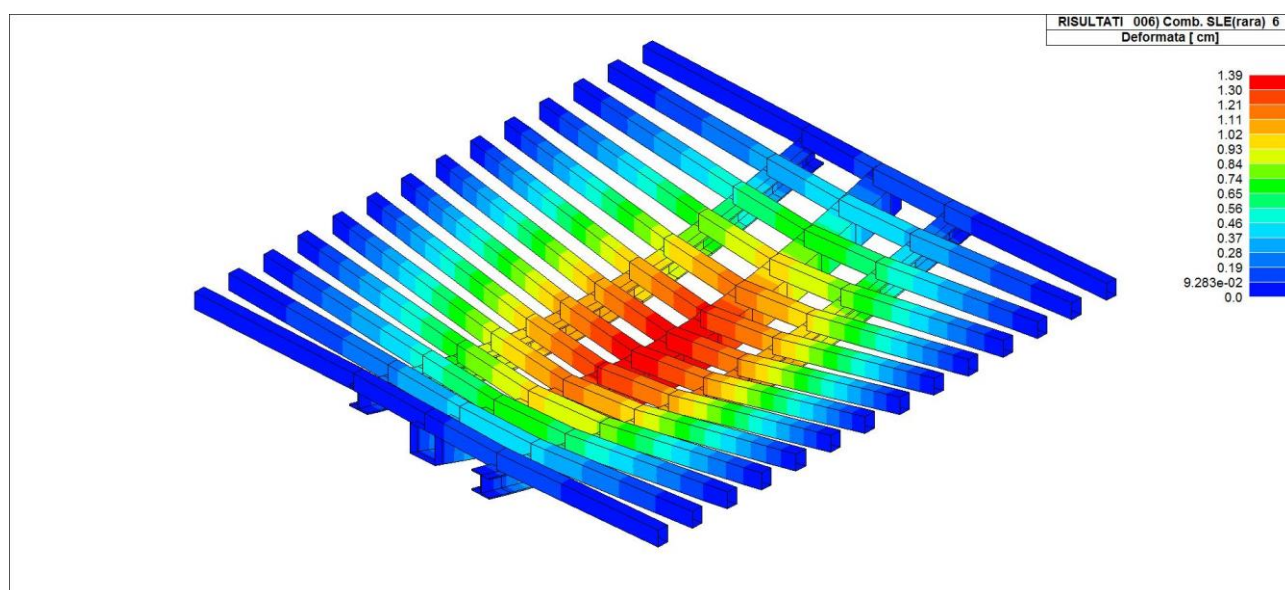


Figura 5.144 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 137 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=5.41 | | | | | | |
|---|-----------|---------------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 4 | Esistente | SLE-RARA | 1.39 | L/389 | L/300 | Si |
| 3 | Nuova | SLE-RARA | 1.15 | L/315 | L/250 | Si |
| 3 | Nuova | SLE-solo acc. | 0.66 | L/820 | L/350 | Si |

5.3.2.4 Solaio A.05

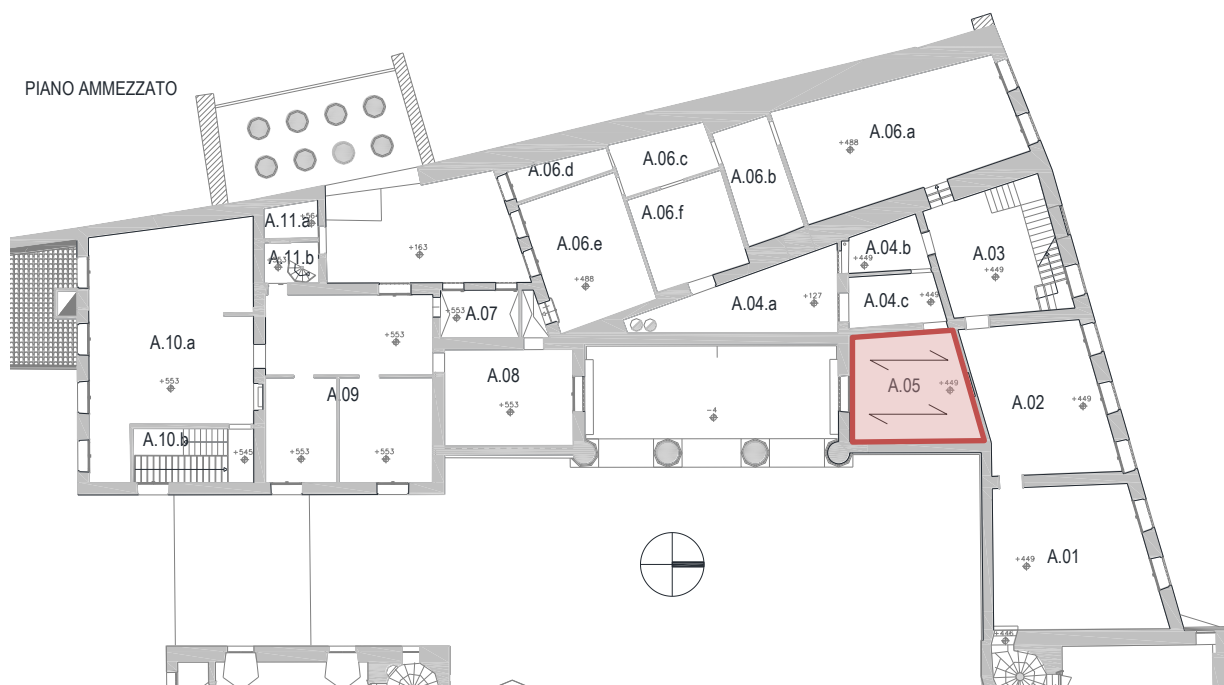


Figura 5.145 Localizzazione del solaio A.05

MODELLAZIONE:

Il modello presenta una doppia orditura di travi: le travi secondarie esistenti in legno di sezione 13x15cm con interasse $i=45\text{cm}$ tessute in direzione Nord-Sud e le tre travi rompitratta, di cui le due esterne sono integrative in acciaio costituite da profili IPE200 e quella centrale è la trave lignea esistente, di sezione 20x29cm.

I profili IPE200 distano 83cm dal rompitratta centrale.

Le travi secondarie sono continue in corrispondenza del profilo in acciaio e in semplice appoggio sulla trave centrale.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 138 di 439 |

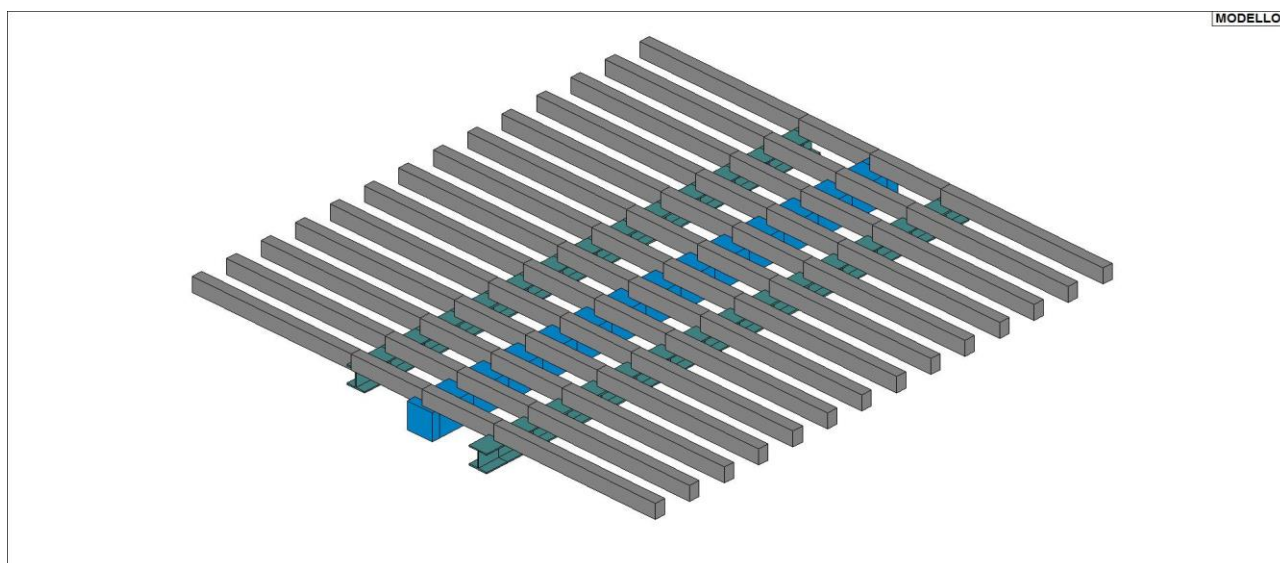


Figura 5.146 Mesh del modello agli elementi finiti degli elementi portanti (travi)

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo per le travi principali pari a 4.69m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|---------------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------------------|-------------------|
| 1 | Secondaria | Rettangolare | Legno C20 | 13 | 15 | 45 | min 2.21 max 2.81 | Semplice appoggio |
| 2 | Principale esterna | IPE200 | S275 | 10 | 20 | 83 | 4.69 | Semplice appoggio |
| 3 | Principale centrale | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 29 | - | 4.69 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno e travi in acciaio sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso del tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato n.c.d. (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

SOLLECITAZIONE MASSIMA SLU:

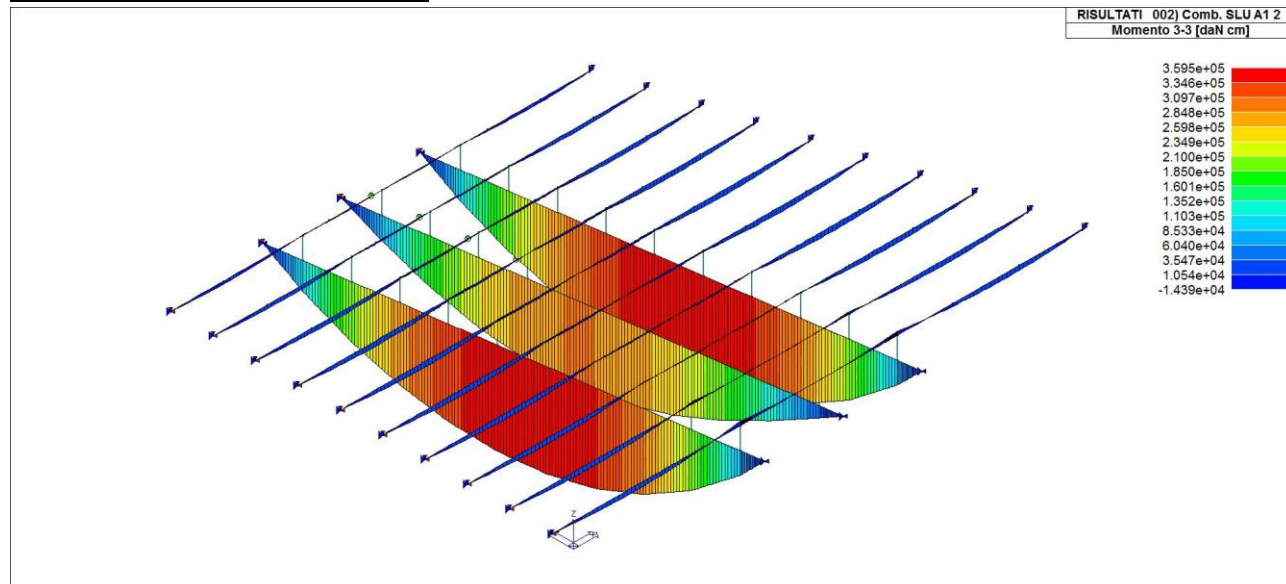


Figura 5.147 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

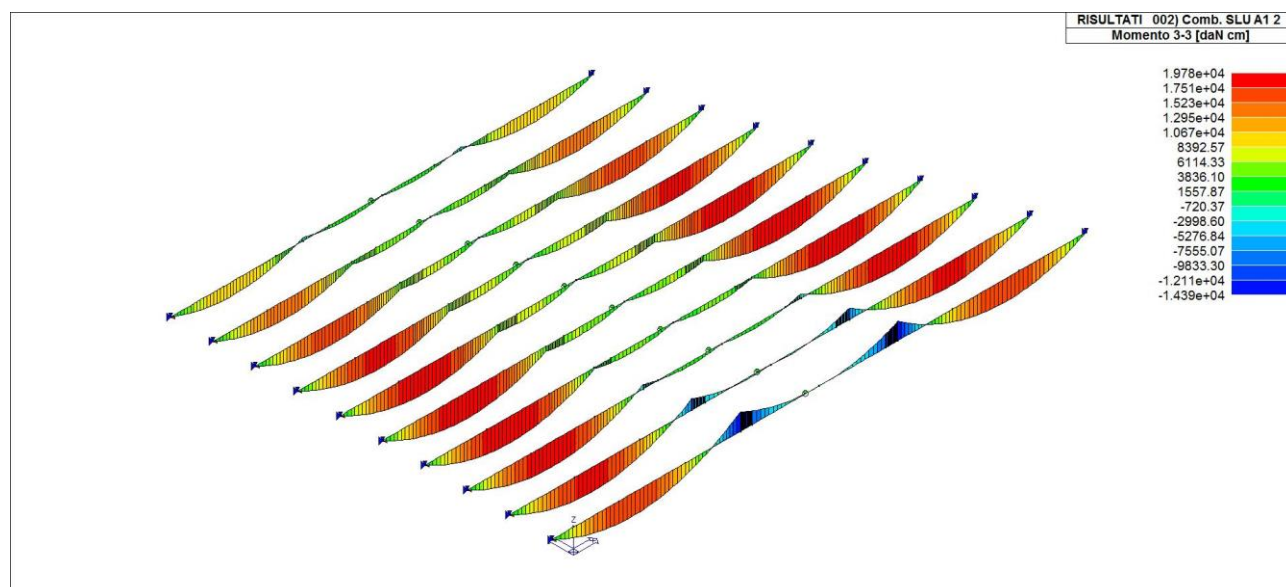


Figura 5.148 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente nelle travi secondarie - [daNcm]

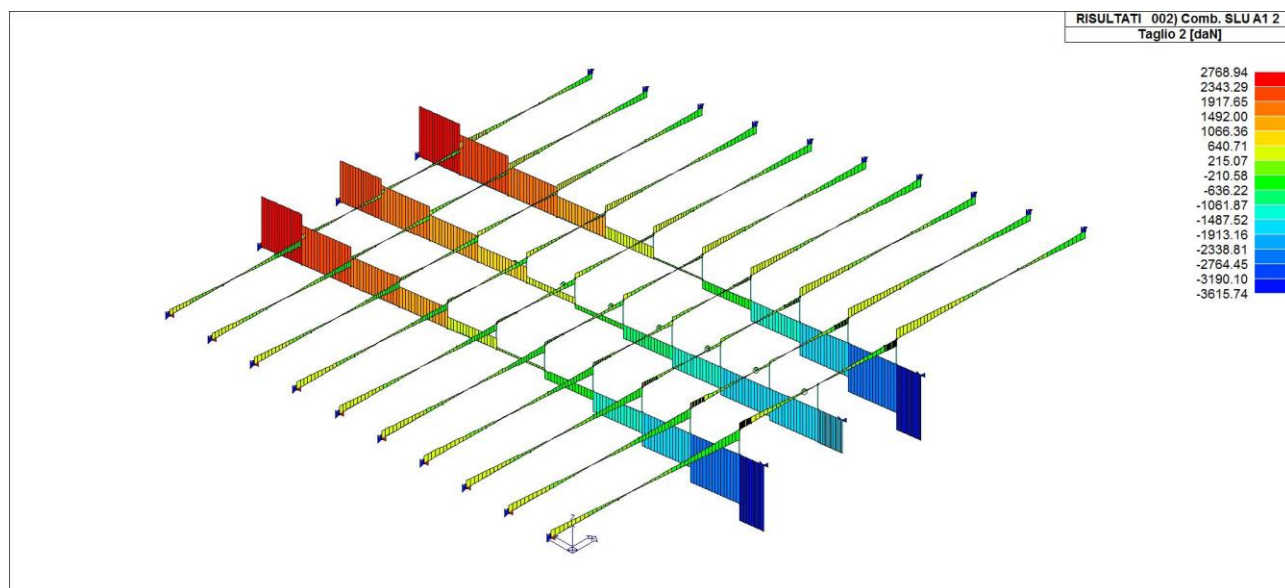


Figura 5.149 Massima sollecitazione SLU – Taglio - [daN]

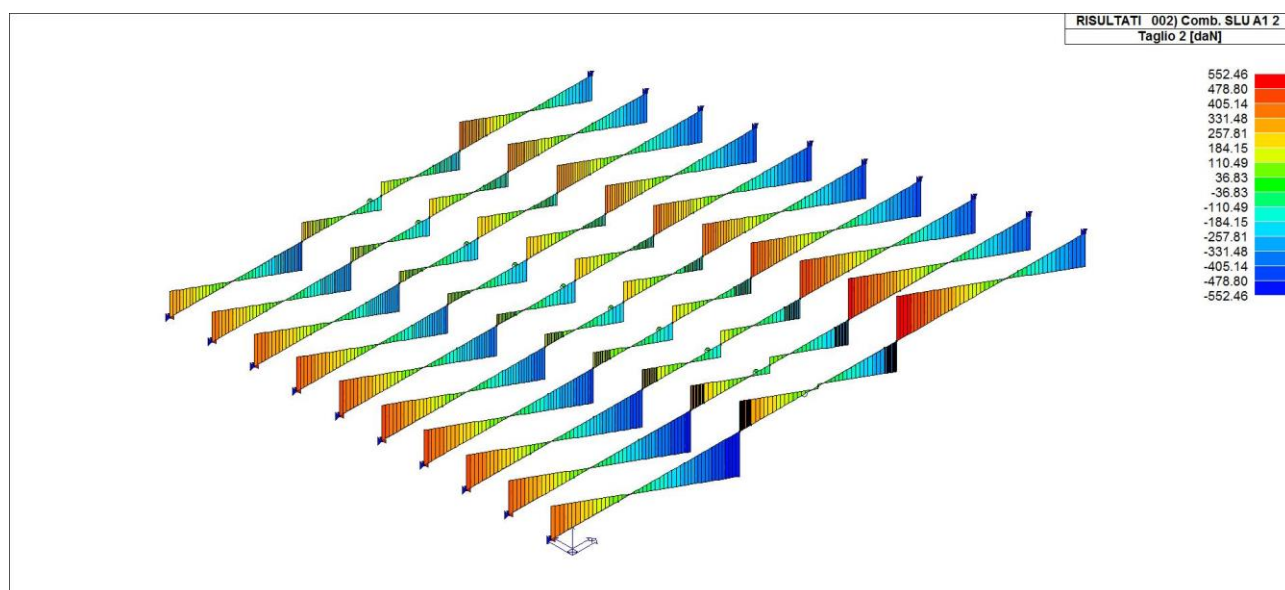


Figura 5.150 Massima sollecitazione SLU sulle travi secondarie– Taglio - [daN]

VERIFICHE SLU:

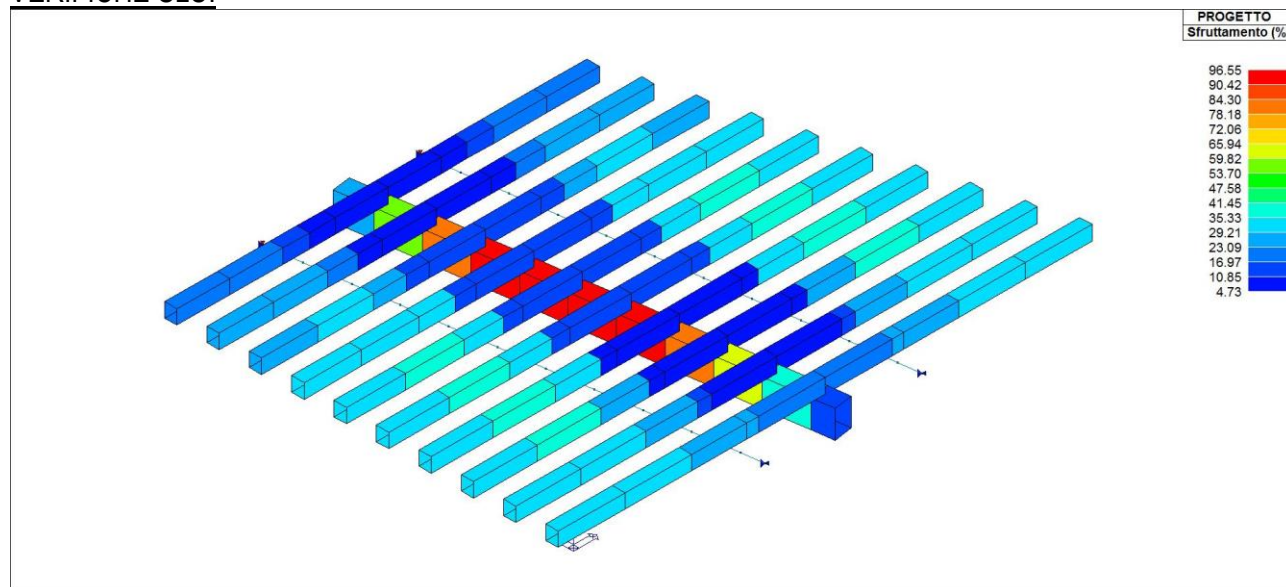


Figura 5.151 Percentuale di sfruttamento travi in legno [%]

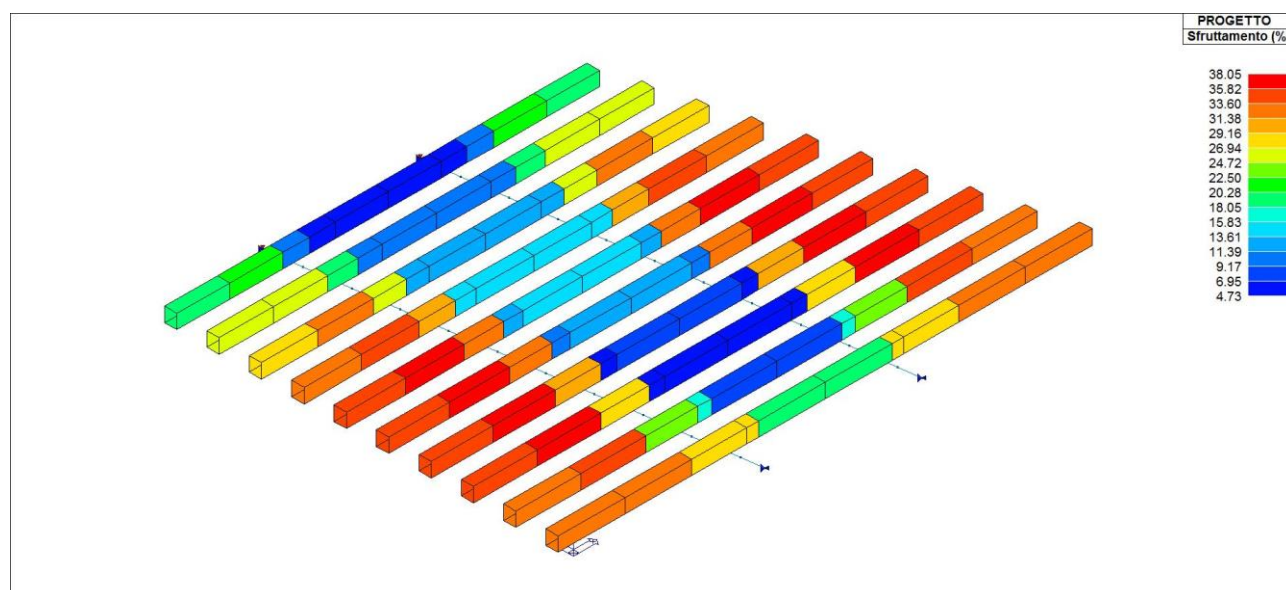


Figura 5.152 Percentuale di sfruttamento travi in legno secondarie [%]

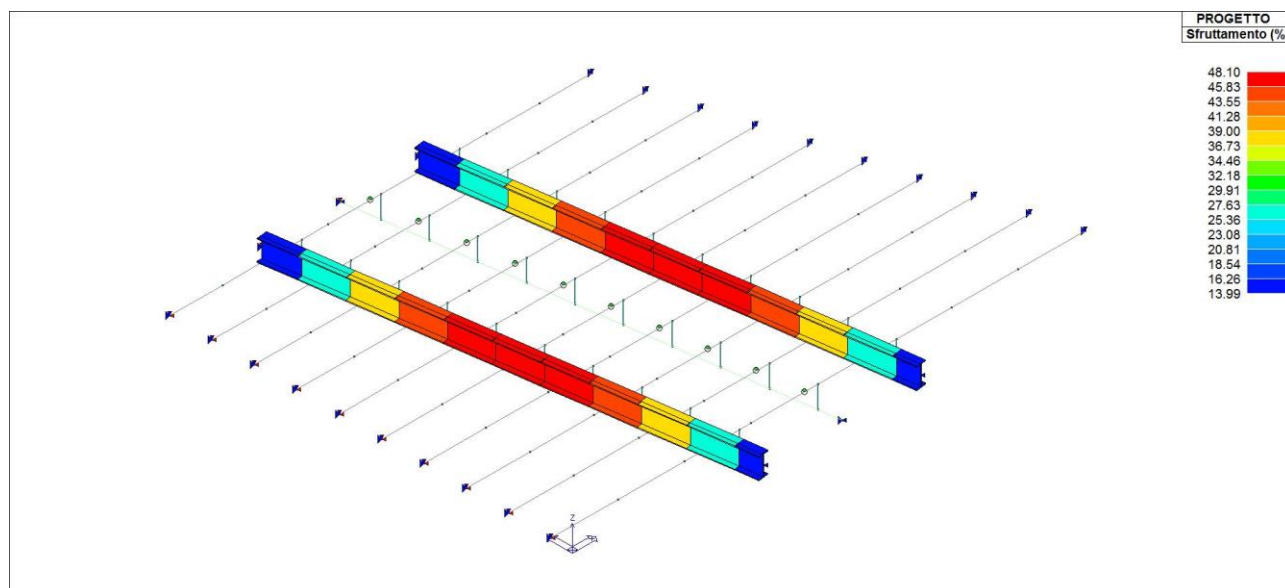


Figura 5.153 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|--|--------|-------|------------|
| TRAVI IN LEGNO PRINCIPALI | 96.55% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN LEGNO SECONDARIE | 38.05% | <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 48.10% | <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

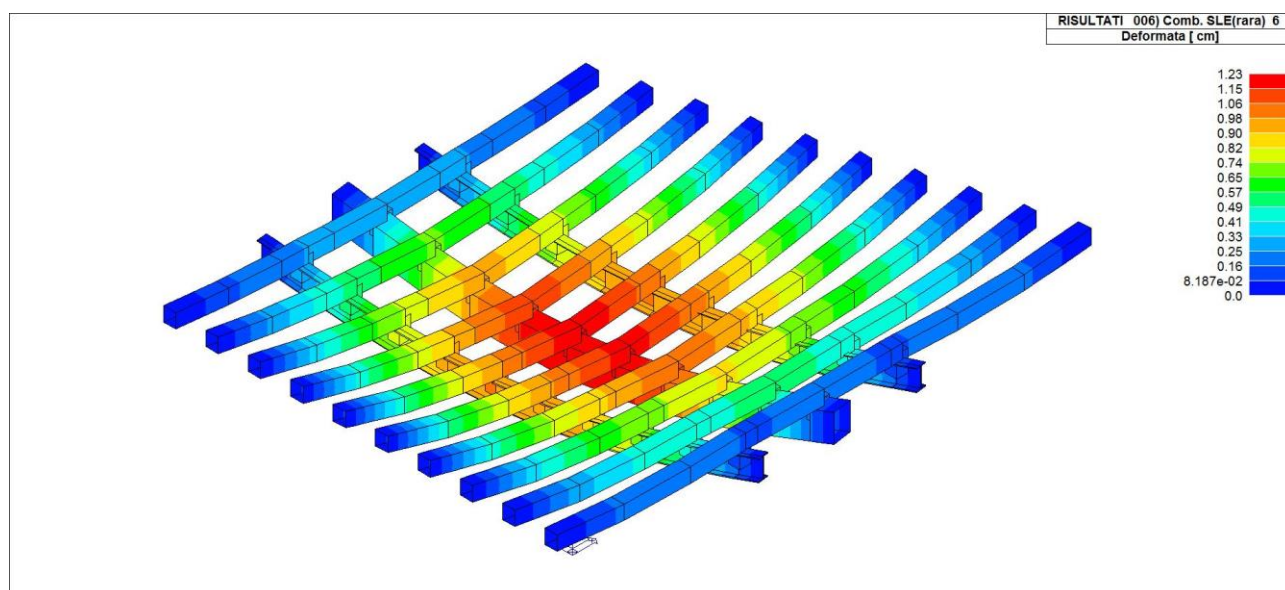


Figura 5.154 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 143 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=4.69 | | | | | | |
|---|-----------|---------------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 3 | Esistente | SLE-RARA | 1.23 | L/381 | L/300 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-RARA | 0.98 | L/478 | L/250 | Si |
| 2 | Nuova | SLE-solo acc. | 0.64 | L/733 | L/350 | Si |

5.3.3 Rifacimento solai esistenti con nuove travi lignee e soletta collaborante

La soluzione di demolizione dei solai esistenti e relativo rifacimento con nuove travi lignee e soletta collaborante è stata adottata in limitati casi, ovvero:

- solaio a soffitto del vano T.10, ove per ragioni architettoniche non risultava possibile procedere al consolidamento mediante inserimento di travi IPE tra le travi lignee esistenti;
- solai a soffitto dei vani A.10 e A.09, che presentano analoga tipologia strutturale nello stato di fatto, ma non risultano verificati sotto l'azione dei carichi di progetto.

Si riportano di seguito le verifiche dei singoli solai, progettati con travi in legno C24 e cappa in calcestruzzo alleggerito LC30/33 D1,7.

5.3.3.1 Solaio T.10

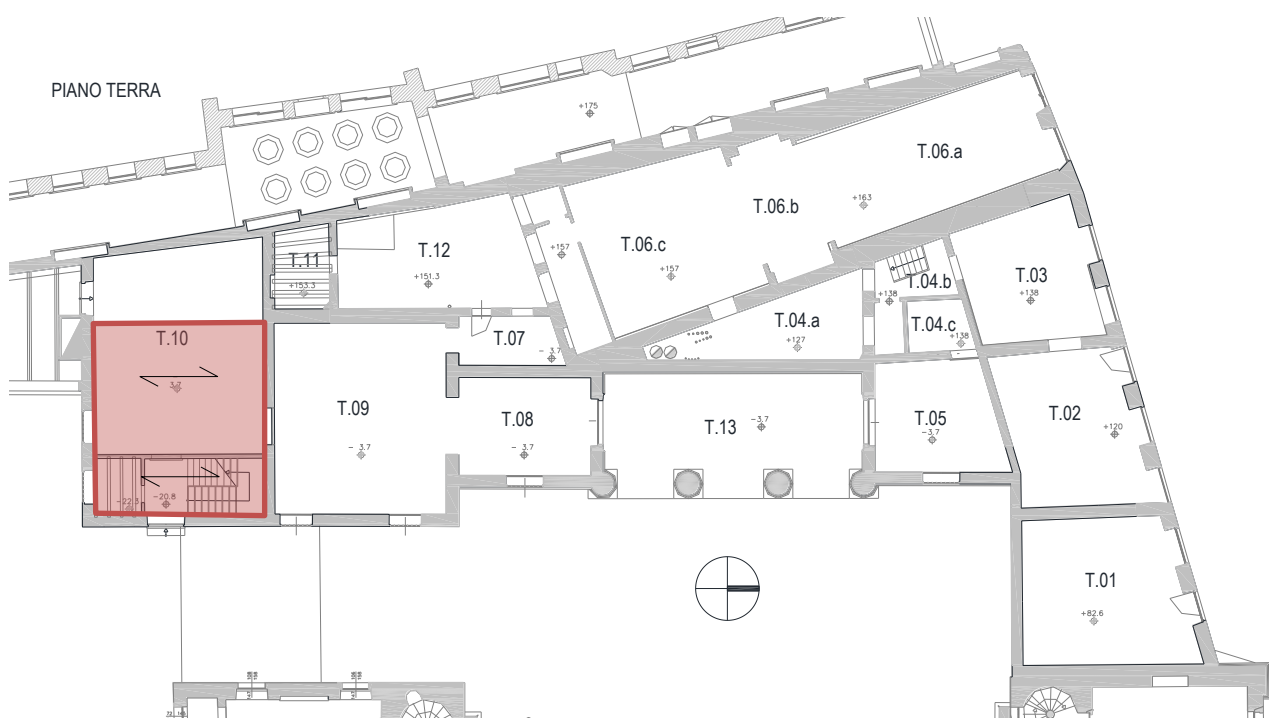


Figura 5.155 Localizzazione del solaio T.10

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 144 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 6.92m.

| ID. | ELEM. | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|---------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Trave | Rettangolare | Legno C24 | 24 | 28 | 55 | 6.92 | Semplice appoggio |
| 2 | Soletta | Rettangolare | LC30/33 | 55 | 5 | 55 | 6.92 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso travi 24x28 i=55cm | G ₁ | 73 daN/mq |
| Peso tavolato sp.3cm | G ₁ | 18 daN/mq |
| Soletta in LC30/33 D1.7 sp.5cm | G ₁ | 93 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto nuovo pavimento in legno) | G ₂ | 24 daN/mq |
| Peso permanente portato n.c.d. (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

VERIFICHE SLU/SLE:

Caratteristiche solaio composto legno-calcestruzzo

| Carichi nominali, combinazioni di carico e azioni interne | | | | | | SLU_1 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_Q (G_{2k} + Q_k)$ | | | SLU_2 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_{G2} G_{2k}$ | | | SLE | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|--|-------------------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| g_{1k} [kN/m ²] | g_{2k} [kN/m ²] | q_k [kN/m ²] | ψ_2 [-] | γ_{G1} [-] | $\gamma_{G2} ; \gamma_Q$ [-] | $q_{SLU,1}$ [kN/m] | $M_{Ed,SLU,1}$ [kNm] | $V_{Ed,SLU,1}$ [kN] | $q_{SLU,2}$ [kN/m] | $M_{Ed,SLU,2}$ [kNm] | $V_{Ed,SLU,2}$ [kN] | g_k [kN/m] | q_k [kN/m] |
| 2.08 | 0.40 | 5.00 | 0.60 | 1.30 | 1.50 | 5.94 | 35.56 | 20.56 | 1.82 | 10.87 | 6.28 | 1.36 | 2.75 |

| | | | | | | | | | |
|-------|----------------|-------|-----------|----------------------|--------------|------------|-------------------|----------------------|-----------|
| Trave | | legno | massiccio | C24 | $\rho_k =$ | 350.00 | kg/m ³ | $\gamma_{M,legno} =$ | 1.50 |
| b | h ₂ | i | L | γ_{legno} | $E_{0,mean}$ | G_{mean} | $f_{m,k}$ | $f_{t,0,k}$ | $f_{v,k}$ |
| [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 240 | 280 | 550 | 6920 | 6.00 | 11000 | 690 | 24.00 | 14.00 | 4.00 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|----------------------|----------------------|--------|----------|----------|----------------|--------------|----------|
| Soletta in calcestruzzo | | | | | cls | classe | LC30/33 | $\gamma_c =$ | 1.50 |
| h ₁ | t | γ_{assito} | γ_{cls} | ϕ | f_{ck} | f_{cd} | $f_{ctk,0.05}$ | f_{ctd} | E_{cm} |
| [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [kN/m ³] | [-] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 50 | 30 | 6.00 | 18.50 | 2.00 | 30.00 | 17.00 | 1.75 | 1.17 | 19607 |

Considerare il contributo della soletta nelle verifiche a taglio?

NO

| | | | | | | | | | |
|------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-------|-------------------|----------|--------------|----------|
| Connettori | | | | | | acciaio | B450C | $\gamma_s =$ | 1.15 |
| ϕ | s_{min} | s_{max} | Verifica | s_{eq} | L_w | Verifica | f_{tk} | f_{yk} | f_{yd} |
| [mm] | [mm] | [mm] | $s_{max} \leq 4 s_{min}$ | [mm] | [mm] | $l_w \geq 10\phi$ | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 16 | 150 | 150 | SI | 150 | 160 | SI | 540.00 | 450.00 | 391.30 |

Capacità portante connessione
legno-acciaio ad un piano di
taglio con piastra spessa

| | |
|------------------|--------------|
| $\gamma_{con} =$ | 1.50 |
| $f_{h,0,k} =$ | 24.11 MPa |
| $M_{yk} =$ | 1.77E+05 Nmm |
| $F_{v,Rk} =$ | 19.00 kN |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 145 di 439 |

Verifiche SLU

| | | t = 0 | | t = ∞ | |
|--|---|----------|------------------|------------------|------------------|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | E ₁ | 19607 | MPa | 6536 | MPa |
| | (EI) ₁ | 1.12E+11 | Nmm ² | 3.74E+10 | Nmm ² |
| | (EA) ₁ | 5.39E+08 | N | 1.80E+08 | N |
| Legno | E ₂ | 11000 | MPa | 6875 | MPa |
| | (EI) ₂ | 4.83E+12 | Nmm ² | 3.02E+12 | Nmm ² |
| | (EA) ₂ | 7.39E+08 | N | 4.62E+08 | N |
| Connessione | K _u | 6984 | N/mm | 4365 | N/mm |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | | | | |
| | (EI) ₁₊₂ | 1.68E+13 | Nmm ² | 7.98E+12 | Nmm ² |
| | γ ₁ | 0.30 | | 0.44 | |
| | γ ₂ | 1.00 | | 1.00 | |
| | y _{G,ef} | 174.56 | mm | 168.50 | mm |
| | a ₁ | 160.44 | mm | 166.50 | mm |
| | a ₂ | 34.56 | mm | 28.50 | mm |
| | (EI) _{ef} | 9.92E+12 | Nmm ² | 5.62E+12 | Nmm ² |
| | η | 0.420 | | 0.522 | |
| Combinazione SLU_1 | | | | | |
| Posizione elemento | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | 1 | | | | |
| Classe di durata del carico | media | | | 0.80 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -5.09 | MPa | -4.06 | MPa |
| | σ _{1,t} | -1.57 | MPa | -1.99 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 1.36 | MPa | 1.24 | MPa |
| | σ _{m,2} | 5.52 | MPa | 6.09 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.46 | MPa | 0.46 | MPa |
| Connessione | F _{v,Ed} | 7.94 | kN | 7.22 | kN |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | 0.30 | Verifica | 0.24 | Verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | - | | - | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | 0.61 | Verifica | 0.64 | Verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | 0.22 | Verifica | 0.22 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | 0.78 | Verifica | 0.71 | Verifica |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 146 di 439 |

| Combinazione SLU_2 | | | | | | |
|--|---|--|----------|------------------|------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | | |
| Classe di durata del carico | | permanente | | | 0.60 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -1.55 | MPa | -1.24 | MPa | |
| | σ _{1,t} | -0.48 | MPa | -0.61 | MPa | |
| Legno | σ _{2,t} | 0.42 | MPa | 0.38 | MPa | |
| | σ _{m,2} | 1.69 | MPa | 1.86 | MPa | |
| | τ _{2,max} | 0.14 | MPa | 0.14 | MPa | |
| Connessione | F _{v,Ed} | 2.43 | kN | 2.21 | kN | |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | <div></div> 0.09 | Verifica | <div></div> 0.07 | Verifica | |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | - | | - | | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | <div></div> 0.25 | Verifica | <div></div> 0.26 | Verifica | |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | <div></div> 0.09 | Verifica | <div></div> 0.09 | Verifica | |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | <div></div> 0.32 | Verifica | <div></div> 0.29 | Verifica | |

Verifiche SLE

| | t = 0 | | | t = ∞ | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | E ₁ | 19607 | MPa | 6536 | MPa | |
| | (EI) ₁ | 1.12E+11 | Nmm ² | 3.74E+10 | Nmm ² | |
| | (EA) ₁ | 5.39E+08 | N | 1.80E+08 | N | |
| Legno | E ₂ | 11000 | MPa | 6875 | MPa | |
| | G ₂ | 690 | MPa | 431 | MPa | |
| | (EI) ₂ | 4.83E+12 | Nmm ² | 3.02E+12 | Nmm ² | |
| | (EA) ₂ | 7.39E+08 | N | 4.62E+08 | N | |
| Connessione | K _{ser} | 10477 | N/mm | 6548 | N/mm | |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | | | | | |
| | (EI) ₁₊₂ | 1.68E+13 | Nmm ² | 7.98E+12 | Nmm ² | |
| | γ ₁ | 0.39 | | 0.54 | | |
| | γ ₂ | 1.00 | | 1.00 | | |
| | y _{G,ef} | 182.84 | mm | 173.90 | mm | |
| | a ₁ | 152.16 | mm | 161.10 | mm | |
| | a ₂ | 42.84 | mm | 33.90 | mm | |
| | (EI) _{ef,ser} | 1.11E+13 | Nmm ² | 6.11E+12 | Nmm ² | |
| | η _{ser} | 0.521 | ≤ 0,70 | 0.621 | | |
| <u>Verifiche della freccia</u> | | | | | | |
| | u _g | 3.87 | mm | 7.00 | mm | |
| | u _q | 7.81 | mm | 14.12 | mm | |
| | u _{tot} | 11.68 | ≤ L/500 = 13.84 | 15.47 | ≤ L/350 = 19.77 | Verifica |

Il solaio è verificato.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 147 di 439 |

5.3.3.2 Solaio A.09

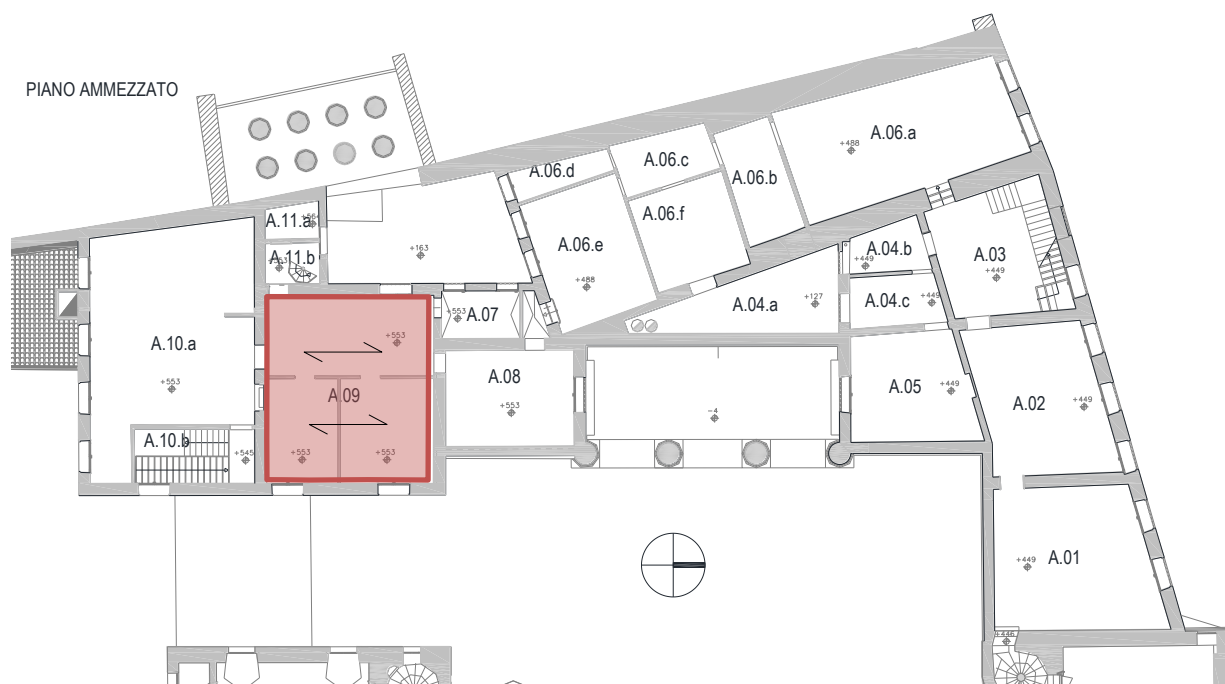


Figura 5.156 Localizzazione del solaio A.09

Data l'inadeguatezza statica del solaio esistente per i carichi di progetto, vedi par.5.2.7, si è scelto di realizzare un nuovo solaio in legno con soletta in c.a. alleggerito collaborante.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 7.02m.

| ID. | ELEM. | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|---------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Trave | Rettangolare | Legno C24 | 24 | 30 | 57 | 7.02 | Semplice appoggio |
| 2 | Soletta | Rettangolare | LC30/33 | 57 | 5 | 57 | 7.02 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel progetto architettonico è prevista la realizzazione di una parete in cartongesso posizionata in mezzeria della luce maggiore del vano, posta quindi parallelamente alla direzione del solaio. Data la presenza di una soletta di spessore di 5cm armata con rete di ripartizione $\varnothing 6$ 15x15cm, tale carico può essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito secondo quanto riportato nelle NTC08 al §3.1.3.1.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 148 di 439 |

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso travi sez.24x30cm i=57cm | G ₁ | 76 daN/mq |
| Peso tavolato | G ₁ | 18 daN/mq |
| Soletta collaborante in LC30/33 D1.7 | G ₁ | 93 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato n.c.d. (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Peso parete in cartongesso (2.5kN/m) | G _{2,nd} | 120 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

VERIFICHE SLU/SLE:

Caratteristiche solaio composto legno-calcestruzzo

| Carichi nominali, combinazioni di carico e azioni interne | | | | | | SLU_1 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_Q (G_{2k} + Q_k)$ | | | SLU_2 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_{G2} G_{2k}$ | | | SLE | |
|---|---|--|-----------------|----------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| g _{1k} [kN/m ²] | g _{2k} [kN/m ²] | q _k [kN/m ²] | ψ_2 [-] | γ_{G1} [-] | $\gamma_{G2} ; \gamma_Q$ [-] | q _{SLU_1} [kN/m] | M _{Ed,SLU_1} [kNm] | V _{Ed,SLU_1} [kN] | q _{SLU_2} [kN/m] | M _{Ed,SLU_2} [kNm] | V _{Ed,SLU_2} [kN] | g _k [kN/m] | q _k [kN/m] |
| 3.46 | 1.60 | 5.00 | 0.60 | 1.30 | 1.50 | 8.21 | 50.57 | 28.81 | 3.93 | 24.23 | 13.81 | 2.89 | 2.85 |

| Trave | | legno | massiccio | C24 | $\rho_k =$ | 350.00 | kg/m ³ | $\gamma_{M,legno} =$ | 1.50 |
|-------|----------------|-------|-----------|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| b | h ₂ | i | L | γ_{legno} | E _{0,mean} | G _{mean} | f _{m,k} | f _{t,0,k} | f _{v,k} |
| [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 240 | 300 | 570 | 7020 | 6.00 | 11000 | 690 | 24.00 | 14.00 | 4.00 |

| Soletta in calcestruzzo | | | | | cls | classe | LC30/33 | $\gamma_c =$ | 1.50 |
|---|------|----------------------|----------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| h ₁ | t | γ_{assito} | γ_{cls} | ϕ | f _{ck} | f _{cd} | f _{ctk,0.05} | f _{ctd} | E _{cm} |
| [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [kN/m ³] | [-] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 50 | 30 | 6.00 | 18.50 | 2.00 | 30.00 | 17.00 | 1.75 | 1.17 | 19607 |
| Considerare il contributo della soletta nelle verifiche a taglio? | | | | | | NO | | | |

| | |
|--|--------------|
| Capacità portante connessione legno-acciaio ad un piano di taglio con piastra spessa | |
| $\gamma_{con} =$ | 1.50 |
| f _{h,0,k} = | 24.11 MPa |
| M _{yk} = | 1.77E+05 Nmm |
| F _{v,Rk} = | 19.00 kN |

| Connettori | | | | | | acciaio | B450C | $\gamma_s =$ | 1.15 |
|------------|------------------|------------------|---------------------------------------|-----------------|----------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ϕ | s _{min} | s _{max} | Verifica | s _{eq} | L _w | Verifica | f _{tk} | f _{yk} | f _{yd} |
| [mm] | [mm] | [mm] | s _{max} ≤ 4 s _{min} | [mm] | [mm] | I _w ≥ 10∅ | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 16 | 140 | 140 | SI | 140 | 160 | SI | 540.00 | 450.00 | 391.30 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 149 di 439 |

Verifiche SLU

| | t = 0 | t = ∞ |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Caratteristiche materiali | | |
| Calcestruzzo E_1 | 19607 MPa | 6536 MPa |
| $(EI)_1$ | 1.16E+11 Nmm ² | 3.88E+10 Nmm ² |
| $(EA)_1$ | 5.59E+08 N | 1.86E+08 N |
| Legno E_2 | 11000 MPa | 6875 MPa |
| $(EI)_2$ | 5.94E+12 Nmm ² | 3.71E+12 Nmm ² |
| $(EA)_2$ | 7.92E+08 N | 4.95E+08 N |
| Connessione K_u | 6984 N/mm | 4365 N/mm |
| Caratteristiche sistema misto | | |
| $(EI)_{1+2}$ | 1.98E+13 Nmm ² | 9.44E+12 Nmm ² |
| γ_1 | 0.31 | 0.46 |
| γ_2 | 1.00 | 1.00 |
| $y_{G,ef}$ | 186.63 mm | 179.98 mm |
| a_1 | 168.37 mm | 175.02 mm |
| a_2 | 36.63 mm | 29.98 mm |
| $(EI)_{ef}$ | 1.20E+13 Nmm ² | 6.79E+12 Nmm ² |
| η | 0.432 | 0.535 |

| Combinazione SLU_1 | | | | | | |
|--|---|--|----------|-------|------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | | |
| Classe di durata del carico | | media | | | 0.80 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -6.35 | MPa | -5.09 | MPa | |
| | σ _{1,t} | -2.22 | MPa | -2.66 | MPa | |
| Legno | σ _{2,t} | 1.70 | MPa | 1.53 | MPa | |
| | σ _{m,2} | 6.95 | MPa | 7.68 | MPa | |
| | τ _{2,max} | 0.60 | MPa | 0.60 | MPa | |
| Connessione | F _{v,Ed} | 9.75 | kN | 8.81 | kN | |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | 0.37 | Verifica | 0.30 | Verifica | |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | - | | - | | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | 0.77 | Verifica | 0.81 | Verifica | |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | 0.28 | Verifica | 0.28 | Verifica | |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | 0.96 | Verifica | 0.87 | Verifica | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 150 di 439 |

| Combinazione SLU_2 | | | | | |
|--|---|--|----------|------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | |
| Classe di durata del carico | | permanente | | 0.60 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -3.04 | MPa | -2.44 | MPa |
| | σ _{1,t} | -1.07 | MPa | -1.27 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 0.81 | MPa | 0.74 | MPa |
| | σ _{m,2} | 3.33 | MPa | 3.68 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.29 | MPa | 0.29 | MPa |
| Connessione | F _{v,Ed} | 4.67 | kN | 4.22 | kN |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | <div></div> 0.18 | Verifica | <div></div> 0.14 | Verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | - | | - | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | <div></div> 0.49 | Verifica | <div></div> 0.51 | Verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | <div></div> 0.18 | Verifica | <div></div> 0.18 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | <div></div> 0.61 | Verifica | <div></div> 0.56 | Verifica |

Verifiche SLE

| | t = 0 | | | t = ∞ | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|--|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | E ₁ | 19607 | MPa | 6536 | MPa | |
| | (EI) ₁ | 1.16E+11 | Nmm ² | 3.88E+10 | Nmm ² | |
| | (EA) ₁ | 5.59E+08 | N | 1.86E+08 | N | |
| Legno | E ₂ | 11000 | MPa | 6875 | MPa | |
| | G ₂ | 690 | MPa | 431 | MPa | |
| | (EI) ₂ | 5.94E+12 | Nmm ² | 3.71E+12 | Nmm ² | |
| | (EA) ₂ | 7.92E+08 | N | 4.95E+08 | N | |
| Connessione | K _{ser} | 10477 | N/mm | 6548 | N/mm | |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | | | | | |
| | (EI) ₁₊₂ | 1.98E+13 | Nmm ² | 9.44E+12 | Nmm ² | |
| | γ ₁ | 0.40 | | 0.56 | | |
| | γ ₂ | 1.00 | | 1.00 | | |
| | y _{G,ef} | 195.18 | mm | 185.48 | mm | |
| | a ₁ | 159.82 | mm | 169.52 | mm | |
| | a ₂ | 45.18 | mm | 35.48 | mm | |
| | (EI) _{ef,ser} | 1.34E+13 | Nmm ² | 7.35E+12 | Nmm ² | |
| | η _{ser} | 0.533 | ≤ 0,70 Verifica | 0.633 | | |
| <u>Verifiche della freccia</u> | | | | | | |
| | u _g | 7.24 | mm | 13.10 | mm | |
| | u _q | 7.15 | mm | 12.94 | mm | |
| | u _{tot} | 14.40 | ≤ L/350 = 20.06 Verifica | 20.86 | ≤ L/250 = 28.08 Verifica | |

Il solaio è verificato.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 151 di 439 |

5.3.3.3 Solaio A.10

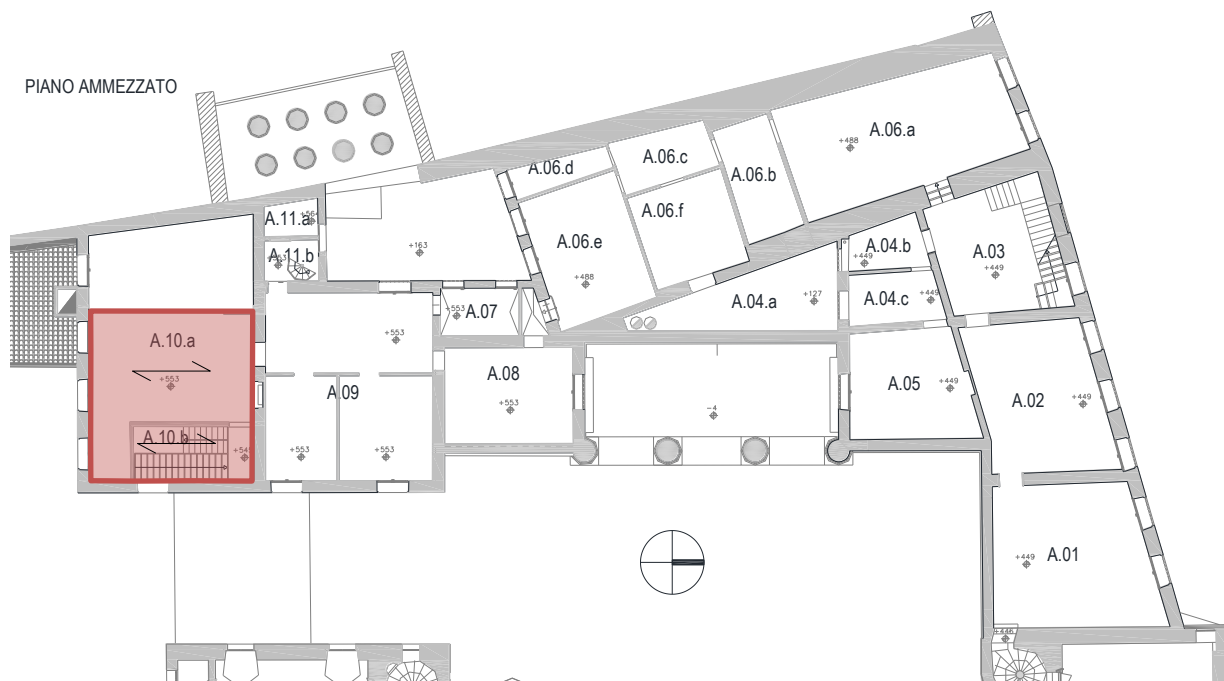


Figura 5.157 Localizzazione del solaio A.10

Data la necessità di spostare il vano scale e l'inadeguatezza statica del solaio esistente rispetto ai carichi di progetto, vedi par. 5.2.7, si è scelto di realizzare un nuovo solaio in legno con soletta in c.a. alleggerito collaborante.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 6.92m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 24 | 30 | 50 | 6.92 | Semplice appoggio |

CARICHI:

Nel progetto architettonico è prevista la realizzazione di una parete in cartongesso posizionata in mezzeria della luce maggiore del vano, posta quindi parallelamente alla direzione del solaio. Data la presenza di una soletta di spessore di 5cm armata con rete di ripartizione $\varnothing 6$ 15x15cm, tale carico può essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito secondo quanto riportato nelle NTC08 al §3.1.3.1.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 152 di 439 |

| | | |
|--|-------------------|------------|
| Peso travi sez.24x30cm i=50cm | G ₁ | 86 daN/mq |
| Peso tavolato | G ₁ | 18 daN/mq |
| Soletta collaborante in LC30/33 D1.7 | G ₁ | 93 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento alla veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato n.c.d. (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Peso parete in cartongesso (2.5kN/m) | G _{2,nd} | 120 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

VERIFICHE SLU/SLE:

Caratteristiche solaio composto legno-calcestruzzo

| Carichi nominali, combinazioni di carico e azioni interne | | | | | | SLU_1 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_Q (G_{2k} + Q_k)$ | | | SLU_2 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_{G2} G_{2k}$ | | | SLE | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|--|-------------------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| g_{1k} [kN/m ²] | g_{2k} [kN/m ²] | q_k [kN/m ²] | ψ_2 [-] | γ_{G1} [-] | $\gamma_{G2} ; \gamma_Q$ [-] | q_{SLU_1} [kN/m] | M_{Ed,SLU_1} [kNm] | V_{Ed,SLU_1} [kN] | q_{SLU_2} [kN/m] | M_{Ed,SLU_2} [kNm] | V_{Ed,SLU_2} [kN] | g_k [kN/m] | q_k [kN/m] |
| 3.57 | 1.60 | 5.00 | 0.60 | 1.30 | 1.50 | 7.27 | 43.52 | 25.15 | 3.52 | 21.07 | 12.18 | 2.58 | 2.50 |

| Trave | | legno | massiccio | C24 | $\rho_k =$ | 350.00 | kg/m ³ | $\gamma_{M,legno} =$ | 1.50 |
|-------|----------------|-------|-----------|----------------------|--------------|------------|-------------------|----------------------|-----------|
| b | h ₂ | i | L | γ_{legno} | $E_{0,mean}$ | G_{mean} | $f_{m,k}$ | $f_{t,0,k}$ | $f_{v,k}$ |
| [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 240 | 300 | 500 | 6920 | 6.00 | 11000 | 690 | 24.00 | 14.00 | 4.00 |

| Soletta in calcestruzzo | | | | | cls | classe | LC30/33 | $\gamma_c =$ | 1.50 |
|---|------|----------------------|----------------------|--------|----------|----------|----------------|--------------|----------|
| h_1 | t | γ_{assito} | γ_{cls} | ϕ | f_{ck} | f_{cd} | $f_{ctk,0.05}$ | f_{ctd} | E_{cm} |
| [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [kN/m ³] | [-] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 50 | 30 | 6.00 | 18.50 | 2.00 | 30.00 | 17.00 | 1.75 | 1.17 | 19607 |
| Considerare il contributo della soletta nelle verifiche a taglio? | | | | | | NO | | | |

| | |
|--|--------------|
| Capacità portante connessione legno-acciaio ad un piano di taglio con piastra spessa | |
| $\gamma_{con} =$ | 1.50 |
| $f_{h,0,k} =$ | 24.11 MPa |
| $M_{yk} =$ | 1.77E+05 Nmm |
| $F_{v,Rk} =$ | 19.00 kN |

| Connettori | | | | | | acciaio | FeB 44k | $\gamma_s =$ | 1.15 |
|------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-------|-------------------|----------|--------------|----------|
| ϕ | s_{min} | s_{max} | Verifica | s_{eq} | L_w | Verifica | f_{tk} | f_{yk} | f_{yd} |
| [mm] | [mm] | [mm] | $s_{max} \leq 4 s_{min}$ | [mm] | [mm] | $l_w \geq 10\phi$ | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 16 | 140 | 140 | SI | 140 | 160 | SI | 540.00 | 430.00 | 373.91 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 153 di 439 |

Verifiche SLU

| | t = 0 | t = ∞ |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Caratteristiche materiali | | |
| Calcestruzzo E_1 | 19607 MPa | 6536 MPa |
| $(EI)_1$ | 1.02E+11 Nmm ² | 3.40E+10 Nmm ² |
| $(EA)_1$ | 4.90E+08 N | 1.63E+08 N |
| Legno E_2 | 11000 MPa | 6875 MPa |
| $(EI)_2$ | 5.94E+12 Nmm ² | 3.71E+12 Nmm ² |
| $(EA)_2$ | 7.92E+08 N | 4.95E+08 N |
| Connessione K_u | 6984 N/mm | 4365 N/mm |
| Caratteristiche sistema misto | | |
| $(EI)_{1+2}$ | 1.88E+13 Nmm ² | 8.91E+12 Nmm ² |
| γ_1 | 0.33 | 0.48 |
| γ_2 | 1.00 | 1.00 |
| $y_{G,ef}$ | 184.82 mm | 178.08 mm |
| a_1 | 170.18 mm | 176.92 mm |
| a_2 | 34.82 mm | 28.08 mm |
| $(EI)_{ef}$ | 1.17E+13 Nmm ² | 6.60E+12 Nmm ² |
| η | 0.444 | 0.552 |

| Combinazione SLU_1 | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|----------|------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | |
| Classe di durata del carico | | media | | 0.80 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| Caratteristiche di sollecitazione | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -5.93 | MPa | -4.75 | MPa |
| | σ _{1,t} | -2.28 | MPa | -2.59 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 1.43 | MPa | 1.27 | MPa |
| | σ _{m,2} | 6.14 | MPa | 6.80 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.52 | MPa | 0.52 | MPa |
| Connessione | F _{v,Ed} | 8.30 | kN | 7.42 | kN |
| Verifiche di resistenza | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | 0.35 | Verifica | 0.28 | Verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | - | | - | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | 0.67 | Verifica | 0.70 | Verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | 0.25 | Verifica | 0.25 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | 0.82 | Verifica | 0.73 | Verifica |

| | | | |
|--|---|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 154 di 439 |

| Combinazione SLU_2 | | | | | | |
|--|---|--|----------|------------------|------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | | |
| Classe di durata del carico | | permanente | | | 0.60 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -2.87 | MPa | -2.30 | MPa | |
| | σ _{1,t} | -1.10 | MPa | -1.25 | MPa | |
| Legno | σ _{2,t} | 0.69 | MPa | 0.62 | MPa | |
| | σ _{m,2} | 2.97 | MPa | 3.29 | MPa | |
| | τ _{2,max} | 0.25 | MPa | 0.25 | MPa | |
| Connessione | F _{v,Ed} | 4.02 | kN | 3.59 | kN | |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | <div></div> 0.17 | Verifica | <div></div> 0.14 | Verifica | |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | - | | - | | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | <div></div> 0.43 | Verifica | <div></div> 0.45 | Verifica | |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | <div></div> 0.16 | Verifica | <div></div> 0.16 | Verifica | |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | <div></div> 0.53 | Verifica | <div></div> 0.47 | Verifica | |

Verifiche SLE

| | t = 0 | | | t = ∞ | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|--|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | E ₁ | 19607 | MPa | 6536 | MPa | |
| | (EI) ₁ | 1.02E+11 | Nmm ² | 3.40E+10 | Nmm ² | |
| | (EA) ₁ | 4.90E+08 | N | 1.63E+08 | N | |
| Legno | E ₂ | 11000 | MPa | 6875 | MPa | |
| | G ₂ | 690 | MPa | 431 | MPa | |
| | (EI) ₂ | 5.94E+12 | Nmm ² | 3.71E+12 | Nmm ² | |
| | (EA) ₂ | 7.92E+08 | N | 4.95E+08 | N | |
| Connessione | K _{ser} | 10477 | N/mm | 6548 | N/mm | |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | | | | | |
| | (EI) ₁₊₂ | 1.88E+13 | Nmm ² | 8.91E+12 | Nmm ² | |
| | γ ₁ | 0.43 | | 0.58 | | |
| | γ ₂ | 1.00 | | 1.00 | | |
| | y _{G,ef} | 192.73 | mm | 183.01 | mm | |
| | a ₁ | 162.27 | mm | 171.99 | mm | |
| | a ₂ | 42.73 | mm | 33.01 | mm | |
| | (EI) _{ef,ser} | 1.30E+13 | Nmm ² | 7.10E+12 | Nmm ² | |
| | η _{ser} | 0.545 | ≤ 0,70 Verifica | 0.649 | | |
| <u>Verifiche della freccia</u> | | | | | | |
| | u _g | 6.32 | mm | 11.47 | mm | |
| | u _q | 6.11 | mm | 11.10 | mm | |
| | u _{tot} | 12.43 | ≤ L/350 = 19.77 Verifica | 18.13 | ≤ L/250 = 27.68 Verifica | |

Il solaio risulta verificato.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 155 di 439 |

5.3.4 Solaio con nuove travi in legno

5.3.4.1 Solaio A.04

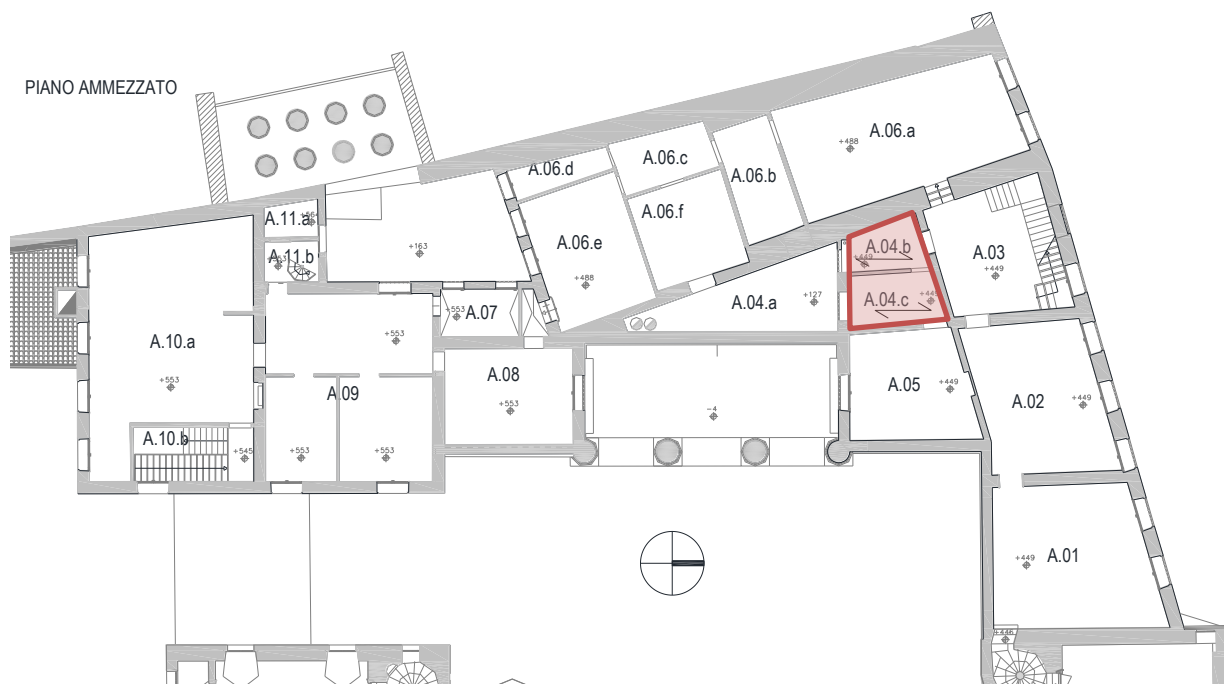


Figura 5.158 Localizzazione del solaio A.04

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio è stata considerata una luce di calcolo pari a 4.33m.

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 18 | 22 | 50 | 4.33 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|--------------|
| Peso travi esistenti 18x22cm i=50cm | G ₁ | 55.44 daN/mq |
| Peso tavolato sp.3cm | G ₂ | 18 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento veneziana) | G ₂ | 160 daN/mq |
| Peso permanente portato ncd (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 500 daN/mq |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 157 di 439 |

5.4 CONTROSOFFITTI ESISTENTI DI CUI È PREVISTA LA CONSERVAZIONE

5.4.1 Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.02.a

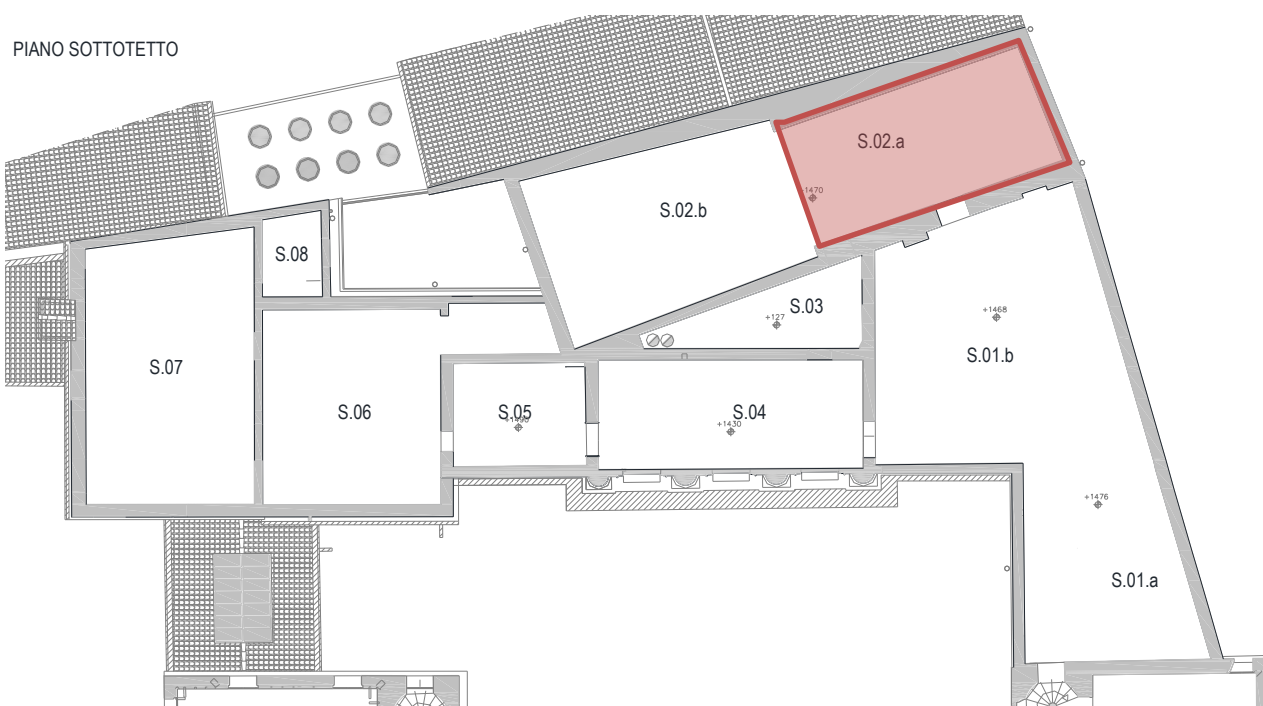


Figura 5.159 Localizzazione controsoffitto vano S. 02.a

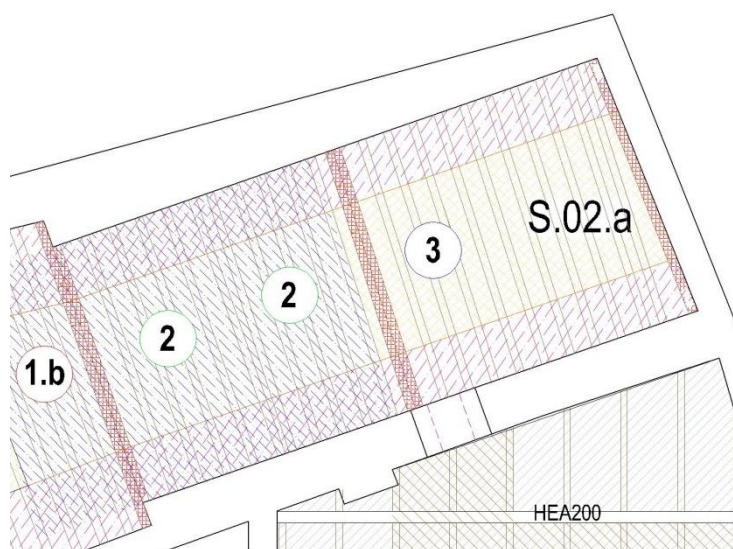


Figura 5.160 Pianta strutture controsoffitto vano S.02a

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 158 di 439 |

5.4.1.1 Area 3 calpestabile

Il progetto prevede una struttura lignea di sostegno per il controsoffitto calpestabile (cfr. Tav. PE_Str10 controsoffitto tipo C2.b); vista la varietà delle sezioni esistenti di seguito si riporta la verifica delle travi esistenti con la sezione minima che non necessiti di sostituzione e delle nuove travi per eventuale sostituzione.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVERTE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | PASSO [cm] |
|-------|----------------------|-------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|------------|
| Trave | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | Sez. minima: | 14 | 16 | 50 |
| Trave | Nuova (sostituzione) | Rettangolare | Legno C24 | | 16 | 16 | 50 |

CARICHI:

| | | |
|---|------------------|-------------|
| Peso travi | G ₁ | 15.36 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato sp. 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto controsoffitto/isolante (C2.b) | G _{2nd} | 61.8 daN/mq |
| Carico accidentale manutenzione | Q | 50 daN/mq |

VERIFICHE:

Travi esistenti, sezione minima 14x16cm legno C20

| dati sezione e materiali | | | | | | | |
|---|------|------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|
| denominazione trave: Controsoffitto P.N. 04 (sottotetto S.02.a) Travi esistenti | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | |
| trave | 14 | 16 | 0° 0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe di servizio |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | 1 |
| | | | | | | | classe durata carico |
| | | | | | | | breve |

| combinazioni e sollecitazioni | | | | |
|-------------------------------|-------------------|----------|-----------|--------------|
| luce di calcolo | L | 510 | cm | |
| | SLU | SLE rara | SLE q. p. | |
| distribuito | q _d | 122.40 | 85.59 | 75.59 [kg/m] |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 [kg] |
| momento flettente | M _{Ed,y} | 39794 | kgcm | |
| | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | |
| sollecitazione di taglio | V _{Ed,y} | 312 | kg | |
| | V _{Ed,z} | 0 | kg | |

| verifiche agli S.L.U. | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| σ _{my,d} | σ _{mz,d} | verifica | τ _{y,d} | τ _{z,d} | verifica |
| 66.6 | 0.0 | 0.56 | 2.1 | 0.0 | 0.10 |
| [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| verifiche agli S.L.E. | | | | | |
| | f _y [cm] | f _z [cm] | f _{TOT} [cm] | | |
| freccia istantanea | 0.0 | 1.7 | 1.7 | L / 307 | |
| freccia finale | 0.0 | 2.5 | 2.5 | L / 200 | |

Travi nuove per sostituzione, sezione 16x16cm legno C24



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 159 di 439 |

| | | | | | | |
|---|------------|----------|------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | |
| denominazione trave: Controsoffitto P.N. 04 (sottotetto S.02.a) Travi nuove | | | | | | |
| trave | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno |
| | 16 | 16 | 0° 0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| | | | | | | classe di servizio 1 |
| | | | | | | classe durata carico breve |
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | |
| luce di calcolo | L | 510 | cm | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica |
| | | | | 59.5 | 0.0 | 0.41 |
| | | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| | | | | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| | | | | 1.9 | 0.0 | 0.08 |
| | | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| | | | | <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | |
| | | | | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] |
| distribuito q _d | SLU | 124.89 | 87.51 | 0.0 | 1.3 | 1.3 |
| conc. a L/2 P _d | | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2.0 | 2.0 |
| | | | | | | |
| momento flettente M _{ed,y} | | 40606 | kgcm | | | |
| | | | | | | |
| sollecitazione di taglio V _{ed,y} | | 318 | kg | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

5.4.1.2 Area 2 non calpestabile

Il progetto prevede una struttura lignea di sostegno per il controsoffitto, non calpestabile (cfr. Tav. PE_Str10 controsoffitto tipo C1.b) in quanto sovrastata dalle struttura metalliche di sostegno alle macchine di trattamento aria UTA comprensive di piano calpestabile per manutenzione; vista la varietà delle sezioni esistenti di seguito si riporta la verifica delle travi esistenti con la sezione minima che non necessiti di sostituzione e delle nuove travi per eventuale sostituzione.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | PASSO [cm] |
|-------|----------------------|-------------------|-----------|--------------|--------------|------------|
| Trave | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | Sez. minima: | 12 | 15 |
| Trave | Nuova (sostituzione) | Rettangolare | Legno C24 | | 12 | 16 |

CARICHI:

| | | |
|---|------------------|-------------|
| Peso travi | G ₁ | 11.52 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato sp. 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto controsoffitto/isolante (C2.b) | G _{2nd} | 60,6 daN/mq |

VERIFICHE:

Travi esistenti, sezione minima 12x15cm legno C20



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 160 di 439 |

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|---|---|---|
| denominazione trave: Controsoffitto P.N. 04 (sottotetto S.02.a) Travi esistenti | | | | | |
| trave | B 12 [cm] | H 15 [cm] | inclinaz. 0° 0 [kg/cm ²] | f_{m,d} 80.0 [kg/cm ²] | f_{v,d} 14.4 [kg/cm ²] |
| | | | | legno C20 - massiccio | |
| | | | | classe di servizio | 1 |
| | | | | classe durata carico | permanente |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | |
|---|-------------------|-----------------|------------------|
| luce di calcolo | L | 510 | cm |
| | SLU | SLE rara | SLE q. p. |
| distribuito | q _d | 80.87 | 57.55 |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 |
| | | | |
| momento flettente | M _{Ed,y} | 26291 | kgcm |
| | M _{Ed,z} | 0 | kgcm |
| sollecitazione di taglio | V _{Ed,y} | 206 | kg |
| | V _{Ed,z} | 0 | kg |

| <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|
| σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| 58.4 | 0.0 | 0.73 | 1.7 | 0.0 | 0.12 |
| [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | |
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | | |
| freccia istantanea | 0.0 | 1.6 | 1.6 | L / 322 | |
| freccia finale | 0.0 | 2.5 | 2.5 | L / 201 | |

Travi nuove per sostituzione, sezione 12x16cm legno C24

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|------------|
| denominazione trave: Controsoffitto P.N. 04 (sottotetto S.02.a) Travi nuove | | | | | | | | |
| trave | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | |
| | 12 | 16 | 0° 0 | 96.0 | 16.0 | C24 - massiccio | classe di servizio | 1 |
| | | | | | | | classe durata carico | permanente |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | |
|---|-------------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|--|--|--|
| luce di calcolo | L | 510 | cm | | | | |
| | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | |
| distribuito | q _d | 81.80 | 58.27 | 58.27 | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | |
| | | | | | | | |
| momento flettente | M _{Ed,y} | 26596 | kgcm | | | | |
| | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | |
| sollecitazione di taglio | V _{Ed,y} | 209 | kg | | | | |
| | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | |

| | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| | 51.9 | 0.0 | 0.54 | 1.6 | 0.0 | 0.10 |
| | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |

| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------|
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | 0.0 | 1.1 | 1.1 | L / 447 |
| freccia finale | 0.0 | 1.8 | 1.8 | L / 279 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 161 di 439 |

5.4.2 Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.02.b

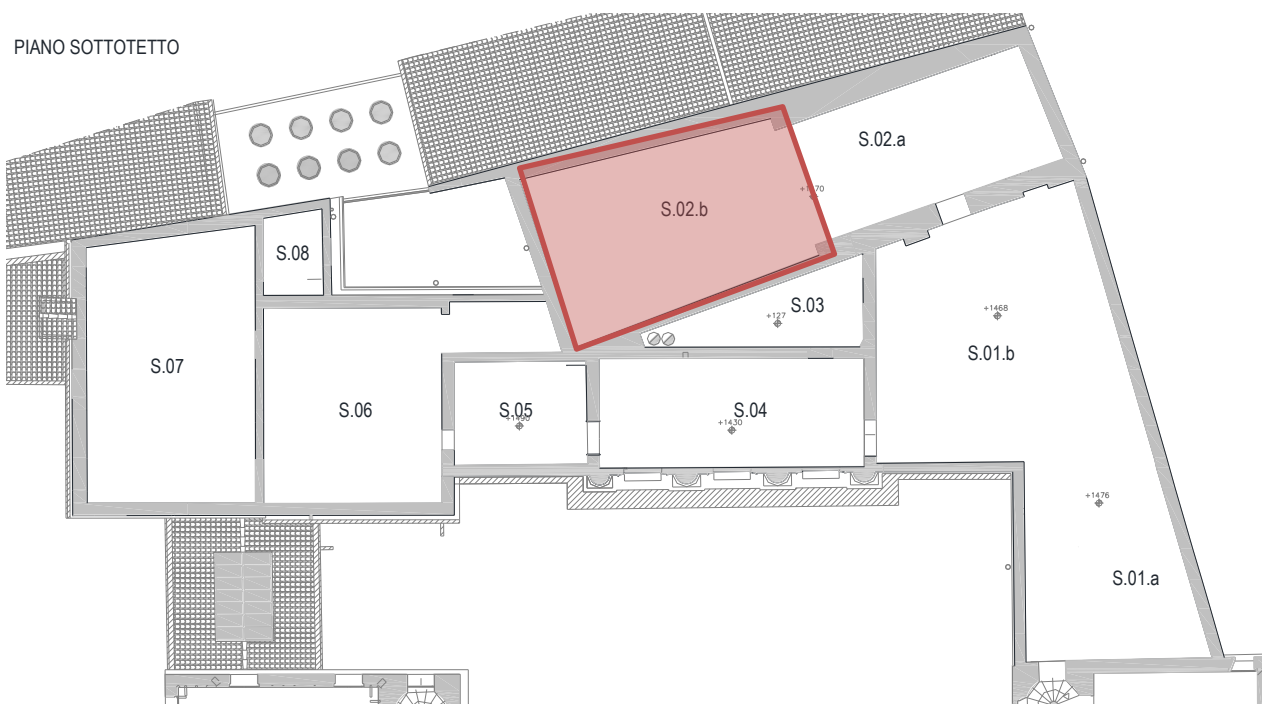


Figura 5.161 Localizzazione controsoffitto vano S.02.b

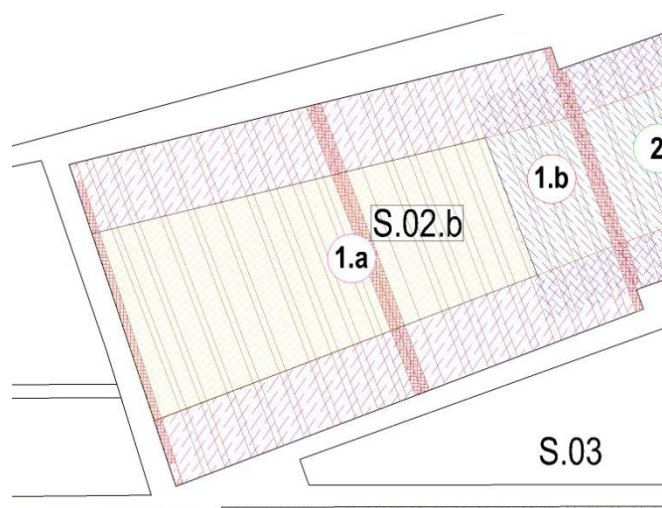


Figura 5.162 Pianta strutture controsoffitto vano S.02.b

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 162 di 439 |

5.4.2.1 Area 1.a calpestabile

Il progetto prevede una struttura lignea di sostegno per il controsoffitto calpestabile (cfr. Tav. PE_Str10 controsoffitto tipo C2.b); vista la varietà delle sezioni esistenti di seguito si riporta la verifica delle travi esistenti con la sezione minima che non necessiti di sostituzione e delle nuove travi per eventuale sostituzione.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | PASSO [cm] |
|-------|----------------------|----------------------|-----------|--------------|--------------|-----------------|---------------|
| Trave | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | Sez. minima: | 18 | 22 | 50 |
| Trave | Nuova (sostituzione) | Rettangolare | Legno C24 | | 20 | 22 | 50 |

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|-------------|
| Peso travi | G ₁ | 26.4 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato sp. 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto controsoffitto/isolante (C2.b) | G _{2 nd} | 66.2 daN/mq |
| Carico accidentale manutenzione | Q | 50 daN/mq |

VERIFICHE:

Travi esistenti, sezione minima 18x22cm legno C20

| dati sezione e materiali | | | | | | | |
|--|------|------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|
| denominazione trave: Controsoffitto P.N. 06/07 (sottotetto S.02.b) Travi esistenti | | | | | | | |
| trave | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | |
| | 18 | 22 | 0° 0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe di servizio |
| | | | | | | | 1 |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico |
| | | | | | | | breve |

| combinazioni e sollecitazioni | | | | |
|-------------------------------|---|-----|----|--|
| luce di calcolo | L | 725 | cm | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | </ | | |

Travi nuove per sostituzione, sezione 20x22cm legno C24



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 163 di 439 |

| | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | |
| denominazione trave: Controsoffitto P.N. 06/07 (sottotetto S.02.b) Travi nuove | | | | | | |
| trave | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno |
| | 20 | 22 | 0° 0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| | | | | | | classe di servizio 1 |
| | | | | | | classe durata carico breve |
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | |
| luce di calcolo | L | 725 | cm | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica |
| | | | | 58.2 | 0.0 | 0.40 |
| | | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| | | | | | | τ_{y,d} |
| | | | | | | 1.8 |
| | | | | | | τ_{z,d} |
| | | | | | | 0.0 |
| | | | | | | 0.07 |
| | | | | | | [kg/cm ²] |
| | | | | | | [kg/cm ²] |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | | |
| | | | | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] |
| | | | | 0.0 | 1.9 | 1.9 |
| | | | | | | L / 389 |
| | | | | 0.0 | 2.9 | 2.9 |
| | | | | | | L / 252 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

5.4.2.2 Area 1.b non calpestabile

Il progetto prevede una struttura lignea di sostegno per il controsoffitto, non calpestabile (cfr. Tav. PE_Str10 controsoffitto tipo C1.b) in quanto sovrastata dalle struttura metalliche di sostegno alle macchine di trattamento aria UTA comprensive di piano calpestabile per manutenzione; vista la minore luce di calcolo, il minore carico (non vi è carico accidentale di manutenzione) e la ridotta estensione dell'area oggetto di questa analisi, si omette la verifica delle strutture lignee, confermando per omogeneità ed analogia quanto previsto per la zona denominata 1.a.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 164 di 439 |

5.4.3 Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.04

Il progetto prevede una struttura lignea di sostegno per il controsoffitto, non calpestabile (cfr. Tav. PE_Str10 controsoffitto tipo C1.a), di seguito si riportano le verifiche delle strutture esistenti.

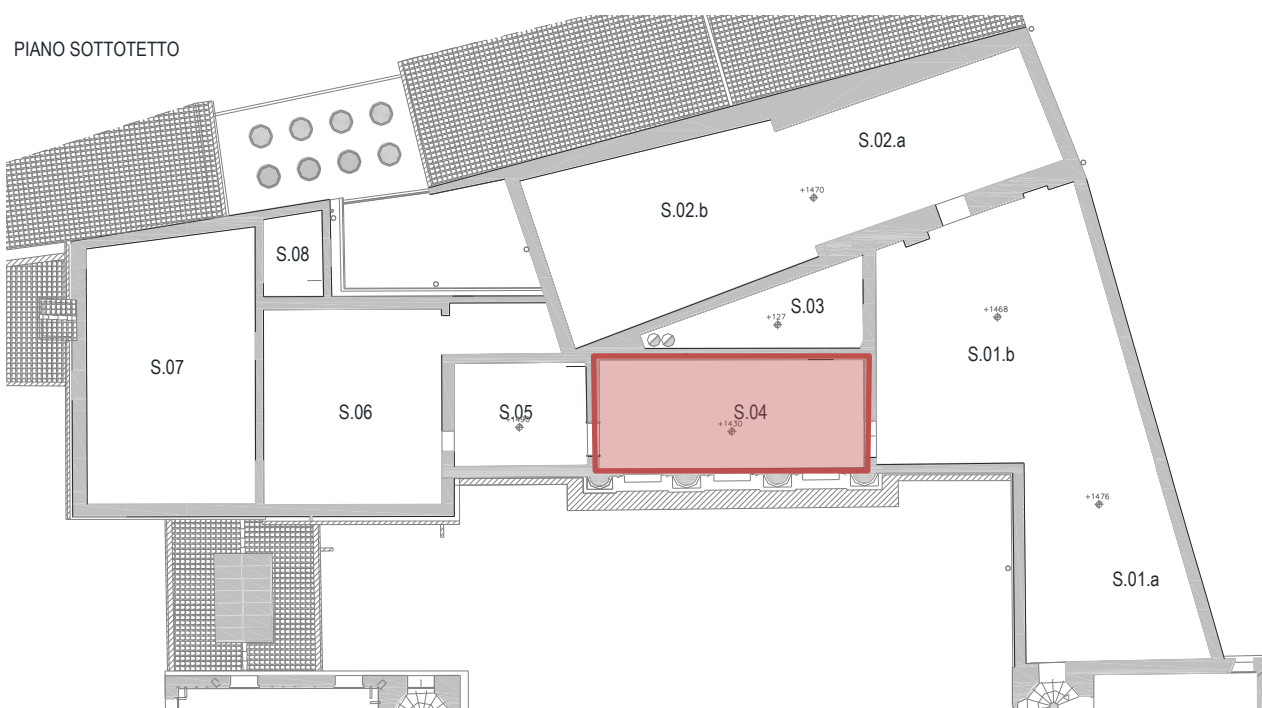


Figura 5.163 Localizzazione controsoffitto vano S.04

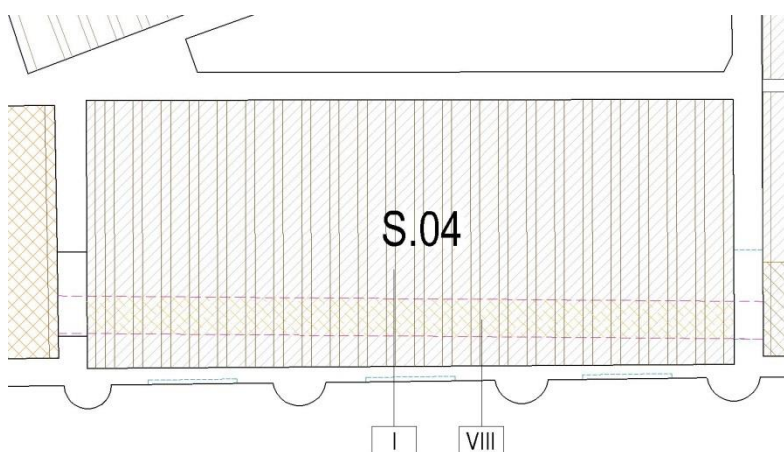


Figura 5.164 Pianta strutture controsoffitto vano S.04

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | PASSO [cm] |
|-------|-----------|----------------------|-----------|--------------|--------------|-----------------|---------------|
| Trave | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | Sez. minima: | 13 | 10 | 45 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 166 di 439 |

5.4.4 Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.05

Il progetto prevede una struttura lignea di sostegno per il controsoffitto calpestabile (cfr. Tav. PE_Str10 controsoffitto tipo C2.a), di seguito si riportano le verifiche delle strutture esistenti.

PIANO SOTTOTETTO

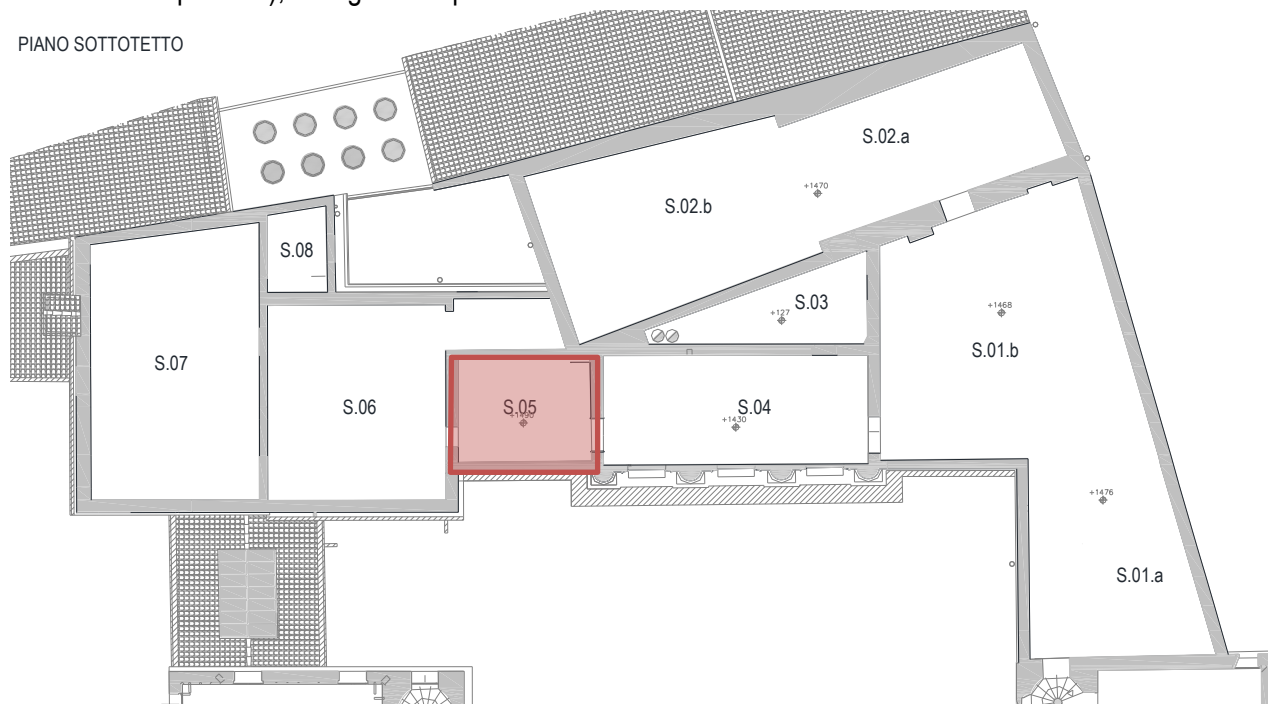


Figura 5.165 Localizzazione controsoffitto vano S.05

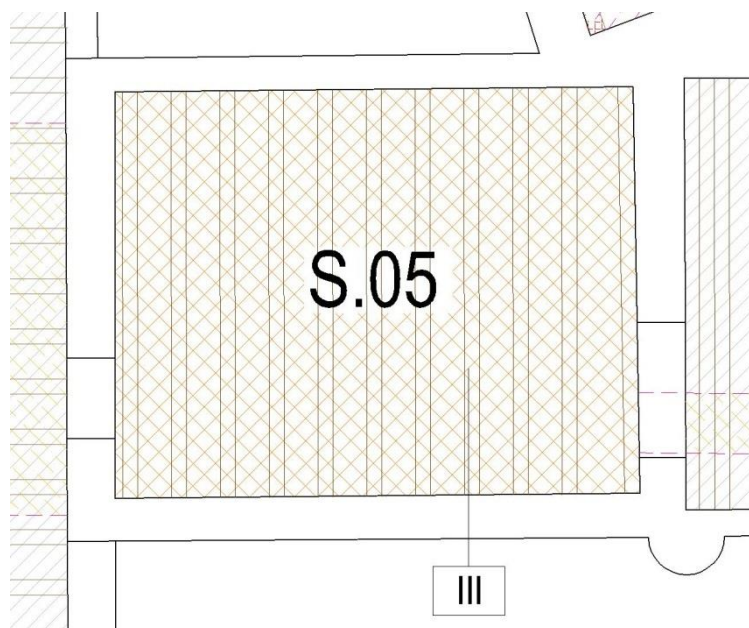


Figura 5.166 Pianta strutture controsoffitto vano S.05

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 167 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | PASSO [cm] |
|-------|-----------|----------------------|-----------|-----------------|-----------------|---------------|
| Trave | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | Sez. minima: 12 | 14 | 50 |

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|-------------|
| Peso travi | G ₁ | 10.1 daN/m |
| Peso pacchetto controsoffitto/isolante (C2.a) | G _{2 nd} | 42.2 daN/mq |
| Peso tavolato superiore sp.2cm | G ₁ | 12.0 daN/m |
| Carico accidentale manutenzione | Q | 50 daN/mq |

VERIFICHE:

Travi esistenti, sezione minima 12x14cm legno C20

| dati sezione e materiali | | | | | | | |
|--|------|------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|
| denominazione trave: Controsoffitto P.N. 9 (sottotetto S.05) Travi esistenti | | | | | | | |
| trave | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | |
| | 12 | 14 | 0° 0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe di servizio 1 |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico breve |

| combinazioni e sollecitazioni | | | | verifiche agli S.L.U. | | | | |
|-------------------------------|----------------|-------------------|----------|-----------------------|--------|--|--|--|
| luce di calcolo | | L | 435 | cm | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | |
| distribuito | q _d | 90.05 | 62.18 | 52.18 | [kg/m] | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 21301 | kgcm | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 196 | kg | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | |

| | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|----------|
| | σ _{my,d} | σ _{mz,d} | verifica | τ _{y,d} | τ _{z,d} | verifica |
| | 54.3 | 0.0 | 0.45 | 1.7 | 0.0 | 0.08 |
| | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |

| | | | | |
|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------|
| | verifiche agli S.L.E. | | | |
| | f _y [cm] | f _z [cm] | f _{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | 0.0 | 1.1 | 1.1 | L / 391 |
| freccia finale | 0.0 | 1.7 | 1.7 | L / 260 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 168 di 439 |

5.5 COPERTURE ESISTENTI: STATO DI FATTO

Le coperture esistenti risultano essere tutte in legno, ad eccezione della copertura S.07, in laterocemento.

Si riportano di seguito le verifiche delle strutture di copertura S.01.a, S.01.b, S.02.a-b, S.04, S.05 nello stato di fatto sotto i carichi di progetto, con riferimento al rilievo geometrico messo a disposizione dall'arch. Alberti, non essendo stato possibile allo scrivente accedere in condizioni di sicurezza ai sottotetti per una verifica diretta e puntuale di ciascun elemento strutturale.

Si ribadisce dunque anche in questo caso la necessità di verificare durante la fase iniziale dei lavori, una volta allestito un sottoponte di sicurezza, la coerenza dell'effettiva geometria delle strutture lignee con quanto assunto nelle verifiche, aggiornandole nel caso in cui emergessero delle evidenti difformità rispetto a quanto indicato nel prosieguo della presente relazione.

Analogamente a quanto già accennato per le travi lignee di solaio, dovrà essere accertata mediante classificazione a vista anche l'effettiva classe di resistenza degli elementi lignei, in modo da validare le assunzioni fatte in sede di progetto esecutivo sulla scorta di quanto osservato in occasione del sopralluogo effettuato in una limitata porzione di sottotetto e della documentazione fotografica fornita dall'arch. Alberti.

A tale riguardo, si annota che alle membrature lignee esistenti è stata cautelativamente assegnata una classe di resistenza C20 secondo UNI EN 338/2016, assumendo una classe C22 per le sole travi in semplice appoggio della copertura S.02.a-b, l'unica a cui è stato possibile accedere in fase di progettazione esecutiva.

In corso d'opera dovranno infine essere verificate a cura di personale tecnico qualificato le condizioni di conservazione di ciascun elemento ligneo, in modo da individuare – in accordo con la D.L. – la necessità di procedere al relativo risanamento mediante protesi localizzata oppure integrale sostituzione, in funzione della posizione e dell'estensione della parte degradata.

Per quanto riguarda le coperture S.06 e S.07, di cui è prevista la demolizione e ricostruzione secondo i criteri già dettagliatamente espressi nella Relazione illustrativa, si rinvia alle verifiche delle nuove strutture lignee inserite all'interno del capitolo relativo alle nuove strutture.

Si riportano di seguito le verifiche delle strutture lignee di copertura esistenti sotto l'azione dei carichi permanenti e di esercizio di progetto.

Per quanto riguarda i carichi permanenti portati, si precisa che ai fini del miglioramento sismico il progetto prevede la sostituzione dell'attuale manto in tavelle piene e/o tavelloni forati in laterizio su listelli con due diverse tipologie:

- manto in tavelle di laterizio su listelli lignei sagomati a T e singolo tavolato all'estradosso (in corrispondenza delle coperture S.02.a-b);
- doppio tavolato ligneo incrociato direttamente portato dagli arcarecci (in corrispondenza di tutte le altre coperture).

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 169 di 439 |

5.5.1 Copertura S.01.a

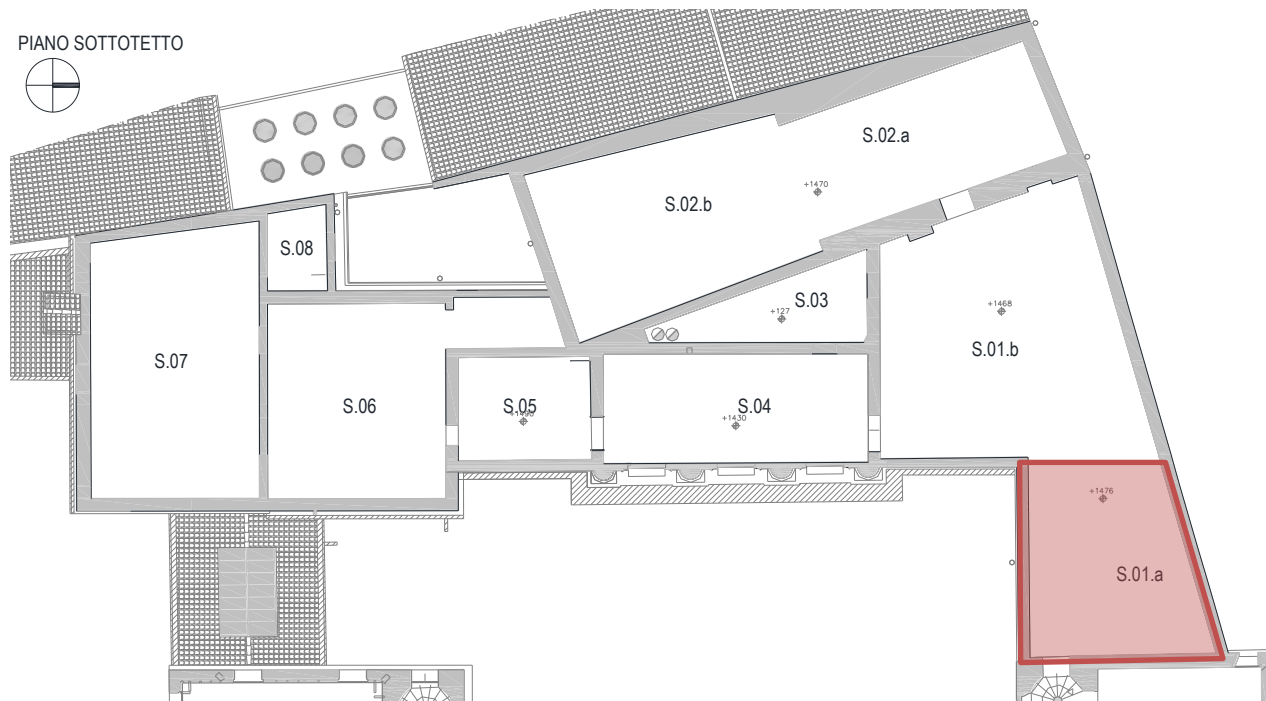


Figura 5.167 Localizzazione copertura S.01.a

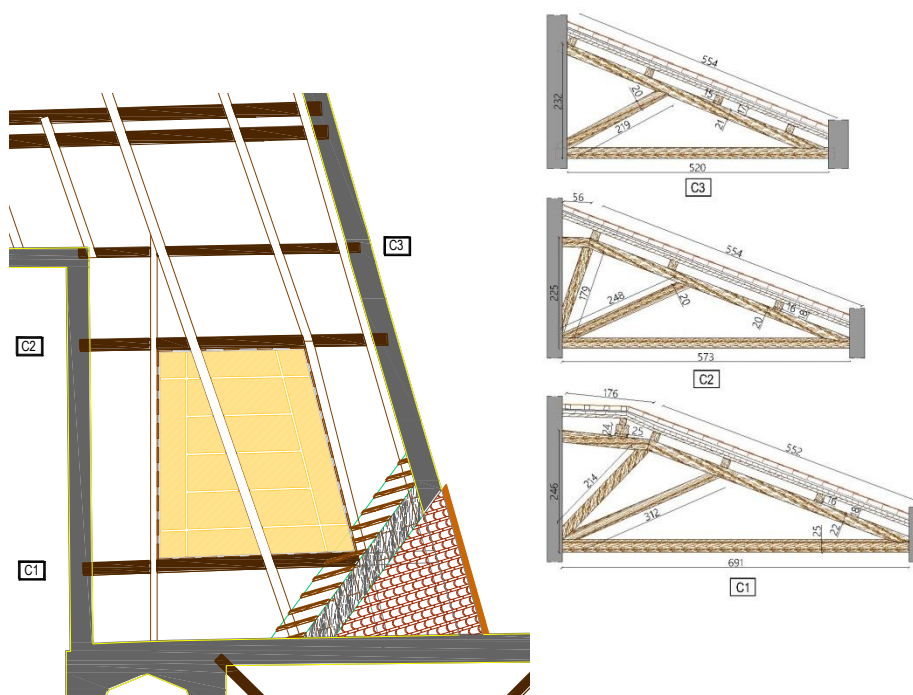


Figura 5.168 Rilievo strutture di copertura S.01.a nella condizione di stato di fatto

| | | |
|--|---|--------------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | <i>Pagina 170 di 439</i> |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 171 di 439 |

5.5.1.1 Capriata C1

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto della capriata maggiormente sollecitata: C1

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVERE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|----------------|-----------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|
| Puntone Orizz. | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 24 | 24 |
| Puntone | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 24 | 21 |
| Saetta1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 24 | 22 |
| Saetta2 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 24 | 21 |
| Catena | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 24 | 25 |

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso travi esistenti (arcarecci) | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (tubazioni impiantistiche, carico concentrato in corrispondenza dell'arcacchio compreso tra le due saette) | G _{2,nd} | 70 daN/m |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |
| Impronta di influenza capritata | i | 2.93 m |

Nelle analisi dello stato di fatto della semicapriata viene considerata una migliore distribuzione dei carichi di copertura con l'inserimento di nuovi arcarecci, tali carichi sono stati inseriti sui puntoni come concentrati in corrispondenza degli appoggi degli arcarecci.

MODELLAZIONE:

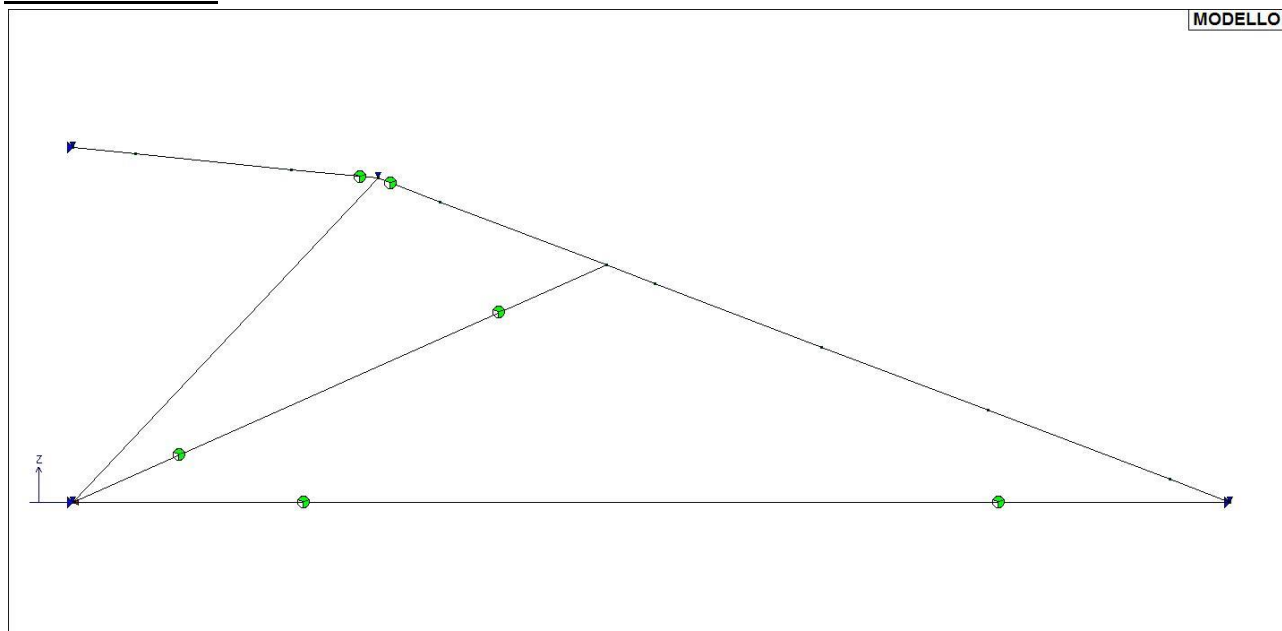


Figura 5.169 Mesh del modello agli elementi finiti della semicapriata

SOLLECITAZIONI MASSIME:

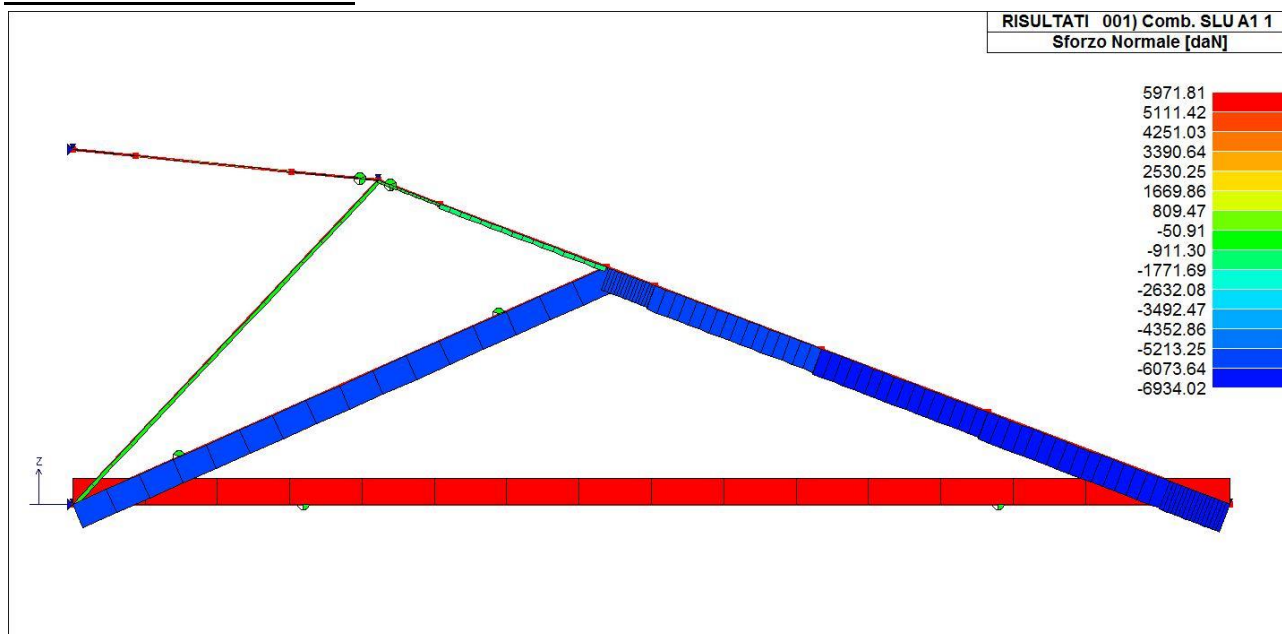


Figura 5.170 Massima sollecitazione SLU – Sforzo Normale - [daNcm]

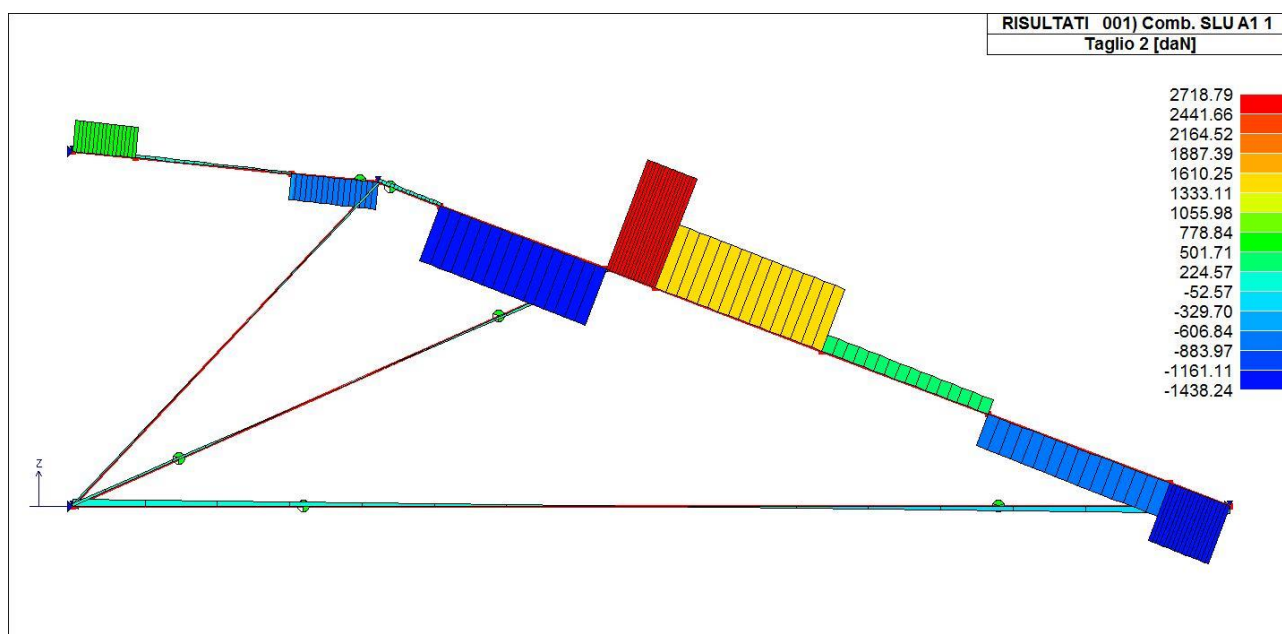


Figura 5.171 Massima sollecitazione SLU - Taglio - [daNcm]

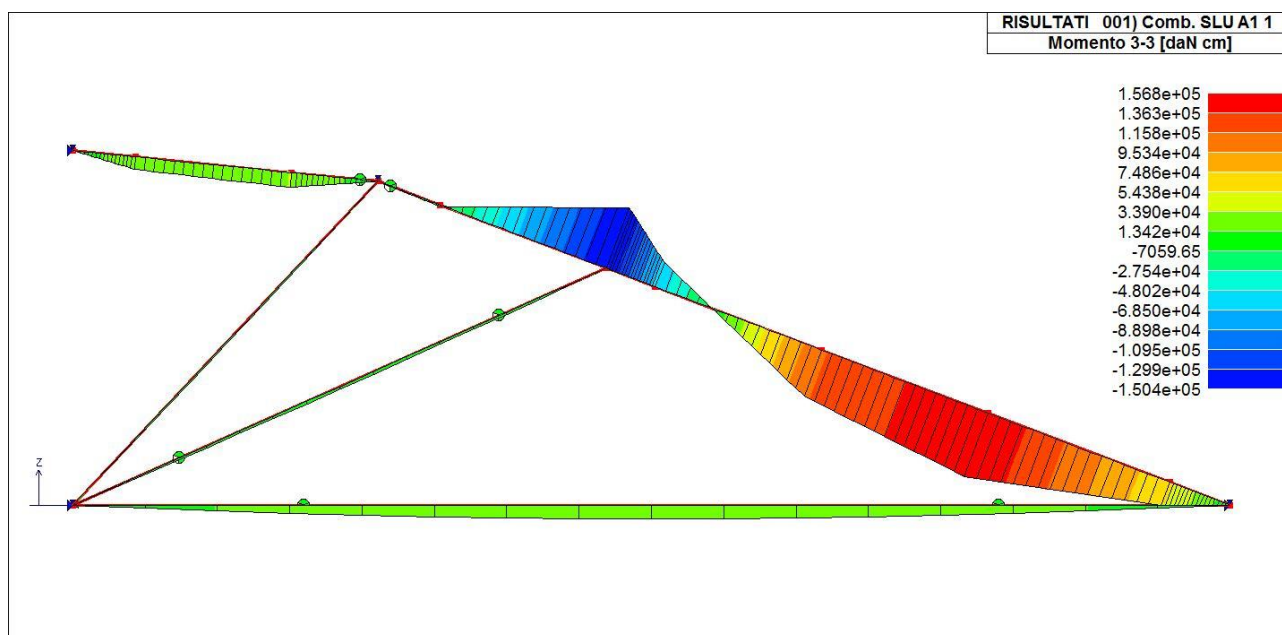


Figura 5.172 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

VERIFICHE SLU:

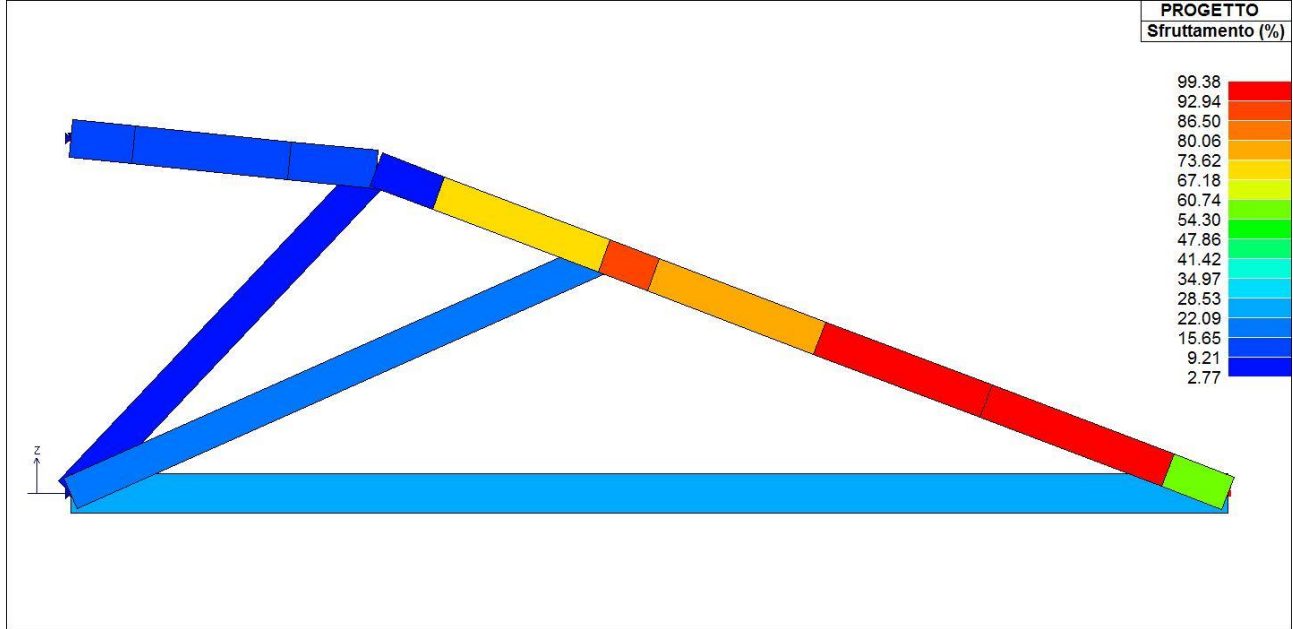


Figura 5.173 Percentuale di sfruttamento travi lignee [%]

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|-------------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 99.4% <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

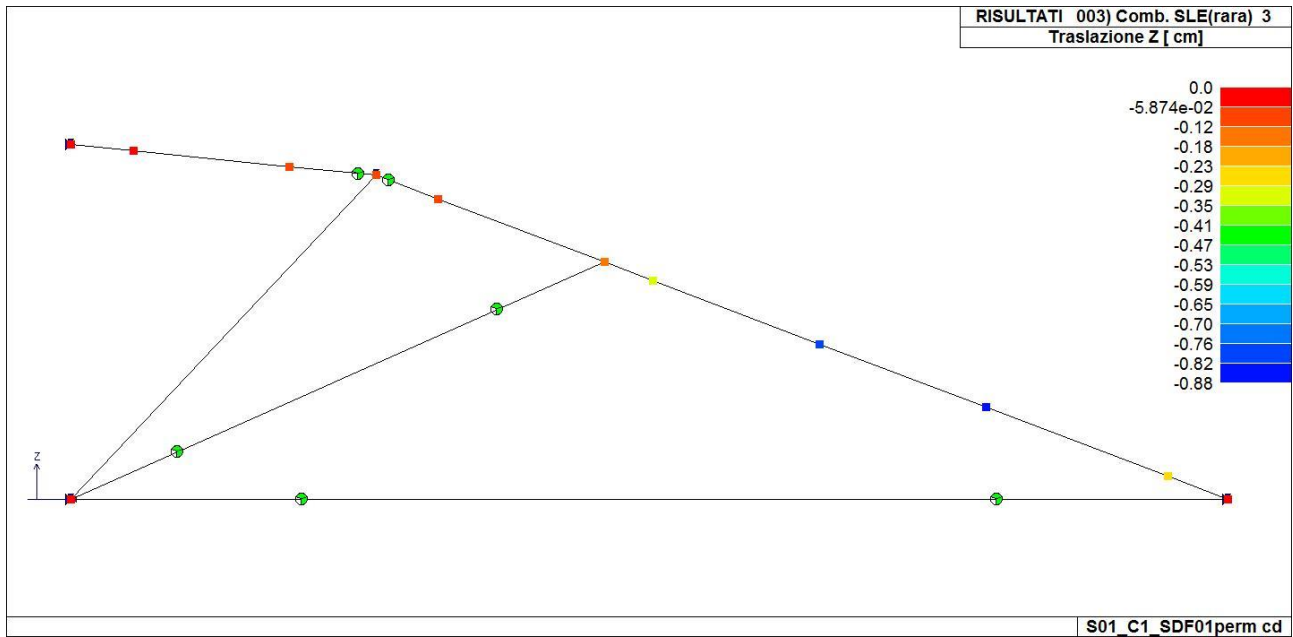


Figura 5.174 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 175 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA | | | | | | |
|----------------------|-----------|----------|--------------|---------|--------|------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 0.88 | L/869 | L/300 | VERIFICATO |

5.5.1.2 Arcareccir

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 16 | 18 | 190 | 4.5 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|---------------------------------------|----------------|------------|
| Peso travi esistenti | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |

VERIFICHE:

| dati sezione e materiali | | | | | | | | | |
|--|------|------|-----------|------------------|------------------|-----------------|----------------------|--|-------|
| denominazione trave: Arcareccio S.01.a SDF | | | | | | | | | |
| trave | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | classe di servizio | | 2 |
| | 16 | 18 | 22° 0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe durata carico | | breve |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm²] | [kg/cm²] | | | | |

| combinazioni e sollecitazioni | | | | |
|-------------------------------|----------------|-------------------|----------|-----------|
| luce di calcolo | | L | 450 | cm |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. |
| distribuito | q _d | 631.22 | 450.48 | 359.28 |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | | | [kg/m] |
| | | | | [kg] |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 148144 | kgcm |
| | | M _{Ed,z} | 59854 | kgcm |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 1317 | kg |
| | | V _{Ed,z} | 532 | kg |

| verifiche agli S.L.U. | | | | | |
|-----------------------|-------------------|----------|------------------|------------------|----------|
| σ _{my,d} | σ _{mz,d} | verifica | τ _{y,d} | τ _{z,d} | verifica |
| 171.5 | 77.9 | 1.88 | 6.9 | 2.8 | 0.34 |
| [kg/cm²] | [kg/cm²] | | [kg/cm²] | [kg/cm²] | |

| verifiche agli S.L.E. | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | f _y [cm] | f _z [cm] | f _{TOT} [cm] |
| freccia istantanea | 1.5 | 3.0 | 3.4 |
| freccia finale | 2.5 | 4.9 | 5.6 |
| | | | L / 132 |
| | | | L / 81 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità non sono soddisfatte.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 176 di 439 |

5.5.2 Copertura S.01.b

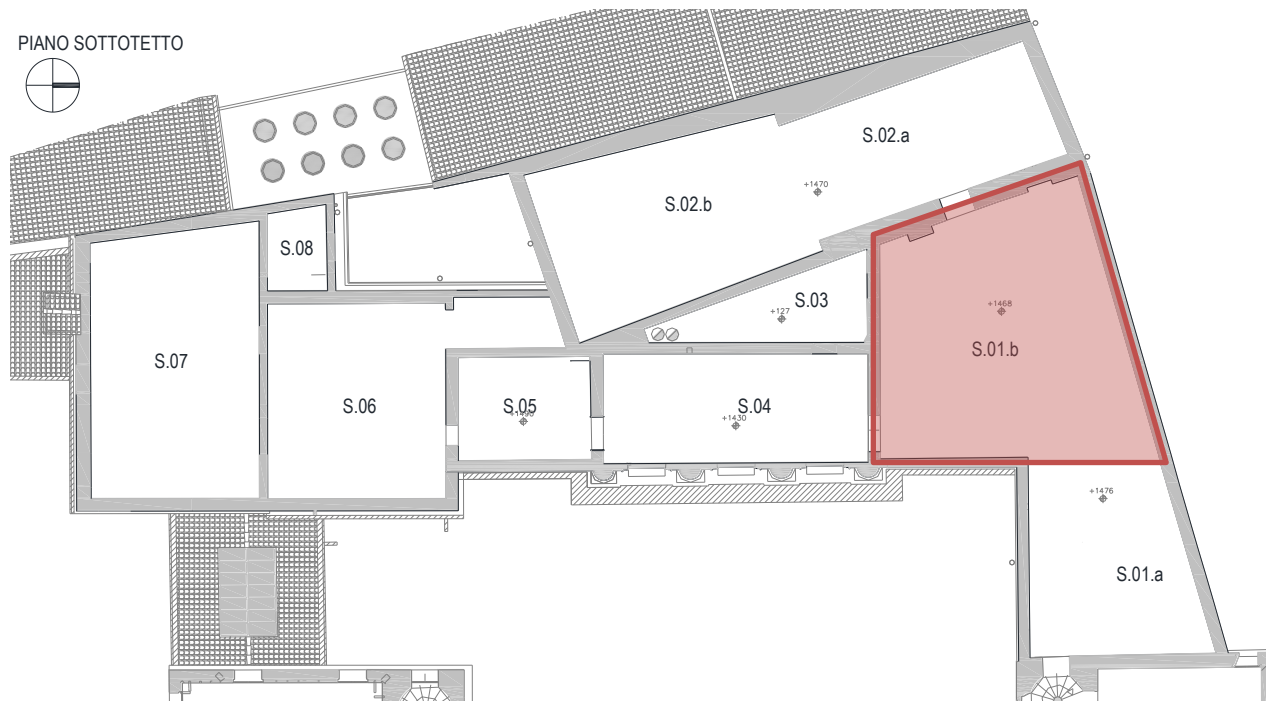


Figura 5.175 Localizzazione copertura S.01.b

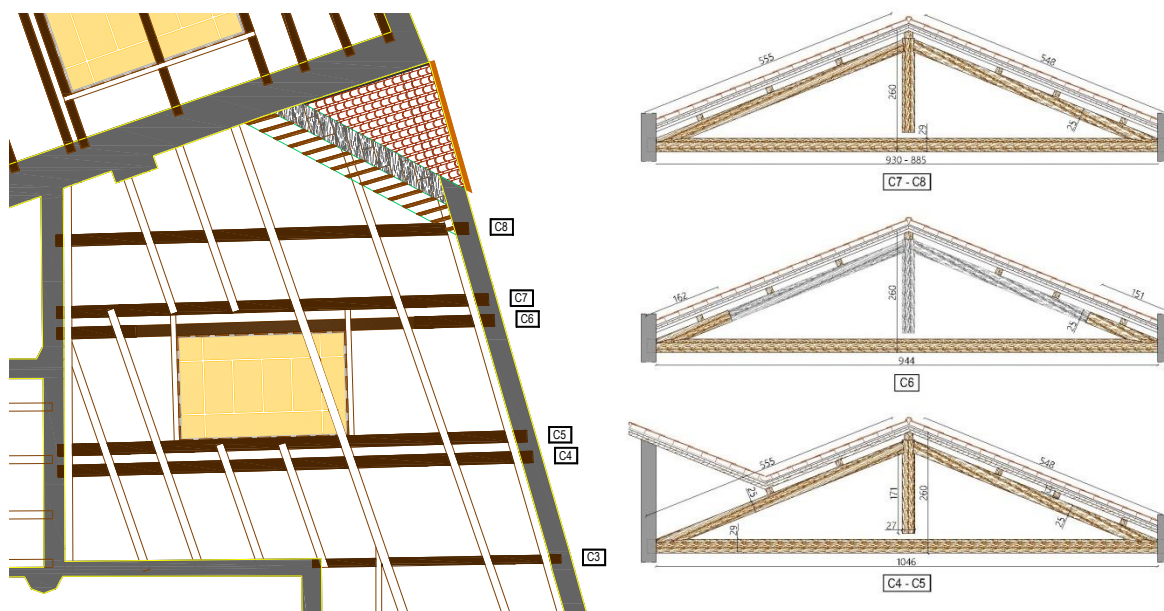


Figura 5.176 Rilievo strutture di copertura S.01.b nella condizione di stato di fatto

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto della capriata maggiormente sollecitata: C8

| | | |
|--|---|--------------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | <i>Pagina 177 di 439</i> |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 178 di 439 |

5.5.2.1 Capriata C8

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|---------|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| Puntone | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 25.5 | 25 |
| Catena | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 25.5 | 29 |
| Monaco | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 25.5 | 27 |

CARICHI:

| | | |
|---------------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| Peso travi esistenti (arcarecci) | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Peso passerella per manutenzione | Q | 74 daN/m |
| Carico accidentale neve | Q | 120-300(*) daN/mq |
| Impronta media di influenza capritata | i | 1.7 (falda int.) – 2.4 (falda est.) |

(*) Il carico accidentale neve lungo la falda interna (sud) è considerato con accumulo variabile dal colmo pari a 160 daN/mq alla linea di gronda pari a 300 daN/mq

MODELLAZIONE:

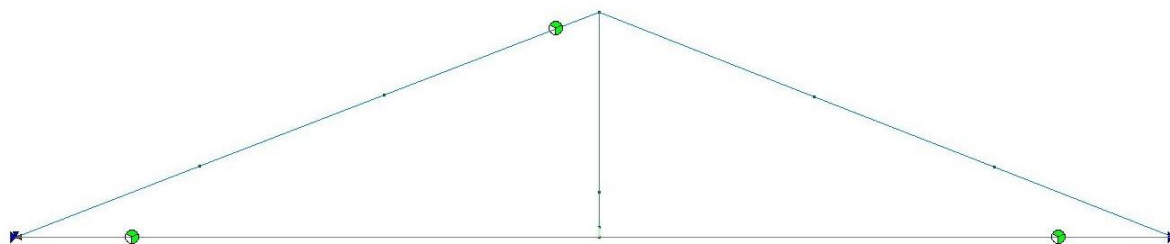


Figura 5.177 Mesh del modello agli elementi finiti della capriata

SOLLECITAZIONI MASSIME:

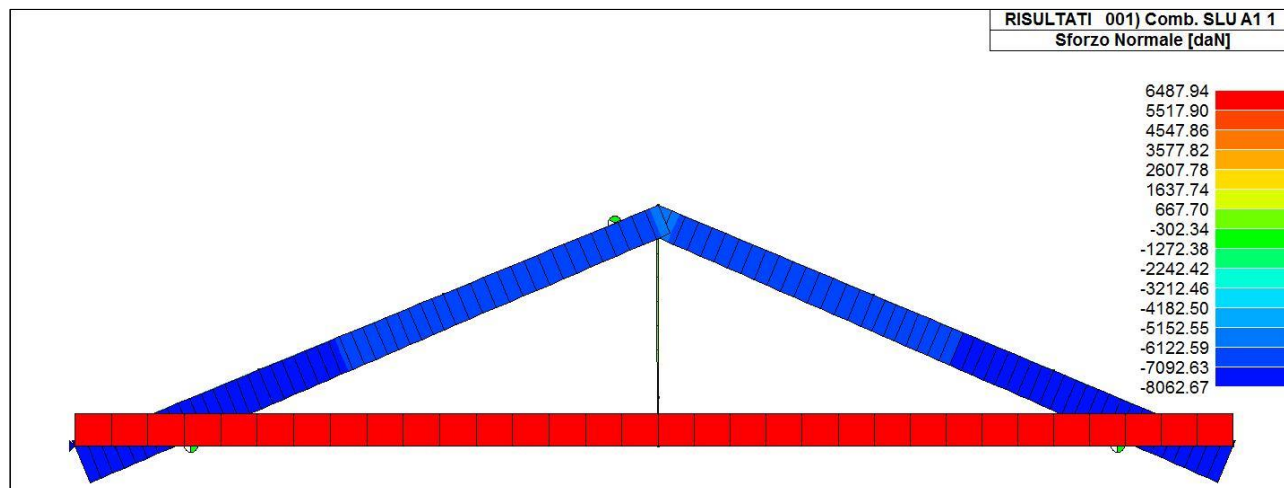


Figura 5.178 Massima sollecitazione SLU – Sforzo Normale - [daNcm]

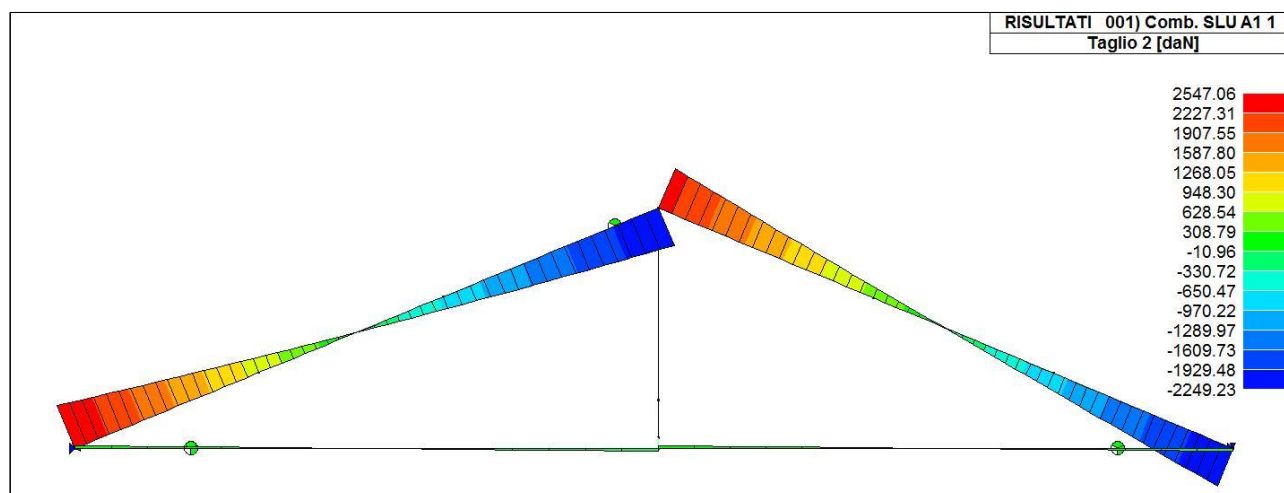


Figura 5.179 Massima sollecitazione SLU - Taglio - [daNcm]

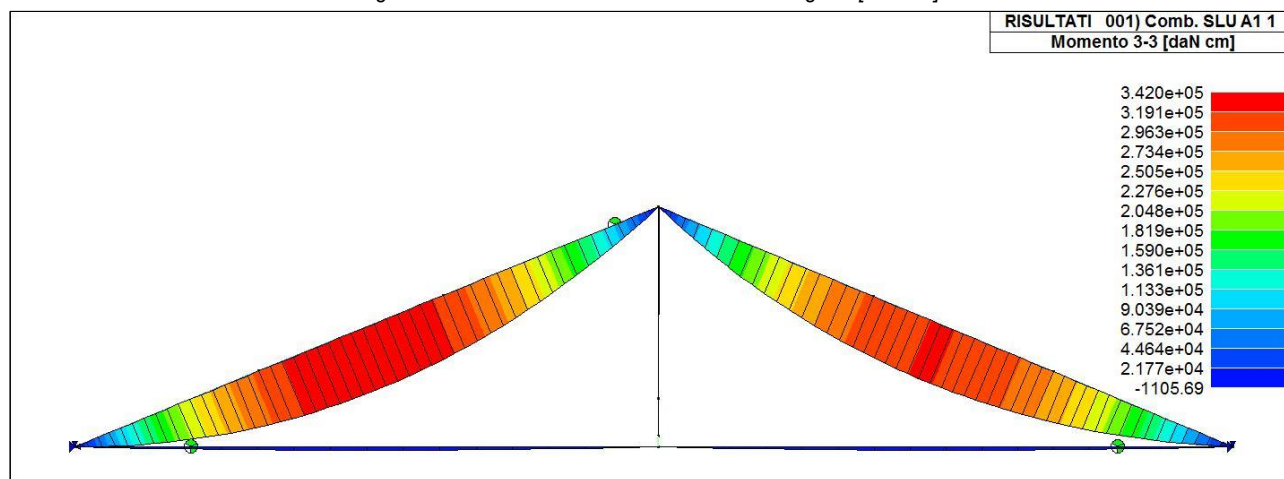


Figura 5.180 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 180 di 439 |

VERIFICHE SLU:

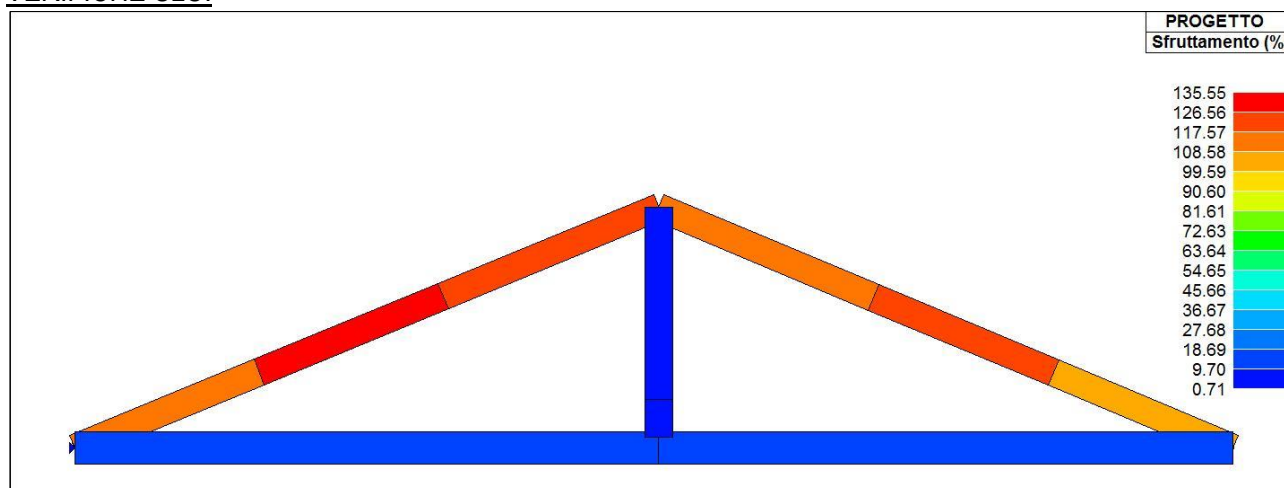


Figura 5.181 Percentuale di sfruttamento travi lignee [%]

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|--------------|----------------|
| TRAVI IN LEGNO | 135.6% >100% | NON VERIFICATO |

5.5.3 Copertura S.02.a/b

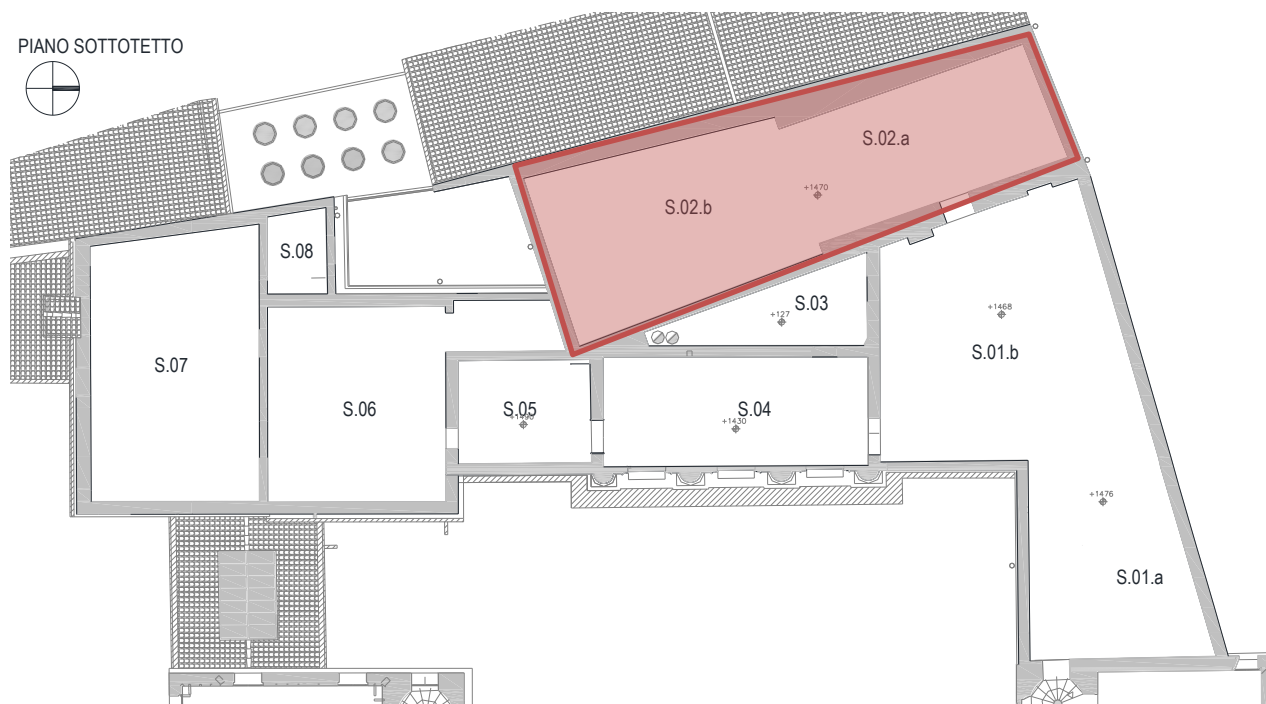


Figura 5.182 Localizzazione copertura S.02.a/b

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 181 di 439 |

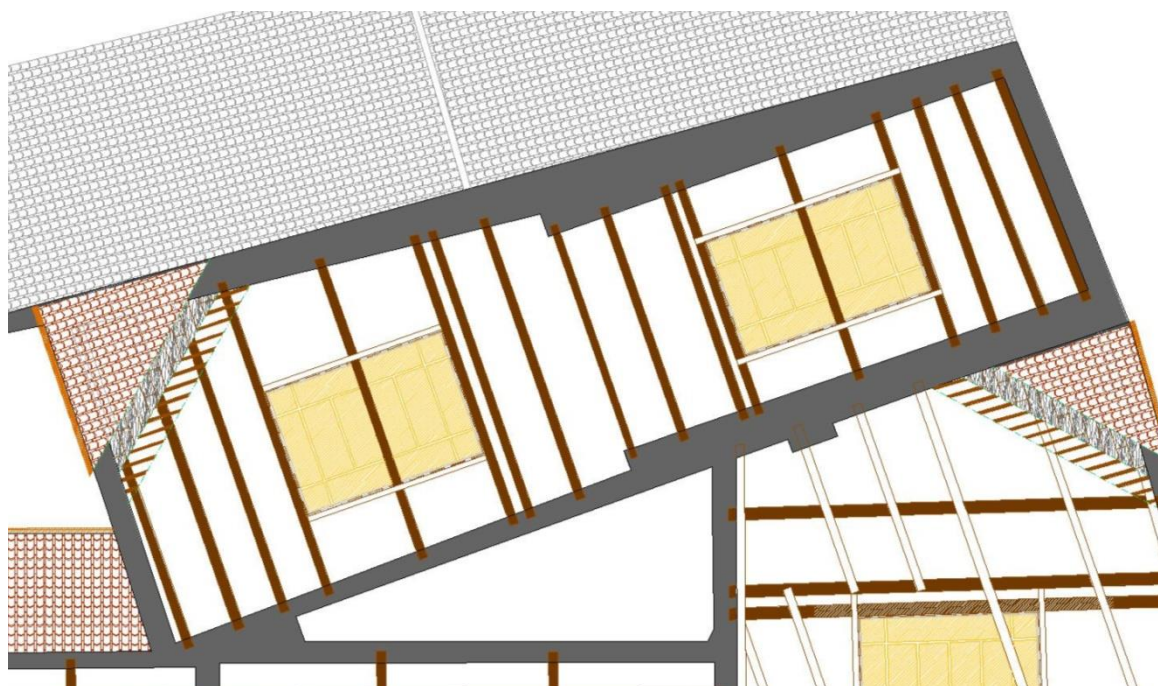


Figura 5.183 Rilievo strutture di copertura S.01.b nella condizione di stato di fatto

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto delle strutture principali di copertura.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVERE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|-------|-----------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|
| Trave | Esistente | Rettangolare | Legno C22 | 20 | 23 |

CARICHI:

| | | |
|---|----------------|------------|
| Peso travi esistenti | G ₁ | 27.6 daN/m |
| Peso listelli (8x8cm passo 30cm) | G ₁ | 15 daN/mq |
| Peso tavolato incrociato 3cm | G ₁ | 18 daN/mq |
| Peso piastrelle in cotto 3cm | G ₁ | 54 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura (coppi , guaina, isolante) | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 182 di 439 |

MODELLAZIONE:

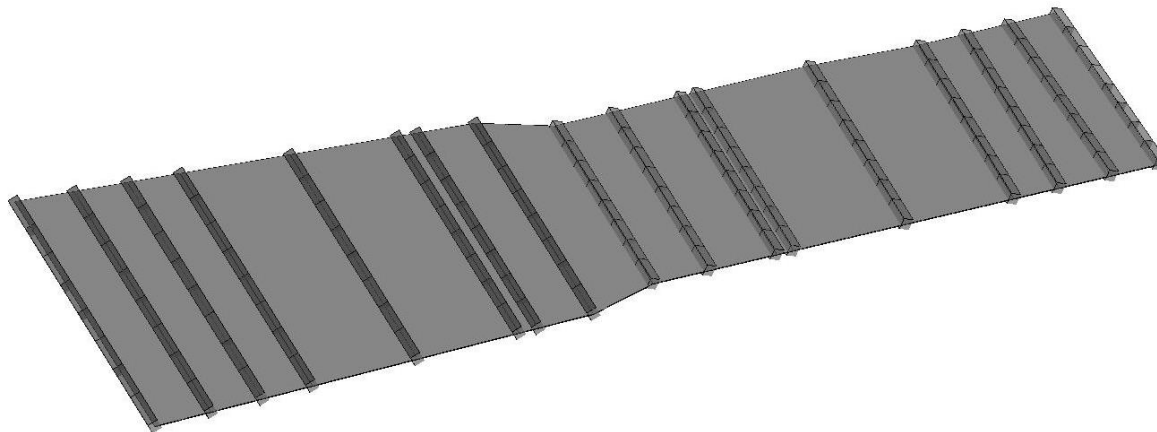


Figura 5.184 Mesh del modello agli elementi finiti della copertura

SOLLECITAZIONI MASSIME:

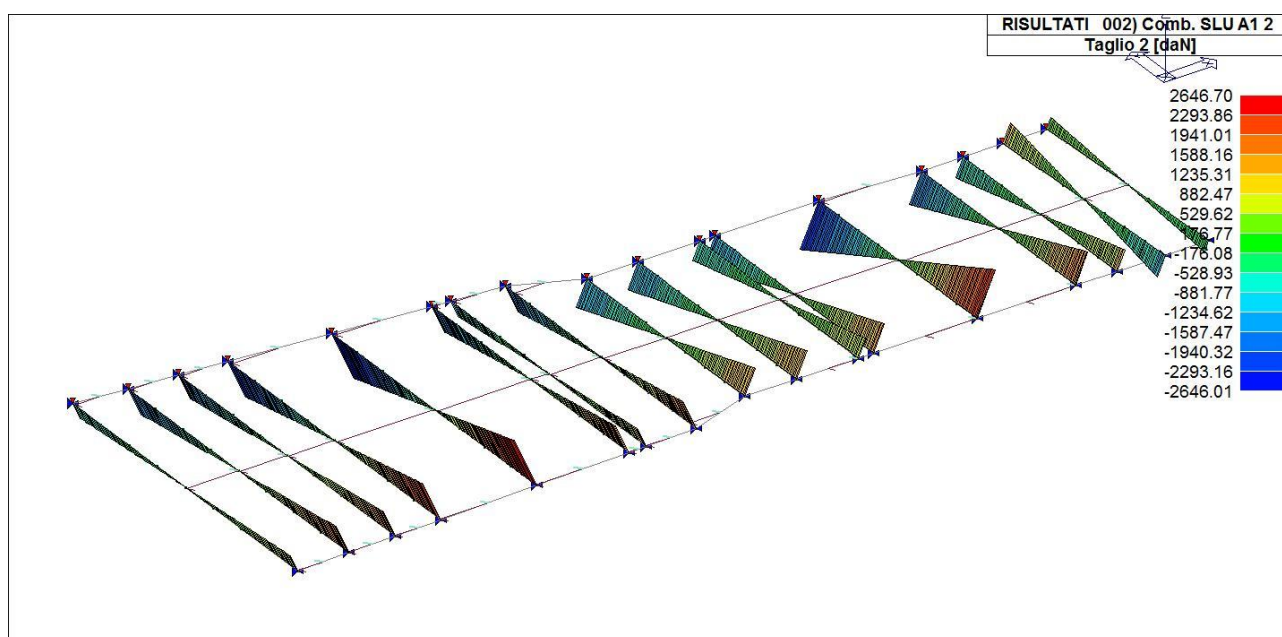


Figura 5.185 Massima sollecitazione SLU – Taglio T2 - [daNcm]

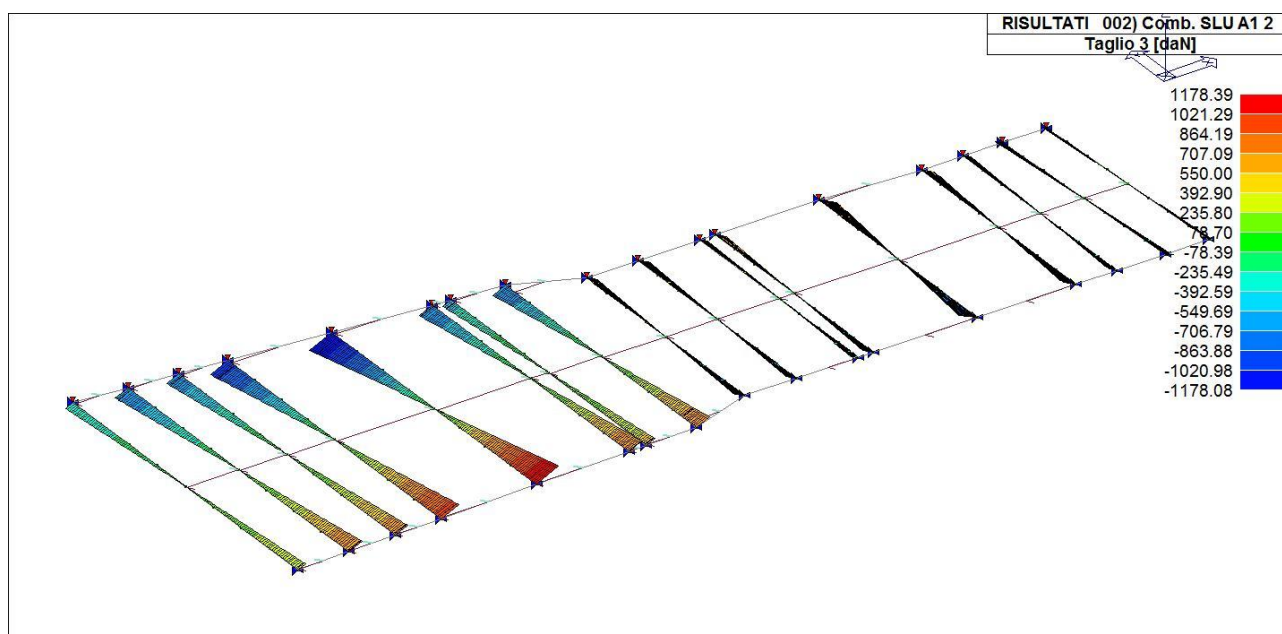


Figura 5.186 Massima sollecitazione SLU – Taglio T3 - [daNcm]

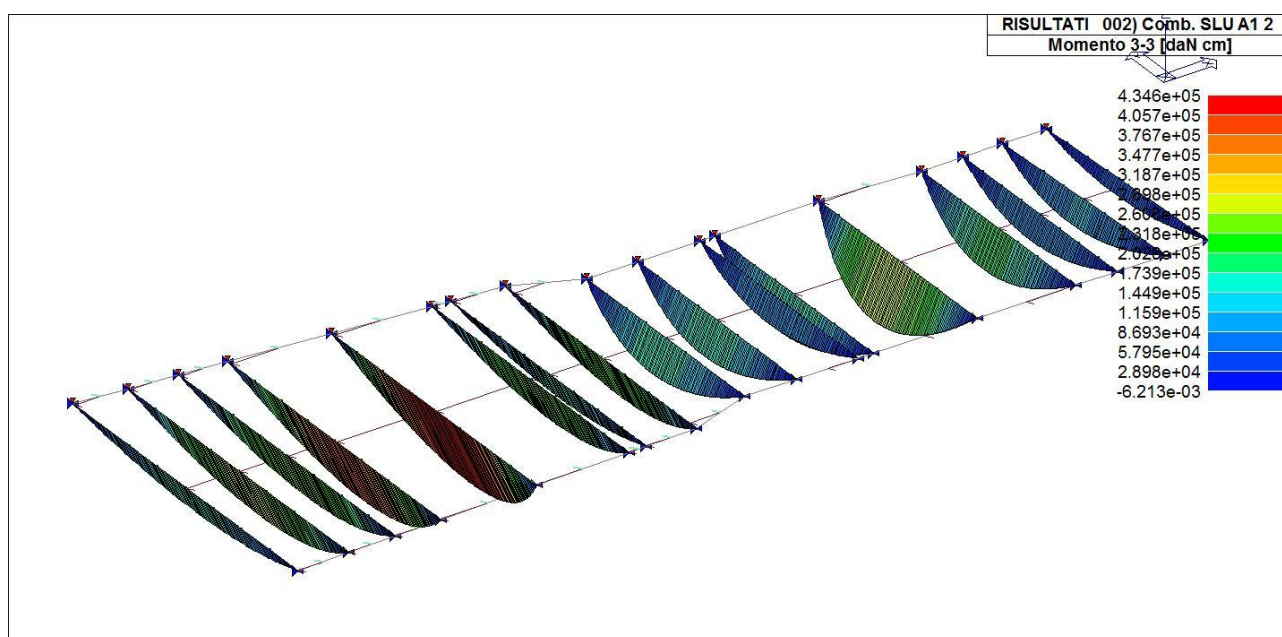


Figura 5.187 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente M3 - [daNcm]

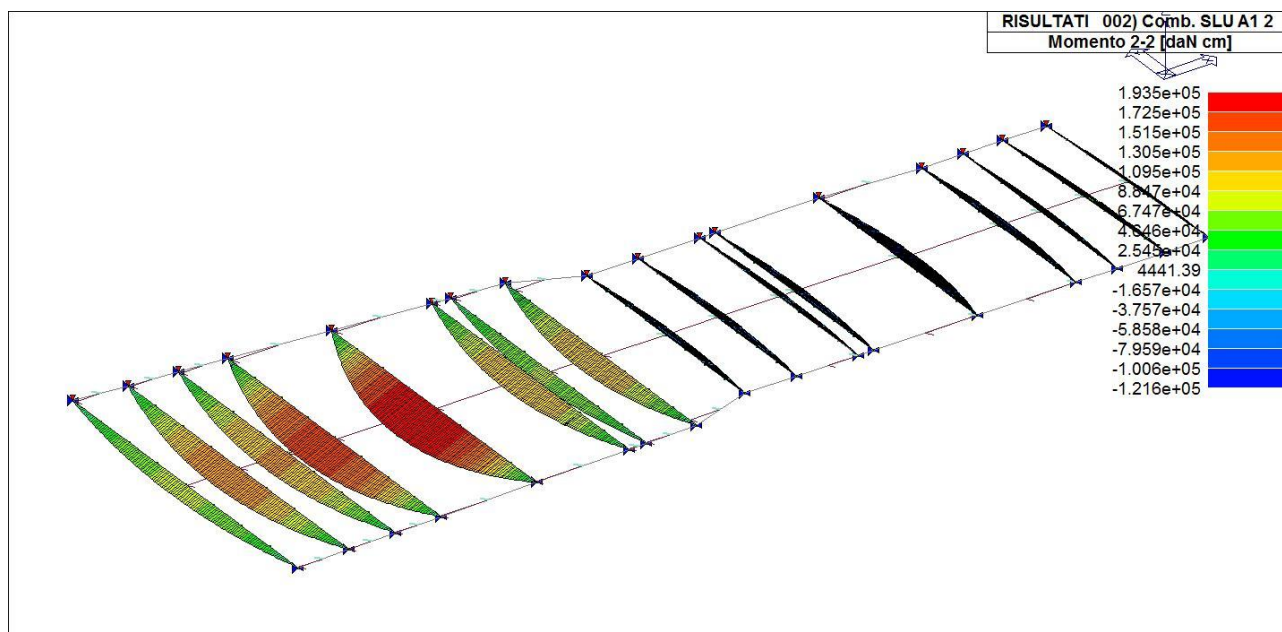


Figura 5.188 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente M2- [daNcm]

VERIFICHE SLU:

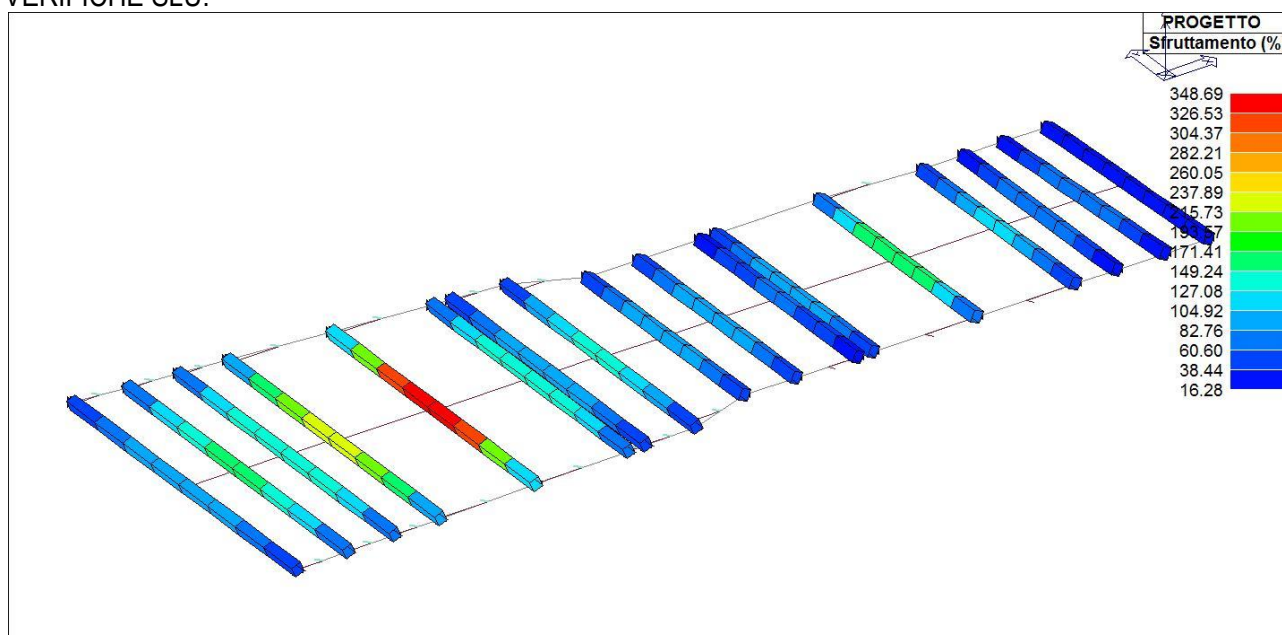


Figura 5.189 Percentuale di sfruttamento travi lignee [%]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 185 di 439 |

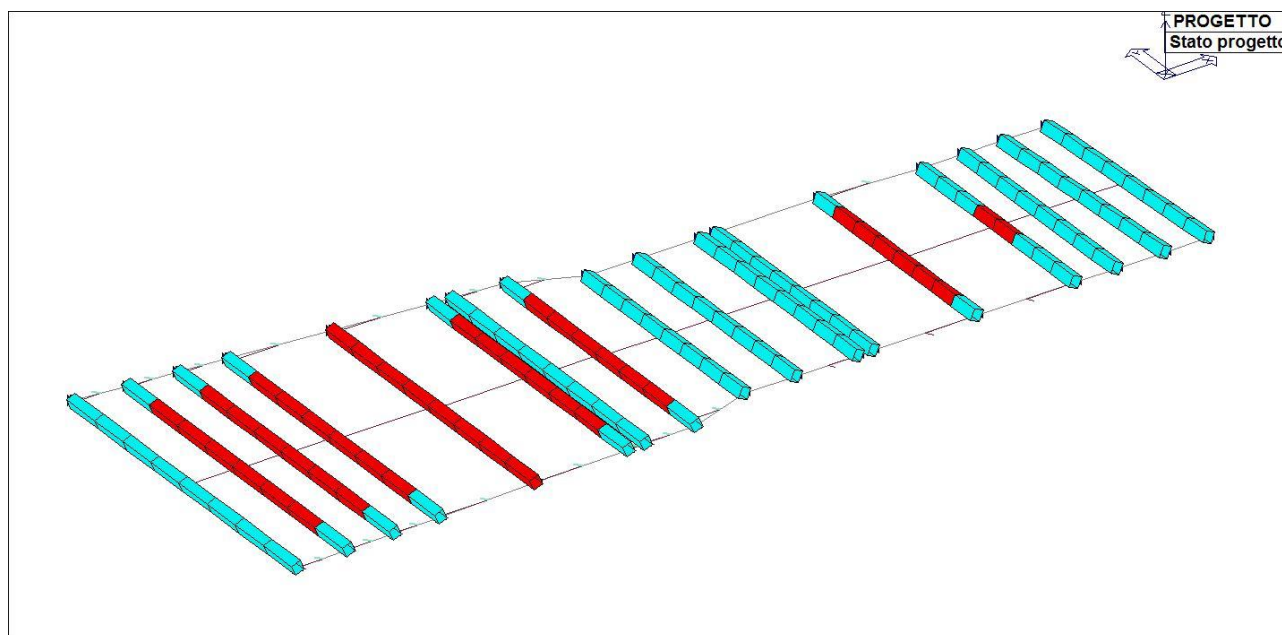


Figura 5.190 In evidenza gli elementi non verificati [%]

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|--------------|----------------|
| TRAVI IN LEGNO | 348.7% >100% | NON VERIFICATO |

5.5.4 Copertura S.04

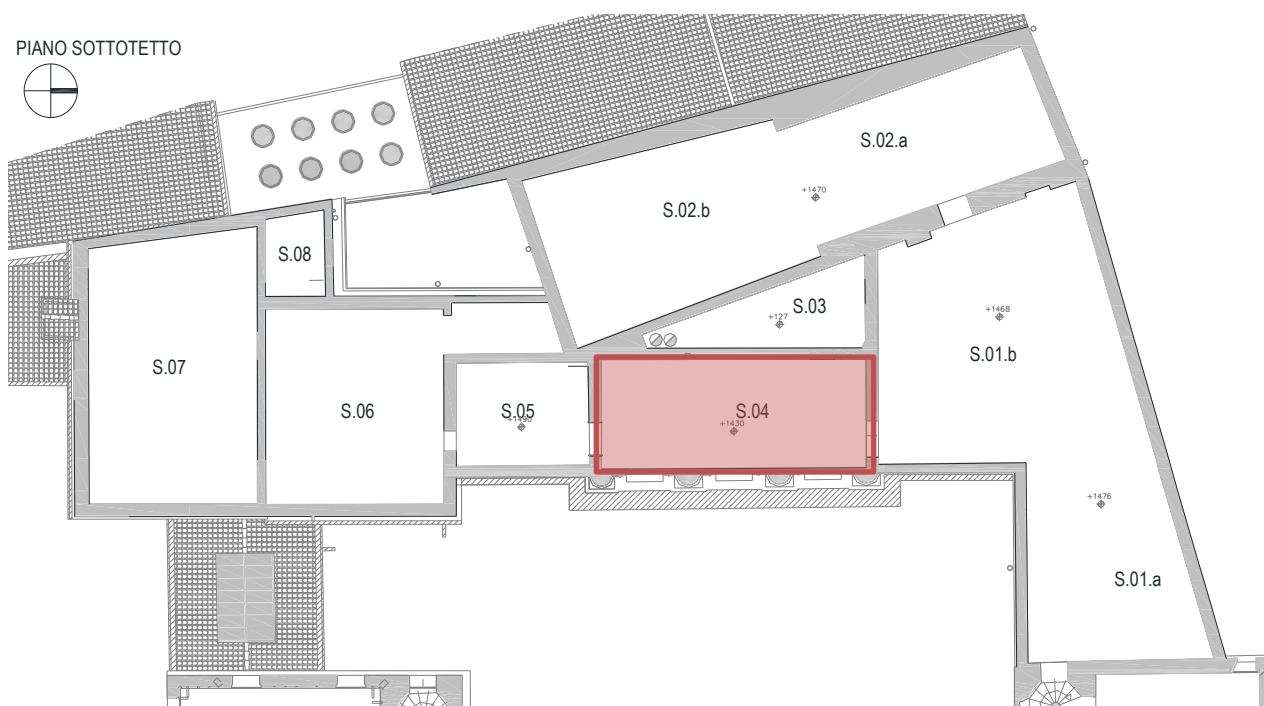


Figura 5.191 Localizzazione copertura S.04

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 186 di 439 |

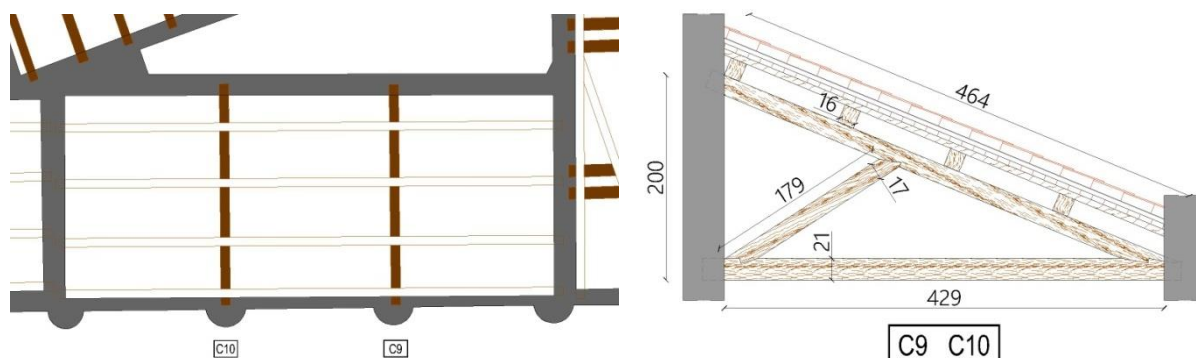


Figura 5.192 Rilievo strutture di copertura S.04 nella condizione di stato di fatto; semicapriata C9-C10

5.5.4.1 Capriata C10

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto della capriata maggiormente sollecitata: C10

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|---------|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| Puntone | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 18 |
| Saetta | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 17 |
| Catena | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 21 |

CARICHI:

| | | |
|--|-------------------|-------------------|
| Peso travi esistenti (arcarecci) | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (tubazioni impiantistiche, carico concentrato in corrispondenza dell'arcareccio al di sopra della saetta) | G _{2,nd} | 70 daN/m |
| Peso passerella di manutenzione (concentrato su catena lato ovest, parete alta) | Q | 74 daN/m |
| Carico accidentale neve | Q | 120-247(*) daN/mq |
| Impronta di influenza capritata | i | 3.6 m |

(*) Il carico accidentale neve lungo la falda è considerato con accumulo variabile dal colmo pari a 120 daN/mq alla linea di gronda pari a 247 daN/mq

Nelle analisi dello stato di fatto della semicapriata viene considerata una migliore distribuzione dei carichi di copertura con l'inserimento di nuovi arcarecci (secondo indicazioni di progetto), tali carichi sono stati inseriti sui puntoni come concentrati in corrispondenza degli appoggi degli arcarecci.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 187 di 439 |

MODELLAZIONE:

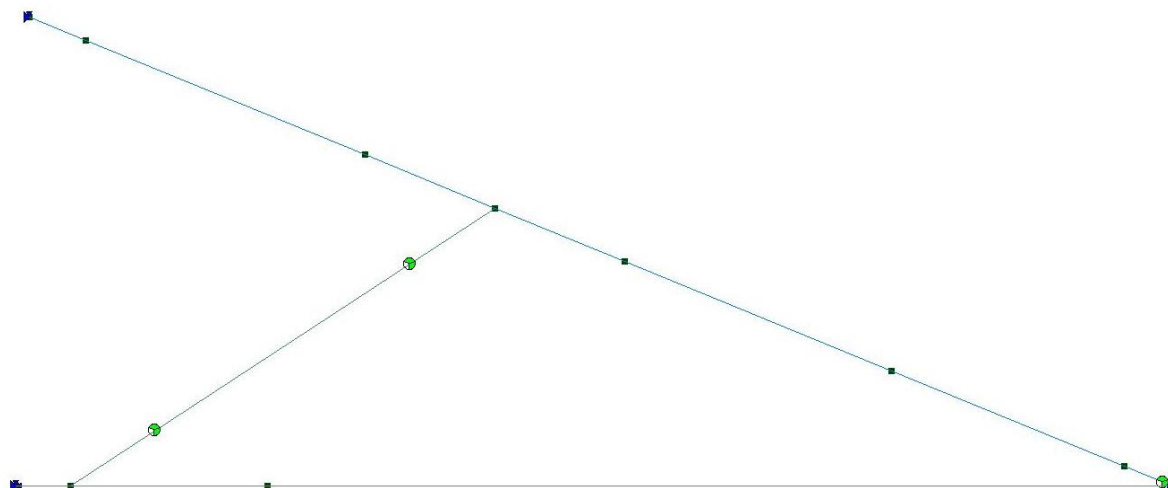


Figura 5.193 Mesh del modello agli elementi finiti della semicapriata

SOLLECITAZIONI MASSIME:

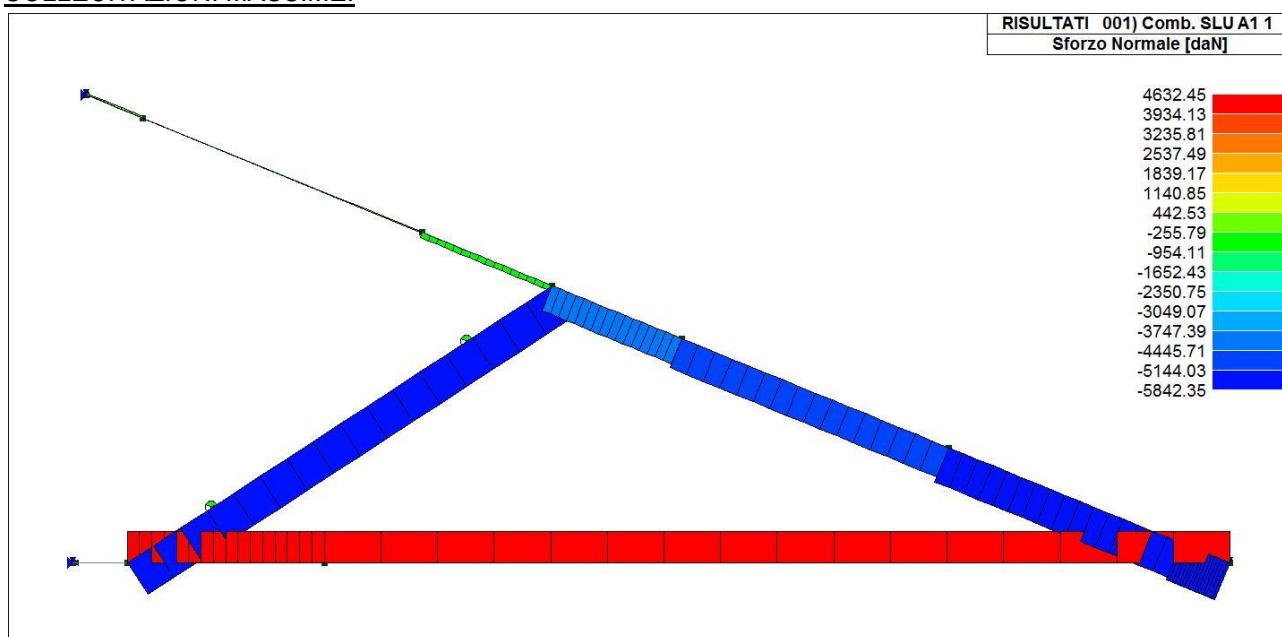


Figura 5.194 Massima sollecitazione SLU – Sforzo Normale - [daNcm]

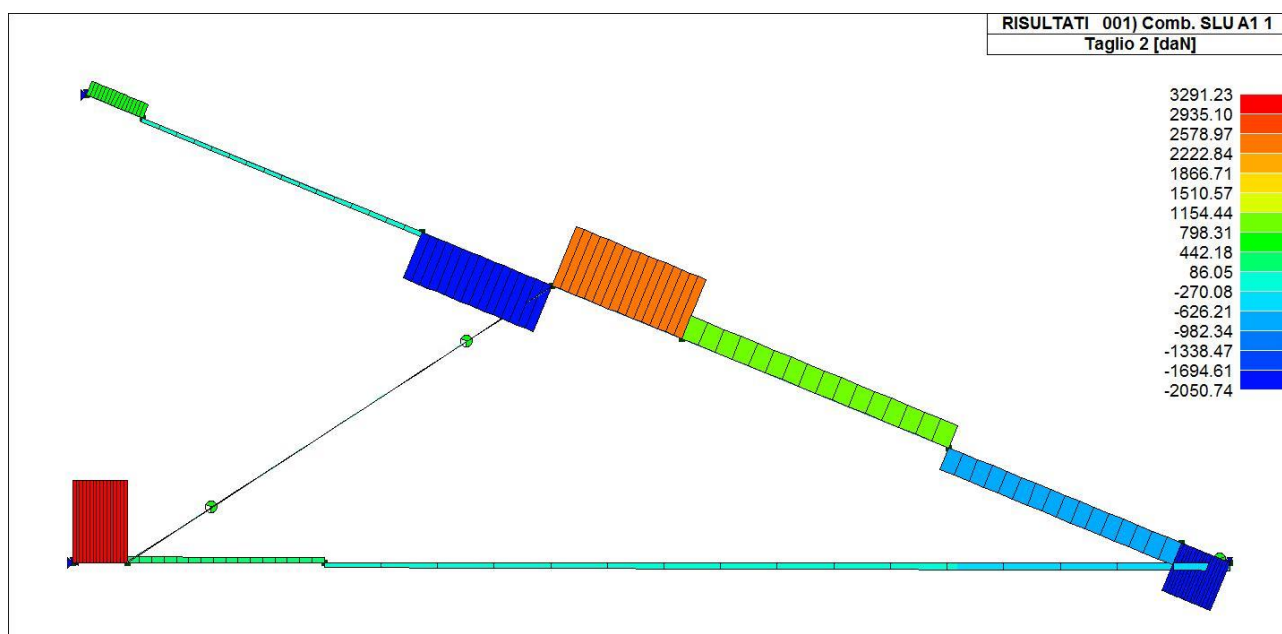


Figura 5.195 Massima sollecitazione SLU - Taglio - [daNcm]

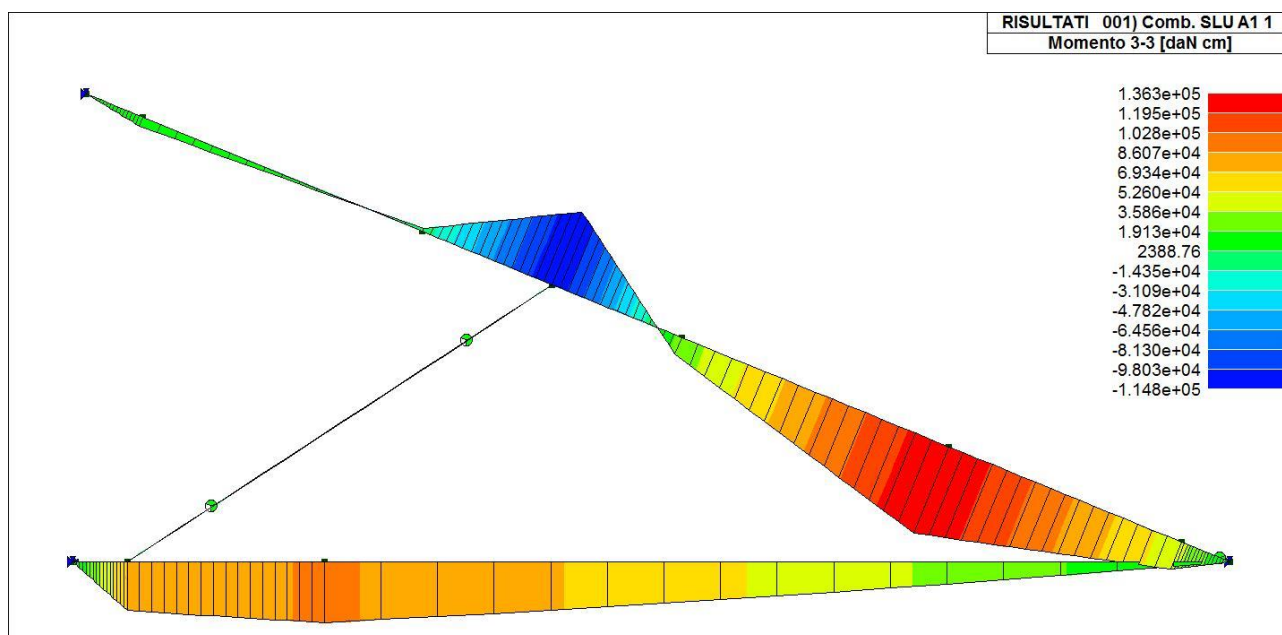


Figura 5.196 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 189 di 439 |

VERIFICHE SLU:

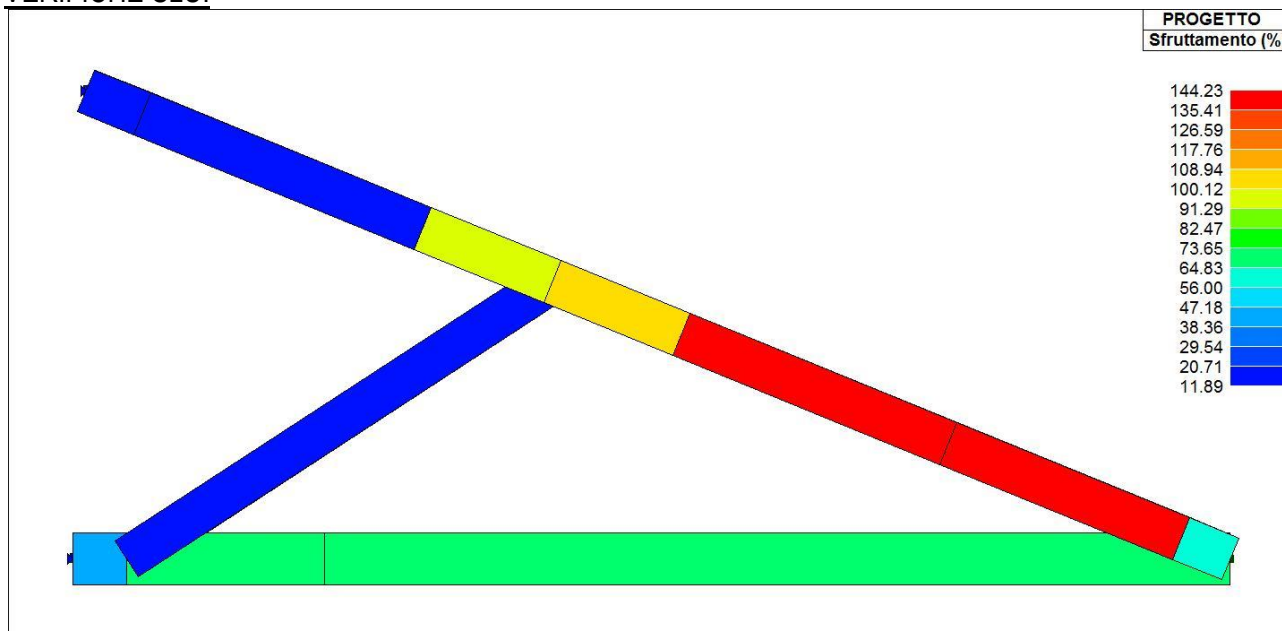


Figura 5.197 Percentuale di sfruttamento travi lignee [%]

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|--------------|----------------|
| TRAVI IN LEGNO | 144.2% >100% | NON VERIFICATO |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 190 di 439 |

5.5.5 Copertura S.05



Figura 5.198 Localizzazione copertura S.05

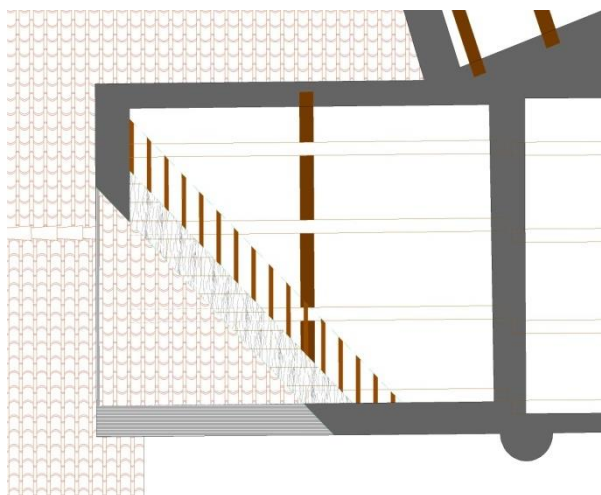


Figura 5.199 Rilievo strutture di copertura S.05 nella condizione di stato di fatto

5.5.5.1 Trave principale

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto della trave principale

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|-----|-------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|
|-----|-------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 191 di 439 |

| | | | | | |
|-------|-----------|--------------|-----------|----|----|
| Trave | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 22 |
|-------|-----------|--------------|-----------|----|----|

CARICHI:

| | | |
|---------------------------------------|----------------|------------|
| Peso travi esistenti (arcarecci) | G ₁ | 16 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |
| Impronta di influenza | i | 2.7 m |

Nelle analisi dello stato di fatto della semicapriata viene considerata una migliore distribuzione dei carichi di copertura con l'inserimento di nuovi arcarecci (secondo indicazioni di progetto)

VERIFICHE:

| dati sezione e materiali | | | | | | | | | |
|---|------|------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| denominazione trave: S05 - trave principale | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | | | |
| trave | 20 | 22 | 0°0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe di servizio | 2 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | breve | |

| combinazioni e sollecitazioni | | | | |
|-------------------------------|----------------|-------------------|----------|---------------|
| luce di calcolo | | L | 460 | cm |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. |
| distribuito | q _d | 918.06 | 658.20 | 502.20 [kg/m] |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 [kg] |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 242827 | kgcm |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 2112 | kg |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg |

| verifiche agli S.L.U. | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|----------|
| σ _{my,d} | σ _{mz,d} | verifica | τ _{y,d} | τ _{z,d} | verifica |
| 150.5 | 0.0 | 1.25 | 7.2 | 0.0 | 0.33 |
| [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |

| verifiche agli S.L.E. | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------|
| | f _y [cm] | f _z [cm] | f _{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | 0.0 | 2.3 | 2.3 | L / 202 |
| freccia finale | 0.0 | 3.7 | 3.7 | L / 125 |

Le verifiche di resistenza non sono soddisfatte.

5.6 COPERTURE ESISTENTI: STATO DI PROGETTO

Gli interventi strutturali sulle coperture lignee esistenti prevedono la conservazione delle capriate e semicapriate e la loro integrazione mediante:

- inserimento di elementi integrativi laddove mancati (puntoni capriata C6 copertura S.01.b) o necessari ai fini del consolidamento (saette capriate C4, C5, C6, C7, C8 copertura S.01.b);
- inserimento di nuove semicapriate, a diminuire l'area di influenza e dunque i carichi gravanti su quelle esistenti (C1a copertura S.01.a, C9a e C10a copertura S.04);
- inserimento di nuove travi rompitratta, a diminuire la luce delle travi esistenti (copertura S.05);



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 192 di 439 |

- integrazione delle travi esistenti con nuove travi in legno C24 di idonea sezione (travi in semplice appoggio copertura S.02.a-b).

Si riportano di seguito le verifiche delle strutture lignee di copertura nello stato di progetto.

5.6.1 Copertura S.01.a

Gli interventi di progetto prevedono la posa di una nuova semicapriata C1a in legno classe C24 in posizione centrale tra le due semicapriate esistenti C1 e C2, e l'integrazione dell'orditura secondaria con nuovi arcarecci. L'inserimento della nuova semicapriata riduce la luce libera degli arcarecci esistenti, non verificati allo stato di fatto, contribuisce a sgravare le semicapriate esistenti riducendone l'area di influenza e rendendo più omogeneo lo scarico dei gravi di copertura sulle murature, e infine, opportunamente collegata alle murature, contribuisce al miglioramento del comportamento della scatola muraria creando un ulteriore punto di vincolo.

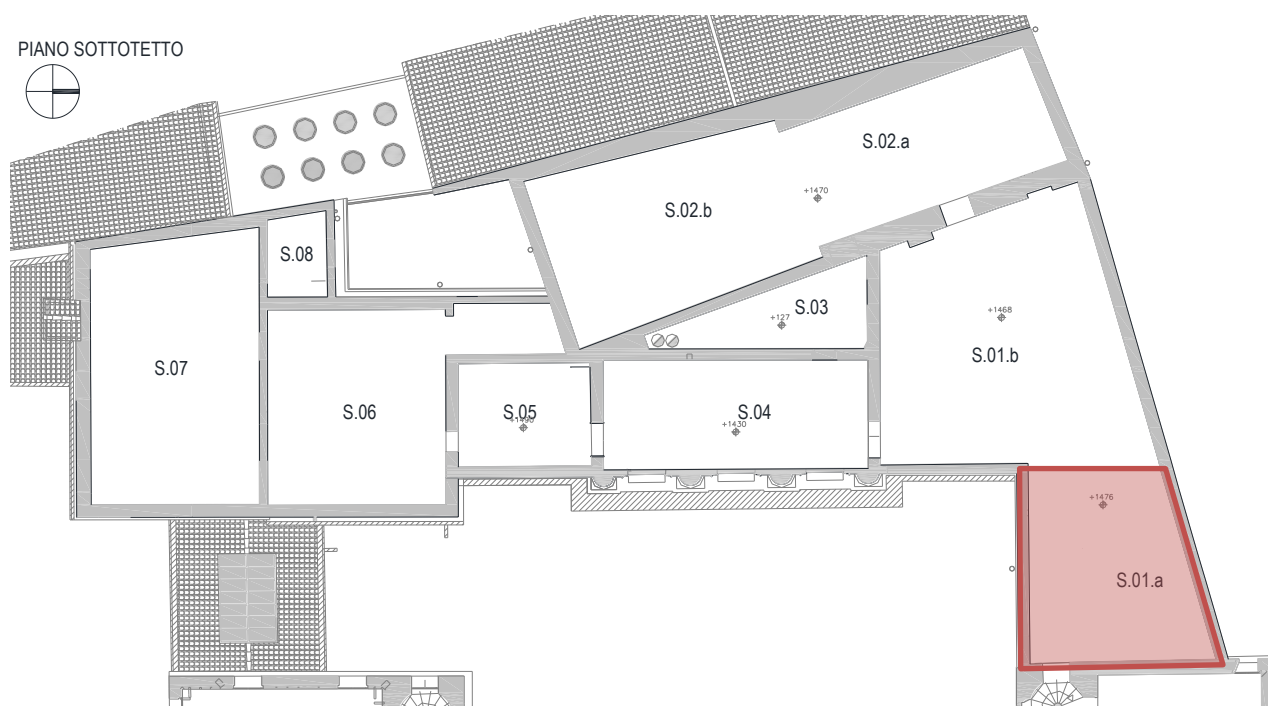


Figura 5.200 Localizzazione copertura S.01.a

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 193 di 439 |

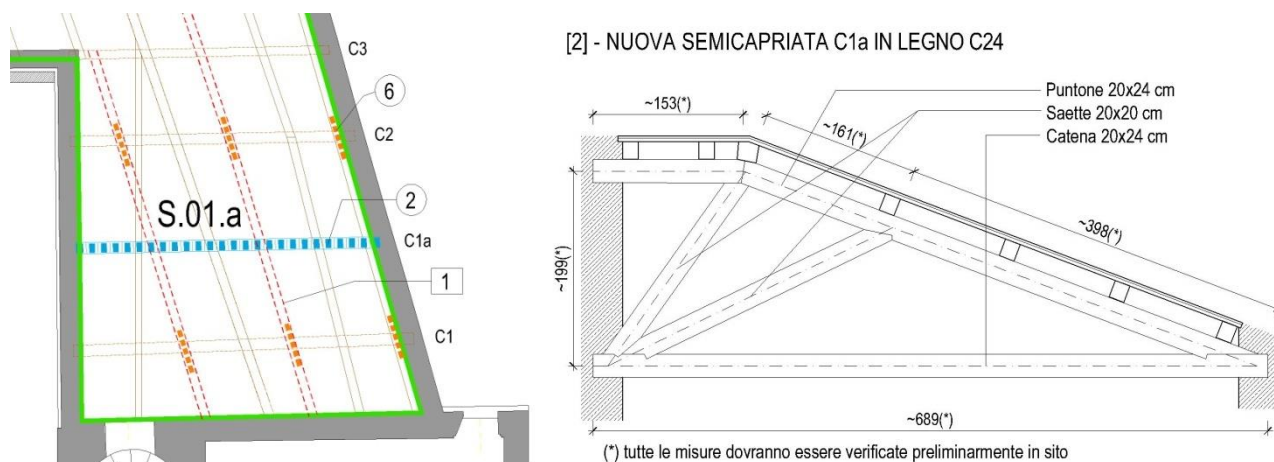


Figura 5.201 Rilievo strutture di copertura S.01.a nella condizione di stato di progetto e nuova capriata C1a.

5.6.1.1 Nuova Capriata C1a

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di progetto della nuova capriata: C1a

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|----------------|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| Puntone Orizz. | Esistente | Rettangolare | Legno C24 | 20 | 24 |
| Puntone | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 24 |
| Saetta1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 20 |
| Saetta2 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 20 |
| Catena | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 24 |

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso travi esistenti (arcarecci) | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (tubazioni impiantistiche, carico concentrato in corrispondenza dell'arcacccio compreso tra le due saette) | G _{2,nd} | 70 daN/m |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |
| Impronta di influenza capritata | i | 2.18 m |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 194 di 439 |

MODELLAZIONE:

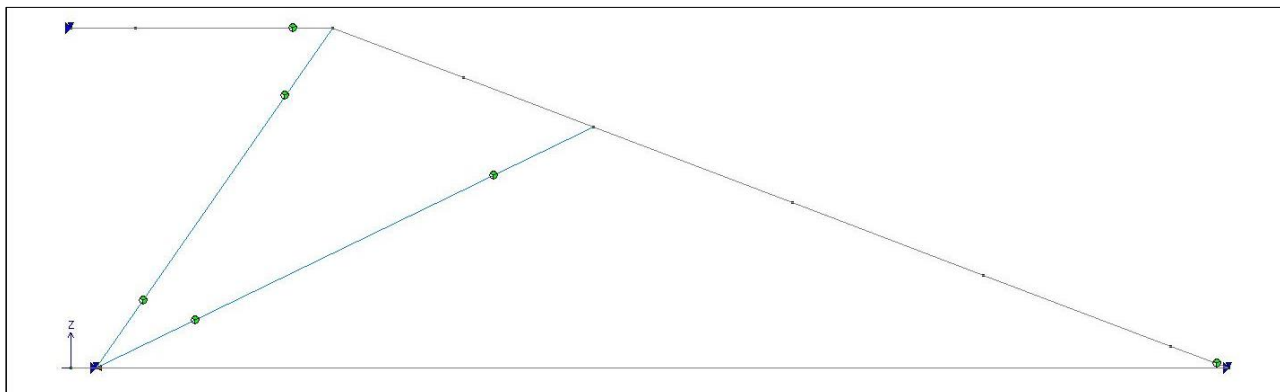


Figura 5.202 Mesh del modello agli elementi finiti della semicapriata

SOLLECITAZIONI MASSIME:

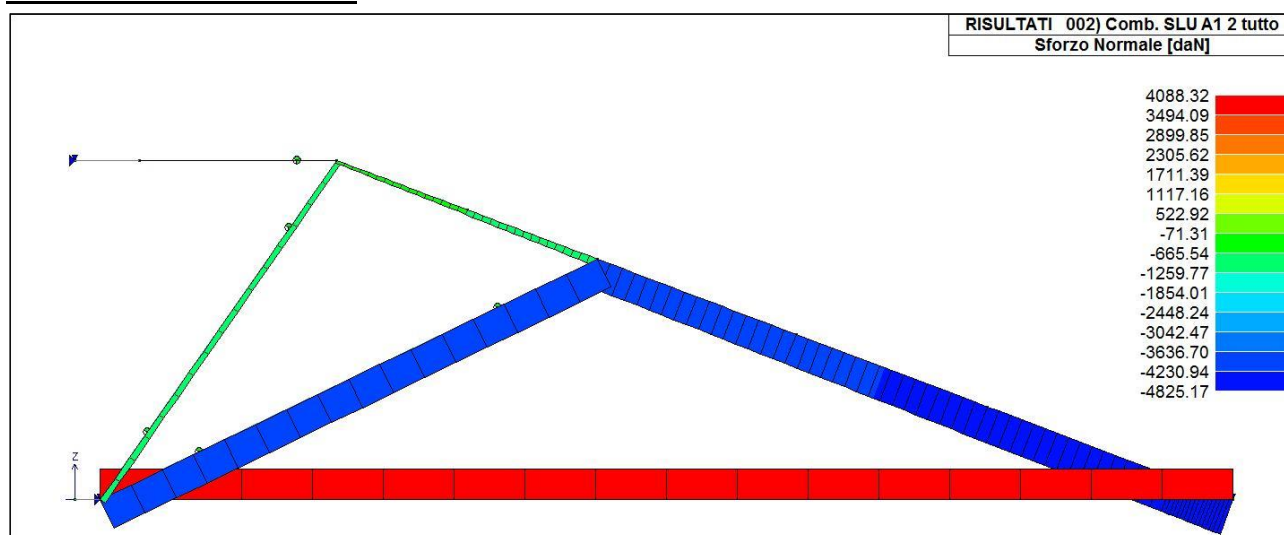


Figura 5.203 Massima sollecitazione SLU – Sforzo Normale - [daNcm]

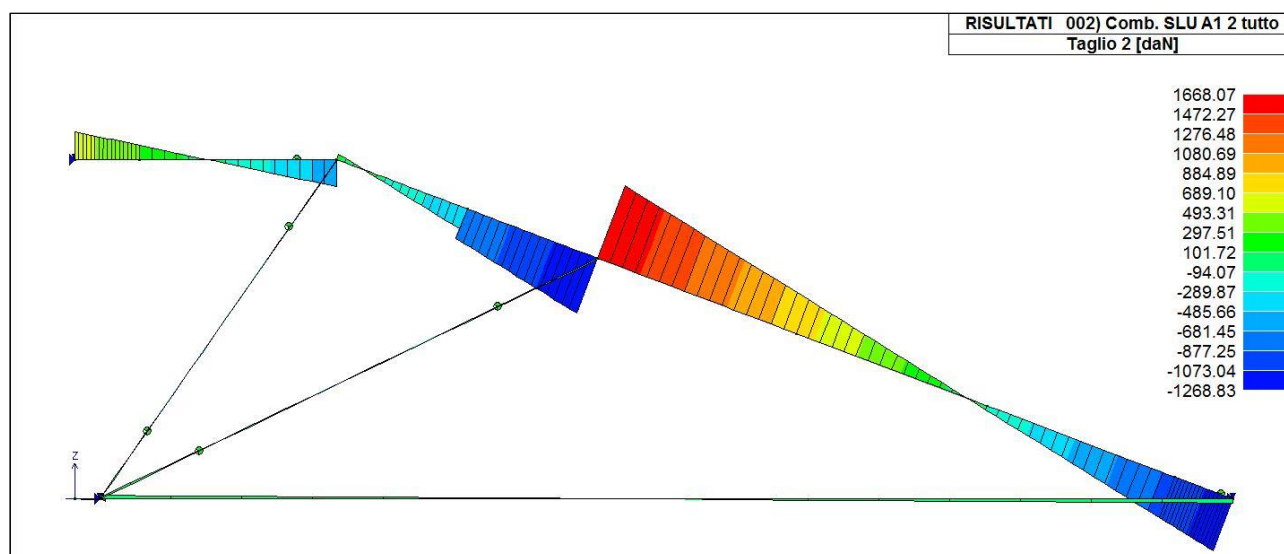


Figura 5.204 Massima sollecitazione SLU - Taglio - [daNcm]

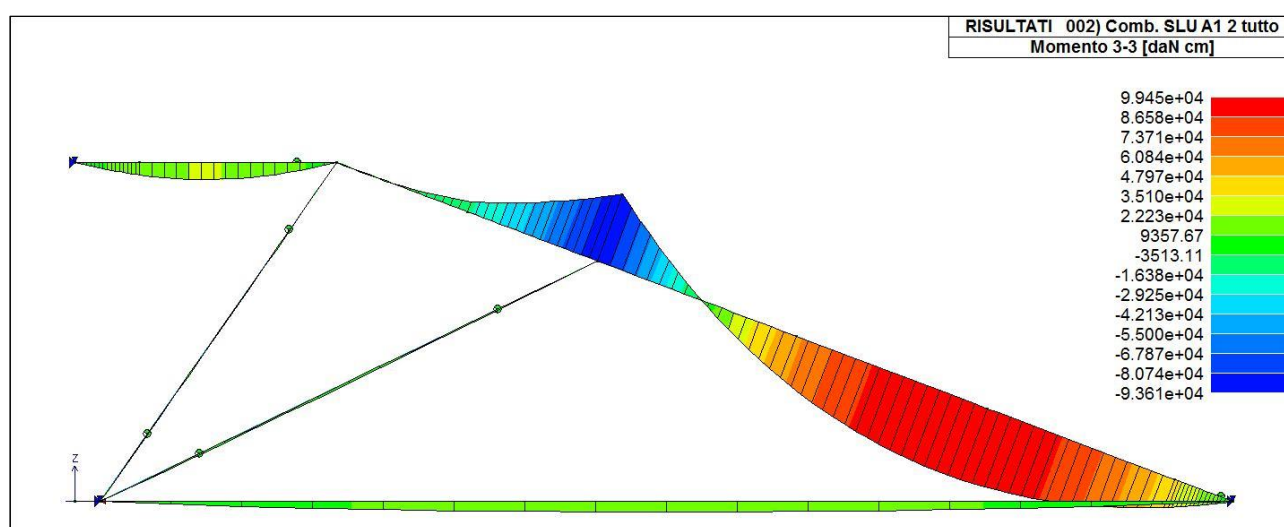


Figura 5.205 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 196 di 439 |

VERIFICHE SLU:

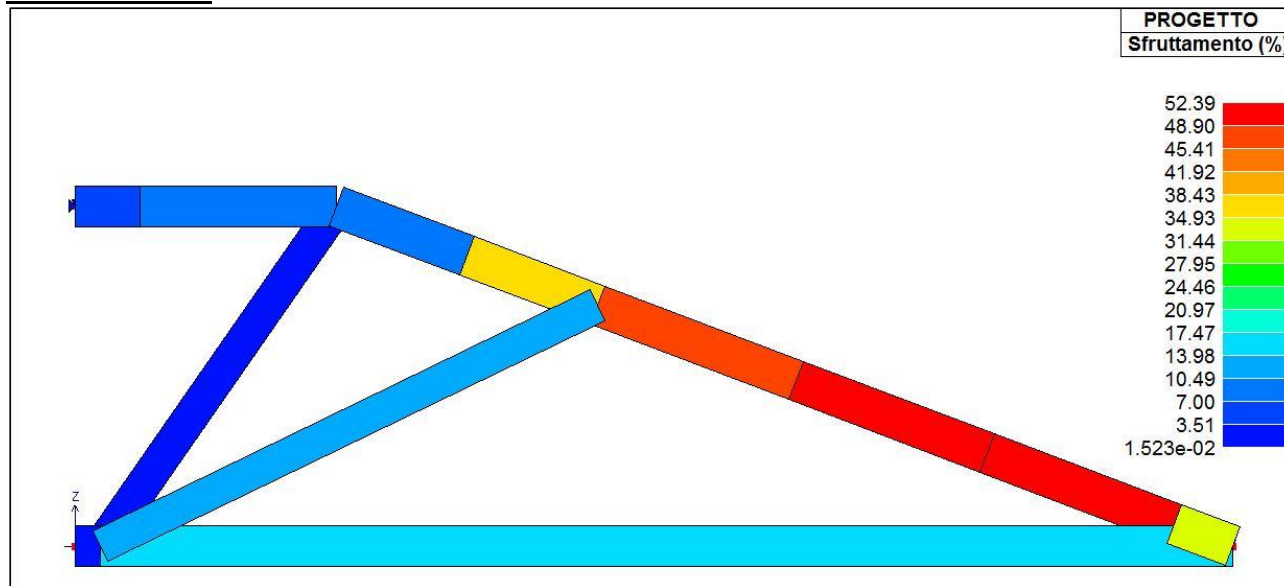


Figura 5.206 Percentuale di sfruttamento travi lignee [%]

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|-------------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 52.4% <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

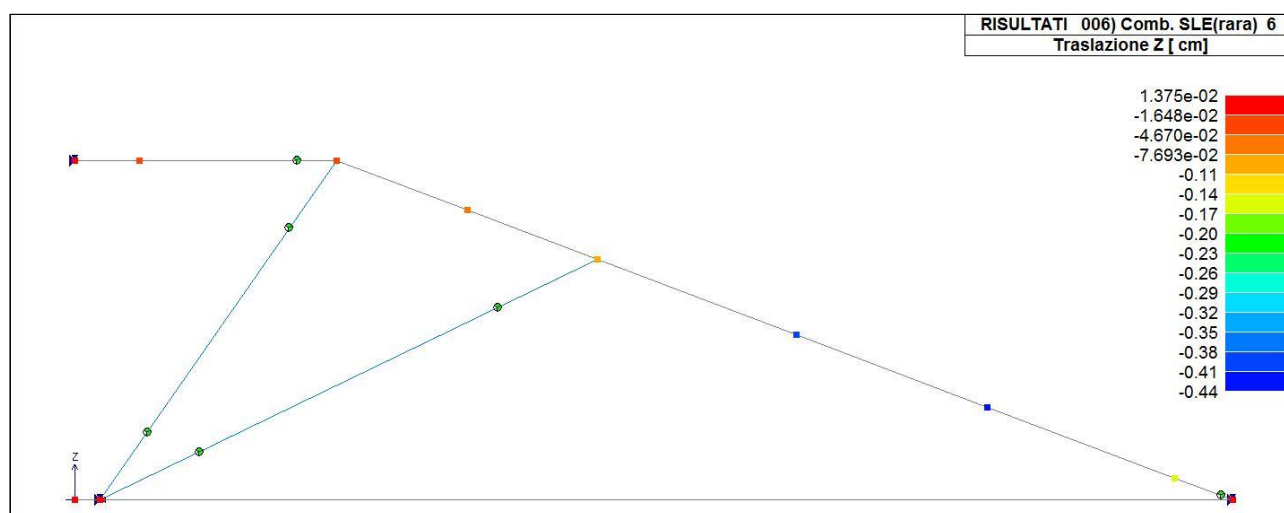


Figura 5.207 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 197 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA | | | | | | |
|----------------------|-----------|----------|--------------|---------|--------|------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 0.44 | L/1538 | L/300 | VERIFICATO |

5.6.1.2 Arcarecci

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 16 | 18 | 140 | 2.3 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|---------------------------------------|----------------|------------|
| Peso travi esistenti | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |

VERIFICHE:

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| denominazione trave: Arcareccio S.01.a SDP | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 16 | 18 | 22° 0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe di servizio | 2 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | breve | |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|-----------------|------------------|--------|
| luce di calcolo | | L | 230 | cm | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | |
| distribuito | q _d | 471.02 | 336.48 | 269.28 | [kg/m] |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 28878 | kgcm | |
| | | M _{Ed,z} | 11668 | kgcm | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 502 | kg | |
| | | V _{Ed,z} | 203 | kg | |

| <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| 33.4 | 15.2 | 0.37 | 2.6 | 1.1 | 0.13 |
| [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |

| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | 0.1 | 0.2 | 0.2 | L / 1330 |
| freccia finale | 0.1 | 0.3 | 0.3 | L / 811 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 198 di 439 |

5.6.1.3 Tavolato

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Nuovo | Rettangolare | Legno C24 | 20 | 3.5 | 20 | 1.40 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|-------------------------------|----------------|------------|
| Peso tavolato superiore sp. 2 | G ₁ | 12 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |

VERIFICHE:

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| denominazione trave: <i>tavolato S01a</i> | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 20 | 3.5 | 0° 0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio | classe di servizio | 2 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | breve | |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------|-----------------|------------------|
| luce di calcolo | L | 140 | cm | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. |
| distribuito | q _d | 69.54 | 49.80 | 40.20 |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | | | [kg/m] |
| | | | | [kg] |
| momento flettente | M _{Ed,y} | 1704 | kgcm | |
| | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | |
| sollecitazione di taglio | V _{Ed,y} | 49 | kg | |
| | V _{Ed,z} | 0 | kg | |

| <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|
| σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| 41.7 | 0.0 | 0.29 | 1.0 | 0.0 | 0.04 |
| [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | |
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | | |
| freccia istantanea | 0.0 | 0.3 | 0.3 | L / 441 | |
| freccia finale | 0.0 | 0.5 | 0.5 | L / 268 | |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 199 di 439 |

5.6.2 Copertura S.01.b

Gli interventi di progetto prevedono il ripristino dell'integrità della capriata C6 con reinserimento dei puntoni lignei (ora tagliati) e del monaco (ora assente); per tutte le capriate (C4/C5/C6/C7/C8) si prevede inoltre il rinforzo con inserimento di nuove saette lignee.

L'orditura secondaria verrà integrata con nuovi arcarecci di sez. 16x14cm riducendo così a ~135cm l'interasse tra gli stessi.

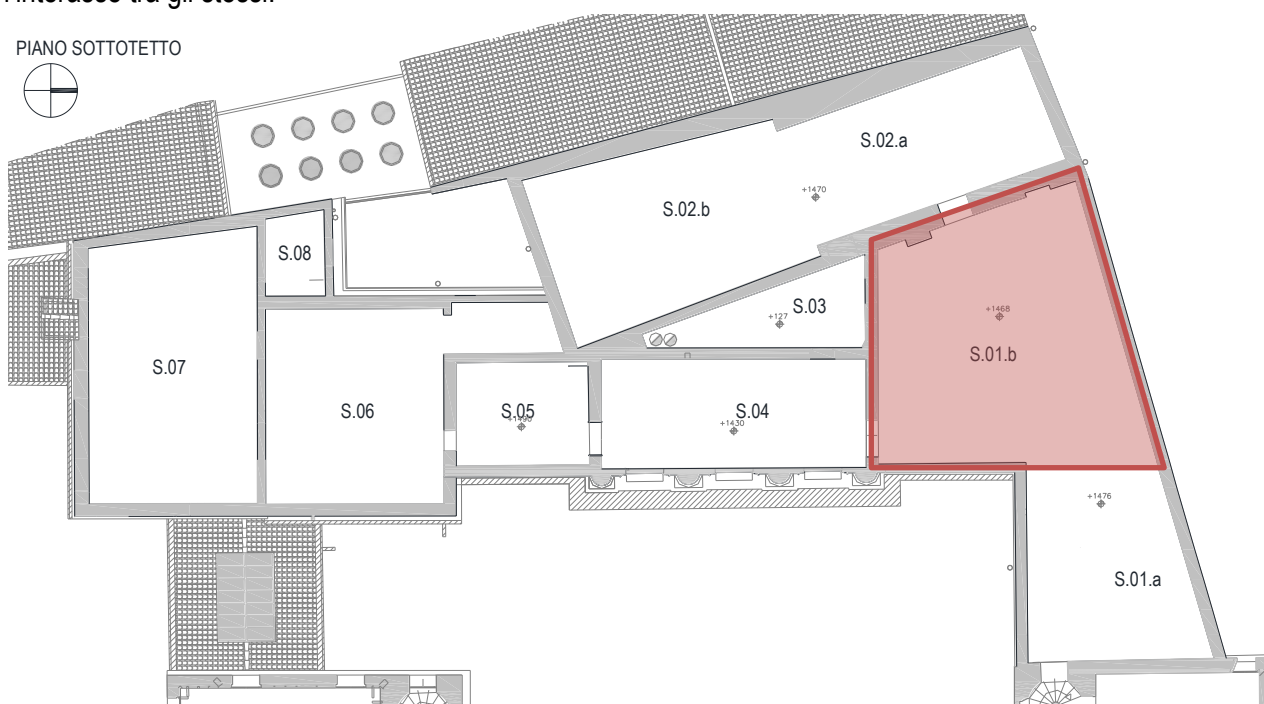


Figura 5.208 Localizzazione copertura S.01.b

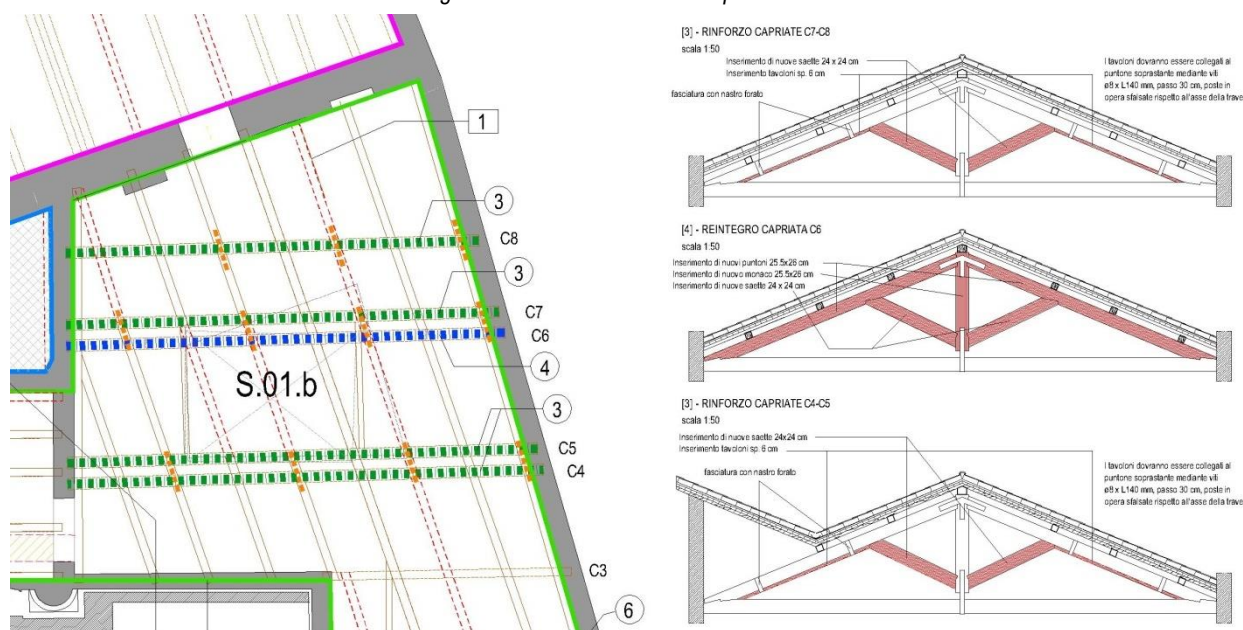


Figura 5.209 Rilievo strutture di copertura S.01.b nella condizione di stato di progetto; interventi di rinforzo delle capriate.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 200 di 439 |

5.6.2.1 Capriata C8

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto della capriata maggiormente sollecitata: C8

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|---------|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| Puntone | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 25.5 | 25 |
| Catena | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 25.5 | 29 |
| Monaco | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 25.5 | 27 |
| Saette | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 24 | 24 |

CARICHI:

| | | |
|---|------------|-------------------------------------|
| Peso travi esistenti (arcarecci) | G_1 | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G_1 | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G_1 | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120-300(*) daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (tubazioni impiantistiche, carico concentrato su puntone lato Sud) | $G_{2,nd}$ | 70 daN/m |
| Peso passerella di manutenzione (concentrato su catena lato Sud) | Q | 74 daN/m |
| Impronta media di influenza capriata | i | 1.7 (falda int.) – 2.4 (falda est.) |

(*) Il carico accidentale neve lungo la falda interna (sud) è considerato con accumulo variabile dal colmo pari a 160 daN/mq alla linea di gronda pari a 300 daN/mq

MODELLAZIONE:

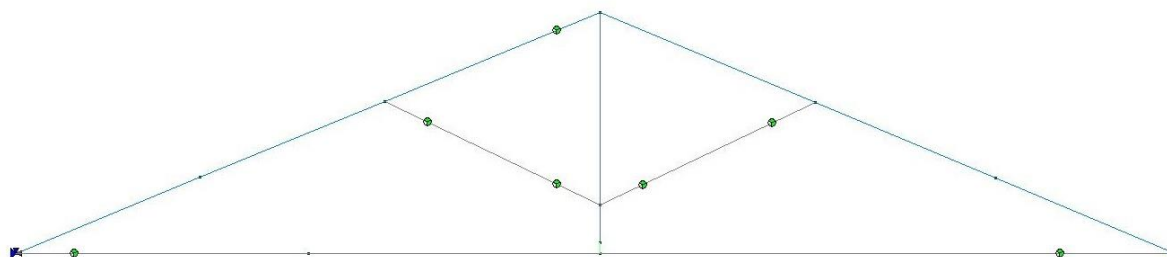


Figura 5.210 Mesh del modello agli elementi finiti della capriata

SOLLECITAZIONI MASSIME:

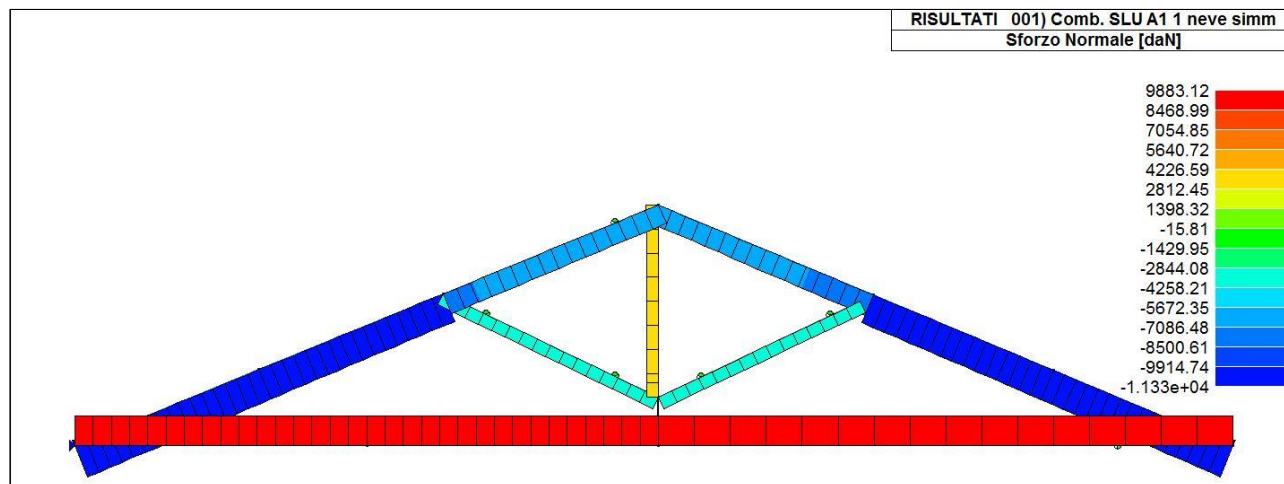


Figura 5.211 Massima sollecitazione SLU – Sforzo Normale - [daNcm]

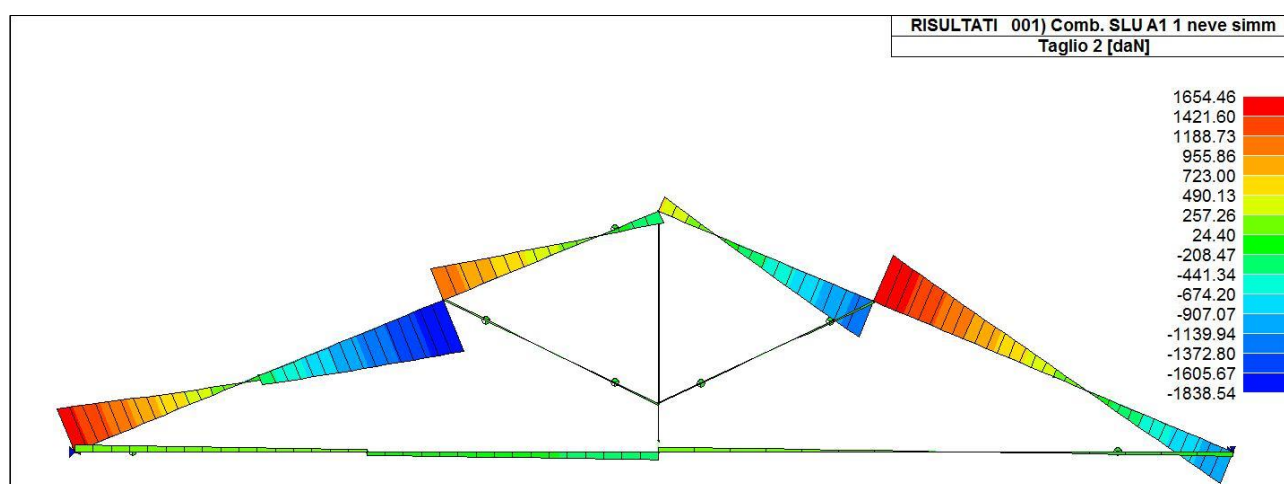


Figura 5.212 Massima sollecitazione SLU - Taglio - [daNcm]

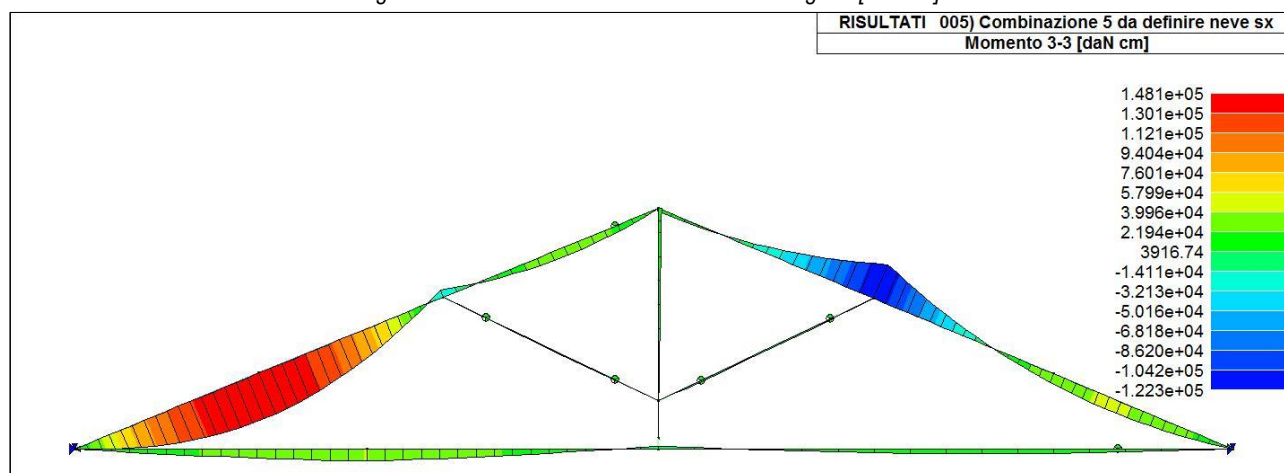


Figura 5.213 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 202 di 439 |

VERIFICHE SLU:

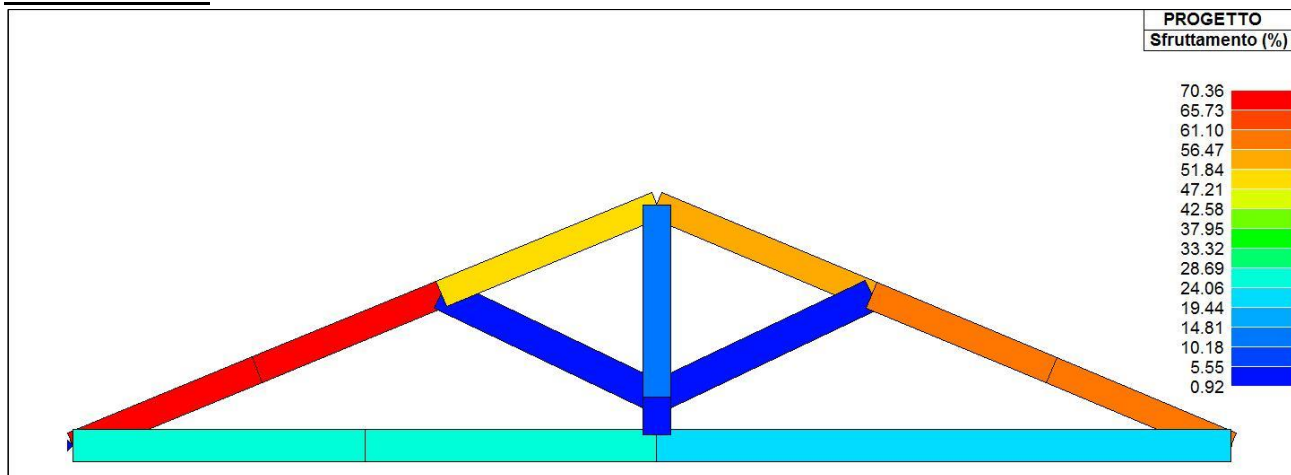


Figura 5.214 Percentuale di sfruttamento travi lignee [%]

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|-------------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 70.4% <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

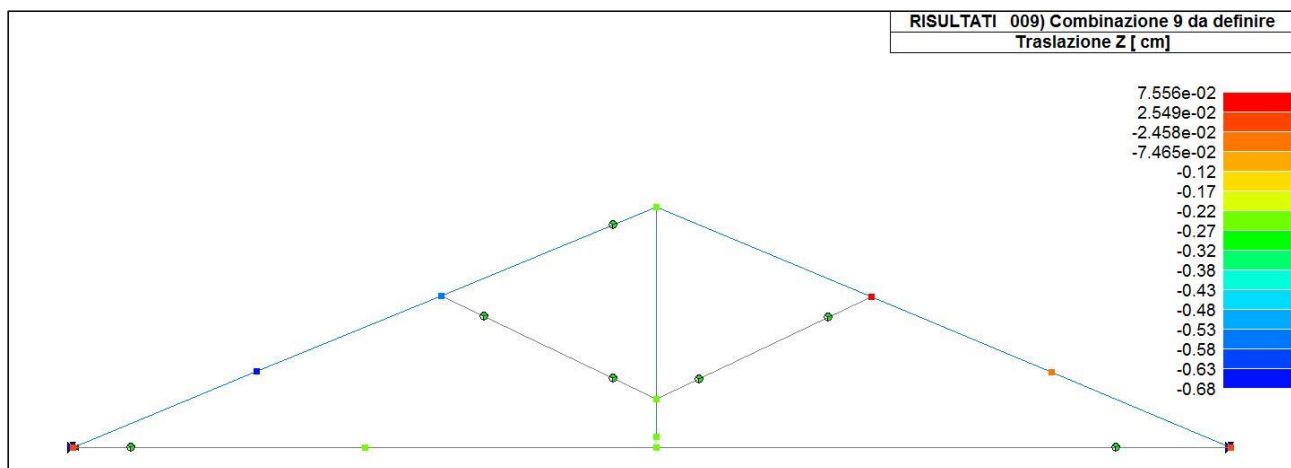


Figura 5.215 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA | | | | | | |
|----------------------|-----------|----------|--------------|---------|--------|------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 0.68 | L/840 | L/300 | VERIFICATO |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 203 di 439 |

5.6.2.2 Arcarecci

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 13 | 13 | 136 | 2.5 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|---------------------------------------|----------------|------------|
| Peso travi esistenti | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |

VERIFICHE:

| | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| <u>dati sezione e materiali</u> denominazione trave: <i>trave principale vano 1.01</i> | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 13 | 13 | 22° 0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe di servizio | 2 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | breve | |

| | | | | | | | | | |
|---|--|------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------|
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> luce di calcolo L 250 cm | | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | |
| distribuito q _d | | 429.13 | 307.02 | 247.02 | [kg/m] | 84.9 | 34.3 | 0.91 | |
| conc. a L/2 P _d | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | |
| | | | | | | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica | |
| | | | | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | | | | | |
| | | | | | | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | |
| momento flettente M _{Ed,y} | | | 31084 | kgcm | | 0.3 | 0.6 | 0.7 | L / 361 |
| M _{Ed,z} | | | 12559 | kgcm | | | | | |
| sollecitazione di taglio V _{Ed,y} | | | 497 | kg | | 0.4 | 1.1 | 1.1 | L / 220 |
| V _{Ed,z} | | | 201 | kg | | | | | |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

Si omette la verifica dei nuovi arcarecci in legno C24 sez. 16x14cm in quanto meno gravosa rispetto agli arcarecci esistenti.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 204 di 439 |

5.6.3 Copertura S.02.a/b

Gli interventi di progetto prevedono l'inserimento di nuove travi principali in legno C24 in modo da ridurre l'area di influenza delle travi, è inoltre previsto il rifacimento del manto di copertura riposizionando le pannelle in cotto. Su nuovi listelli di orditura minuta con posa di un tavolato all'estradosso.

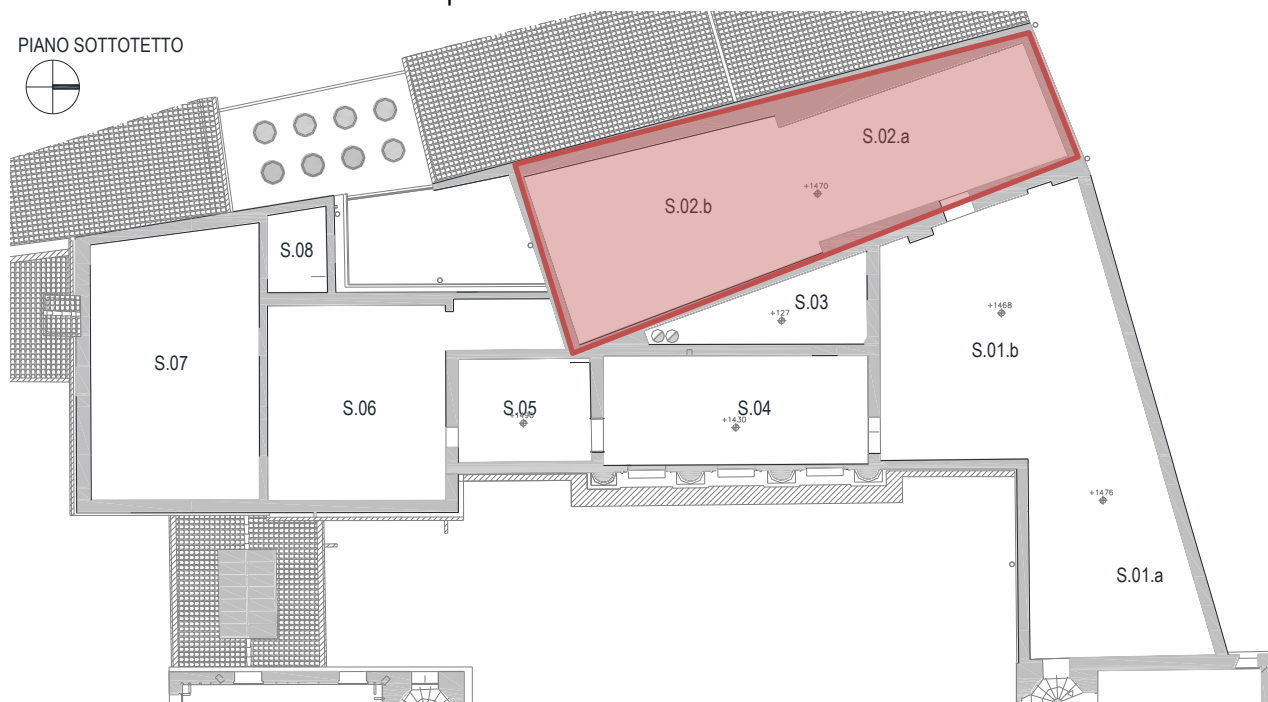


Figura 5.216 Localizzazione copertura S.02.a/b



Figura 5.217 Rilievo strutture di copertura S.02.a/b nella condizione di stato di progetto

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 205 di 439 |

5.6.3.1 Orditura principale

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto delle strutture principali di copertura.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|-------------|-----------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|
| Trave | Esistente | Rettangolare | Legno C22 | 20 | 23 |
| Trave (1.a) | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 20 | 24 |
| Trave (1.b) | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 24 | 26 |

CARICHI:

| | | |
|---|----------------|------------|
| Peso travi esistenti | G ₁ | 27.6 daN/m |
| Peso listelli (8x8cm passo 30cm) | G ₁ | 15 daN/mq |
| Peso tavolato 3cm | G ₁ | 18 daN/mq |
| Peso pianelle in cotto 3cm | G ₁ | 54 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura (coppi , guaina, isolante) | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |

MODELLAZIONE:

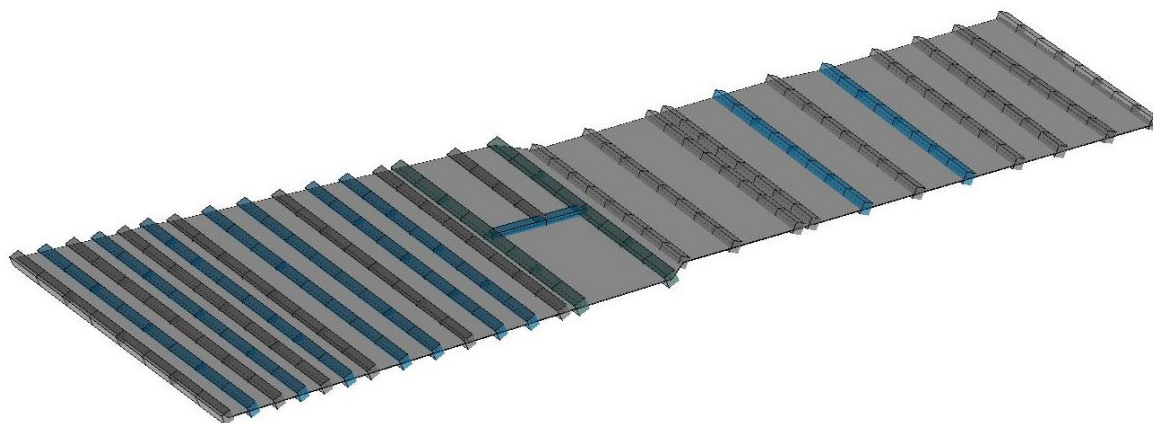


Figura 5.218 Mesh del modello agli elementi finiti della capriata

SOLLECITAZIONI MASSIME:



Figura 5.219 Massima sollecitazione SLU – Taglio T2 - [daNcm]

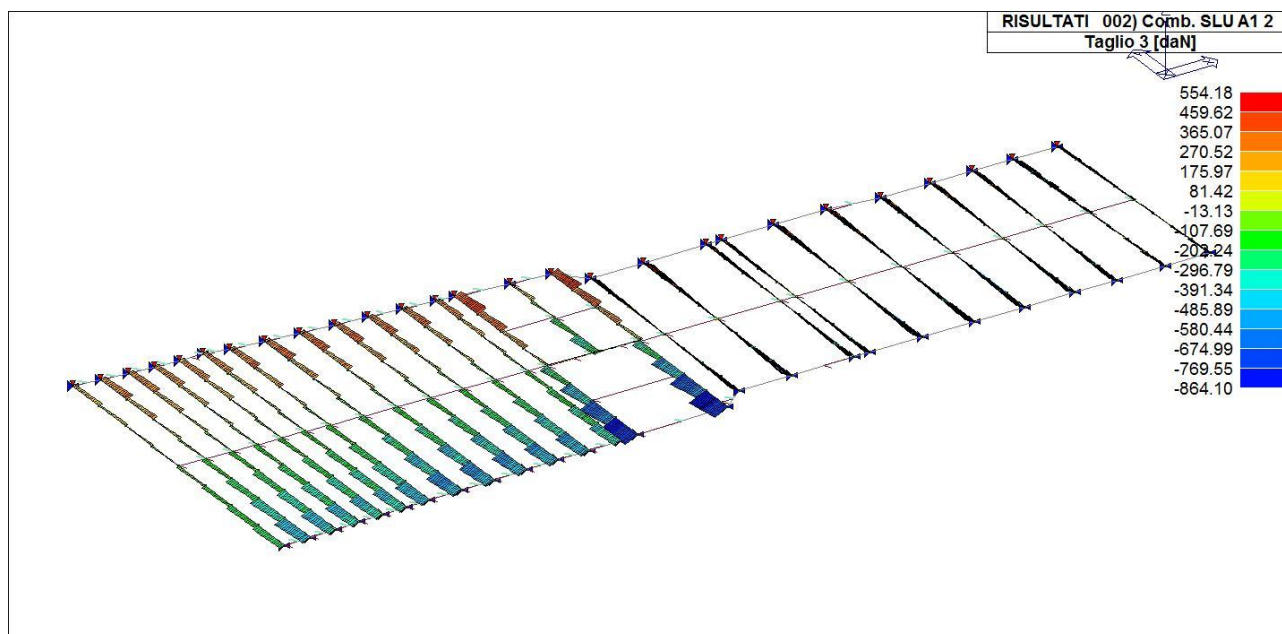


Figura 5.220 Massima sollecitazione SLU – Taglio T3 - [daNcm]

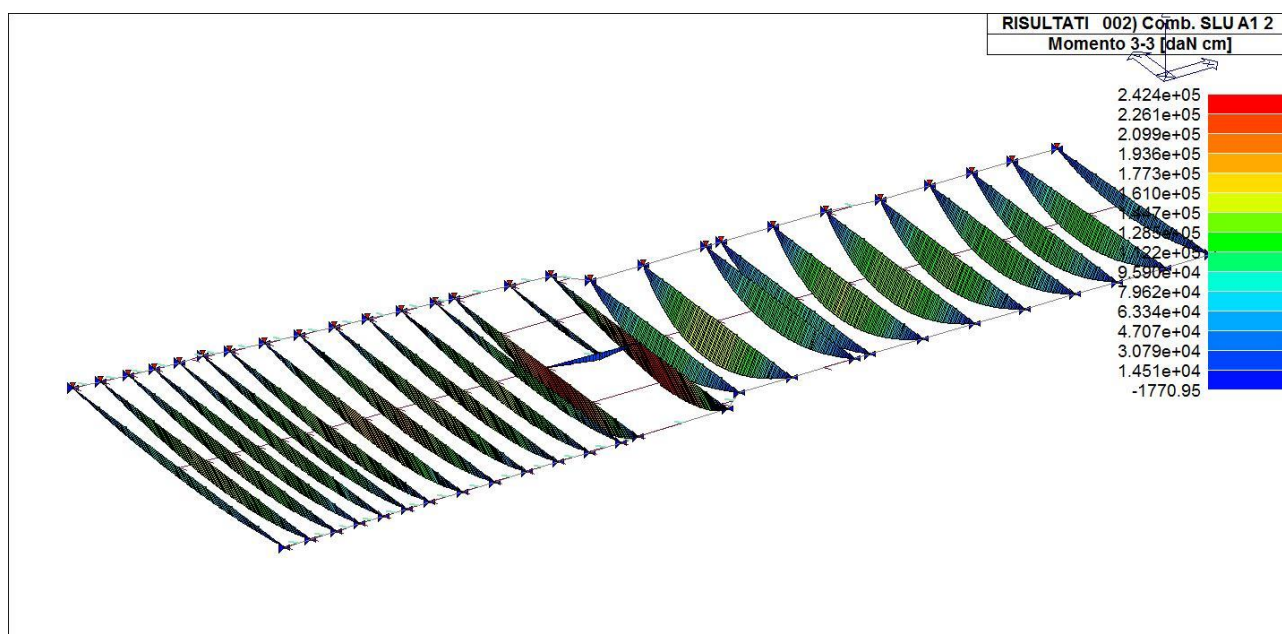


Figura 5.221 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente M3 - [daNcm]

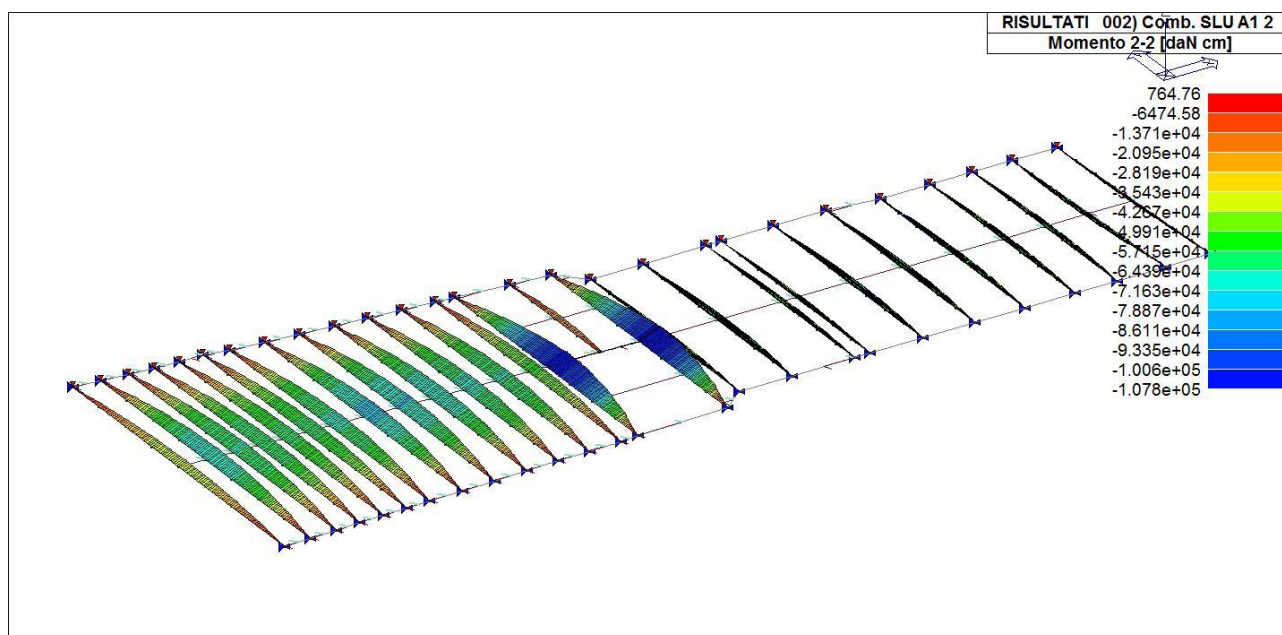


Figura 5.222 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente M2- [daNcm]

VERIFICHE SLU:

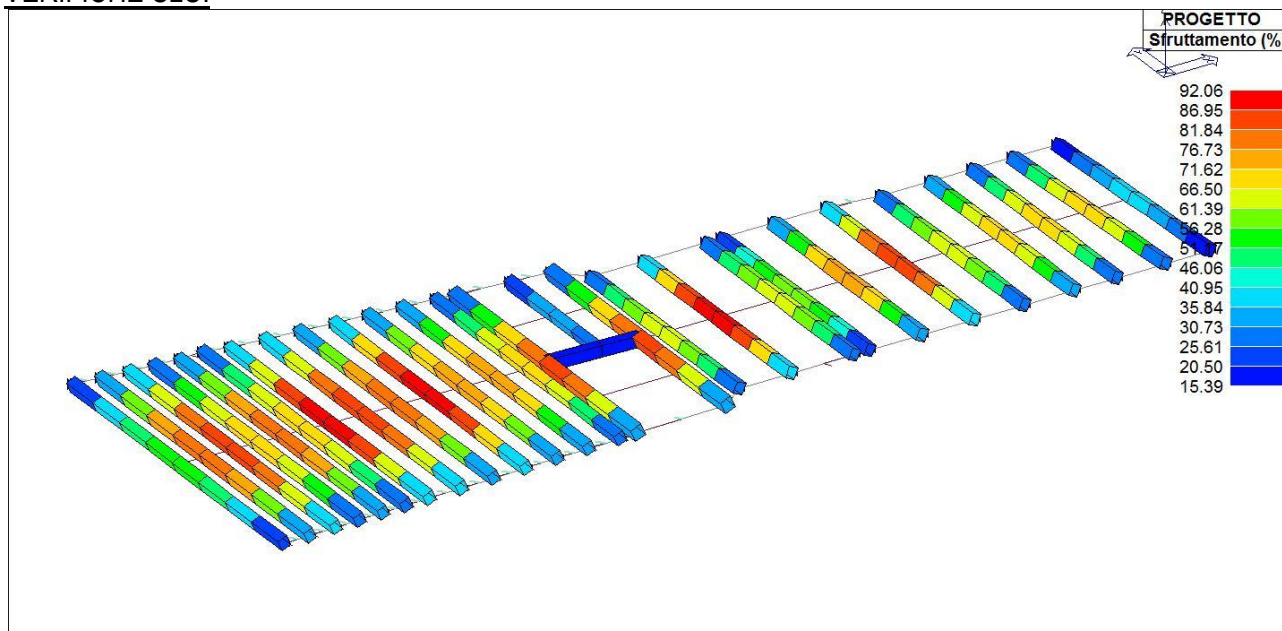


Figura 5.223 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI

| | | |
|----------------|-----------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 92% <100% | VERIFICATO |
|----------------|-----------|------------|

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

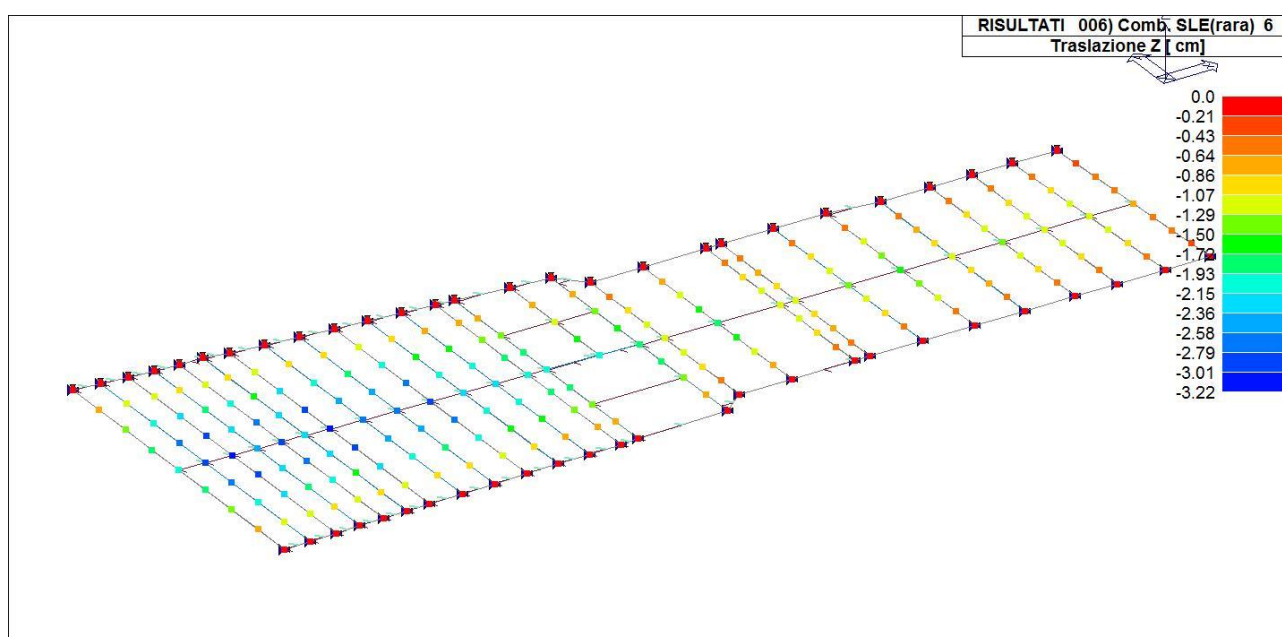


Figura 5.224 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 209 di 439 |

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=7.08m | | | | | | |
|--|-----------|----------|--------------|---------|--------|-----------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 3.22 | L/219 | | Accettabile (*) |
| 2 | Nuova | SLE-RARA | 2.86 | L/250 | | Accettabile (*) |

(*) Nell'ottica della conservazione si ritiene accettabile una freccia pari a L/219 per le strutture lignee esistenti e di L/250 per quelle di nuovo inserimento fraposte tra le travi esistenti.

5.6.3.2 Orditura Minuta (listelli)

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 8 | 8 | 30 | 1.35 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|--|----------------|------------|
| Peso listelli (8x8cm passo 30cm) | G ₁ | 15 daN/mq |
| Peso tavolato incrociato 3cm | G ₁ | 18 daN/mq |
| Peso piastrelle in cotto 3cm | G ₁ | 54 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura (coppi, guaina, isolante) | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |
| Carico concentrato manutenzione | Q _k | 120 daN |

VERIFICHE:

| dati sezione e materiali | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|-----------|------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| denominazione trave: S02 - Listelli | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | |
| trave | 8 | 8 | 0°/0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio | classe di servizio |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm²] | [kg/cm²] | | classe durata carico |
| | | | | | | | 2 breve |

| combinazioni e sollecitazioni | | | | |
|-------------------------------|-------------------|----------|-----------|--------|
| luce di calcolo | L | 135 | cm | |
| | SLU | SLE rara | SLE q. p. | |
| distribuito | q _d | 63.15 | 48.58 | [kg/m] |
| conc. a L/2 | P _d | 180.00 | 120.00 | [kg] |
| momento flettente | M _{ed,y} | 7514 | kgcm | |
| | M _{ed,z} | 0 | kgcm | |
| sollecitazione di taglio | V _{ed,y} | 133 | kg | |
| | V _{ed,z} | 0 | kg | |

| verifiche agli S.L.U. | | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------|----------|
| σ _{my,d} | σ _{mz,d} | verifica | τ _{y,d} | τ _{z,d} | verifica |
| 88.1 | 0.0 | 0.61 | 3.1 | 0.0 | 0.13 |
| [kg/cm²] | [kg/cm²] | | [kg/cm²] | [kg/cm²] | |
| verifiche agli S.L.E. | | | | | |
| | f _y [cm] | f _z [cm] | f _{TOT} [cm] | | |
| freccia istantanea | 0.0 | 0.2 | 0.2 | L / 614 | |
| freccia finale | 0.0 | 0.4 | 0.4 | L / 341 | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 210 di 439 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

5.6.4 Copertura S.04

Gli interventi di progetto prevedono l'inserimento di due nuove semicapriate (C10a, C9a) a fianco di quelle esistenti in modo da ridurre a circa la metà l'area di influenza e quindi i carichi gravanti su di esse.

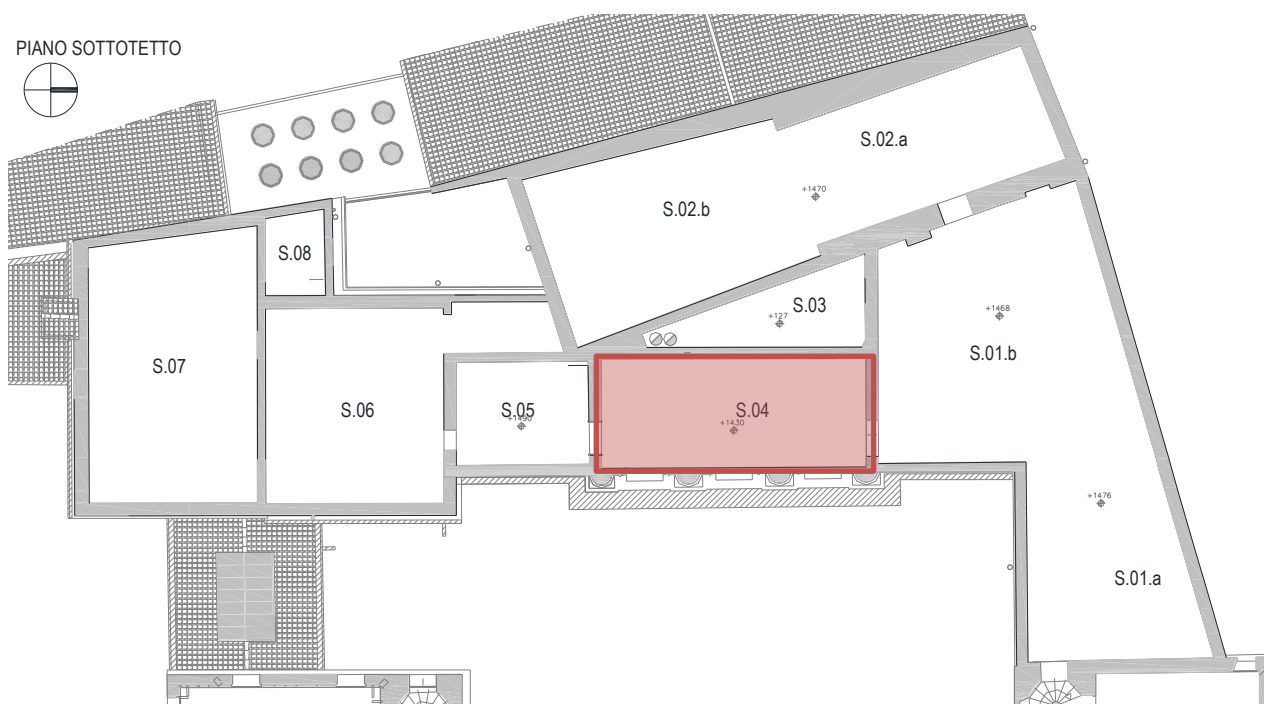
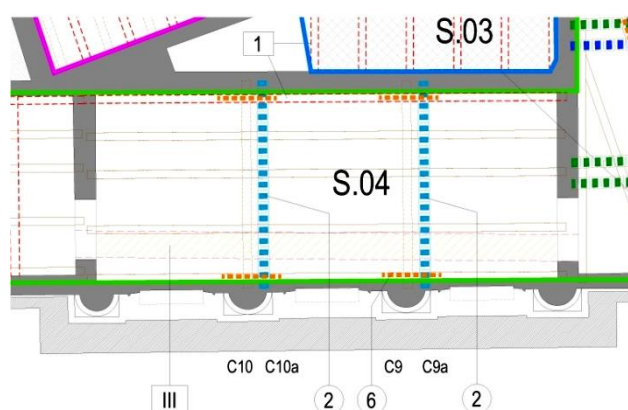
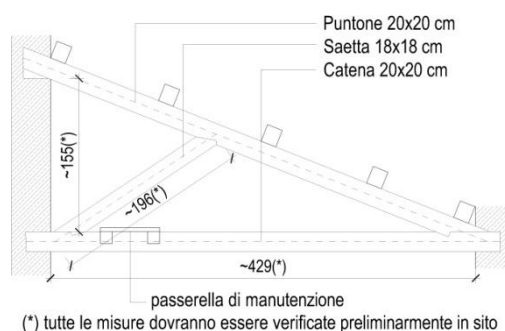


Figura 5.225 Localizzazione copertura S.04



[2] - NUOVE SEMICAPRIATE C9a-C10a IN LEGNO C24
scala 1:50



(*) tutte le misure dovranno essere verificate preliminarmente in sito

Figura 5.226 Rilievo strutture di copertura S.04 nella condizione di stato di progetto; nuova semicapriata C9-C10

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 211 di 439 |

5.6.4.1 Capriata C10

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto della capriata maggiormente sollecitata: C10

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVERE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|---------|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| Puntone | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 18 |
| Saetta | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 17 |
| Catena | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 21 |

CARICHI:

| | | |
|--|-------------------|-------------------|
| Peso travi esistenti (arcarecci) | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (tubazioni impiantistiche, carico concentrato in corrispondenza dell'arcaccio al di sopra della saetta) | G _{2,nd} | 70 daN/m |
| Peso passerella di manutenzione (concentrato su catena lato ovest, parete alta) | Q | 74 daN/m |
| Carico accidentale neve | Q | 120-247(*) daN/mq |
| Impronta di influenza capritata | i | 1.9 m |

(*) Il carico accidentale neve lungo la falda è considerato con accumulo variabile dal colmo pari a 120 daN/mq alla linea di gronda pari a 247 daN/mq

Nelle analisi dello stato di fatto della semicapriata viene considerata una migliore distribuzione dei carichi di copertura con l'inserimento di nuovi arcarecci (secondo indicazioni di progetto), tali carichi sono stati inseriti sui puntone come concentrati in corrispondenza degli appoggi degli arcarecci.

MODELLAZIONE:

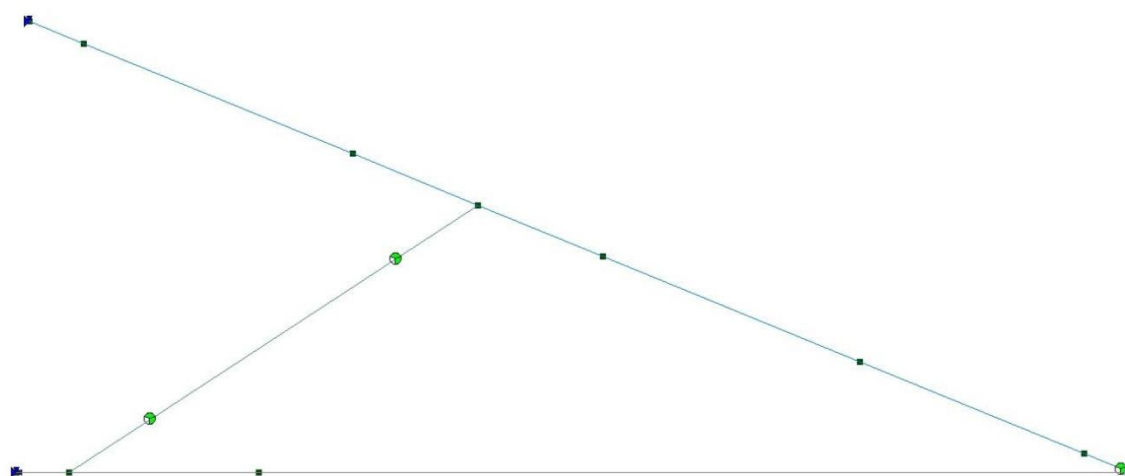


Figura 5.227 Mesh del modello agli elementi finiti della semicapriata

SOLLECITAZIONI MASSIME:

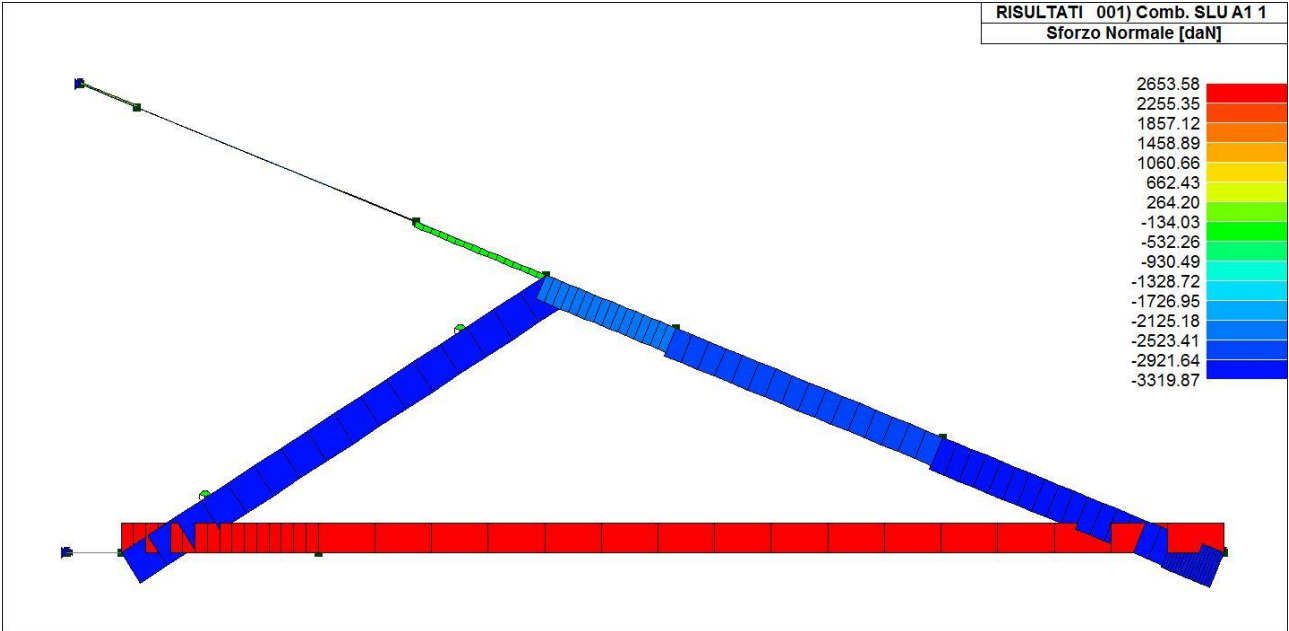


Figura 5.228 Massima sollecitazione SLU – Sforzo Normale - [daNcm]

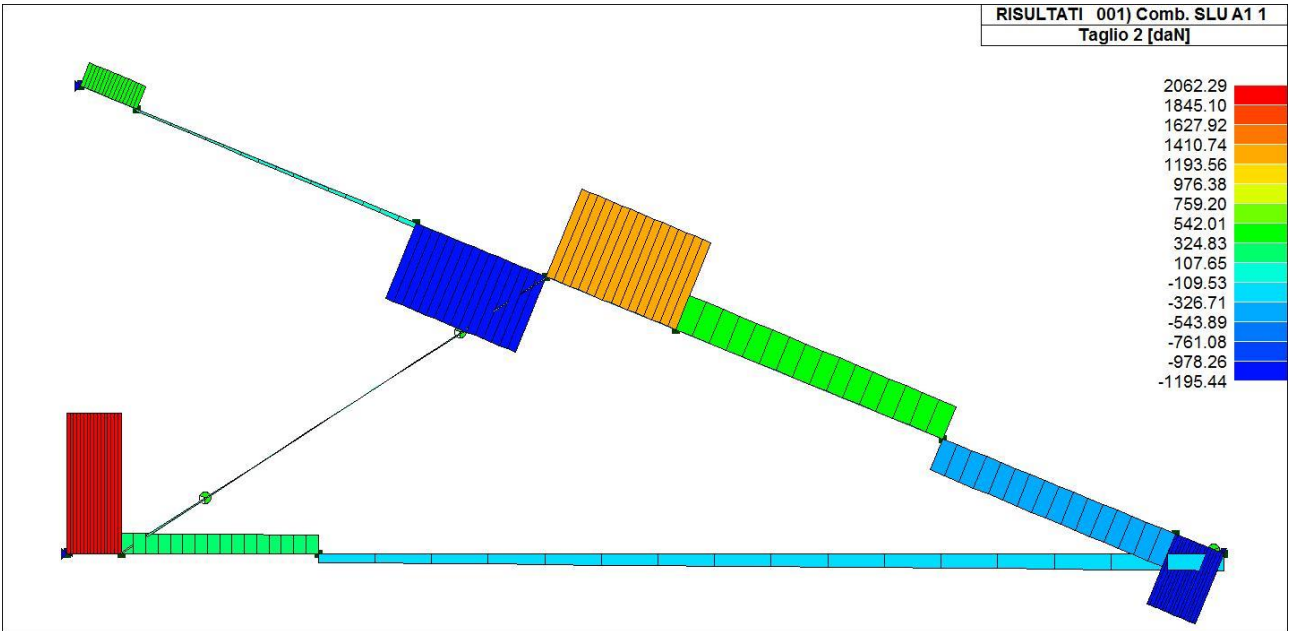


Figura 5.229 Massima sollecitazione SLU - Taglio - [daNcm]

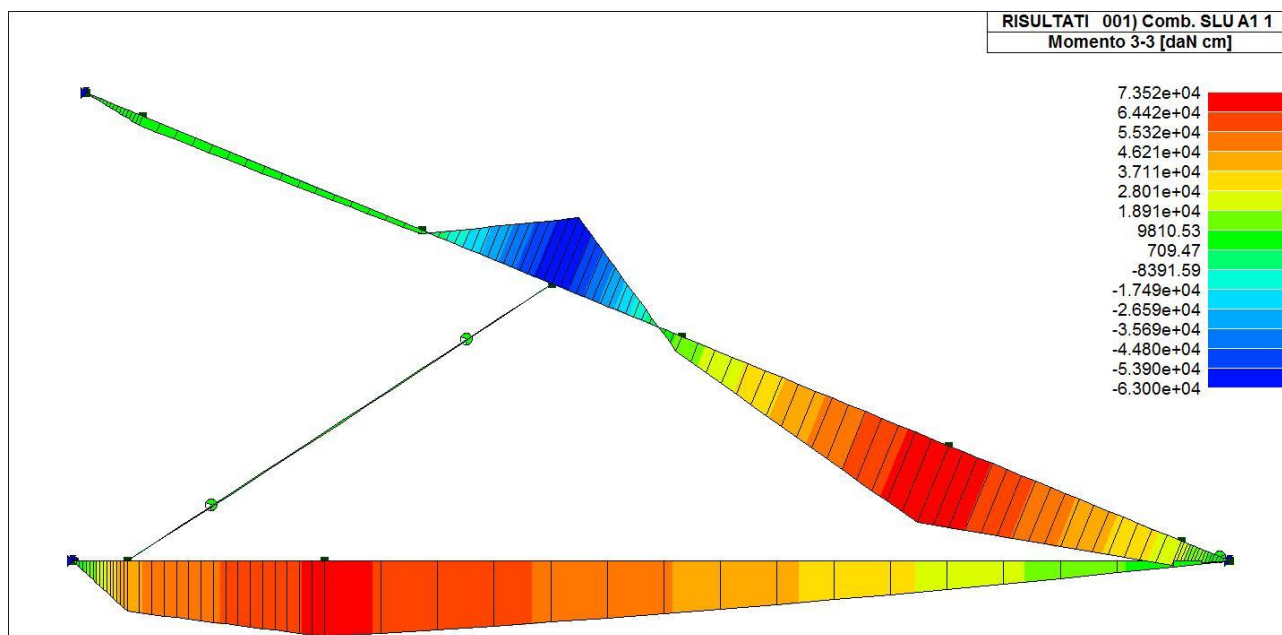


Figura 5.230 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente - [daNcm]

VERIFICHE SLU:

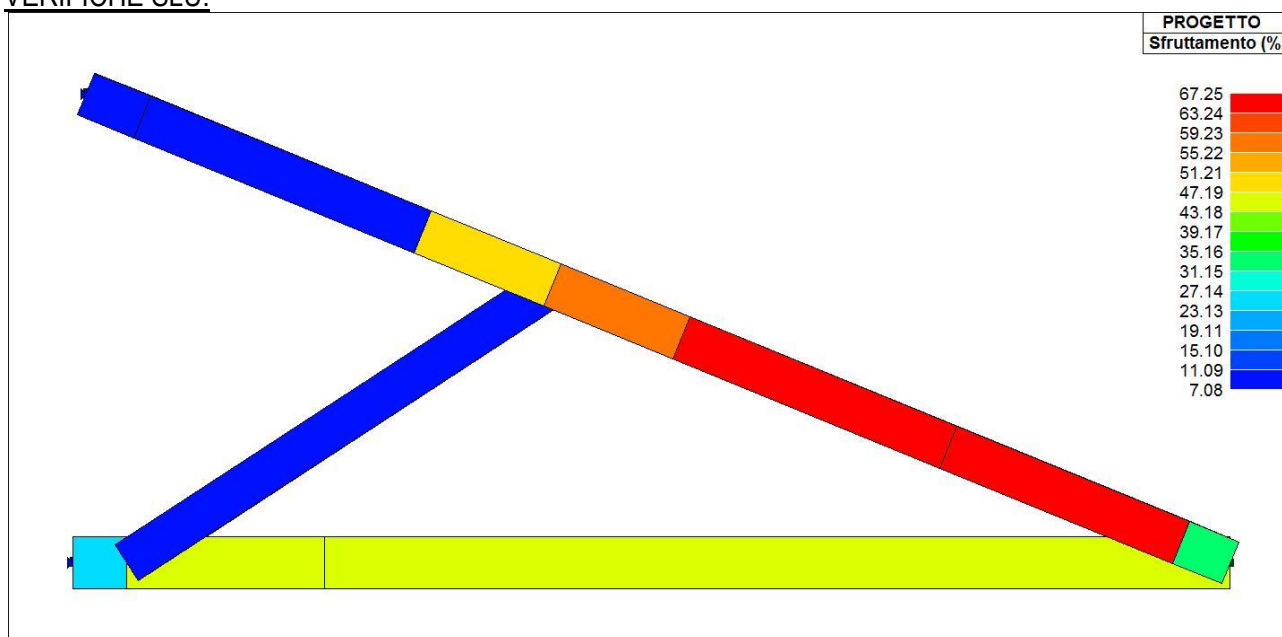


Figura 5.231 Percentuale di sfruttamento travi lignee [%]

PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI

TRAVI IN LEGNO

67.3% <100%

VERIFICATO

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 214 di 439 |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

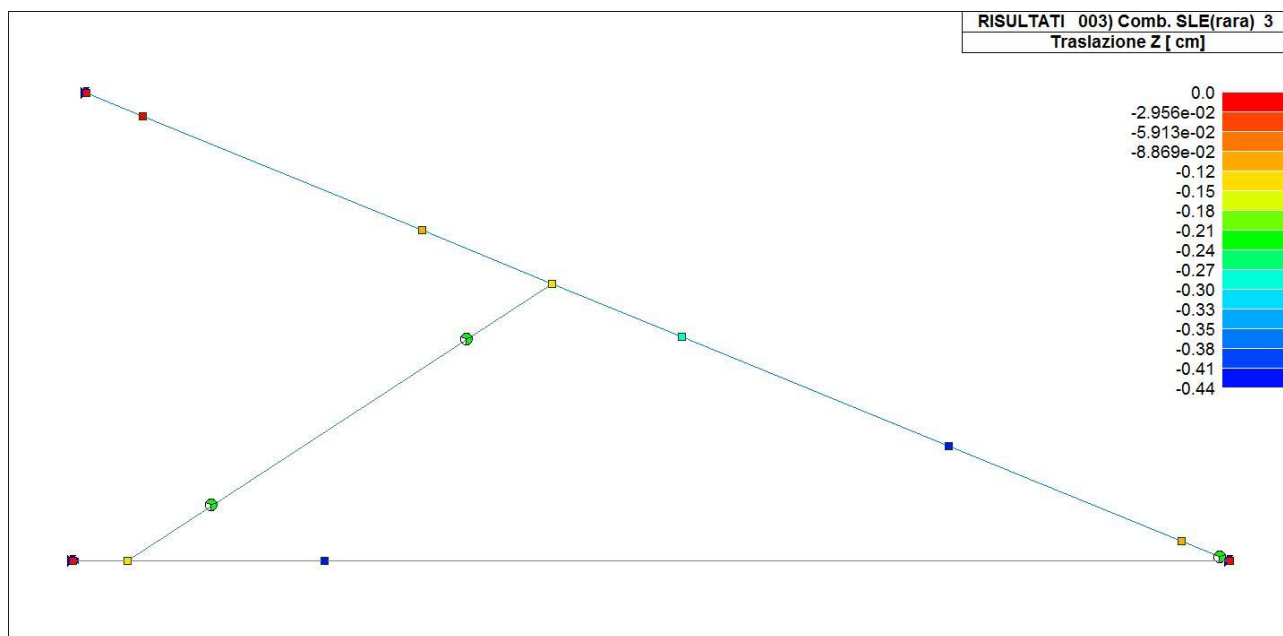


Figura 5.232 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA | | | | | | |
|----------------------|-----------|----------|--------------|---------|--------|------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Esistente | SLE-RARA | 0.44 | L/1045 | L/300 | VERIFICATO |

5.6.4.2 Arcarecci

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 16 | 18 | 120 | 3.6 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|--|----------------|------------|
| Peso travi esistenti | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve in accumulo (penultimo arcareccio) | Q | 205 daN/mq |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 215 di 439 |

VERIFICHE:

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | |
|---|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|
| denominazione trave: S04 arcareccio accumulo neve | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | |
| trave | 16 | 18 | 22°0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe di servizio 2 |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico breve |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | |
|---|----------------|-------------------|-----------------|-------------------------------------|--------|--|--|
| luce di calcolo | | L | 350 | cm | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | |
| distribuito | q _d | 457.19 | 372.38 | 259.63 | [kg/m] | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 64910 | kgcm | | | |
| | | M _{Ed,z} | 26225 | kgcm | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 742 | kg | | | |
| | | V _{Ed,z} | 300 | kg | | | |

| | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| | 75.1 | 34.1 | 0.83 | 3.9 | 1.6 | 0.19 |
| | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |

| | | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------|
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | 0.5 | 0.9 | 1.0 | L / 341 |
| freccia finale | 0.7 | 1.4 | 1.6 | L / 219 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 216 di 439 |

VERIFICHE:

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|---|
| denominazione trave: S04 tavolato neve accumulo | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | |
| trave | 20 | 3.5 | 0° 0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio | classe di servizio 2 |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico breve |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | |
|---|----------------|-------------------|-----------------|------------------|
| luce di calcolo | | L | 120 | cm |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. |
| distribuito | q _d | 95.88 | 66.80 | 44.20 |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | | | [kg/m] |
| | | | | [kg] |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 1726 | kgcm |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 58 | kg |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg |

| <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|
| σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| 42.3 | 0.0 | 0.29 | 1.2 | 0.0 | 0.05 |
| [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | |
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | | |
| freccia istantanea | 0.0 | 0.2 | 0.2 | L / 522 | |
| freccia finale | 0.0 | 0.4 | 0.4 | L / 341 | |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

5.6.5 Copertura S.05

Gli interventi di progetto prevedono l'inserimento di due nuove travi in legno C24 di sezione 16x22 in mezzeria ai lati della trave principale esistente, in modo da dimezzarne la zona di influenza.

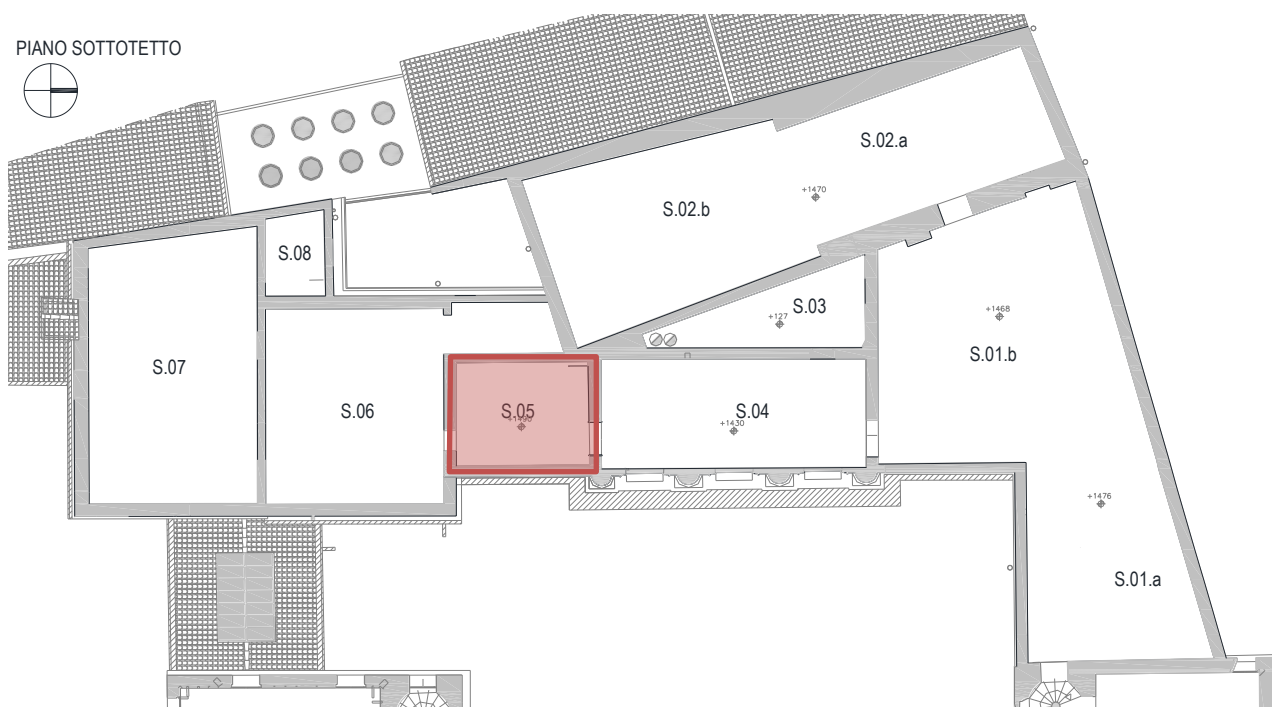


Figura 5.233 Localizzazione copertura S.05

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 217 di 439 |

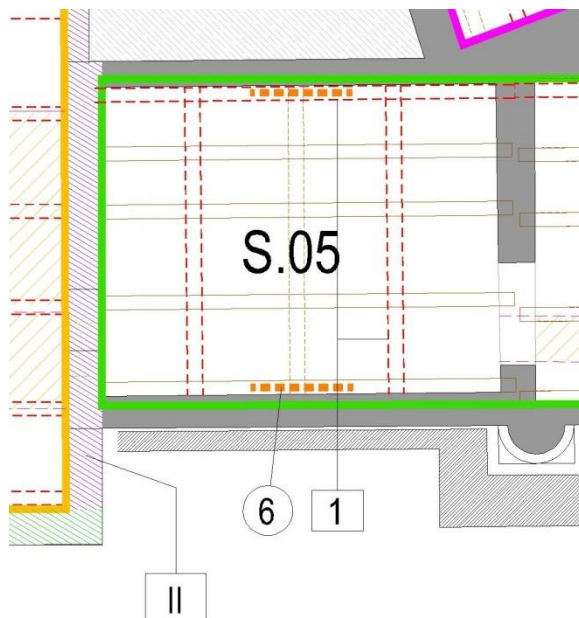


Figura 5.234 Rilievo strutture di copertura S.05 nella condizione di stato di progetto

5.6.5.1 Trave principale

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto della trave principale più sollecitata nelle condizioni di progetto.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVERE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|-------|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| Trave | Esistente | Rettangolare | Legno C20 | 20 | 22 |

CARICHI:

| | | |
|---------------------------------------|-------|------------|
| Peso travi esistenti (arcarecci) | G_1 | 16 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G_1 | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G_1 | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |
| Impronta di influenza | i | 1.35 m |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 218 di 439 |

VERIFICHE:

| dati sezione e materiali | | | | | | | | | |
|---|------|------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| denominazione trave: S05 trave principale SDP | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | | | |
| trave | 20 | 22 | 0° 0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe di servizio | 2 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | breve | |

| combinazioni e sollecitazioni | | | | | verifiche agli S.L.U. | | | | | |
|-------------------------------|--|-------------------|--------|----------|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|----------|
| luce di calcolo | | L | 460 | cm | σ _{my,d} | σ _{mz,d} | verifica | τ _{y,d} | τ _{z,d} | verifica |
| | | | | | 81.1 | 0.0 | 0.68 | 3.9 | 0.0 | 0.18 |
| | | | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| distribuito | | q _d | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | |
| conc. a L/2 | | P _d | 494.94 | 355.80 | 274.80 | | | | | |
| | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 130912 | kgcm | | | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 1138 | kg | | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | | | |

| verifiche agli S.L.E. | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------|
| | f _y [cm] | f _z [cm] | f _{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | 0.0 | 1.2 | 1.2 | L / 373 |
| freccia finale | 0.0 | 2.0 | 2.0 | L / 231 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 219 di 439 |

VERIFICHE:

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | |
|---|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|
| denominazione trave: S05 arcareccio SDP | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | |
| trave | 16 | 18 | 23°0 | 120.0 | 21.6 | C20 - massiccio | classe di servizio 2 |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico breve |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | |
|---|----------------|-------------------|-----------------|-------------------------------------|--------|--|--|
| luce di calcolo | | L | 140 | cm | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | |
| distribuito | q _d | 374.90 | 268.08 | 202.08 | [kg/m] | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 8455 | kgcm | | | |
| | | M _{Ed,z} | 3589 | kgcm | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 242 | kg | | | |
| | | V _{Ed,z} | 103 | kg | | | |

| | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| | 9.8 | 4.7 | 0.11 | 1.3 | 0.5 | 0.06 |
| | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |

| | | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | 0.0 | 0.0 | 0.0 | L / 7380 |
| freccia finale | 0.0 | 0.0 | 0.0 | L / 4604 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

5.6.5.3 Tavolato

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Nuovo | Rettangolare | Legno C24 | 20 | 3.5 | 20 | 1.10 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|-------------------------------|----------------|------------|
| Peso tavolato superiore sp. 2 | G ₁ | 12 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 220 di 439 |

VERIFICHE:

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| denominazione trave: S05 tavolato | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 20 | 3.5 | 0° 0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio | classe di servizio | 2 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | breve | |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | |
|---|-------------------|-----------------|------------------|--------|
| luce di calcolo | L | 110 | cm | |
| | SLU | SLE rara | SLE q. p. | |
| distribuito | q _d | 64.08 | 45.60 | [kg/m] |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | [kg] |
| momento flettente | M _{Ed,y} | 969 | kgcm | |
| | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | |
| sollecitazione di taglio | V _{Ed,y} | 35 | kg | |
| | V _{Ed,z} | 0 | kg | |

| <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|
| σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| 23.7 | 0.0 | 0.16 | 0.8 | 0.0 | 0.03 |
| [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | |
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | | |
| freccia istantanea | 0.0 | 0.1 | 0.1 | L / 994 | |
| freccia finale | 0.0 | 0.2 | 0.2 | L / 625 | |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 221 di 439 |

6 NUOVE STRUTTURE

Il progetto comprende la realizzazione delle seguenti nuove strutture nell'ambito dello stralcio funzionale A:

- piano aggiunto a soffitto dei vani T.09 e T.10;
- nuova scala in acciaio a servizio del museo;
- nuovi controsoffitti a soffitto del piano nobile;
- nuovo impalcato in acciaio per la collocazione della macchina UTA nei sottotetti;
- nuove coperture lignee S.06 e S.07, da realizzarsi ad integrale sostituzione delle coperture esistenti.

6.1 PIANO AGGIUNTO: OPERE IN ELEVAZIONE

Considerata la scelta progettuale di realizzare il nuovo piano aggiunto con struttura indipendente rispetto all'edificio esistente e da questa separata da un giunto sismico, si è provveduto al dimensionamento dei telai in acciaio (travi e pilastri) a sostegno di ciascuno dei due solai, realizzati con travi lignee e soletta collaborante in calcestruzzo alleggerito, e del giunto sismico rispetto alle pareti perimetrali esistenti.

Si riportano di seguito la verifica dei solai lignei con soletta collaborante e del telaio maggiormente sollecitato, progettato con ipotesi di incastro al piede ed in sommità di ciascun pilastro.

6.1.1 T.09.Aggiunto – T.10.Aggiunto

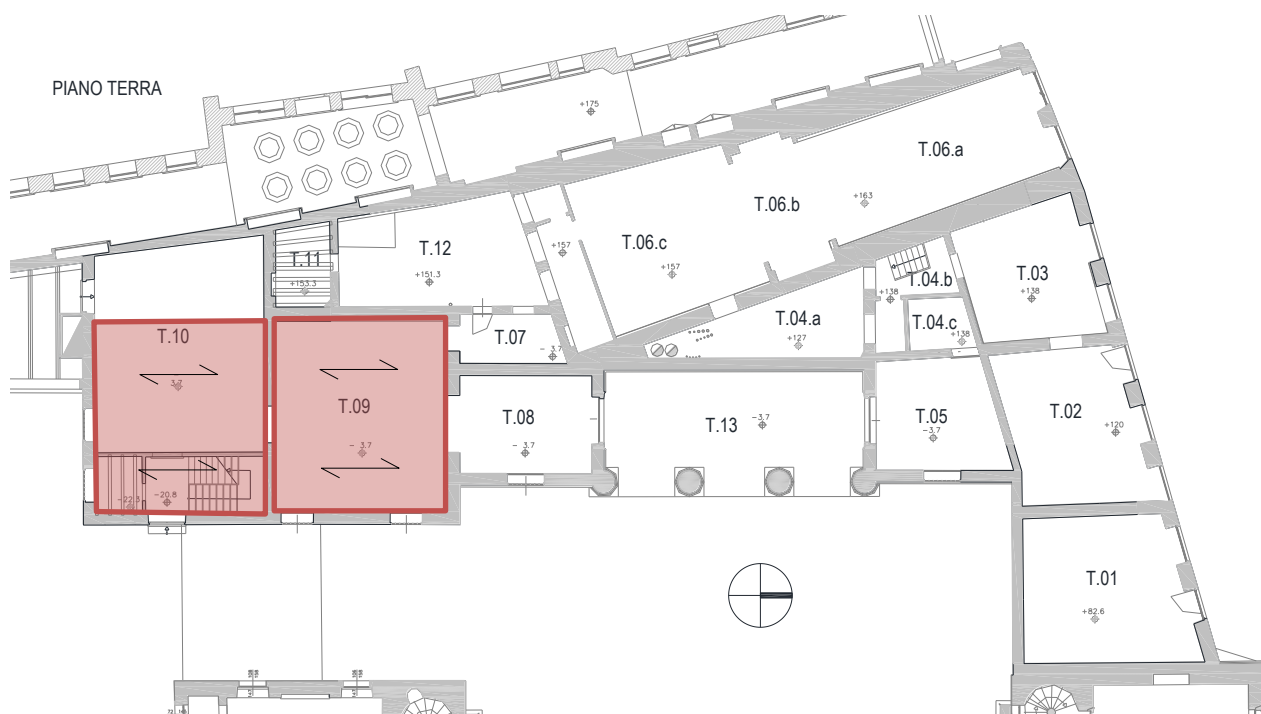


Figura 6.1 Localizzazione del solaio T.09-10.Aggiunto con direzione dei solai nella condizione di stato di progetto

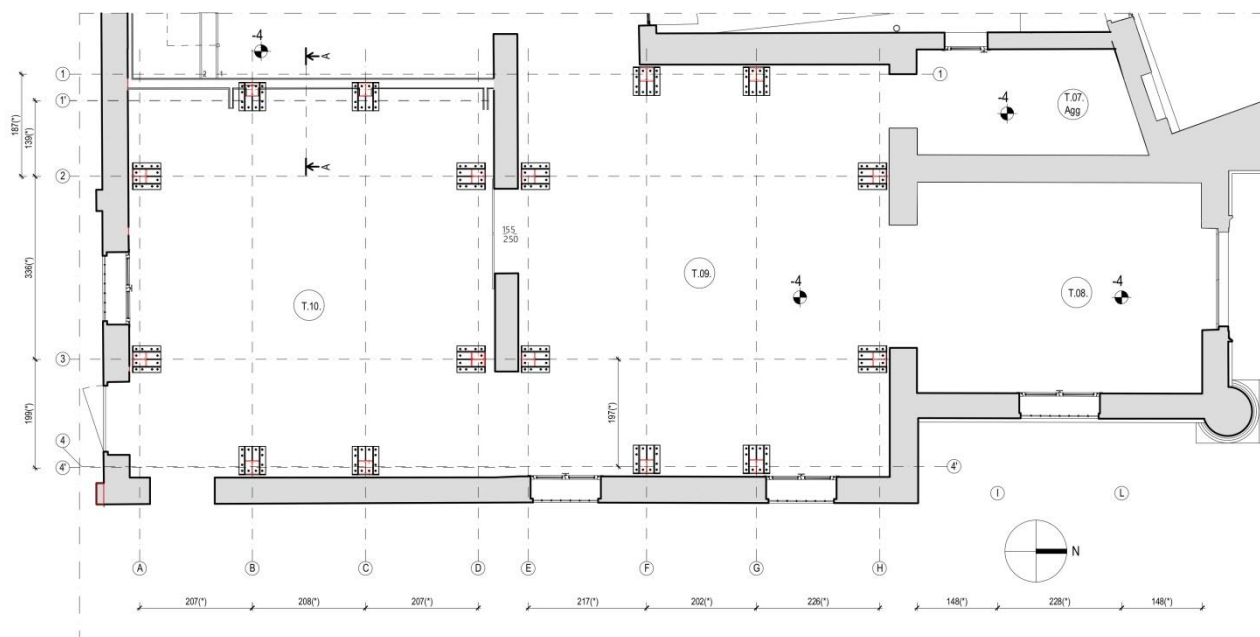


Figura 6.2 Quote assi - piano aggiunto

6.1.1.1 Verifica solaio composto legno-calcestruzzo

Il solaio è di tipo a travi in legno con soletta collaborante in calcestruzzo alleggerito: si riporta di seguito la sezione.

SOLAIO STANZA T.09.Agg

SOLAIO IN LEGNO CON SOLETTA COLLABORANTE
scala 1:20

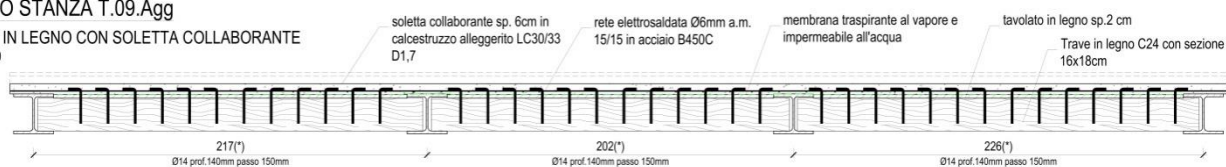


Figura 6.3 Sezione solaio tipologico per i piani aggiunti T.09.Agg e T.10.Agg

I solai del piano aggiunto sono tutti realizzati secondo i medesimi dettagli esecutivi: si riporta dunque la verifica per la condizione di carico e di luce più gravosa.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio si è considerata una luce di calcolo pari a 2.26m, pari alla distanza massima esistente tra gli interassi dei profili in acciaio di appoggio dei solai.

| ID. | ELEM. | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Trave | Rettangolare | Legno C24 | 16 | 18 | min80-max90 | 2.26 | Semplice appoggio |

| | |
|---|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 223 di 439 |

| | | | | | | | | |
|---|---------|--------------|---------|----|---|-------------|------|-------------------|
| 2 | Soletta | Rettangolare | LC30/33 | 92 | 6 | min80-max90 | 2.26 | Semplice appoggio |
|---|---------|--------------|---------|----|---|-------------|------|-------------------|

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali travi in legno sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Soletta collaborante in LC30/33 D1.7 sp.6cm | G ₁ | 111 daN/mq |
| Peso trave in legno sez. 16x18cm i=90cm | G ₁ | 19 daN/mq |
| Peso del tavolato sp.2cm | G ₁ | 12 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento in legno, massetto alleggerito) | G _{2,nd} | 73 daN/mq |
| Peso permanente portato tramezzature interne | G _{2,nd} | 80 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 600 daN/mq |

VERIFICHE SLU/SLE:

Caratteristiche solaio composto legno-calcestruzzo

| Carichi nominali, combinazioni di carico e azioni interne | | | | | | SLU_1 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_Q (G_{2k} + Q_k)$ | | | SLU_2 : $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_{G2} G_{2k}$ | | | SLE | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|--|-------------------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| g_{1k} [kN/m ²] | g_{2k} [kN/m ²] | q_k [kN/m ²] | ψ_2 [-] | γ_{G1} [-] | $\gamma_{G2} ; \gamma_Q$ [-] | q_{SLU_1} [kN/m] | M_{Ed,SLU_1} [kNm] | V_{Ed,SLU_1} [kN] | q_{SLU_2} [kN/m] | M_{Ed,SLU_2} [kNm] | V_{Ed,SLU_2} [kN] | g_k [kN/m] | q_k [kN/m] |
| 1.42 | 1.93 | 6.00 | 0.80 | 1.30 | 1.50 | 12.37 | 7.90 | 13.98 | 4.27 | 2.73 | 4.82 | 3.02 | 5.40 |

| Trave | | legno | massiccio | C24 | $\rho_k = 350.00$ kg/m ³ | | $\gamma_{M,legno} = 1.50$ | | |
|-------|----------------|-------|-----------|----------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------|-------------|-----------|
| b | h ₂ | i | L | γ_{legno} | $E_{0,mean}$ | G_{mean} | $f_{m,k}$ | $f_{t,0,k}$ | $f_{v,k}$ |
| [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 160 | 180 | 900 | 2260 | 6.00 | 11000 | 690 | 24.00 | 14.00 | 4.00 |

| Soletta in calcestruzzo | | | | | cls | classe | LC30/33 | $\gamma_c = 1.50$ | |
|---|------|----------------------|----------------------|--------|----------|----------|----------------|-------------------|----------|
| h_1 | t | γ_{assito} | γ_{cls} | ϕ | f_{ck} | f_{cd} | $f_{ctk,0.05}$ | f_{ctd} | E_{cm} |
| [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [kN/m ³] | [-] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 60 | 20 | 6.00 | 18.50 | 2.00 | 30.00 | 17.00 | 1.75 | 1.17 | 19607 |
| Considerare il contributo della soletta nelle verifiche a taglio? | | | | | | NO | | | |

| | |
|--|--------------|
| Capacità portante connessione legno-acciaio ad un piano di taglio con piastra spessa | |
| $\gamma_{con} =$ | 1.50 |
| $f_{t,0,k} =$ | 24.68 MPa |
| $M_{yk} =$ | 1.19E+05 Nmm |
| $F_{v,Rk} =$ | 14.72 kN |

| Connettori | | | | | | acciaio | B450C | $\gamma_s = 1.15$ | |
|------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| ϕ | s_{min} | s_{max} | Verifica | s_{eq} | L_w | Verifica | f_{tk} | f_{yk} | f_{yd} |
| [mm] | [mm] | [mm] | $s_{max} \leq 4 s_{min}$ | [mm] | [mm] | $l_w \geq 10\phi$ | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 14 | 150 | 150 | SI | 150 | 140 | SI | 540.00 | 450.00 | 391.30 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 224 di 439 |

Verifiche SLU

| | | t = 0 | t = ∞ |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Caratteristiche materiali | | | |
| Calcestruzzo | E_1 | 19607 MPa | 6536 MPa |
| | $(EI)_1$ | 3.18E+11 Nmm ² | 1.06E+11 Nmm ² |
| | $(EA)_1$ | 1.06E+09 N | 3.53E+08 N |
| Legno | E_2 | 11000 MPa | 6875 MPa |
| | $(EI)_2$ | 8.55E+11 Nmm ² | 5.35E+11 Nmm ² |
| | $(EA)_2$ | 3.17E+08 N | 1.98E+08 N |
| Connessione | K_u | 6111 N/mm | 3820 N/mm |
| Caratteristiche sistema misto | | | |
| | $(EI)_{1+2}$ | 5.95E+12 Nmm ² | 3.13E+12 Nmm ² |
| | γ_1 | 0.02 | 0.04 |
| | γ_2 | 1.00 | 1.00 |
| | $y_{G,ef}$ | 98.58 mm | 98.44 mm |
| | a_1 | 131.42 mm | 131.56 mm |
| | a_2 | 8.58 mm | 8.44 mm |
| | $(EI)_{ef}$ | 1.55E+12 Nmm ² | 8.74E+11 Nmm ² |
| | η | 0.080 | 0.094 |

| Combinazione SLU_1 | | | | | | |
|--|---|--|----------------------|-------------------------------|----------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | | |
| Classe di durata del carico | | permanente | | | 0.60 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -3.25 | MPa | -2.05 | MPa | |
| | σ _{1,t} | 2.73 | MPa | 1.49 | MPa | |
| Legno | σ _{2,t} | 0.48 | MPa | 0.52 | MPa | |
| | σ _{m,2} | 5.03 | MPa | 5.59 | MPa | |
| | τ _{2,max} | 0.73 | MPa | 0.73 | MPa | |
| Connessione | F _{v,Ed} | 3.67 | kN | 4.01 | kN | |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | <div><div></div></div> 0.19 | Verifica | <div><div></div></div> 0.12 | Verifica | |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | <div><div></div></div> 2.34 | Predisporre armatura | <div><div></div></div> 1.28 | Predisporre armatura | |
| | | (N = 13.81 kN ; M = 1.61 kNm) | | (N = 15.09 kN ; M = 0.95 kNm) | | |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | <div><div></div></div> 0.61 | Verifica | <div><div></div></div> 0.68 | Verifica | |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | <div><div></div></div> 0.45 | Verifica | <div><div></div></div> 0.45 | Verifica | |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | <div><div></div></div> 0.62 | Verifica | <div><div></div></div> 0.68 | Verifica | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 225 di 439 |

| Combinazione SLU_2 | | | | | |
|--|---|--|----------|-----------------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | |
| Classe di durata del carico | | permanente | | 0.60 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -1.12 | MPa | -0.71 | MPa |
| | σ _{1,t} | 0.94 | MPa | 0.51 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 0.17 | MPa | 0.18 | MPa |
| | σ _{m,2} | 1.74 | MPa | 1.93 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.25 | MPa | 0.25 | MPa |
| Connessione | F _{v,Ed} | 1.27 | kN | 1.38 | kN |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | <div><div></div></div> 0.07 | Verifica | <div><div></div></div> 0.04 | Verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | <div><div></div></div> 0.81 | Verifica | <div><div></div></div> 0.44 | Verifica |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | <div><div></div></div> 0.21 | Verifica | <div><div></div></div> 0.23 | Verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | <div><div></div></div> 0.16 | Verifica | <div><div></div></div> 0.16 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | <div><div></div></div> 0.21 | Verifica | <div><div></div></div> 0.23 | Verifica |

Verifiche SLE

| | $t = 0$ | $t = \infty$ |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------------|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | |
| Calcestruzzo | E_1 | 19607 MPa |
| | $(EI)_1$ | 3.18E+11 Nmm ² |
| | $(EA)_1$ | 1.06E+09 N |
| Legno | E_2 | 11000 MPa |
| | G_2 | 690 MPa |
| | $(EI)_2$ | 8.55E+11 Nmm ² |
| | $(EA)_2$ | 3.17E+08 N |
| Connessione | K_{ser} | 9167 N/mm |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | |
| | $(EI)_{1+2}$ | 5.95E+12 Nmm ² |
| | γ_1 | 0.03 |
| | γ_2 | 1.00 |
| | $y_{G,ef}$ | 102.37 mm |
| | a_1 | 127.63 mm |
| | a_2 | 12.37 mm |
| | $(EI)_{ef,ser}$ | 1.72E+12 Nmm ² |
| | η_{ser} | 0.115 ≤ 0,70 Verifica |
| <u>Verifiche della freccia</u> | | |
| | u_g | 0.71 mm |
| | u_q | 1.27 mm |
| | u_{tot} | 1.99 ≤ L/500 = 4.52 Verifica |
| | | 3.01 ≤ L/350 = 6.46 Verifica |

Verifica armatura soletta

Verifica C.A. S.L.U. - File: Soletta Ic30_33

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° strati barre 1 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 90 | 6 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 1.41 | 3 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 13.81 0 kN
M_{xEd} 1.61 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

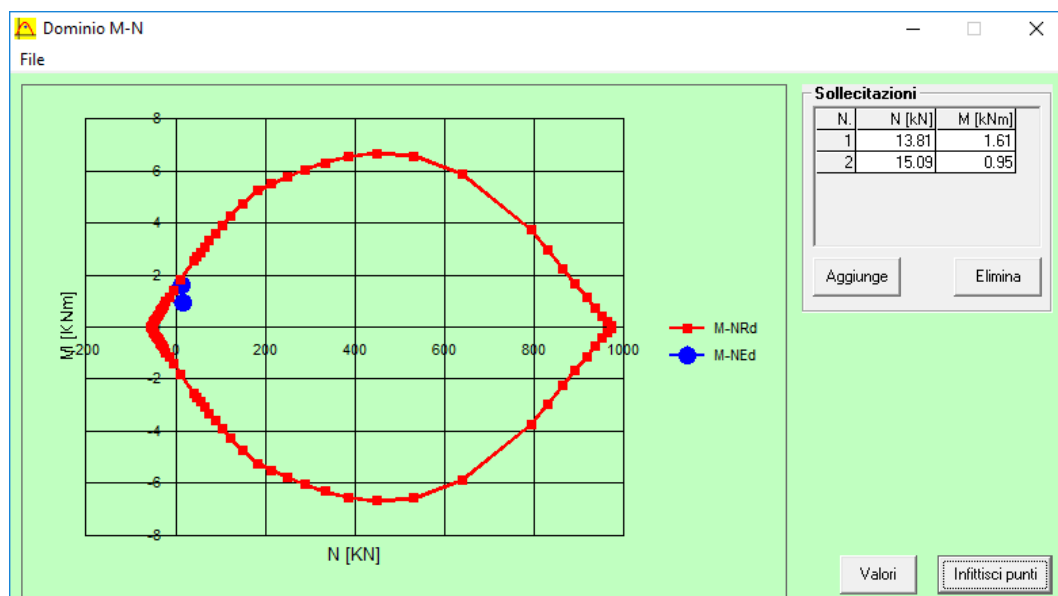
Precompresso

Materiali

B450C LC30/33

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
E_s/E_c 7 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 10.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.64
τ_{c1} 1.914

M_{xRd} 1.909 kN m
σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 15.39 ‰
d 3 cm
x 0.555 x/d 0.1853
δ 0.7



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 227 di 439 |

| VERIFICA A FLESSIONE | | | | | |
|----------------------|----------|----------------|--------------|--------------|------------|
| | Armatura | Ned(*) [kN] | Med [kNm] | Mrd [kNm] | RISULTATO |
| Solaio | Ø6 15x15 | 13.81 | 1.61 | < 1.909 | VERIFICATO |
| Solaio | Ø6 15x15 | 15.09 | 0.95 | < 1.942 | VERIFICATO |

(*) Valore positivo, elemento compresso

6.1.1.2 Verifica struttura in acciaio

La struttura portante all'interno del singolo vano è costituita da quattro portali in acciaio, di cui i due portali esterni sono a forma di π con due sbalzi di laterali. La struttura risulta inoltre essere completamente svincolata dall'edificio.

Nel modello il solaio è stato inserito attraverso un apposito elemento "solaio", che trasmette il carico direttamente alla struttura in acciaio.

I profili sono stati modellati tutti attraverso gli elementi "beam" e i nodi sono tutti perfettamente incastrati.

Per le analisi sismiche si sono adottati i seguenti parametri:

| Stato Limite di Riferimento | | SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) | |
|---|------------------|---|------|
| Zona sismica | | 3 | |
| Classe d'uso | | III | |
| Probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento | P _{VR} | 10% | |
| Periodo di ritorno azione sismica | T _R | 712 | anni |
| PARAMETRI INDIPENDENTI | | | |
| Accelerazione orizzontale massima al suolo | a _g | 0.175 | g |
| Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione | F ₀ | 2.425 | |
| Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione | T _C * | 0.288 | s |
| Categoria sottosuolo | | C | |
| Coefficiente di amplificazione stratigrafica | S _S | 1.446 | |
| | C _C | 1.583 | |
| Coefficiente di amplificazione topografica | S _T | 1.000 | |
| Fattore di struttura per analisi dinamica lineare | q | 1.000 | |
| PARAMETRI DIPENDENTI | | | |
| Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle cond. topografiche | S | 1.446 | |
| Periodo corrispondente all'inizio dello spettro ad accelerazione costante | T _B | 0.152 | s |
| Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro | T _C | 0.456 | s |
| Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro | T _D | 2.298 | s |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 228 di 439 |

Assumere il fattore di struttura pari a 1 significa progettare le strutture per resistere alle azioni sismiche attraverso un comportamento elastico, il che equivale ad assumere come spettro di progetto quello elastico non ridotto con il fattore di struttura.

Nelle verifiche degli elementi strutturali, di conseguenza, non viene applicato il criterio di gerarchia delle resistenze, ma vengono verificati gli elementi ed i collegamenti in base solo alle sollecitazioni di progetto senza alcun fattore o coefficiente di sovra resistenza.

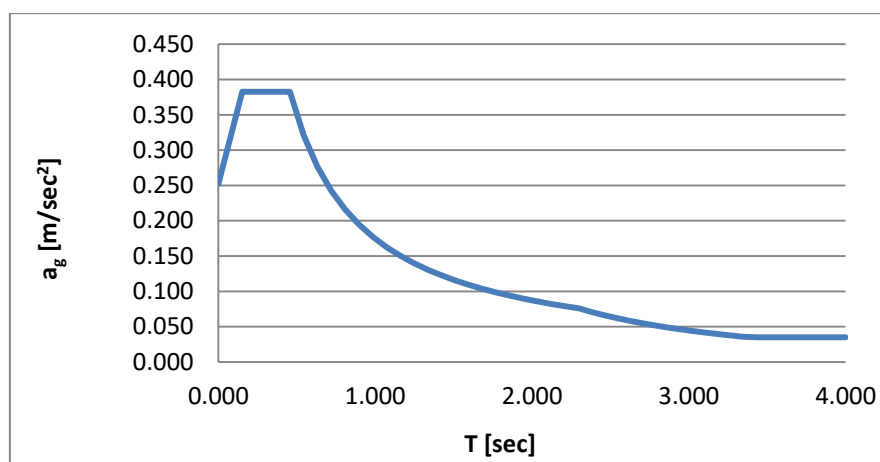


Figura 6.4: Spettro di risposta elastico

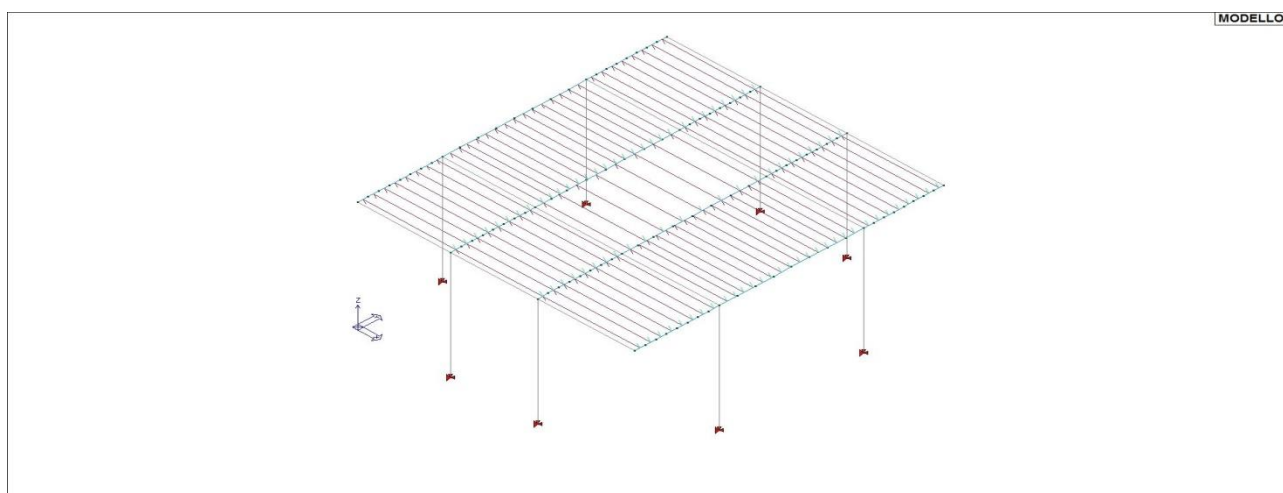


Figura 6.5 Modello globale realizzato attraverso il programma agli elementi finiti 2Si Prosap

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 229 di 439 |

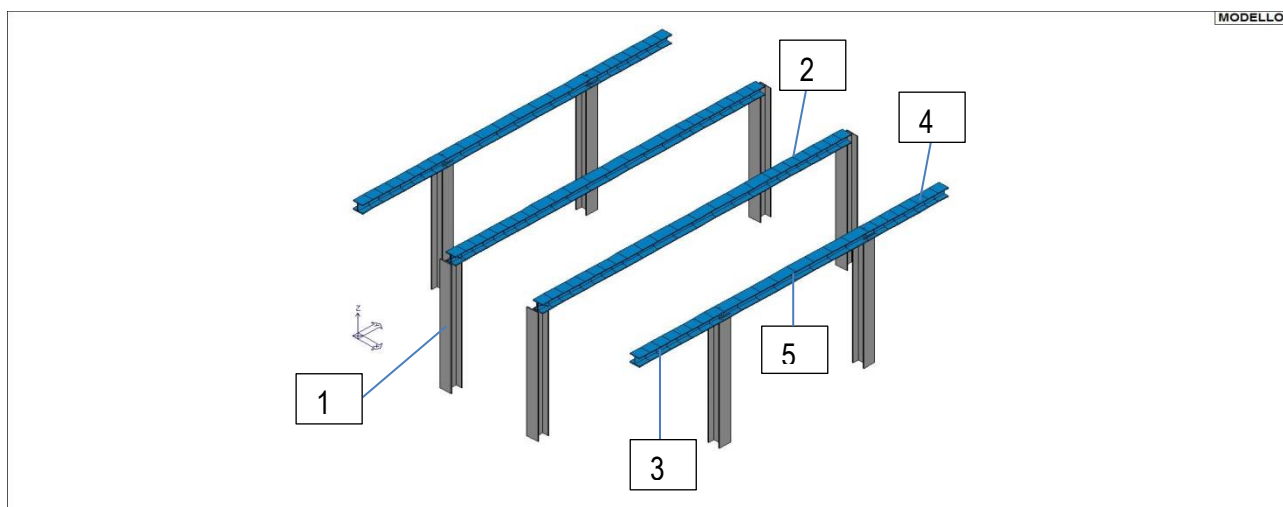


Figura 6.6 Modello - struttura portante in acciaio

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | ELEMENTO | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | L MAX [m] | Schema statico |
|-----|----------------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|----------------|
| 1 | Pilastrì | HEB 260 | S275 | 26 | 26 | 3.22 | Incastrato |
| 2 | Trave | HEB 220 | S275 | 22 | 22 | 7.20 | Incastrato |
| 3 | Trave a sbalzo | HEB 220 | S275 | 22 | 22 | 1.97 | Incastrato |
| 4 | Trave a sbalzo corta | HEB 220 | S275 | 22 | 22 | 1.87 | Incastrato |
| 5 | Trave centrale | HEB 220 | S275 | 22 | 22 | 3.36 | Incastrato |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali quali le travi ed i pilastri in acciaio sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

| | | |
|---|------------|------------|
| Soletta collaborante in LC30/33 D1.7 sp.6cm | G_1 | 111 daN/mq |
| Peso trave in legno sez. 16x18cm i=90cm | G_1 | 19 daN/mq |
| Peso del tavolato sp.2cm | G_1 | 12 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento in legno, massetto alleggerito) | $G_{2,nd}$ | 73 daN/mq |
| Peso permanente portato tramezzature interne | $G_{2,nd}$ | 80 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | $G_{2,nd}$ | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 600 daN/mq |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 230 di 439 |

I carichi sono stati inseriti nel modello considerando le condizioni peggiori di carico-scarico secondo le linee di influenza, in modo da massimizzare i momenti in campata e agli appoggi.

INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI SLU (statiche e sismiche):

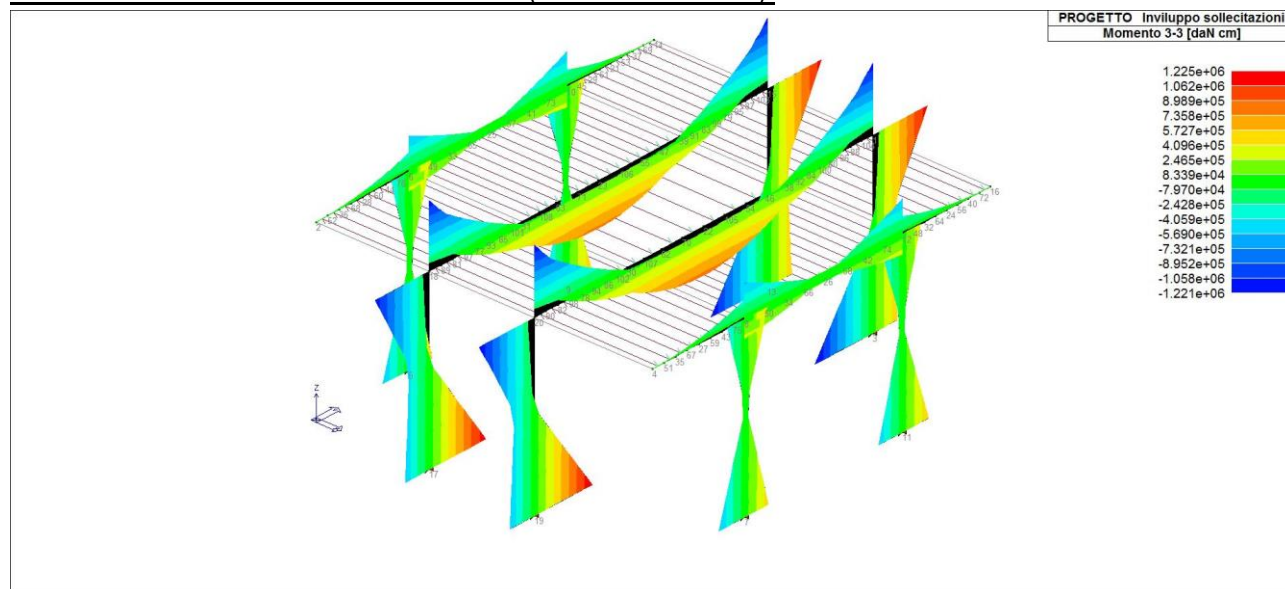


Figura 6.7 Inviluppo momento flettente M3-3 [daNcm]

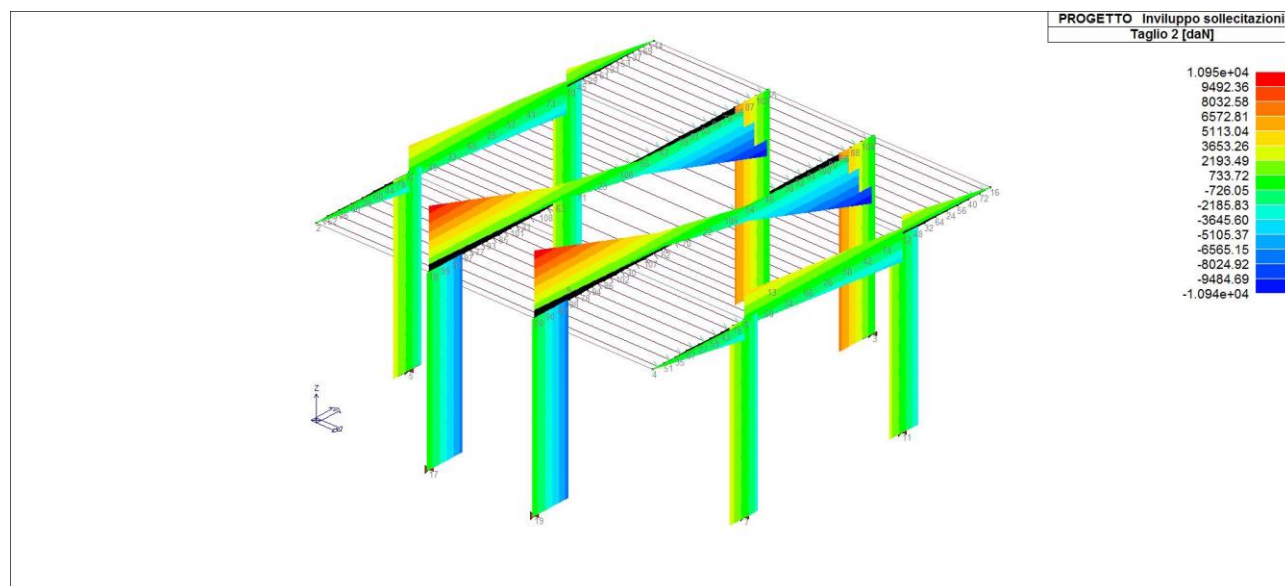


Figura 6.8 Inviluppo taglio T2 [daN]

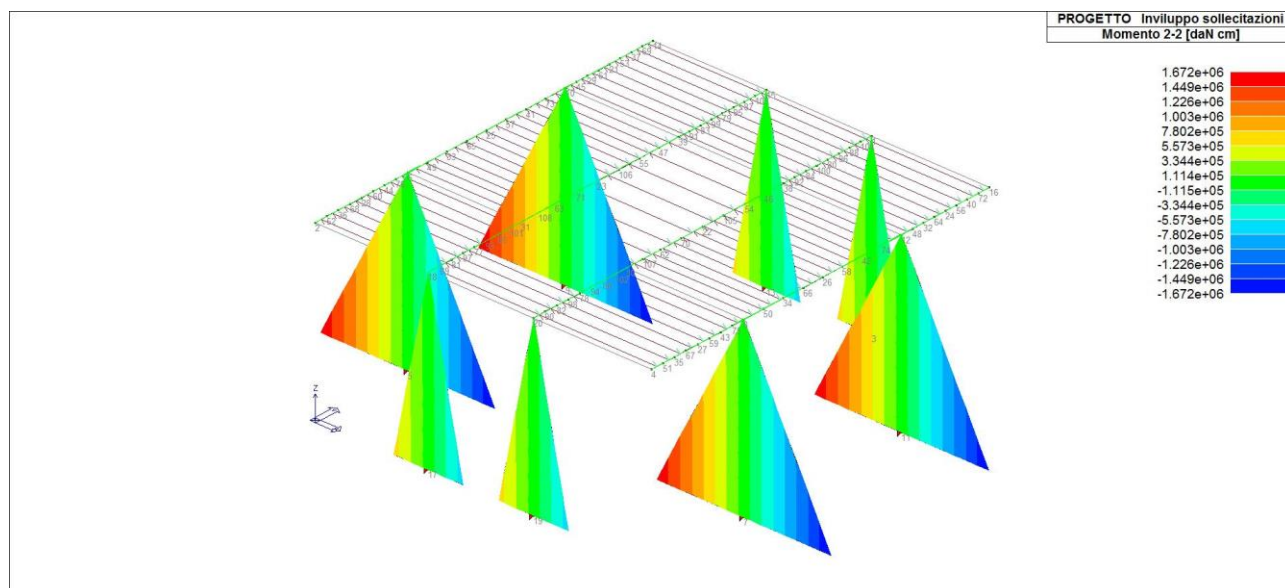


Figura 6.9 Involuppo momento flettente M2-2 [daNcm]

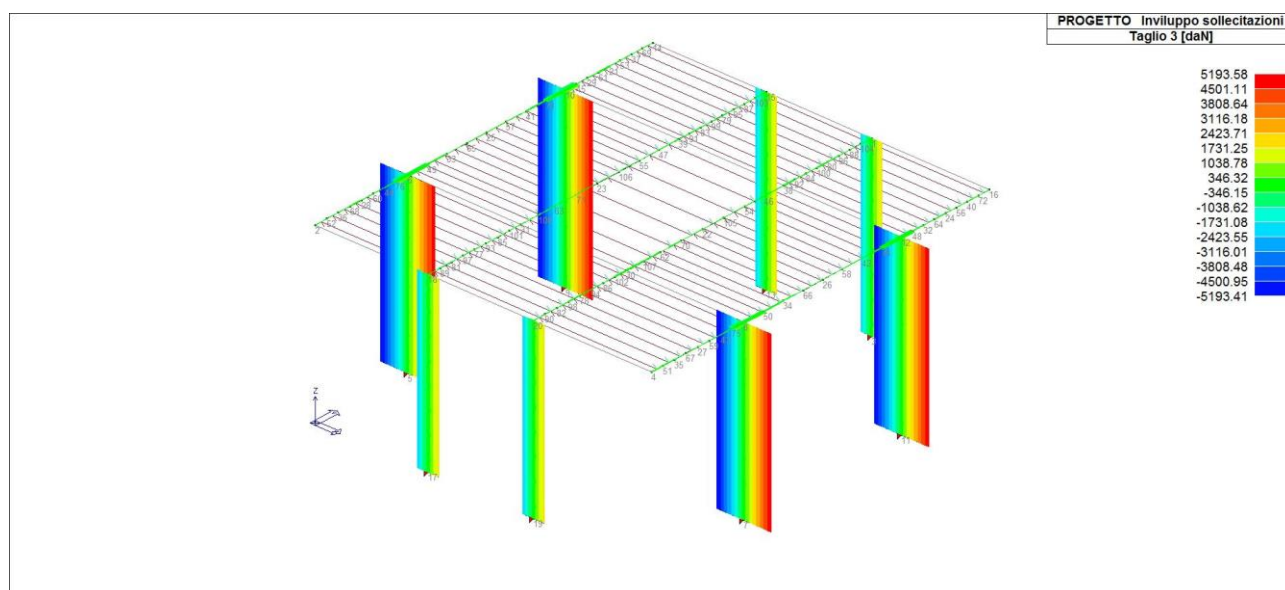


Figura 6.10 Involuppo taglio T3 [daN]

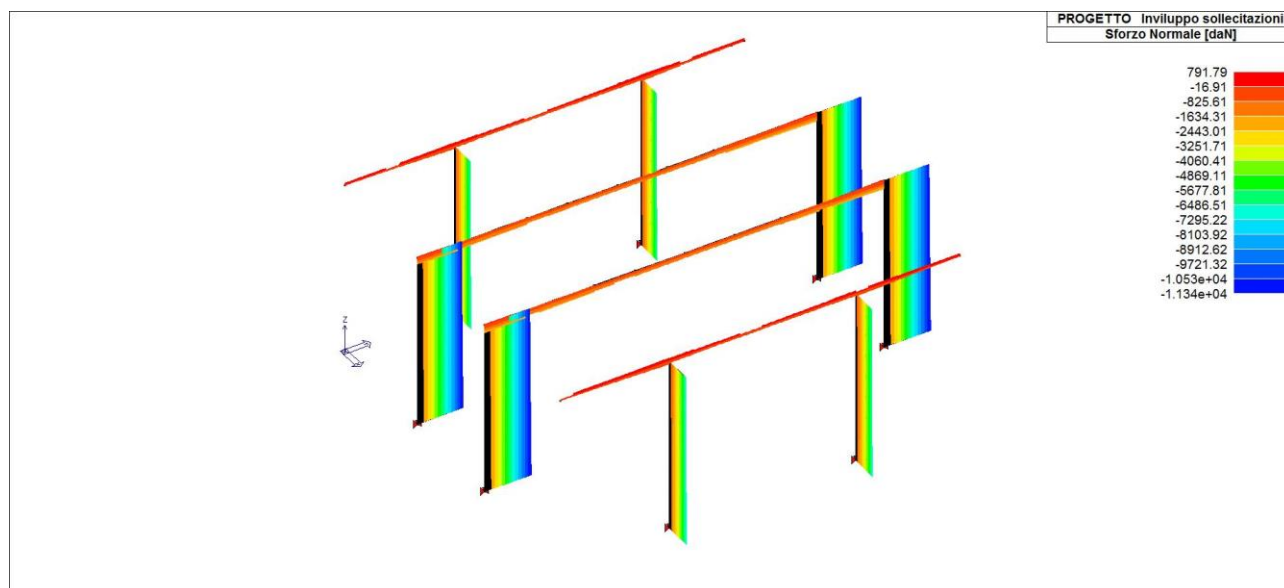


Figura 6.11 Involuppo sforzo normale [daN]

VERIFICHE SLU:

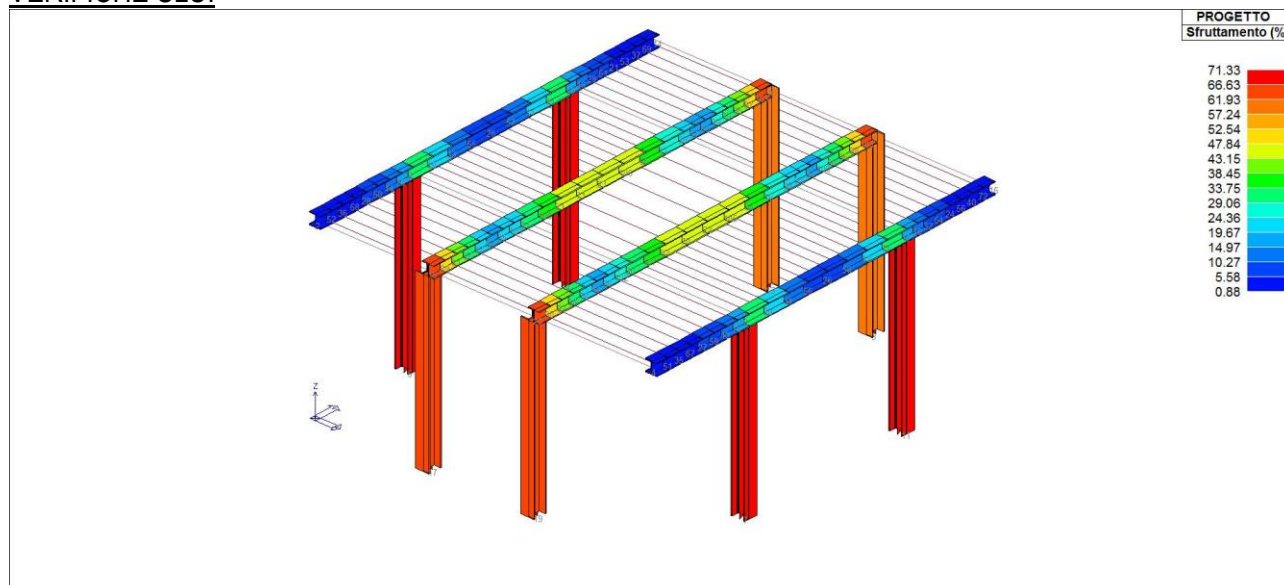


Figura 6.12 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

Si riportano di seguito le percentuali di verifica:

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|--------------|------------|
| PILASTRI | 71.33% <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO | 65.83% <100% | VERIFICATO |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 233 di 439 |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

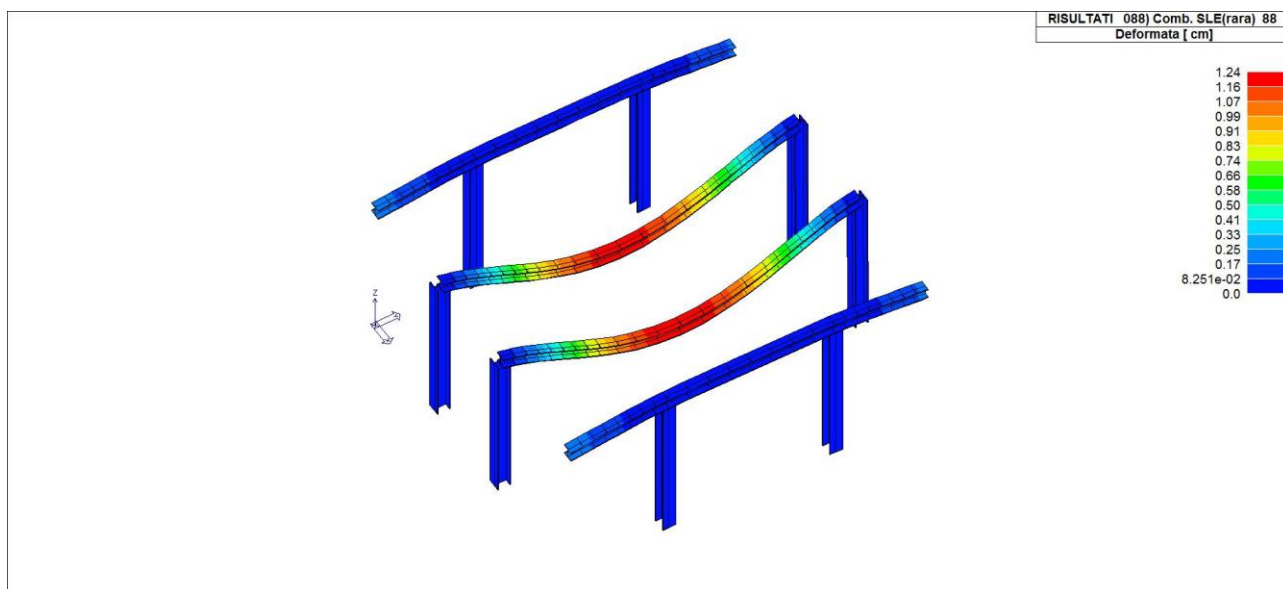


Figura 6.13 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=7.20m | | | | | | |
|--|---------|---------------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | SEZIONE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 2 | HEB 220 | SLE-RARA | 1.24 | L/580 | L/250 | Si |
| 2 | HEB 220 | SLE-solo acc. | 0.56 | L/1285 | L/350 | Si |

VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI DOVUTI AL SISMA:

Gli spostamenti della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV si ottengono secondo il §7.3.3.3 NTC08:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

Dove:

$$\mu_d = q \quad \text{se } T_1 \geq T_c$$

$$\mu_d = 1 + (q - 1) \cdot T_c / T_1$$

In ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$

Nel caso in esame si valuta lo spostamento massimo della nuova struttura considerando lo spostamento elastico, il fattore di struttura $q=1$ di conseguenza:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee} \rightarrow d_E = d_{Ee}$$

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 234 di 439 |



Figura 6.14 Deformata massima dovuta all'analisi dinamica lineare – comb.SLV

Lo spostamento massimo in sommità della struttura pari a 2.23 cm, si ricorda inoltre che secondo le NTC08 al §7.2.2 che la distanza tra le costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e non può essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV, calcolati per ciascuna costruzione, inoltre in ogni caso la distanza tra due punti che si fronteggiano non può essere inferiore ad $1/100$ della quota dei punti considerati misurata dal piano di fondazione moltiplicata per $a_g \cdot S / (0.5 \cdot g)$ per singola costruzione, di conseguenza risulta:

$$d \geq \left(\frac{h}{100} \cdot \left(\frac{a_g \cdot S}{0.5 \cdot g} \right) \right) \cdot 2 = 0.0326m = 3.3cm$$

Dalle analisi dinamiche della costruzione esistente che circonda la struttura in esame, si ha uno spostamento alla quota di riferimento $\ll 1cm$, a favore di sicurezza si prende come somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV il doppio del valore riscontrato nelle analisi del telaio.

$$d = \max \left\{ \begin{array}{l} 2.23 + 2.23 = 4.46cm \\ 3.3cm \end{array} \right.$$

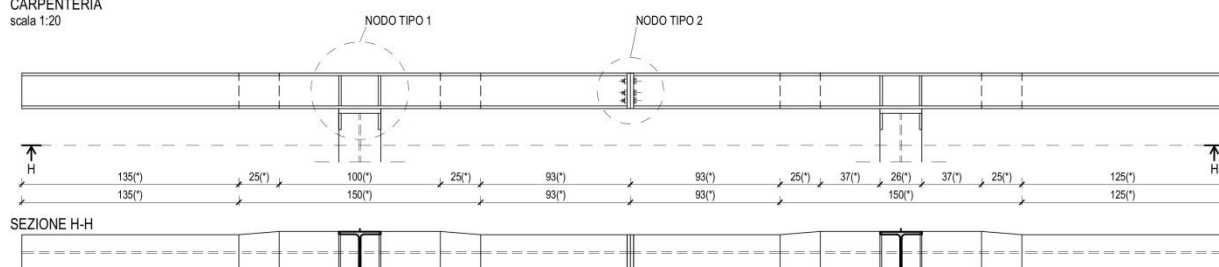
La distanza richiesta per le strutture contigue è di 4.46cm, compatibile con la distanza prevista nel progetto pari a 5cm.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 235 di 439 |

6.1.1.3 Verifica nodi tipo

ASSE E - TRAVE TIPO C

CARPENTERIA
scala 1:20



SEZIONE ASSE F - TRAVE TIPO D

CARPENTERIA
scala 1:20

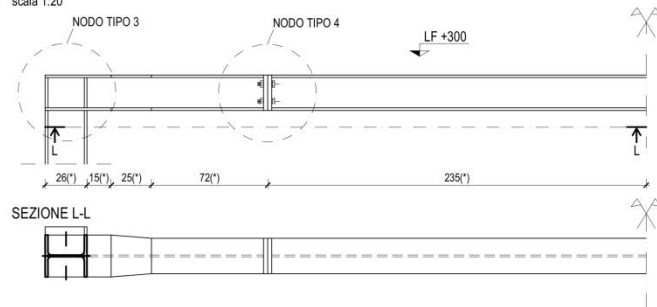


Figura 6.15 Localizzazione e nomenclatura dei nodi tipo dei telai

I telai delle stanze T.09-10.Aggiunto presentano la stessa tipologia di struttura. Si riportano di seguito le verifiche dei nodi riportati in Figura 6.15 nel caso più gravoso, che per motivi geometrici corrisponde al vano T.09.Aggiunto.

Nel caso di connessioni con saldature a completa penetrazione, vedi NTC08 §4.2.8.2.1, i collegamenti sono generalmente realizzati con materiale d'apporto aventi resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati. Pertanto la resistenza di calcolo dei collegamenti a piena penetrazione si assume eguale alla resistenza di progetto del più debole tra gli elementi connessi.

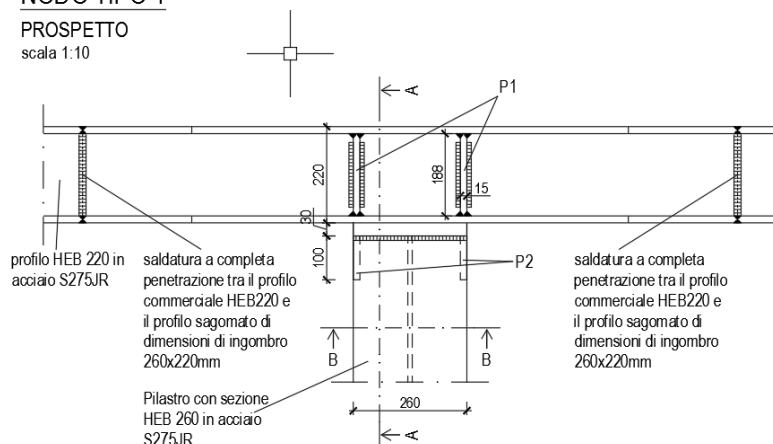
| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 236 di 439 |

VERIFICA NODO N°1

NODO TIPO 1

PROSPETTO

scala 1:10



SEZIONE A-A

scala 1:10

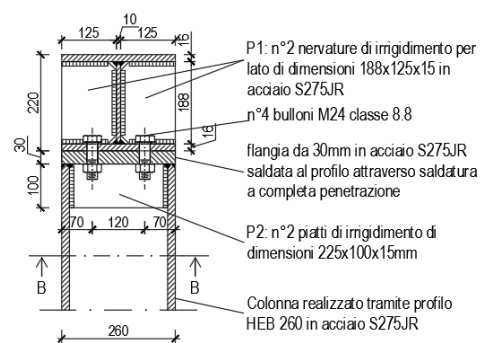


Figura 6.16 Dettaglio del nodo

Si riportano di seguito gli involuپی delle sollecitazioni, nel nodo più sollecitato con questa tipologia di nodo.

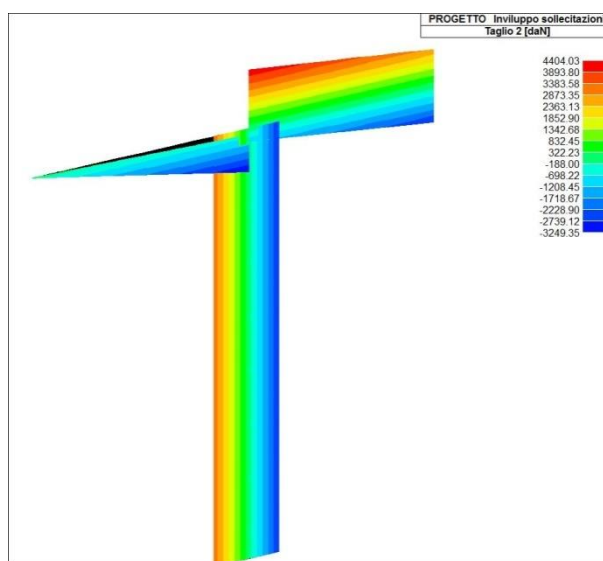
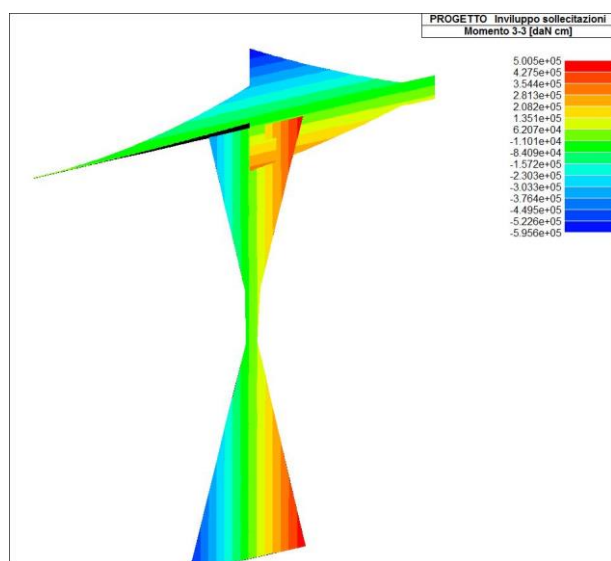


Figura 6.17 Involuppo momento flettente M3-3 e il corrispettivo taglio T2 nel nodo in sommità

Coefficienti di sicurezza utilizzati

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

Colonna lato inferiore

Tipo di profilo: HEB 260



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 237 di 439 |

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Classe sezione: 1

Flangia:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Dimensioni (B x H x Sp): 260.0 x 260.0 x 30.0 mm

Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 ($f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$, $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$)

Diametro $\varnothing = 24 \text{ mm}$ $A_{res} = 352.9 \text{ mm}^2$ (ridotta per filettatura)

Diametro foro $\varnothing_0 = 25.5 \text{ mm}$

Saldature:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\beta_1 = 0.70$ $\beta_2 = 0.85$

Spessore cordoni d'angolo $s_c = 18 \text{ mm}$

Sollecitazioni nella sezione d'attacco dell'elemento:

| Nodo.CMB | V2 [N] | V3 [N] | N [N] | M2 [N mm] | M3 [N mm] | T [N mm] |
|----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|
| 1.1 | -5.3 | 1571.8 | -23360.2 | -3398000.0 | -1.4 | -40.0 |
| 1.2 | -6.9 | 1609.3 | -23328.1 | -3452000.0 | -1.7 | -50.0 |
| 1.3 | -12.0 | -1043.2 | -40513.3 | 2164000.0 | 1.6 | -68.0 |
| 1.4 | -13.5 | -1005.7 | -40481.2 | 2110000.0 | 1.3 | -78.0 |
| 1.5 | -6.3 | 6676.9 | -43805.3 | -14370000.0 | -6.9 | -71.0 |
| 1.6 | -7.9 | 6714.4 | -43773.2 | -14420000.0 | -7.2 | -81.0 |
| 1.7 | -12.9 | 4061.9 | -60958.4 | -8807000.0 | -3.9 | -98.0 |
| 1.8 | -14.5 | 4099.4 | -60926.3 | -8862000.0 | -4.2 | -108.0 |
| 1.9 | -1.8 | 583.6 | -8674.2 | -1262000.0 | -0.4 | -14.0 |
| 1.10 | -3.4 | 621.1 | -8642.1 | -1316000.0 | -0.7 | -24.0 |
| 1.11 | -8.5 | -2031.3 | -25827.3 | 4300000.0 | 2.6 | -41.0 |
| 1.12 | -10.0 | -1993.8 | -25795.2 | 4246000.0 | 2.3 | -52.0 |
| 1.13 | -2.8 | 5688.7 | -29119.3 | -12230000.0 | -5.9 | -44.0 |
| 1.14 | -4.4 | 5726.3 | -29087.2 | -12290000.0 | -6.2 | -55.0 |
| 1.15 | -9.4 | 3073.8 | -46272.4 | -6671000.0 | -2.9 | -72.0 |
| 1.16 | -11.0 | 3111.3 | -46240.3 | -6725000.0 | -3.2 | -82.0 |
| 1.17 | -51874.9 | 19604.4 | -20541.3 | -30020000.0 | 43935.0 | 47432.0 |
| 1.18 | -47881.9 | 6276.5 | -33496.2 | -10850000.0 | 18241.0 | 19696.0 |
| 1.19 | 47864.5 | -1329.0 | -40034.3 | 159191.0 | -18246.0 | -19826.0 |
| 1.20 | 51857.5 | -14656.9 | -52989.2 | 19320000.0 | -43940.0 | -47562.0 |
| 1.21 | -48073.8 | 20852.9 | -19091.2 | -31790000.0 | 19481.0 | 21036.0 |
| 1.22 | -51683.0 | 5028.0 | -34946.4 | -9082000.0 | 42694.0 | 46091.0 |
| 1.23 | 51665.6 | -80.5 | -38584.2 | -1613000.0 | -42699.0 | -46221.0 |
| 1.24 | 48056.4 | -15905.4 | -54439.4 | 21100000.0 | -19486.0 | -21166.0 |
| 1.25 | -44343.7 | 412.7 | -38411.2 | -2353000.0 | -13068.0 | -14090.0 |
| 1.26 | -40350.7 | -12915.2 | -51366.1 | 16810000.0 | -38762.0 | -41826.0 |
| 1.27 | 40333.4 | 17862.7 | -22164.4 | -27510000.0 | 38757.0 | 41696.0 |
| 1.28 | 44326.4 | 4534.8 | -35119.3 | -8341000.0 | 13063.0 | 13960.0 |
| 1.29 | -40542.6 | 1661.2 | -36961.1 | -4126000.0 | -37521.0 | -40486.0 |
| 1.30 | -44151.8 | -14163.7 | -52816.3 | 18580000.0 | -14309.0 | -15431.0 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | Pagina 238 di 439 |

| | | | | | | |
|------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| 1.31 | 44134.5 | 19111.2 | -20714.3 | -29280000.0 | 14304.0 | 15301.0 |
| 1.32 | 40525.3 | 3286.3 | -36569.5 | -6569000.0 | 37516.0 | 40356.0 |
| 1.33 | -21624.6 | 27826.9 | -12249.8 | -41820000.0 | 52147.0 | 56250.0 |
| 1.34 | -8314.6 | -16599.4 | -55432.8 | 22070000.0 | -33498.0 | -36203.0 |
| 1.35 | 8297.2 | 21546.9 | -18097.7 | -32760000.0 | 33493.0 | 36073.0 |
| 1.36 | 21607.2 | -22879.4 | -61280.7 | 31120000.0 | -52152.0 | -56380.0 |
| 1.37 | -19365.3 | 22069.4 | -17610.8 | -33520000.0 | 35046.0 | 37793.0 |
| 1.38 | -6055.2 | -22356.9 | -60793.8 | 30370000.0 | -50599.0 | -54659.0 |
| 1.39 | 6037.9 | 27304.4 | -12736.8 | -41060000.0 | 50594.0 | 54529.0 |
| 1.40 | 19347.9 | -17121.9 | -55919.7 | 22820000.0 | -35051.0 | -37923.0 |
| 1.41 | -8954.2 | 31988.6 | -7416.0 | -47720000.0 | -29363.0 | -31735.0 |
| 1.42 | -20985.0 | -20761.0 | -60266.7 | 27980000.0 | 48013.0 | 51782.0 |
| 1.43 | 20967.6 | 25708.6 | -13263.9 | -38670000.0 | -48018.0 | -51912.0 |
| 1.44 | 8936.8 | -27041.1 | -66114.5 | 37030000.0 | 29358.0 | 31605.0 |
| 1.45 | -6694.9 | 26231.1 | -12777.0 | -39420000.0 | -46464.0 | -50191.0 |
| 1.46 | -18725.6 | -26518.6 | -65627.6 | 36280000.0 | 30912.0 | 33325.0 |
| 1.47 | 18708.3 | 31466.1 | -7902.9 | -46970000.0 | -30917.0 | -33455.0 |
| 1.48 | 6677.5 | -21283.5 | -60753.6 | 28730000.0 | 46459.0 | 50061.0 |

Calcolo resistenze

Resistenza a trazione dei bulloni $F_{tb,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 203249.5 \text{ N}$

Resistenza a punzonamento flangia $B_{pf,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_f \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 700298.7 \text{ N}$

Resistenza a punzonamento ala passante $B_{pa,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_a \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 408507.6 \text{ N}$

| Bull. | $F_{f,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{t,Rd} \text{ [N]}$ |
|-------|------------------------|------------------------|
| 1 | 206281.0 | 203249.5 |
| 2 | 206281.0 | 203249.5 |
| 3 | 206281.0 | 203249.5 |
| 4 | 206281.0 | 203249.5 |

Legenda

$F_{f,Rd} = M_{res,m} / (B_m \cdot R_m)$ resistenza a flessione flangia

$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd} , B_{pf,Rd} , B_{pa,Rd} , F_{f,Rd}]$ resistenza a trazione di progetto

Resistenza a taglio dei bulloni $F_{vb,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 135499.7 \text{ N}$

| Bull. | $F_{bf,x,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{ba,x,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{v,x,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{bf,y,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{ba,y,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{v,y,Rd} \text{ [N]}$ |
|-------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | 485647.1 | 361200.0 | 135499.7 | 566588.3 | 330509.8 | 135499.7 |
| 2 | 485647.1 | 361200.0 | 135499.7 | 566588.3 | 330509.8 | 135499.7 |
| 3 | 485647.1 | 361200.0 | 135499.7 | 566588.3 | 330509.8 | 135499.7 |
| 4 | 485647.1 | 361200.0 | 135499.7 | 566588.3 | 330509.8 | 135499.7 |

Legenda

$F_{bf,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione x

$F_{ba,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento ala passante in direzione x

$F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,x,Rd} , F_{ba,x,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione x

$F_{bf,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione y

$F_{ba,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento ala passante in direzione y



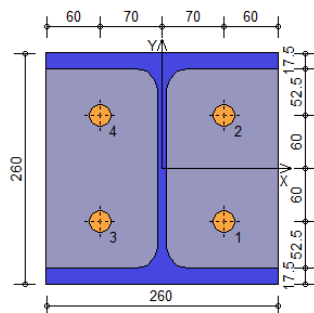
SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 239 di 439 |

$F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,y,Rd} , F_{ba,y,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione y



Verifiche sui bulloni

1-Taglio e trazione (Nodo n. 8, CMB n. 41)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{v,Ed}$ [N] | $F_{v,Rd}$ [N] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_1 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 70.00 | -60.00 | 8233.1 | 135499.7 | 19268.0 | 203249.5 | 0.128476 | Ok |
| 2 | 70.00 | 60.00 | 8341.2 | 135499.7 | 19291.3 | 203249.5 | 0.129355 | Ok |
| 3 | -70.00 | -60.00 | 8268.6 | 135499.7 | 118874.0 | 203249.5 | 0.478786 | Ok |
| 4 | -70.00 | 60.00 | 8376.2 | 135499.7 | 118897.4 | 203249.5 | 0.479662 | Ok |

2-Trazione (Nodo n. 8, CMB n. 41)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_2 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 70.00 | -60.00 | 19268.0 | 203249.5 | 0.094800 | Ok |
| 2 | 70.00 | 60.00 | 19291.3 | 203249.5 | 0.094915 | Ok |
| 3 | -70.00 | -60.00 | 118874.0 | 203249.5 | 0.584868 | Ok |
| 4 | -70.00 | 60.00 | 118897.4 | 203249.5 | 0.584982 | Ok |

Legenda

$F_{v,Ed}$ forza di taglio agente sul bullone

$F_{v,Rd}$ resistenza a taglio di progetto del bullone

$F_{t,Ed}$ forza di trazione agente sul bullone

$F_{t,Rd}$ resistenza a trazione di progetto del bullone

$FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd})$

$FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$

VER $\rightarrow FV_i \leq 1$

Verifica del momento di progetto del giunto (Nodo n. 1, CMB n. 41)

Momento resistente del giunto $M_{j,Rd} = 92315220.0$ N mm

Momento di progetto $M_{j,Ed} = 47720000.0$ N mm

$M_{j,Ed} / M_{j,Rd} = 0.516925$ Ok

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 240 di 439 |

VERIFICA NODO N°2

NODO TIPO 2

SEZIONE A-A
scala 1:10

VISTA LATERALE
scala 1:10

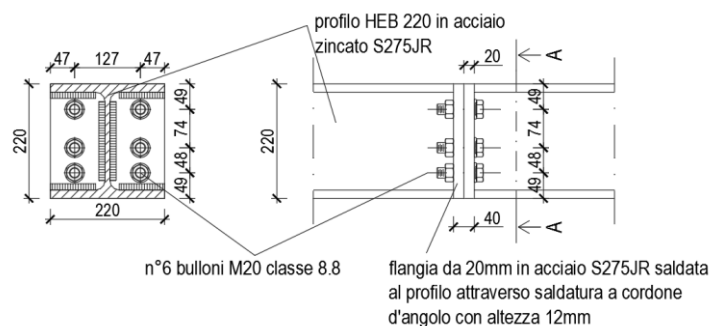


Figura 6.18 Dettaglio del nodo

Coefficienti di sicurezza utilizzati

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

Trave 3

Tipo di profilo: HEB 220

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Classe sezione: 1

Flangia:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Dimensioni (B x H x Sp): 220.0 x 220.0 x 20.0 mm

Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 ($f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$, $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$)

Diametro $\varnothing = 20 \text{ mm}$ $A_{res} = 245.0 \text{ mm}^2$ (ridotta per filettatura)

Diametro foro $\varnothing_0 = 21 \text{ mm}$

Saldature:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\beta_1 = 0.70$ $\beta_2 = 0.85$

Spessore cordoni d'angolo $s_c = 12 \text{ mm}$

Sollecitazioni:

| Nodo.CMB | V2 [N] | V3 [N] | N [N] | M2 [N mm] | M3 [N mm] | T [N mm] |
|----------|--------|--------|---------|-----------|-----------|----------|
| 26.1 | -277.1 | 4.6 | -1000.9 | -3853.0 | 516345.0 | 1.4 |
| 26.2 | -245.0 | 5.8 | -1420.7 | -4836.0 | 516662.0 | 1.7 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | Pagina 241 di 439 |

| | | | | | | |
|-------|----------|--------|---------|----------|------------|----------|
| 26.3 | -344.6 | 7.6 | -3441.4 | -6958.0 | 9420000.0 | -1.6 |
| 26.4 | -312.5 | 8.7 | -3861.1 | -7941.0 | 9420000.0 | -1.3 |
| 26.5 | -687.3 | 8.4 | 74.5 | -6366.0 | -7557000.0 | 6.9 |
| 26.6 | -655.2 | 9.5 | -345.2 | -7349.0 | -7556000.0 | 7.2 |
| 26.7 | -754.8 | 11.4 | -2366.0 | -9471.0 | 1347000.0 | 3.9 |
| 26.8 | -722.7 | 12.5 | -2785.7 | -10454.0 | 1347000.0 | 4.2 |
| 26.9 | -102.9 | 1.6 | -328.3 | -1331.0 | 191697.0 | 0.4 |
| 26.10 | -70.8 | 2.7 | -748.1 | -2314.0 | 192014.0 | 0.7 |
| 26.11 | -170.4 | 4.6 | -2768.8 | -4435.0 | 9095000.0 | -2.6 |
| 26.12 | -138.3 | 5.7 | -3188.5 | -5418.0 | 9095000.0 | -2.3 |
| 26.13 | -513.1 | 5.4 | 747.1 | -3843.0 | -7881000.0 | 5.9 |
| 26.14 | -481.0 | 6.5 | 327.4 | -4826.0 | -7881000.0 | 6.2 |
| 26.15 | -580.6 | 8.3 | -1693.4 | -6948.0 | 1022000.0 | 2.9 |
| 26.16 | -548.5 | 9.5 | -2113.1 | -7931.0 | 1022000.0 | 3.2 |
| 26.17 | 15027.8 | 202.0 | 1213.5 | 22953.0 | 869928.0 | -44000.0 |
| 26.18 | 2862.6 | 171.6 | 977.9 | 28417.0 | 714561.0 | -18303.0 |
| 26.19 | -3734.8 | -156.6 | -4303.8 | -40949.0 | 910866.0 | 18308.0 |
| 26.20 | -15899.9 | -187.0 | -4539.4 | -35486.0 | 755499.0 | 44005.0 |
| 26.21 | 16275.1 | 205.1 | 1249.3 | 22365.0 | 875347.0 | -19543.0 |
| 26.22 | 1615.3 | 168.5 | 942.2 | 29005.0 | 709142.0 | -42760.0 |
| 26.23 | -2487.5 | -153.5 | -4268.1 | -41538.0 | 916284.9 | 42765.0 |
| 26.24 | -17147.2 | -190.1 | -4575.1 | -34898.0 | 750080.0 | 19548.0 |
| 26.25 | -2170.6 | 142.6 | 900.0 | 32619.0 | 868519.1 | 13120.0 |
| 26.26 | -14335.8 | 112.2 | 664.4 | 38082.0 | 713152.0 | 38817.0 |
| 26.27 | 13463.6 | -97.2 | -3990.2 | -50615.0 | 912275.0 | -38812.0 |
| 26.28 | 1298.5 | -127.6 | -4225.8 | -45152.0 | 756907.0 | -13115.0 |
| 26.29 | -923.3 | 145.7 | 935.7 | 32030.0 | 873938.0 | 37577.0 |
| 26.30 | -15583.1 | 109.1 | 628.6 | 38671.0 | 707733.0 | 14360.0 |
| 26.31 | 14710.9 | -94.1 | -3954.5 | -51203.0 | 917694.1 | -14355.0 |
| 26.32 | 51.2 | -130.7 | -4261.6 | -44563.0 | 751488.0 | -37572.0 |
| 26.33 | 22653.6 | 111.9 | -442.7 | -5786.0 | 1066000.0 | -52172.0 |
| 26.34 | -17897.0 | 10.7 | -1228.0 | 12424.0 | 547627.0 | 33484.0 |
| 26.35 | 17024.8 | 4.3 | -2097.9 | -24957.0 | 1078000.0 | -33479.0 |
| 26.36 | -23525.7 | -96.9 | -2883.2 | -6747.0 | 559909.0 | 52177.0 |
| 26.37 | 17494.0 | 94.1 | -536.7 | -2887.0 | 1065000.0 | -35036.0 |
| 26.38 | -23056.5 | -7.1 | -1322.1 | 15324.0 | 547205.0 | 50620.0 |
| 26.39 | 22184.3 | 22.1 | -2003.8 | -27857.0 | 1078000.0 | -50616.0 |
| 26.40 | -18366.2 | -79.1 | -2789.1 | -9646.0 | 560331.0 | 35041.0 |
| 26.41 | 26811.2 | 122.2 | -323.5 | -7748.0 | 1084000.0 | 29352.0 |
| 26.42 | -22054.6 | 0.3 | -1347.2 | 14386.0 | 529564.0 | -48040.0 |
| 26.43 | 21182.4 | 14.6 | -1978.7 | -26919.0 | 1096000.0 | 48044.0 |
| 26.44 | -27683.4 | -107.3 | -3002.4 | -4785.0 | 541845.0 | -29347.0 |
| 26.45 | 21651.7 | 104.4 | -417.6 | -4848.0 | 1083000.0 | 46488.0 |
| 26.46 | -27214.1 | -17.5 | -1441.2 | 17286.0 | 529141.0 | -30904.0 |
| 26.47 | 26342.0 | 32.5 | -1884.6 | -29818.0 | 1096000.0 | 30908.0 |
| 26.48 | -22523.9 | -89.4 | -2908.3 | -7685.0 | 542268.0 | -46483.0 |

Calcolo resistenze

Resistenza a trazione dei bulloni $F_{tb,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 141145.5 \text{ N}$

Resistenza a punzonamento flangia $B_{pf,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_f \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 389054.8 \text{ N}$

| | | |
|-------|------------------------|------------------------|
| Bull. | $F_{f,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{t,Rd} \text{ [N]}$ |
| 1 | 76479.4 | 76479.4 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 242 di 439 |

| | | |
|---|---------|---------|
| 2 | 27426.9 | 27426.9 |
| 3 | 78355.4 | 78355.4 |
| 4 | 76479.4 | 76479.4 |
| 5 | 27426.9 | 27426.9 |
| 6 | 78355.4 | 78355.4 |

Legenda

$F_{f,Rd} = M_{res,m} / (B_m \cdot R_m)$ resistenza a flessione flangia

$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd} , B_{pf,Rd} , F_{f,Rd}]$ resistenza a trazione di progetto

Resistenza a taglio dei bulloni

$$F_{vb,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 94097.0 \text{ N}$$

| Bull. | $F_{bf,x,Rd}$ [N] | $F_{v,x,Rd}$ [N] | $F_{bf,y,Rd}$ [N] | $F_{v,y,Rd}$ [N] |
|-------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 1 | 256634.9 | 94097.0 | 267555.6 | 94097.0 |
| 2 | 153981.0 | 94097.0 | 176095.3 | 94097.0 |
| 3 | 256634.9 | 94097.0 | 267555.6 | 94097.0 |
| 4 | 256634.9 | 94097.0 | 267555.6 | 94097.0 |
| 5 | 153981.0 | 94097.0 | 176095.3 | 94097.0 |
| 6 | 256634.9 | 94097.0 | 267555.6 | 94097.0 |

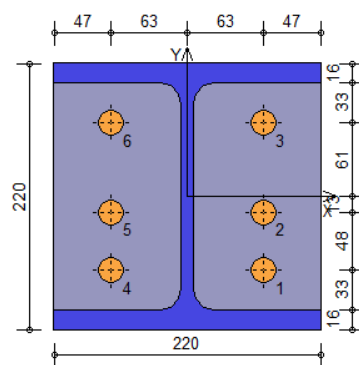
Legenda

$F_{bf,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione x

$F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,x,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione x

$F_{bf,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione y

$F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,y,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione y



Verifiche sui bulloni

1-Taglio e trazione (Nodo n. 26, CMB n. 3)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{v,Ed}$ [N] | $F_{v,Rd}$ [N] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_1 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 63.00 | -61.00 | 57.4 | 94097.0 | 19176.7 | 76479.4 | 0.179713 | Ok |
| 2 | 63.00 | -13.00 | 57.4 | 94097.0 | 12473.3 | 27426.9 | 0.325456 | Ok |
| 3 | 63.00 | 61.00 | 57.4 | 94097.0 | 2139.0 | 78355.4 | 0.020109 | Ok |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 243 di 439 |

| | | | | | | | | |
|---|--------|--------|------|---------|---------|---------|----------|----|
| 4 | -63.00 | -61.00 | 57.4 | 94097.0 | 19182.7 | 76479.4 | 0.179769 | Ok |
| 5 | -63.00 | -13.00 | 57.4 | 94097.0 | 12479.3 | 27426.9 | 0.325612 | Ok |
| 6 | -63.00 | 61.00 | 57.4 | 94097.0 | 2145.0 | 78355.4 | 0.020164 | Ok |

2-Trazione (Nodo n. 26, CMB n. 3)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_2 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 63.00 | -61.00 | 19176.7 | 76479.4 | 0.250743 | Ok |
| 2 | 63.00 | -13.00 | 12473.3 | 27426.9 | 0.454783 | Ok |
| 3 | 63.00 | 61.00 | 2139.0 | 78355.4 | 0.027298 | Ok |
| 4 | -63.00 | -61.00 | 19182.7 | 76479.4 | 0.250822 | Ok |
| 5 | -63.00 | -13.00 | 12479.3 | 27426.9 | 0.455003 | Ok |
| 6 | -63.00 | 61.00 | 2145.0 | 78355.4 | 0.027375 | Ok |

Legenda

$F_{v,Ed}$ forza di taglio agente sul bullone

$F_{v,Rd}$ resistenza a taglio di progetto del bullone

$F_{t,Ed}$ forza di trazione agente sul bullone

$F_{t,Rd}$ resistenza a trazione di progetto del bullone

$FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd})$

$FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$

VER $\rightarrow FV_i \leq 1$

Verifiche sulle saldature profilo-flangia (versione beta)

Si considera la sezione di gola (avente altezza $a = s_c / 2^{0.5} = 8.485$) in posizione ribaltata: vengono considerate positive le tensioni normali di trazione e le tensioni tangenziali agenti verso destra e verso il basso. Tutte le tensioni sono espresse in N/mm².

Verifica formula (4.2.78) (Nodo n. 26, CMB n. 4)

| Cordonine | \perp | t_{\perp} | τ_{\parallel} | FV_1 | VER ₁ |
|-------------------------------------|---------|-------------|--------------------|--------|------------------|
| Ala inferiore interno lato destro | 28.61 | 0.00 | 0.00 | 28.61 | Ok |
| Ala inferiore interno lato sinistro | 28.68 | 0.00 | 0.00 | 28.68 | Ok |
| Anima lato destro | -25.52 | 0.00 | -0.12 | 25.52 | Ok |
| Anima lato sinistro | -25.52 | 0.00 | -0.12 | 25.52 | Ok |
| Ala superiore interno lato destro | -30.07 | 0.00 | 0.00 | 30.07 | Ok |
| Ala superiore interno lato sinistro | -30.00 | 0.00 | 0.00 | 30.00 | Ok |

Verifica formula (4.2.79) (Nodo n. 26, CMB n. 4)

| Cordonine | \perp | t_{\perp} | τ_{\parallel} | FV_2 | VER ₂ |
|-------------------------------------|---------|-------------|--------------------|--------|------------------|
| Ala inferiore interno lato destro | 28.61 | 0.00 | 0.00 | 28.61 | Ok |
| Ala inferiore interno lato sinistro | 28.68 | 0.00 | 0.00 | 28.68 | Ok |
| Anima lato destro | -25.52 | 0.00 | -0.12 | 25.52 | Ok |
| Anima lato sinistro | -25.52 | 0.00 | -0.12 | 25.52 | Ok |
| Ala superiore interno lato destro | -30.07 | 0.00 | 0.00 | 30.07 | Ok |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 244 di 439 |

Ala superiore interno lato sinistro -30.00 0.00 0.00 30.00 Ok

Legenda

n_{\perp} tensione normale perpendicolare all'asse del cordone

t_{\perp} tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone

τ_{\parallel} tensione tangenziale parallela all'asse del cordone

$$FV_1 = (n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0.5}$$

$$FV_2 = |n_{\perp}| + |t_{\perp}|$$

$$VER_i \rightarrow FV_i \leq \beta_i \cdot f_{yk} \quad (\beta_1 \cdot f_{yk} = 192.50 \text{ N/mm}^2 \quad \beta_2 \cdot f_{yk} = 233.75 \text{ N/mm}^2)$$

Verifica del momento di progetto del giunto (Nodo n. 26, CMB n. 4)

Momento resistente del giunto $M_{j,Rd} = 34430860.0 \text{ N mm}$

Momento di progetto $M_{j,Ed} = 9420000.0 \text{ N mm}$

$$M_{j,Ed} / M_{j,Rd} = 0.273592 \text{ Ok}$$

VERIFICA NODO N°4

NODO TIPO 4

SEZIONE A-A

scala 1:10

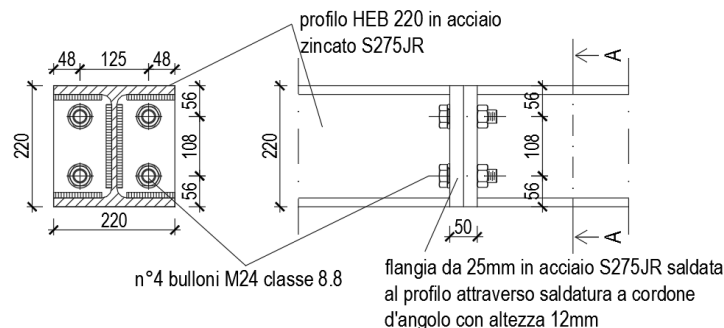


Figura 6.19 Dettaglio del nodo

Coefficienti di sicurezza utilizzati

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

Trave 3

Tipo di profilo: HEB 220

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Classe sezione: 1

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 245 di 439 |

Flangia:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Dimensioni (B x H x Sp): 220.0 x 220.0 x 25.0 mm

Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 ($f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$, $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$)

Diametro $\varnothing = 24 \text{ mm}$ $A_{res} = 352.9 \text{ mm}^2$ (ridotta per filettatura)

Diametro foro $\varnothing_0 = 25.5 \text{ mm}$

Saldature:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\beta_1 = 0.70$ $\beta_2 = 0.85$

Spessore cordoni d'angolo $s_c = 12 \text{ mm}$

Sollecitazioni:

| Nodo.CMB | V2 [N] | V3 [N] | N [N] | M2 [N mm] | M3 [N mm] | T [N mm] |
|----------|----------|--------|----------|-----------|-------------|----------|
| 94.1 | -26430.9 | 49.1 | -5685.0 | 4318.0 | -2003000.0 | 3.3 |
| 94.2 | -32947.3 | 62.5 | -7330.6 | 5610.0 | 467738.0 | 4.1 |
| 94.3 | -58245.6 | 94.5 | -12157.9 | 9376.0 | -10640000.0 | 2.0 |
| 94.4 | -64762.0 | 107.9 | -13803.5 | 10668.0 | -8167000.0 | 2.8 |
| 94.5 | -33745.4 | 74.5 | -7388.2 | 5421.0 | 704509.0 | 9.6 |
| 94.6 | -40261.9 | 87.9 | -9033.7 | 6713.0 | 3176000.0 | 10.0 |
| 94.7 | -65560.1 | 119.9 | -13861.1 | 10480.0 | -7930000.0 | 8.4 |
| 94.8 | -72076.6 | 133.3 | -15506.7 | 11772.0 | -5459000.0 | 9.2 |
| 94.9 | -9037.0 | 16.9 | -1942.9 | 1477.0 | -686010.0 | 1.1 |
| 94.10 | -15553.5 | 30.3 | -3588.4 | 2769.0 | 1785000.0 | 1.9 |
| 94.11 | -40851.7 | 62.3 | -8415.8 | 6535.0 | -9321000.0 | -0.2 |
| 94.12 | -47368.2 | 75.7 | -10061.4 | 7827.0 | -6850000.0 | 0.6 |
| 94.13 | -16351.6 | 42.3 | -3646.0 | 2581.0 | 2022000.0 | 7.4 |
| 94.14 | -22868.1 | 55.7 | -5291.6 | 3873.0 | 4493000.0 | 8.2 |
| 94.15 | -48166.3 | 87.7 | -10118.9 | 7639.0 | -6613000.0 | 6.2 |
| 94.16 | -54682.8 | 101.1 | -11764.5 | 8931.0 | -4142000.0 | 7.0 |
| 94.17 | -39779.9 | -318.8 | -4539.8 | 20628.0 | 7160000.0 | -43996.0 |
| 94.18 | -43939.8 | -278.4 | -8925.3 | 29574.0 | -6385000.0 | -18300.0 |
| 94.19 | -42400.0 | 438.2 | -9649.2 | -15473.0 | -155354.0 | 18311.0 |
| 94.20 | -46559.9 | 478.6 | -14034.7 | -6527.0 | -13700000.0 | 44007.0 |
| 94.21 | -39614.3 | -283.6 | -4267.2 | 22422.0 | 7918000.0 | -19537.0 |
| 94.22 | -44105.3 | -313.6 | -9197.9 | 27780.0 | -7142000.0 | -42759.0 |
| 94.23 | -42234.5 | 473.4 | -9376.6 | -13679.0 | 601880.0 | 42770.0 |
| 94.24 | -46725.5 | 443.4 | -14307.3 | -8321.0 | -14460000.0 | 19548.0 |
| 94.25 | -42174.1 | -239.9 | -6343.4 | 5512.0 | 447129.0 | 13112.0 |
| 94.26 | -46334.0 | -199.5 | -10728.9 | 14458.0 | -13100000.0 | 38808.0 |
| 94.27 | -40005.8 | 359.3 | -7845.6 | -356.0 | 6558000.0 | -38797.0 |
| 94.28 | -44165.7 | 399.7 | -12231.2 | 8590.0 | -6988000.0 | -13101.0 |
| 94.29 | -42008.6 | -204.8 | -6070.8 | 7306.0 | 1204000.0 | 37571.0 |
| 94.30 | -46499.6 | -234.7 | -11001.5 | 12664.0 | -13860000.0 | 14349.0 |
| 94.31 | -39840.3 | 394.5 | -7573.0 | 1438.0 | 7315000.0 | -14338.0 |
| 94.32 | -44331.2 | 364.5 | -12503.8 | 6795.0 | -7745000.0 | -37560.0 |
| 94.33 | -35843.7 | -101.0 | -1211.6 | -2444.0 | 20400000.0 | -52166.0 |
| 94.34 | -49710.1 | 33.7 | -15830.1 | 27376.0 | -24750000.0 | 33485.0 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | Pagina 246 di 439 |

| | | | | | | |
|-------|----------|-------|----------|----------|-------------|----------|
| 94.35 | -36629.7 | 126.1 | -2744.5 | -13274.0 | 18210000.0 | -33474.0 |
| 94.36 | -50496.1 | 260.8 | -17362.9 | 16546.0 | -26940000.0 | 52177.0 |
| 94.37 | -36562.0 | -77.3 | -1752.7 | -6979.0 | 18390000.0 | -35034.0 |
| 94.38 | -50428.4 | 57.3 | -16371.2 | 22841.0 | -26760000.0 | 50618.0 |
| 94.39 | -35911.5 | 102.5 | -2203.4 | -8739.0 | 20220000.0 | -50607.0 |
| 94.40 | -49777.9 | 237.1 | -16821.8 | 21081.0 | -24930000.0 | 35045.0 |
| 94.41 | -35292.0 | 16.3 | -303.0 | 3536.0 | 22930000.0 | 29363.0 |
| 94.42 | -50261.8 | -83.6 | -16738.8 | 21396.0 | -27270000.0 | -48044.0 |
| 94.43 | -36078.0 | 243.4 | -1835.8 | -7294.0 | 20730000.0 | 48055.0 |
| 94.44 | -51047.9 | 143.5 | -18271.6 | 10566.0 | -29470000.0 | -29352.0 |
| 94.45 | -36010.2 | 39.9 | -844.0 | -999.0 | 20910000.0 | 46496.0 |
| 94.46 | -50980.1 | -59.9 | -17279.8 | 16861.0 | -29290000.0 | -30912.0 |
| 94.47 | -35359.7 | 219.7 | -1294.7 | -2759.0 | 22750000.0 | 30923.0 |
| 94.48 | -50329.6 | 119.8 | -17730.5 | 15101.0 | -27450000.0 | -46485.0 |

Calcolo resistenze

Resistenza a trazione dei bulloni $F_{tb,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 203249.5 \text{ N}$

Resistenza a punzonamento flangia $B_{pf,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_f \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 583582.3 \text{ N}$

| Bull. | $F_{f,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{t,Rd} \text{ [N]}$ |
|-------|------------------------|------------------------|
| 1 | 131684.3 | 131684.3 |
| 2 | 131684.3 | 131684.3 |
| 3 | 131807.6 | 131807.6 |
| 4 | 131807.6 | 131807.6 |

Legenda

$F_{f,Rd} = M_{res,m} / (B_m \cdot R_m)$ resistenza a flessione flangia

$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd} , B_{pf,Rd} , F_{f,Rd}]$ resistenza a trazione di progetto

Resistenza a taglio dei bulloni $F_{vb,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 135499.7 \text{ N}$

| Bull. | $F_{bf,x,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{v,x,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{bf,y,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{v,y,Rd} \text{ [N]}$ |
|-------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | 314321.6 | 135499.7 | 360862.8 | 135499.7 |
| 2 | 314321.6 | 135499.7 | 360862.8 | 135499.7 |
| 3 | 314658.8 | 135499.7 | 360862.8 | 135499.7 |
| 4 | 314658.8 | 135499.7 | 360862.8 | 135499.7 |

Legenda

$F_{bf,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione x

$F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,x,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione x

$F_{bf,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione y

$F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,y,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione y

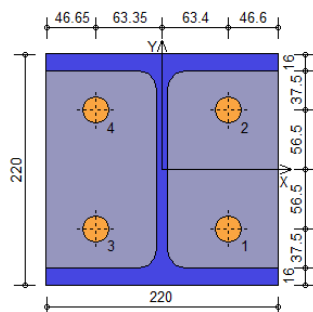


SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 247 di 439 |



Verifiche sui bulloni

1-Taglio e trazione (Nodo n. 94, CMB n. 44)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{v,Ed}$ [N] | $F_{v,Rd}$ [N] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_1 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 63.40 | -56.50 | 12697.5 | 135499.7 | 13167.9 | 131684.3 | 0.165134 | Ok |
| 2 | 63.40 | 56.50 | 12697.8 | 135499.7 | 85321.2 | 131684.3 | 0.556513 | Ok |
| 3 | -63.35 | -56.50 | 12826.5 | 135499.7 | 13160.7 | 131807.6 | 0.165981 | Ok |
| 4 | -63.35 | 56.50 | 12826.8 | 135499.7 | 85314.0 | 131807.6 | 0.556993 | Ok |

2-Trazione (Nodo n. 94, CMB n. 44)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_2 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 63.40 | -56.50 | 13167.9 | 131684.3 | 0.099996 | Ok |
| 2 | 63.40 | 56.50 | 85321.2 | 131684.3 | 0.647923 | Ok |
| 3 | -63.35 | -56.50 | 13160.7 | 131807.6 | 0.099848 | Ok |
| 4 | -63.35 | 56.50 | 85314.0 | 131807.6 | 0.647262 | Ok |

Legenda

$F_{v,Ed}$ forza di taglio agente sul bullone

$F_{v,Rd}$ resistenza a taglio di progetto del bullone

$F_{t,Ed}$ forza di trazione agente sul bullone

$F_{t,Rd}$ resistenza a trazione di progetto del bullone

$FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd})$

$FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$

VER $\rightarrow FV_i \leq 1$

Verifiche sulle saldature profilo-flangia (versione beta)

Si considera la sezione di gola (avente altezza $a = s_c / 2^{0.5} = 8.485$) in posizione ribaltata: vengono considerate positive le tensioni normali di trazione e le tensioni tangenziali agenti verso destra e verso il basso. Tutte le tensioni sono espresse in N/mm².

Verifica formula (4.2.78) (Nodo n. 94, CMB n. 44)

| Cordonine | \perp | t_{\perp} | τ_{\parallel} | FV_1 | VER ₁ |
|-------------------------------------|---------|-------------|--------------------|--------|------------------|
| Ala inferiore interno lato destro | -94.99 | 0.00 | 0.05 | 94.99 | Ok |
| Ala inferiore interno lato sinistro | -95.09 | 0.00 | 0.05 | 95.09 | Ok |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 248 di 439 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|--------|------|--------|-------|----|
| Anima lato destro | -80.95 | 0.00 | -19.79 | 83.34 | Ok |
| Anima lato sinistro | -80.95 | 0.00 | -19.79 | 83.34 | Ok |
| Ala superiore interno lato destro | 88.49 | 0.00 | 0.05 | 88.49 | Ok |
| Ala superiore interno lato sinistro | 88.40 | 0.00 | 0.05 | 88.40 | Ok |

Verifica formula (4.2.79) (Nodo n. 94, CMB n. 44)

| | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------------|--------|---------|
| Cordon | n_{\perp} | t_{\perp} | τ_{\parallel} | FV_2 | VER_2 |
| Ala inferiore interno lato destro | -94.99 | 0.00 | 0.05 | 94.99 | Ok |
| Ala inferiore interno lato sinistro | -95.09 | 0.00 | 0.05 | 95.09 | Ok |
| Anima lato destro | -80.95 | 0.00 | -19.79 | 80.95 | Ok |
| Anima lato sinistro | -80.95 | 0.00 | -19.79 | 80.95 | Ok |
| Ala superiore interno lato destro | 88.49 | 0.00 | 0.05 | 88.49 | Ok |
| Ala superiore interno lato sinistro | 88.40 | 0.00 | 0.05 | 88.40 | Ok |

Legenda

n_{\perp} tensione normale perpendicolare all'asse del cordone

t_{\perp} tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone

τ_{\parallel} tensione tangenziale parallela all'asse del cordone

$$FV_1 = (n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0.5}$$

$$FV_2 = |n_{\perp}| + |t_{\perp}|$$

$$VER_i \rightarrow FV_i \leq \beta_i \cdot f_{yk} \quad (\beta_1 \cdot f_{yk} = 192.50 \text{ N/mm}^2 \quad \beta_2 \cdot f_{yk} = 233.75 \text{ N/mm}^2)$$

Verifica del momento di progetto del giunto (Nodo n. 94, CMB n. 44)

Momento resistente del giunto $M_{j,Rd} = 49303740.0 \text{ N mm}$

Momento di progetto $M_{j,Ed} = 29470000.0 \text{ N mm}$

$$M_{j,Ed} / M_{j,Rd} = 0.597723 \text{ Ok}$$



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 249 di 439 |

6.1.2 T.07.Aggiunto

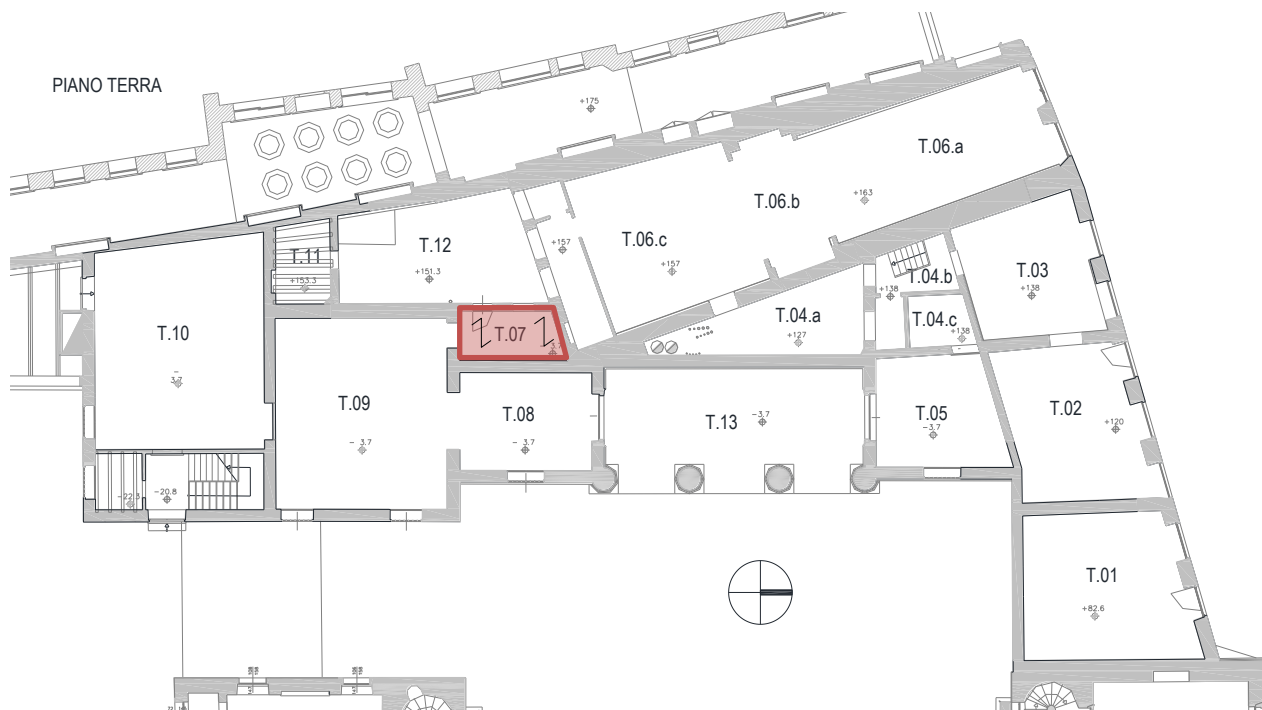


Figura 6.20 Localizzazione del solaio T.07.Aggiunto con direzione dei solai nella condizione di stato di progetto

Il solaio è di tipologia a travi in legno con soletta collaborante in calcestruzzo alleggerito, in diretto appoggio sulle murature esistenti.

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche.

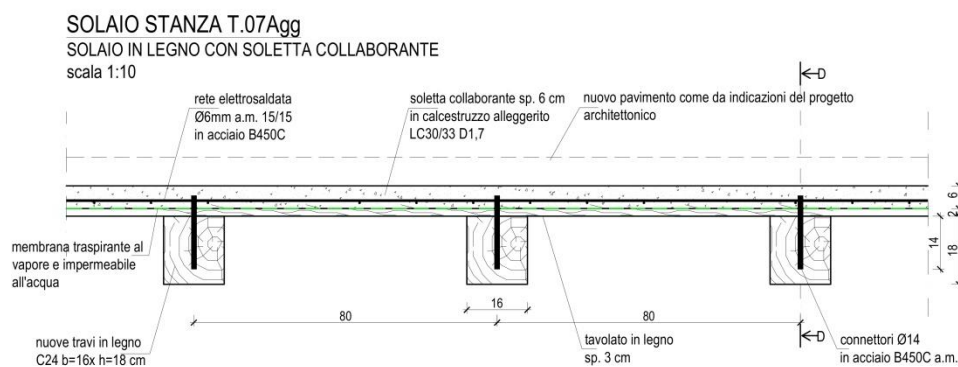


Figura 6.21 Sezione solaio T.07.Aggiunto

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio si è considerata una luce pari a 2.25m, data dalla somma della luce netta massima del solaio (1.95m) e 0.15m per ogni appoggio: essendo l'appoggio reale pari a 30cm, la mezzeria è il punto di applicazione della risultante.

$$L=1.95+0.15+0.15=2.25m$$

| | | |
|--|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO ¹ CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 250 di 439 |

| ID. | ELEM. | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|---------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Trave | Rettangolare | Legno C24 | 16 | 18 | min80-max92 | 2.25 | Semplice appoggio |
| 2 | Soletta | Rettangolare | LC30/33 | 92 | 6 | min80-max92 | 2.25 | Semplice appoggio |

Per quanto riguarda l'interasse, tutti gli elementi sono distanti 80cm ad eccezione dell'ultimo elemento, che per la presenza della parete inclinata, dove la massima divergenza tra gli assi è di 92cm, viene dimensionato a favore di sicurezza tenendo conto di questo valore.

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Soletta collaborante in LC30/33 D1.7 sp.6cm | G ₁ | 111 daN/mq |
| Peso trave in legno sez. 16x18cm i=92cm | G ₁ | 19 daN/mq |
| Peso del tavolato sp.2cm | G ₁ | 12 daN/mq |
| Peso permanente portato (pavimento in legno, massetto alleggerito) | G _{2,nd} | 73 daN/mq |
| Peso permanente portato tramezzature interne | G _{2,nd} | 80 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (controsoffitto) | G _{2,nd} | 40 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 600 daN/mq |

VERIFICA SLU/SLE:

Caratteristiche solaio composto legno-calcestruzzo

| Carichi nominali, combinazioni di carico e azioni interne | | | | | | SLU_1: $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_Q (G_{2k} + Q_k)$ | | | SLU_2: $\gamma_{G1} G_{1k} + \gamma_{G2} G_{2k}$ | | | SLE | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|---|-------------------------|------------------------|--|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| g_{1k} [kN/m ²] | g_{2k} [kN/m ²] | q_k [kN/m ²] | ψ_2 [-] | γ_{G1} [-] | $\gamma_{G2} : \gamma_Q$ [-] | $q_{SLU,1}$ [kN/m] | $M_{Ed,SLU,1}$ [kNm] | $V_{Ed,SLU,1}$ [kN] | $q_{SLU,2}$ [kN/m] | $M_{Ed,SLU,2}$ [kNm] | $V_{Ed,SLU,2}$ [kN] | g_k [kN/m] | q_k [kN/m] |
| 1.42 | 1.93 | 6.00 | 0.80 | 1.30 | 1.50 | 12.64 | 8.00 | 14.22 | 4.36 | 2.76 | 4.90 | 3.08 | 5.52 |

| Trave | | legno | massiccio | C24 | $\rho_k =$ | 350.00 | kg/m ³ | $\gamma_{M,legno} =$ | 1.50 |
|-------|----------------|-------|-----------|----------------------|--------------|------------|-------------------|----------------------|-----------|
| b | h ₂ | i | L | γ_{legno} | $E_{0,mean}$ | G_{mean} | $f_{m,k}$ | $f_{t,0,k}$ | $f_{v,k}$ |
| [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 160 | 180 | 920 | 2250 | 6.00 | 11000 | 690 | 24.00 | 14.00 | 4.00 |

| Soletta in calcestruzzo | | | | | cls | classe | LC30/33 | $\gamma_c =$ | 1.50 |
|---|------|----------------------|----------------------|--------|----------|----------|----------------|--------------|----------|
| h_1 | t | γ_{assito} | γ_{cls} | ϕ | f_{ck} | f_{cd} | $f_{ctk,0.05}$ | f_{ctd} | E_{cm} |
| [mm] | [mm] | [kN/m ³] | [kN/m ³] | [-] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 60 | 20 | 6.00 | 18.50 | 2.00 | 30.00 | 17.00 | 1.75 | 1.17 | 19607 |
| Considerare il contributo della soletta nelle verifiche a taglio? | | | | | | NO | | | |

| | |
|--|--------------|
| Capacità portante connessione legno-acciaio ad un piano di taglio con piastra spessa | |
| $\gamma_{con} =$ | 1.50 |
| $f_{h,0,k} =$ | 24.68 MPa |
| $M_{yk} =$ | 1.19E+05 Nmm |
| $F_{v,Rk} =$ | 14.72 kN |

| Connettori | | | | | | acciaio | B450C | $\gamma_s =$ | 1.15 |
|------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|-------|-------------------|----------|--------------|----------|
| ϕ | s_{min} | s_{max} | Verifica | s_{eq} | L_w | Verifica | f_{tk} | f_{yk} | f_{yd} |
| [mm] | [mm] | [mm] | $s_{max} \leq 4 s_{min}$ | [mm] | [mm] | $l_w \geq 10\phi$ | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 14 | 150 | 150 | SI | 150 | 140 | SI | 540.00 | 450.00 | 391.30 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 251 di 439 |

Verifiche SLU

| | | t = 0 | t = ∞ |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Caratteristiche materiali | | | |
| Calcestruzzo | E_1 | 19607 MPa | 6536 MPa |
| | $(EI)_1$ | 3.25E+11 Nmm ² | 1.08E+11 Nmm ² |
| | $(EA)_1$ | 1.08E+09 N | 3.61E+08 N |
| Legno | E_2 | 11000 MPa | 6875 MPa |
| | $(EI)_2$ | 8.55E+11 Nmm ² | 5.35E+11 Nmm ² |
| | $(EA)_2$ | 3.17E+08 N | 1.98E+08 N |
| Connessione | K_u | 6111 N/mm | 3820 N/mm |
| Caratteristiche sistema misto | | | |
| | $(EI)_{1+2}$ | 5.98E+12 Nmm ² | 3.15E+12 Nmm ² |
| | γ_1 | 0.02 | 0.03 |
| | γ_2 | 1.00 | 1.00 |
| | $y_{G,ef}$ | 98.51 mm | 98.38 mm |
| | a_1 | 131.49 mm | 131.62 mm |
| | a_2 | 8.51 mm | 8.38 mm |
| | $(EI)_{ef}$ | 1.56E+12 Nmm ² | 8.75E+11 Nmm ² |
| | η | 0.079 | 0.093 |

| Combinazione SLU_1 | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|---|-----------------------------|---|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | |
| Classe di durata del carico | | permanente | | 0.60 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| Caratteristiche di sollecitazione | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -3.27 | MPa | -2.07 | MPa |
| | σ _{1,t} | 2.77 | MPa | 1.52 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 0.48 | MPa | 0.53 | MPa |
| | σ _{m,2} | 5.08 | MPa | 5.66 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.74 | MPa | 0.74 | MPa |
| | Connessione | F _{v,Ed} | 3.69 | kN | 4.04 |
| Verifiche di resistenza | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | <div><div></div></div> 0.19 | Verifica | <div><div></div></div> 0.12 | Verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | <div><div></div></div> 2.37 | Predisporre armatura (N = 13.84 kN ; M = 1.66 kNm) | <div><div></div></div> 1.30 | Predisporre armatura (N = 15.16 kN ; M = 0.98 kNm) |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | <div><div></div></div> 0.62 | Verifica | <div><div></div></div> 0.68 | Verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | <div><div></div></div> 0.46 | Verifica | <div><div></div></div> 0.46 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | <div><div></div></div> 0.63 | Verifica | <div><div></div></div> 0.69 | Verifica |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 252 di 439 |

| Combinazione SLU_2 | | | | | |
|--|---|--|----------|-----------------------------|------------------|
| Posizione elemento | | all'interno degli edifici in ambienti condizionati | | k _{mod} | k _{def} |
| Classe di servizio | | 1 | | | |
| Classe di durata del carico | | permanente | | 0.60 | 0.60 |
| | | t = 0 | | t = ∞ | |
| <u>Caratteristiche di sollecitazione</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} | -1.13 | MPa | -0.71 | MPa |
| | σ _{1,t} | 0.96 | MPa | 0.52 | MPa |
| Legno | σ _{2,t} | 0.17 | MPa | 0.18 | MPa |
| | σ _{m,2} | 1.75 | MPa | 1.95 | MPa |
| | τ _{2,max} | 0.26 | MPa | 0.26 | MPa |
| Connessione | F _{v,Ed} | 1.27 | kN | 1.39 | kN |
| <u>Verifiche di resistenza</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | σ _{1,c} / f _{cd} | <div><div></div></div> 0.07 | Verifica | <div><div></div></div> 0.04 | Verifica |
| | σ _{1,t} / f _{ctd} | <div><div></div></div> 0.82 | Verifica | <div><div></div></div> 0.45 | Verifica |
| Legno | σ _{2,t} / f _{t,0,d} + σ _{m,2} / f _{m,d} | <div><div></div></div> 0.21 | Verifica | <div><div></div></div> 0.24 | Verifica |
| | τ _{2,max} / f _{vd} | <div><div></div></div> 0.16 | Verifica | <div><div></div></div> 0.16 | Verifica |
| Connessione | F _{v,Ed} / F _{v,Rd} | <div><div></div></div> 0.22 | Verifica | <div><div></div></div> 0.24 | Verifica |

Verifiche SLE

| | | t = 0 | | t = ∞ | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|--------------------------------|----------|--------------------------------|
| <u>Caratteristiche materiali</u> | | | | | |
| Calcestruzzo | E ₁ | 19607 | MPa | 6536 | MPa |
| | (EI) ₁ | 3.25E+11 | Nmm ² | 1.08E+11 | Nmm ² |
| | (EA) ₁ | 1.08E+09 | N | 3.61E+08 | N |
| Legno | E ₂ | 11000 | MPa | 6875 | MPa |
| | G ₂ | 690 | MPa | 431 | MPa |
| | (EI) ₂ | 8.55E+11 | Nmm ² | 5.35E+11 | Nmm ² |
| | (EA) ₂ | 3.17E+08 | N | 1.98E+08 | N |
| Connessione | K _{ser} | 9167 | N/mm | 5729 | N/mm |
| <u>Caratteristiche sistema misto</u> | | | | | |
| | (EI) ₁₊₂ | 5.98E+12 | Nmm ² | 3.15E+12 | Nmm ² |
| | γ ₁ | 0.03 | | 0.05 | |
| | γ ₂ | 1.00 | | 1.00 | |
| | y _{G,ef} | 102.28 | mm | 102.01 | mm |
| | a ₁ | 127.72 | mm | 127.99 | mm |
| | a ₂ | 12.28 | mm | 12.01 | mm |
| | (EI) _{ef,ser} | 1.72E+12 | Nmm ² | 9.76E+11 | Nmm ² |
| | η _{ser} | 0.113 | ≤ 0,70 Verifica | 0.133 | |
| <u>Verifiche della freccia</u> | | | | | |
| | u _g | 0.71 | mm | 1.24 | mm |
| | u _q | 1.28 | mm | 2.23 | mm |
| | u _{tot} | 1.99 | ≤ L/500 = 4.50 Verifica | 3.02 | ≤ L/350 = 6.43 Verifica |

Verifica armatura soletta

Verifica C.A. S.L.U. - File: Soletta lc30_33_t07agg

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 1 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 92 | 6 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 1.70 | 3 |

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 13.84 0 kN
M_{xEd} 1.66 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C LC30/33

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
 E_s/E_c 7 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 10.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.64
 τ_{c1} 1.914

M xRd 2.198 kN m
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 13.07 ‰
d 3 cm
x 0.633 x/d 0.2113
 δ 0.7041

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n

Tipo flessione

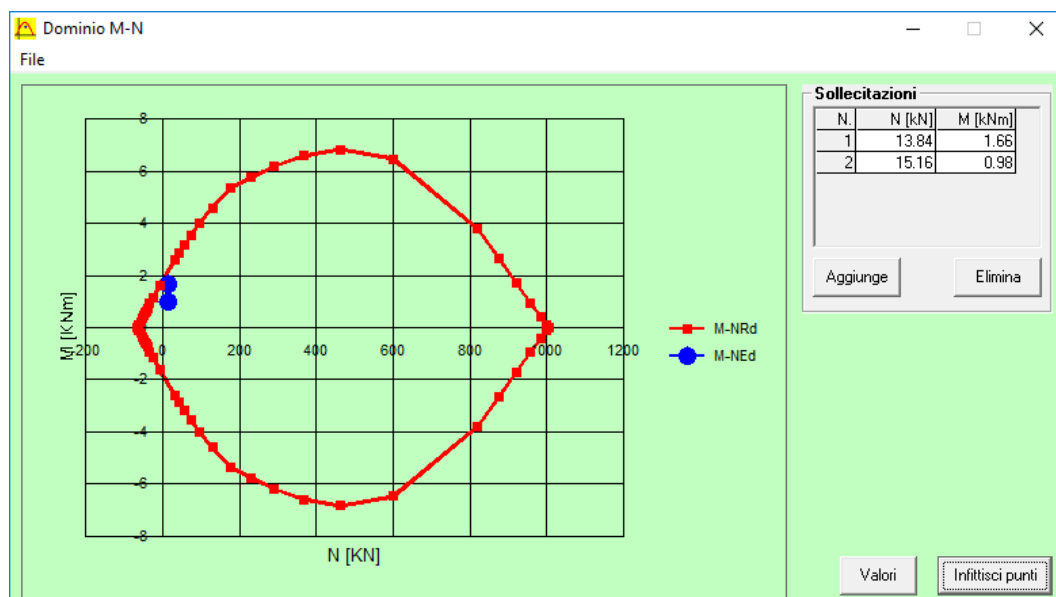
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 254 di 439 |

| VERIFICA A FLESSIONE | | | | | |
|----------------------|----------|----------------|--------------|--------------|------------|
| | Armatura | Ned(*) [kN] | Med [kNm] | Mrd [kNm] | RISULTATO |
| Solaio | Ø6 15x15 | 13.84 | 1.66 | < 2.198 | VERIFICATO |
| Solaio | Ø6 15x15 | 15.16 | 0.98 | < 2.231 | VERIFICATO |

(*) Valore positivo, elemento compresso

6.1.3 Verifica del giunto di base dei pilastri

Si riportano a seguire le verifiche dei giunti di base dei pilastri metallici, progettati per fornire un vincolo di incastro al piede per gli stessi.

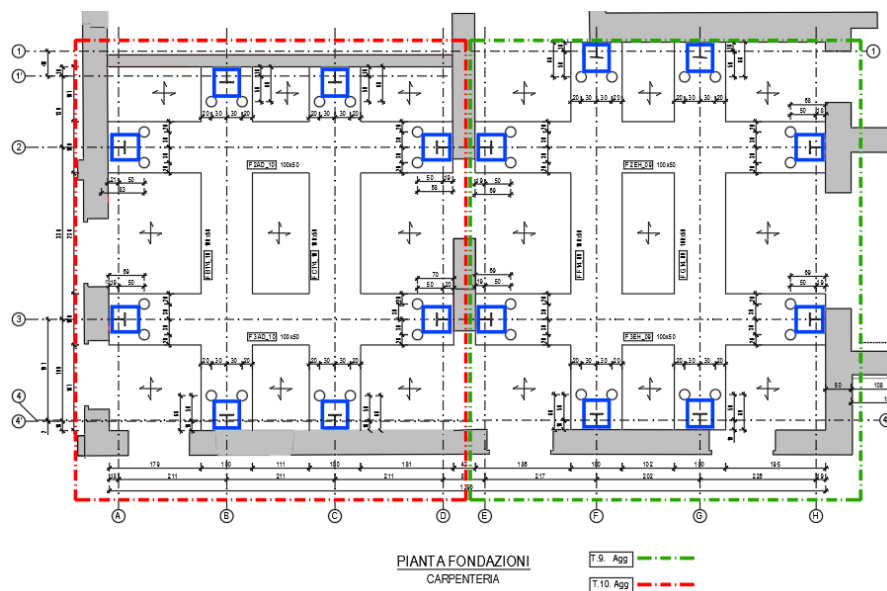


Figura 6.22: pianta fondazioni corpi T09_Agg. e T10_Agg. - in blu i giunti di base delle strutture metalliche

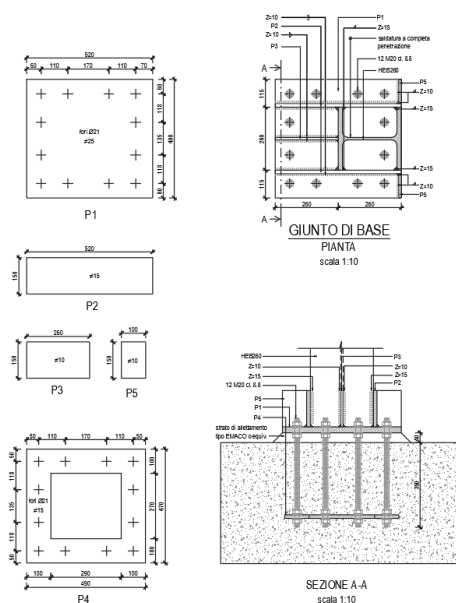
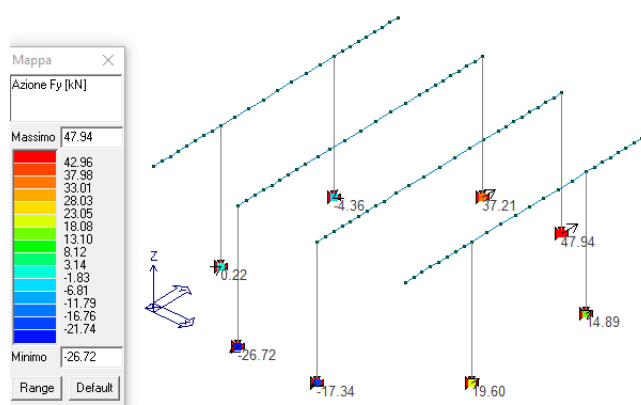
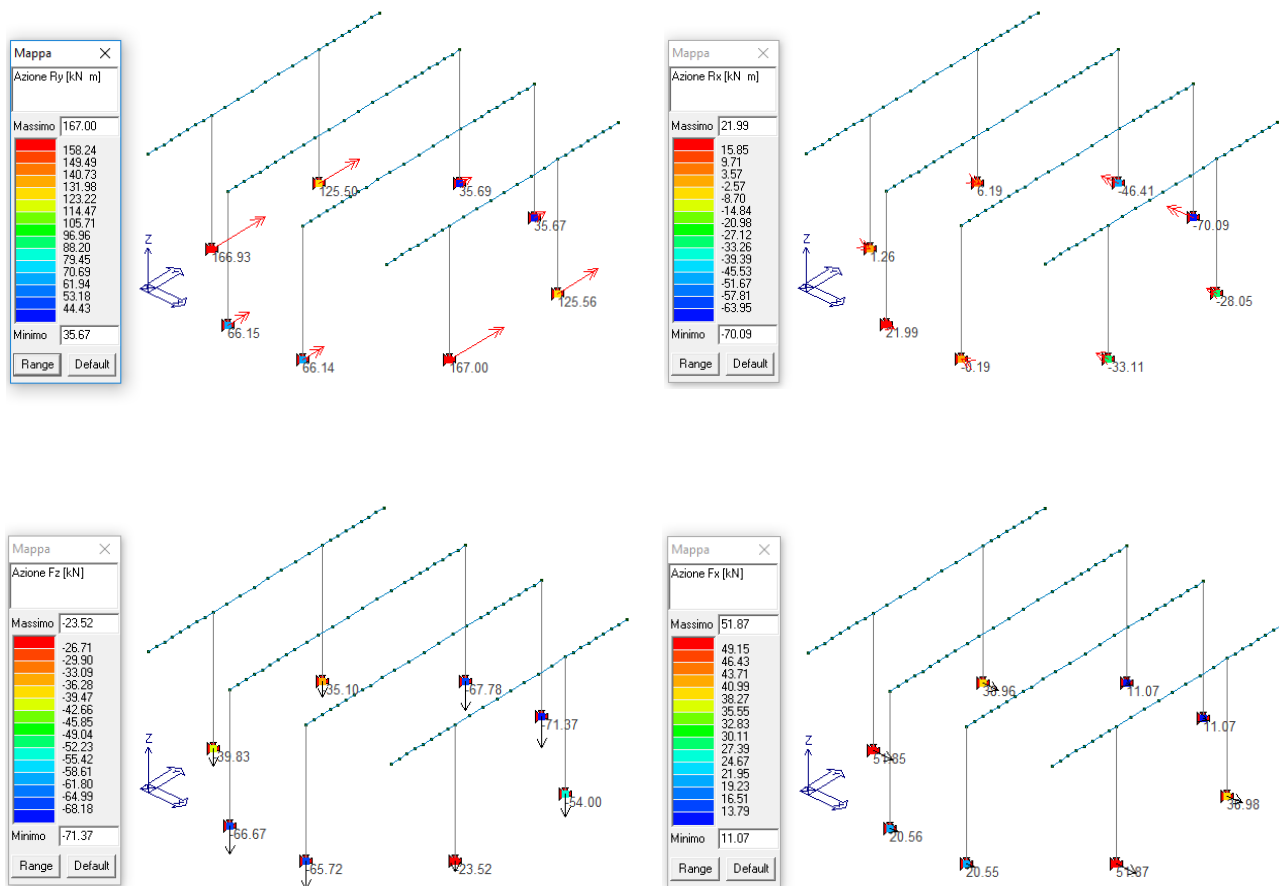


Figura 6.23: giunto di base della struttura metallica

6.1.3.1 Sollecitazioni

Il giunto è stato dimensionato uguale per le strutture T09_Agg. T10_Agg., sulla base delle sollecitazioni più gravose. Di seguito si riportano le sollecitazioni alla base della T09_Agg. in combinazione sismica (COMB.17), che risultano essere dimensionanti per il giunto.





6.1.3.2 Verifica di resistenza dei tirafondi

Resistenza a taglio-trazione del singolo tirafondo

Di seguito si riportano le sollecitazioni al piede della struttura, che massimizzano la trazione sul tirafondo.

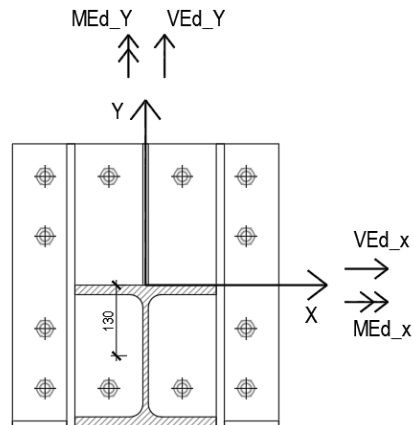


Figura 6.24: sistema di riferimento sollecitazioni

| COMB. | N _{Ed} (kN) | M _{Ed_X} (kNm) | M _{Ed_Y} (kNm) | V _{Ed_X} (kN) | V _{Ed_Y} (kN) |
|-------|----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 17 | - 24 | 167 | 33 | 20 | 52 |

Il massimo sforzo di trazione sul tirafondo risulta:

Verifica C.A. S.L.U. - File: COMB17

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 7 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | -24.5 | -26 |
| 2 | -24.5 | 26 |
| 3 | 24.5 | 26 |
| 4 | 24.5 | -26 |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 24 kN
M_{Ed} 0 -167 kNm
M_{Ed} 0 33 kNm

Materiali: B450C C25/30

E_{su} 67.5 % E_{c2} 2 %
f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16.67
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
E_{syd} 1.957 % σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls Coord.[cm]

σ_c -15.31 N/mm²
σ_s 375 N/mm²

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

$$T_{\max} = \sigma_s \cdot A_s = 375 \cdot 245/1000 = 92 \text{ kN}$$

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 258 di 439 |

Il taglio concomitante deriva dalla combinazione del taglio nelle due direzioni diviso per il numero totale dei tirafondi:

$$V_{\max} = \sqrt{V_{Ed_X}^2 + V_{Ed_Y}^2} / 12 = 5 \text{ kN}$$

La verifica a taglio-trazione risulta verificata:

Resistenza di progetto dei bulloni - EC3 (edizione 1992) #6.5.5.

Classe bullone: 8.8 diametro d: 20 f_{yb}: 640 f_{ub}: 800 N/mm²

☒ Sezione filettata ☐ Sezione lorda

Area: 245.0 mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) F_{v,Rd}: 94.08 kN

Resistenza a trazione F_{t,Rd}: 141.1 kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

F_{v,Sd}: 5 F_{t,Sd}: 92 kN

$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.053 + 0.466 = 0.519$ OK

Verifica di resistenza della piastra di bloccaggio:

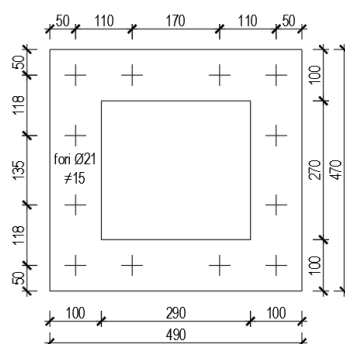


Figura 6.25: piastra di bloccaggio annegata nel getto

Ai fini delle verifiche, a favore di sicurezza, ogni tirafondo si considera dotato di una piastrina di bloccaggio di dimensioni 100x100 mm sp.15mm



Figura 6.26: schematizzazione della piastra di ancoraggio ai fini del calcolo

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 259 di 439 |

Verifica a flessione della piastra di ancoraggio:

$$q = \frac{T_{\max}}{(A_{\text{piastra}} - A_{\text{foro}})} = \frac{92 \cdot 1000}{(1 \cdot 10^4 - 3.46 \cdot 10^2)} = 9,5 \text{ MPa}$$

$$M_{\text{Ed}} = q \cdot \frac{l^2}{2} = 9,5 \cdot \frac{50^2}{2} = 11875 \text{ Nmm/mm}$$

$$M_{\text{Rd}} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot W_{el} = \frac{355}{1,05} \cdot \frac{15^2}{6} = 12678 \text{ Nmm/mm}$$

$$M_{\text{Rd}} > M_{\text{Ed}}$$

Inoltre si evidenzia come la tensione q di compressione che si sviluppa sul calcestruzzo sia notevolmente inferiore a f_{cd} , perciò il sistema di contrasto si ritiene adeguato.

6.1.3.3 Verifica di resistenza a flessione della piastra irrigidita

Di seguito si riportano le verifiche a flessione della piastra di base opportunamente irrigidita. La combinazione di carico più gravosa ai fini di tali verifiche risulta la comb.17

Verifica C.A. S.L.U. - File: COMB17

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

TITOLO :

N° Vertici 4 Zoom N° barre 7 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | -24.5 | -26 |
| 2 | -24.5 | 26 |
| 3 | 24.5 | 26 |
| 4 | 24.5 | -26 |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1 | 2.45 | -18.5 | 20 |
| 2 | 2.45 | -6.8 | 20 |
| 3 | 2.45 | 6.8 | 20 |
| 4 | 2.45 | 18.5 | 20 |
| 5 | 2.45 | -18.5 | 9 |
| 6 | 2.45 | 18.5 | 9 |

Tipo Sezione
☐ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☒ Rettangoli ☒ Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N Ed 0 24 kN
 M Ed 0 -167 kNm
 M xEd 0
 M yEd 0 33

P.to applicazione N
☐ Centro ☐ Baricentro cls
☒ Coord.[cm] xN 0 yN -13

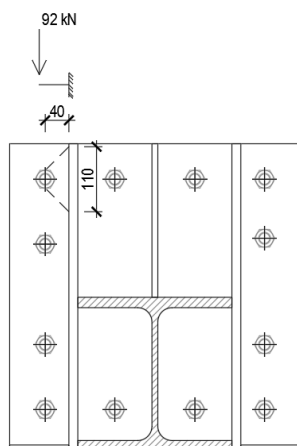
Metodo di calcolo
☐ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☒ Metodo n

Materiali
 B450C C25/30
 E_{su} 67.5 % E_{c2} 2 %
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5 %
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16.67
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 E_{syd} 1.957 % σ_{c,adm} 9.75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

Verifica
 σ_c -15.31 N/mm²
 σ_s 375 N/mm²
 ε_s 1.875 %
 d 53.34 cm
 x 20.26 x/d 0.3797
 δ 0.9147
 N° iterazioni: 4
☐ Precompresso

Verifica a flessione locale della piastra di base irrigidita:

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 260 di 439 |

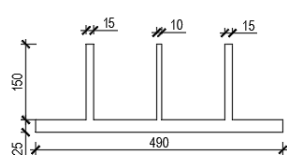
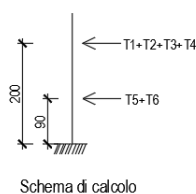
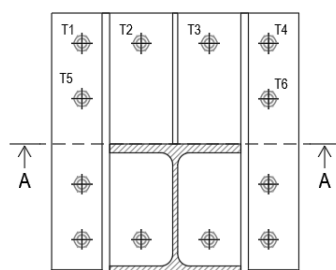


$$M_{Ed} = T_{max} \cdot l = 92 \cdot 40 \cdot 1000 = 3,68 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2$$

$$M_{Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot W_{el} = \frac{355}{1,05} \cdot \frac{25^2}{6} \cdot 110 = 3,87 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2$$

$$M_{Rd} > M_{Ed}$$

Verifica a flessione globale della piastra di base irrigidita:



SEZ. A-A
sezione resistente

| TIRAFONDO | σ_s (Mpa) | A_s (mm ²) | T (kN) | Braccio (mm) |
|-----------|---------------------|-----------------------------|-----------|-----------------|
| T1 | 375 | 245 | 92 | 200 |
| T2 | 350 | 245 | 86 | 200 |
| T3 | 321 | 245 | 78 | 200 |
| T4 | 296 | 245 | 72 | 200 |
| T5 | 253 | 245 | 62 | 90 |
| T6 | 173 | 245 | 43 | 90 |

$$M_{Ed} = T \cdot braccio = 76,10 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot W_{el} = \left(\frac{355}{1,05} \cdot 6,38 \cdot 10^5 \right) / 10^6 = 167 \text{ kNm}$$

6.1.3.4 Verifica di resistenza a taglio degli irrigidenti

Di seguito si verifica la resistenza a taglio dell'irrigidente tipo P2 (sp.15 mm) e dell'irrigidente P3 (sp.10mm), per la combinazione di carico più gravosa (comb.17).

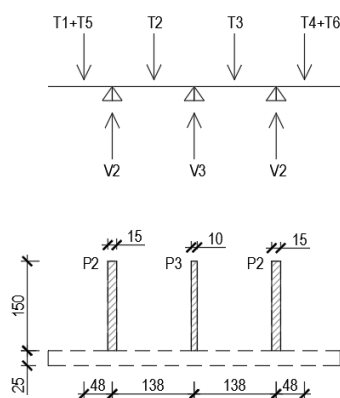


SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 261 di 439 |



SEZ. A-A
sezione resistente

$$V_{2_Ed} = T_1 + T_5 + \frac{T_2}{2} = 197 \text{ kN}$$

$$V_{2_Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{A_v}{\sqrt{3}} = 439 \text{ kN}$$

$$V_{2_Rd} > V_{2_Ed}$$

$$V_{3_Ed} = T_2 \cdot 0,6 + T_2 \cdot 0,6 = 99 \text{ kN}$$

$$V_{3_Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{A_v}{\sqrt{3}} = 292 \text{ kN}$$

$$V_{3_Rd} > V_{3_Ed}$$

6.2 PIANO AGGIUNTO: STRUTTURE DI FONDAZIONE

Considerata la natura del terreno, che presenta caratteristiche scadenti fino ad una profondità di circa 9 metri dal p.c., si è provveduto a progettare fondazioni di tipo profondo in micropali collegati da travi di fondazione in c.a.

6.2.1 Criteri generali di modellazione

Le sovrastrutture T09_Agg. e T10_Agg. sono state studiate ipotizzando incastri alle basi delle colonne metalliche. Solo ai fini delle verifiche in fondazione, tali vincoli fissi sono stati rimossi e sono state modellate le travi di fondazione come elementi beam, dotate di molle alla winkler ($k_z=1 \text{ kg/cm}^3$) per riprodurre l'interazione terreno-struttura. Inoltre in corrispondenza di ciascuna coppia di micropali l'elemento beam è stato dotato di un vincolo rigido alla traslazione.

Di seguito si riportano alcune immagini del modello.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 262 di 439 |

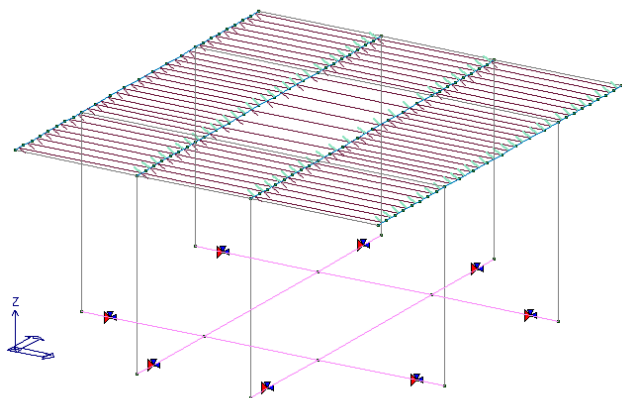


Figura 6.27: T09_Agg. - vista frame del modello FEM

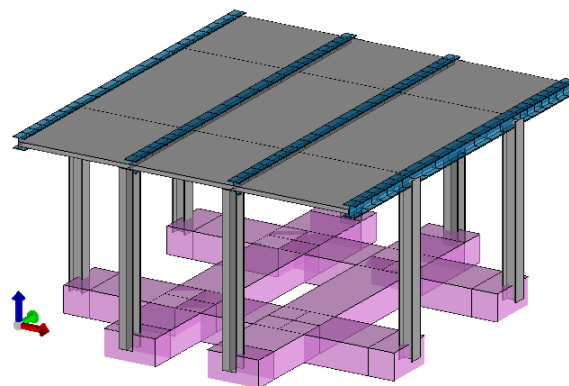


Figura 6.28: T09_Agg. - vista solida del modello FEM

6.2.2 Caratterizzazione geologica del sottosuolo

Le indagini utili ai fini della caratterizzazione dei terreni interessati dall'intervento in questione constano di:

- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo denominati S1 e S2 di profondità rispettivamente 10,60 e 12 m da piano campagna;
- n° 1 prova penetrometrica statica a punta meccanica denominata CPT1 spinta fino ad una profondità di 30 m da p.c.

Le indagini eseguite nel luglio 2014 dal Laboratorio geotecnico autorizzato "Geotechna s.r.l.", fanno parte di una campagna prove predisposta nell'ambito del progetto di riqualificazione funzionale dell'ala novecentesca di Palazzo Chiericati.

L'interpretazione dei risultati di tali prove sono raccolte nelle relazioni:

- Relazione Geologica "Museo Civico Pinacoteca di Palazzo Chiericati – Riqualificazione funzionale dell'ala Novecentesca", del luglio 2014;
- Relazione Geologica "Palazzo Chiericati Ala '800 – Restauro e rifunionalizzazione dell'ala ottocentesca di Palazzo Chiericati sede della Pinacoteca Civica", del gennaio 2017;

redatte entrambe dal Dott.Geologo Andrea Baldracchi e alle quali si rimanda per informazioni specifiche.

Segue la planimetria che evidenzia (in arancio) l'area oggetto dell'intervento e l'ubicazione delle prove suddette:

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 263 di 439 |



Figura 6.29: Planimetria di ubicazione delle prove

Nello specifico, in superficie e per lo spessore di circa 1 m si hanno terreni di riporto grossolano costituiti da sabbie ghiaiose con frammenti di laterizi e malta. A seguire, fino ad una profondità di circa 9 m da p.c. vi è la presenza di terreni antropizzati costituiti da argille limose consistenti (CPT1 ha rilevato valori di resistenza alla punta $q_c = 1-2 \text{ MPa}$).

Al di sotto di questo strato, il terreno si arricchisce di maggiore componente sabbiosa (CPT1 rileva a tali profondità valori di resistenza alla punta $q_c = 20 \text{ MPa}$).

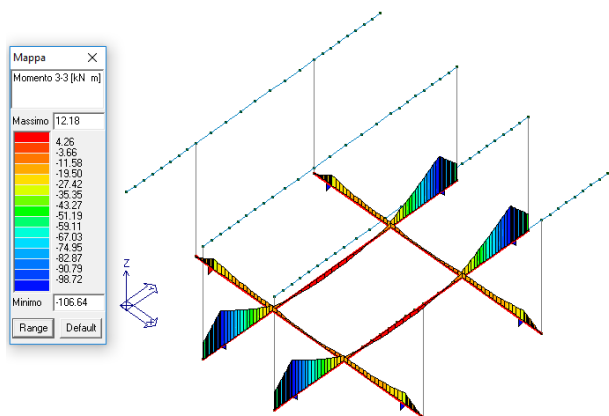
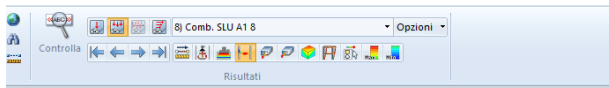
6.2.3 Verifica a flessione delle travi di fondazione

Si procede di seguito alla verifica a flessione delle travi di fondazione di dimensione 100x50 cm.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 264 di 439 |

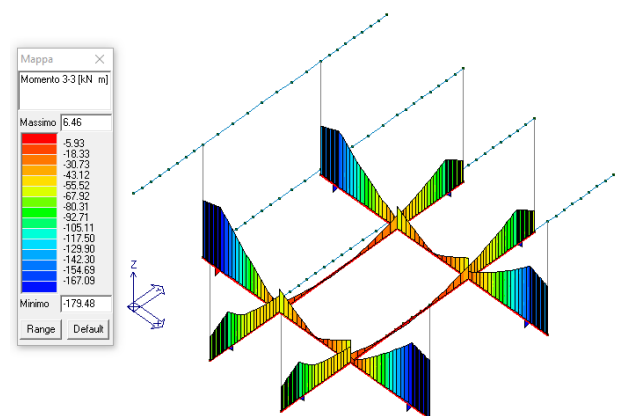
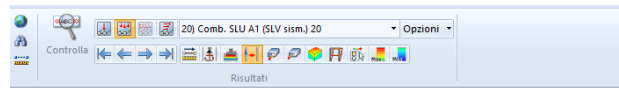
SOLLECITAZIONI MASSIME

SLU



$M_{Ed} = 107 \text{ kNm}$

SLV



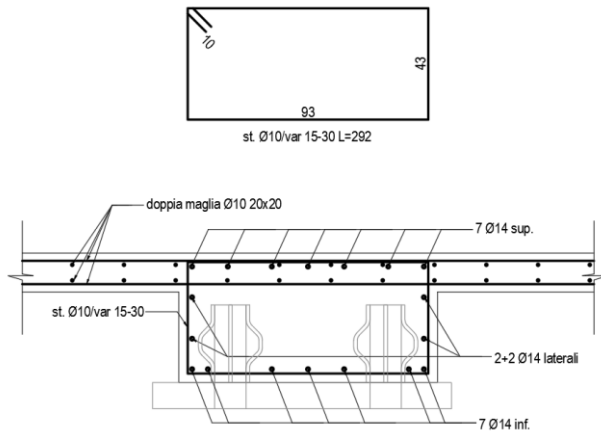
$M_{Ed} = 180 \text{ kNm}$

La combinazione più gravosa risulta essere quella sismica, per cui si procede al dimensionamento della trave per una momento di progetto $M_{Ed} = 180 \text{ kNm}$.

La trave di fondazione risulta armata con 7Ø14 superiori e 7Ø14 inferiori.

Armatura minima in fondazione (7.2.5 NTC2008):

$A_s > 0.2\%A_c = 10 \text{ cm}^2$ ($A_c=100 \times 50$) $A_s = 7\text{Ø}14$



Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

TITOLO: _____

N° strati barre 1 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1 | 100 | 50 | 1 | 10.78 | 45 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali C25/30

| Proprietà | Valore | Unità |
|----------------------------------|---------|-------|
| E _{cu} | 67.5 | GPa |
| f _{yk} | 391.3 | N/mm² |
| E _s | 200 000 | N/mm² |
| E _s /E _c | 15 | |
| σ _{s,adm} | 255 | N/mm² |
| ε _{cu} | 2 | ‰ |
| ε _{cu2} | 3.5 | ‰ |
| f _{cd} | 14.17 | N/mm² |
| f _{cc} /f _{cd} | 0.8 | |
| σ _{c,adm} | 9.75 | N/mm² |
| τ _{co} | 0.6 | |
| τ _{c1} | 1.029 | |

M_{Rd} 183.3 kNm

σ_c -14.17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_s 3.5 ‰
ε_s 39.47 ‰
d 45 cm
x 3.665 x/d 0.08146
ξ 0.7

Metodo di calcolo S.L.U. Metodo n

Tipo flessione Flessa Deviata

Calcola MRd N° rett. 100

L₀ 0 cm Col. modello

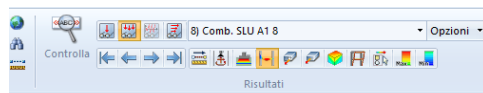
Precompresso

$$M_{Rd} > M_{Ed}$$

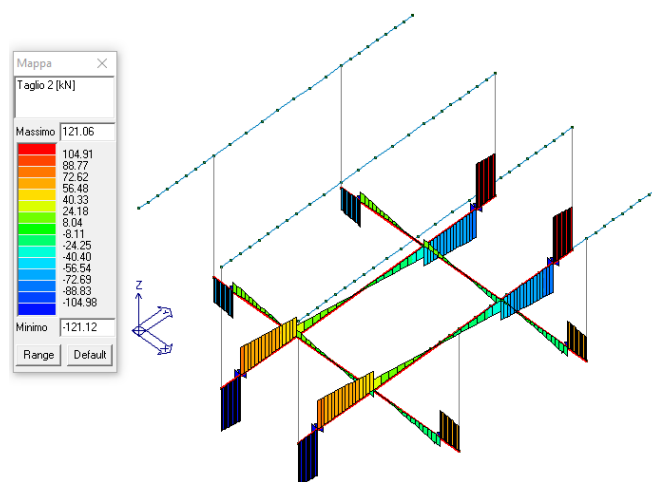
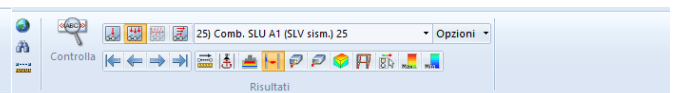
$$183 \text{ kNm} > 180 \text{ kNm} \text{ verificato}$$

6.2.4 Verifica a taglio delle travi di fondazione

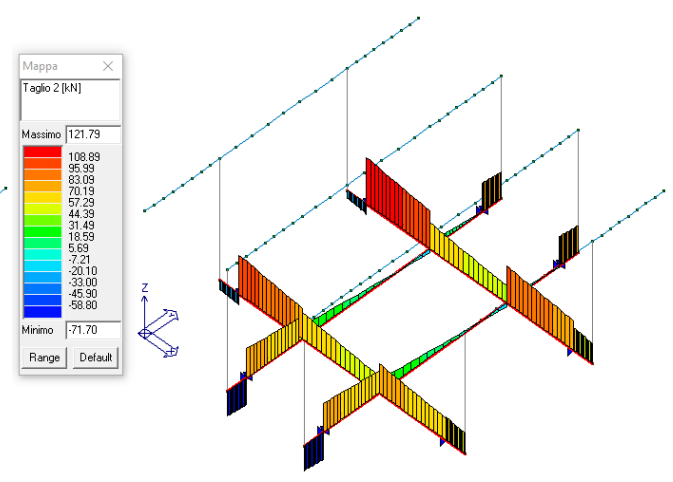
SLU



SLV



$$V_{Ed} = 122 \text{ kNm}$$



$$V_{Ed} = 122 \text{ kNm}$$

Le combinazioni SLU (statica) e SLV (sismica) forniscono valori paragonabili di taglio massimo.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 266 di 439 |

Si procede dunque alla verifica della trave per uno sforzo di taglio di progetto $V_{Ed} = 122 \text{ kN}$.

| RESISTENZA DI ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO | | | | | | | |
|--|--------|-----------------|----------|---------------------|----------------|------------------|-------------------|
| GEOMETRIA SEZIONE E MATERIALI | | | | | | N_{Ed} (kN) | V_{Ed} (kN) |
| b_w (cm) | h (cm) | c (cm) | d (cm) | R_{ck} (MPa) | f_{yk} (MPa) | | |
| 100.00 | 50.00 | 5.00 | 45.00 | 30.00 | 450.00 | 0.00 | 122.00 |
| Resistenza a taglio senza armatura specifica | | | | | | V_{Rd} (kN) | V_{Ed} / V_{Rd} |
| $A_{SL,tot}$ (mmq) | k | v_{min} (MPa) | ρ_L | σ_{cp} (MPa) | | | |
| 10.776 | 1.67 | 0.38 | 0.0024 | 0 | | 169.10 | 0.72 |

OK

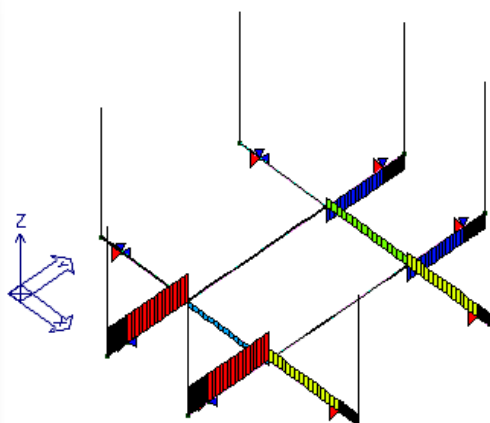
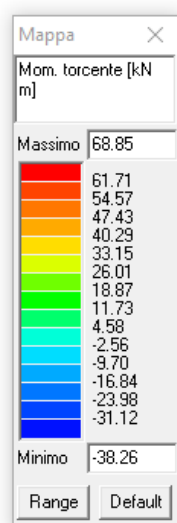
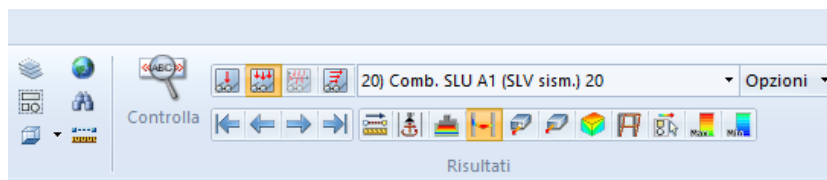
$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

$$169 \text{ kN} > 122 \text{ kN} \text{ verificato}$$

La verifica al taglio risulta soddisfatta senza la necessità di specifica armatura al di fuori della minima prescritta: $\text{passo min} \{ 3 \text{ st./m} ; 0,8d \} = 33 \text{ cm}$.

6.2.5 Verifica a torsione delle travi di fondazione

SLV



$$T_{Ed} = 69 \text{ kNm}$$

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 267 di 439 |

Ai fini della verifica a torsione, la staffatura minima predisposta (2br Ø10/30) viene infittita in corrispondenza della base delle colonne in acciaio a 2br. Ø10/15.

VERIFICA A TORSIONE TRAVE

Sollecitazioni SLU

| T_{Ed} [kNm] | legge di crescita |
|-------------------|----------------------|
| 70 | costante |

Caratteristiche calcestruzzo

| classe | R_{ck} [MPa] | f_{ck} [MPa] | γ_c [-] | α_{cc} [-] | f_{cd} [MPa] | f_{od} [MPa] |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| C25/30 | 30.00 | 24.90 | 1.50 | 0.85 | 14.11 | 7.06 |

Armatura longitudinale

| n_{barre} | \varnothing [mm] | ΣA_l [mm ²] |
|-------------|-----------------------|------------------------------------|
| 4 | 14 | 616 |

Geometria trave

| A_c [cm ²] | u [cm] | t [cm] | A [cm ²] | u_m [cm] | $L_{TEd=0}$ [cm] |
|-----------------------------|-------------|-------------|---------------------------|---------------|---------------------|
| 5000 | 300 | 16.7 | 3894 | 232 | 200 |

Caratteristiche acciaio

| tipo | f_{yk} [MPa] | γ_s [-] | f_{yd} [MPa] |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| B450C | 450.00 | 1.15 | 391.30 |

| inclinazione bielle in c.l.s. |
|----------------------------------|
| 45 ° |

Verifica armature resistenti a torsione

| sezione [cm] | Armatura trasversale | | | | | ϑ [°] | T_{Ed} [kNm] | $\leq \{ T_{Rcd} ; T_{Rsd} ; T_{Rld} \}$ | | | |
|-----------------|----------------------|------------|-----------------------|-------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|--|--------------------|--------------------|----------|
| | c [cm] | $n_{b,sw}$ | \varnothing [mm] | s [cm] | A_s [cm ²] | | | T_{Rcd} [kNm] | T_{Rsd} [kNm] | T_{Rld} [kNm] | Verifica |
| 0 | 3.5 | 2 | 10 | 15 | 1.57 | 45.00 | 70 | 457.87 | 319.13 | 80.88 | SI |
| 50 | 3.5 | 2 | 10 | 15 | 1.57 | 45.00 | 70 | 457.87 | 319.13 | 80.88 | SI |
| 100 | 3.5 | 2 | 10 | 15 | 1.57 | 45.00 | 70 | 457.87 | 319.13 | 80.88 | SI |
| 150 | 3.5 | 2 | 10 | 15 | 1.57 | 45.00 | 70 | 457.87 | 319.13 | 80.88 | SI |
| 200 | 3.5 | 2 | 10 | 15 | 1.57 | 45.00 | 70 | 457.87 | 319.13 | 80.88 | SI |

$$T_{Rd} > T_{Ed}$$

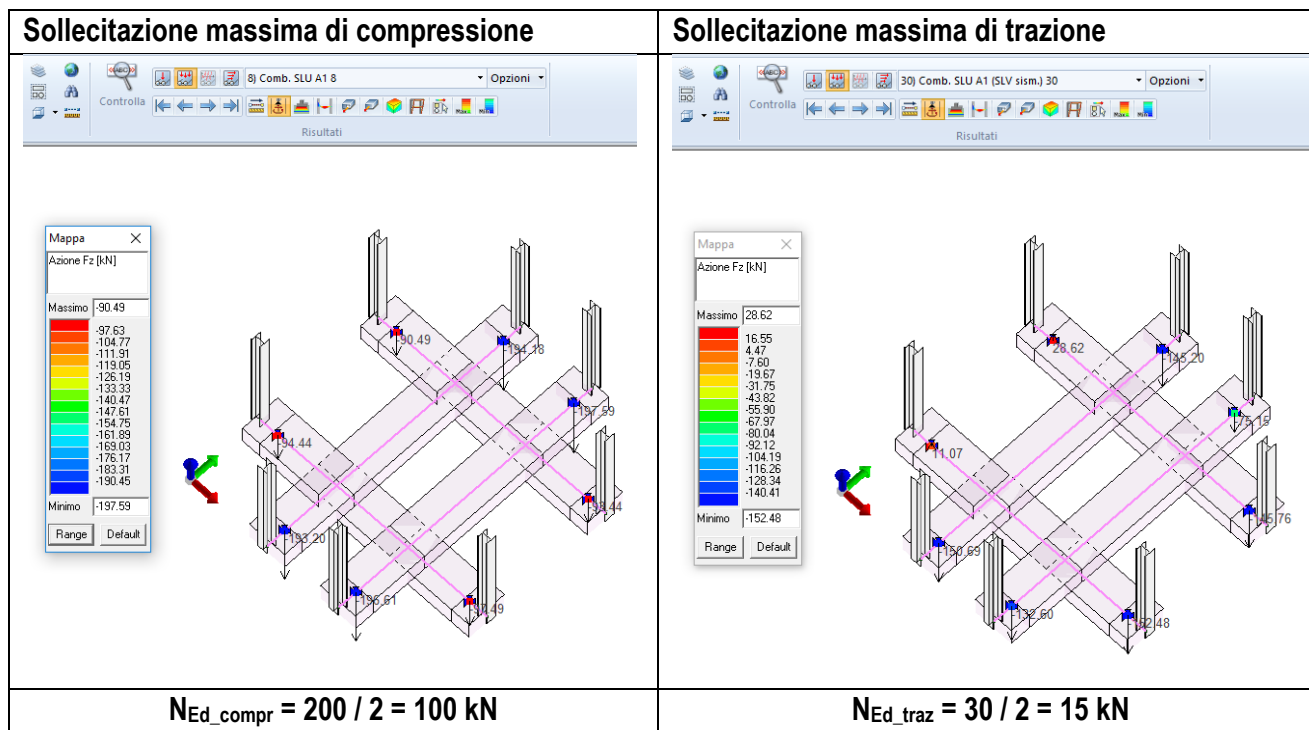
$$81 \text{ kN} > 69 \text{ kN} \text{ verificato}$$

6.2.6 Verifica di portata verticale pali di fondazione

SOLLECITAZIONI

Di seguito si riporta la massima sollecitazione di compressione (combinazione SLU) e di trazione (combinazione SLV) a cui sono sottoposti i micropali, rappresentati nel modello dai punti di vincolo rigido. Si rammenta che, per come è stata modellata la struttura di fondazione, la sollecitazione su ogni singolo nodo viene ripartita tra i due pali ravvicinati.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 268 di 439 |



RESISTENZA DI PALI SOGGETTI AD AZIONI VERTICALI

Le resistenze limite per attrito laterale $Q_{L,limite}$ e di punta $Q_{L,punta}$ (indicate nel D.M 14/01/2008 come “resistenze calcolate” R_{cal}) sono state determinate con il seguente consolidato metodo analitico:

Metodo di Bustamante e Gianeselli (1982)

Il metodo di Bustamante e Gianeselli è basato sulla analisi di circa 200 prove di carico su pali realizzati in differenti tipi di terreni, la cui casistica così varia e completa ha contribuito a spiegare i buoni risultati che normalmente si ottengono dall'applicazione di tale metodo. Il metodo conosciuto come LCPC è riepilogato nelle figure seguenti.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 269 di 439 |

| Natura del terreno | q_c (MPa) | Fattori k_c | |
|--|----------------|---------------|-----------|
| | | Gruppo I | Gruppo II |
| Argilla soffice e fango | < 1 | 0.4 | 0.5 |
| Argilla moderatamente compatta | 1 a 5 | 0.35 | 0.45 |
| Limo e sabbia sciolta | ≤ 5 | 0.4 | 0.5 |
| Argille da compatte a dure e limi compatti | > 5 | 0.45 | 0.55 |
| Calcare bianco (chalk) tenero | ≤ 5 | 0.2 | 0.3 |
| Sabbia moderatamente addensata e ghiaie | 5 a 12 | 0.4 | 0.5 |
| Calcari bianchi (chalk) alterati e fratturati | > 5 | 0.2 | 0.4 |
| Sabbia e ghiaia da addensata a molto addensata | > 12 | 0.3 | 0.4 |

Gruppo I: Pali trivellati a secco, pali trivellati con sostegno delle pareti dello scavo mediante tubazione; pali trivellati con sostegno delle pareti mediante fanghi bentonitici; micropali (iniettati a bassa pressione); pali realizzati con elica continua e tubo forma centrale.

Gruppo II: Pali infissi prefabbricati in c.a. pali precompressi; pali infissi gettati in sito, pali infissi metallici, micropali iniettati ad alta pressione

Figura 6.30: fattori di capacità portante K_c (Bustamante e Gianeselli 1982)

| Natura del terreno | q_c (MPa) | Categoria | | | | | | | | | |
|--|----------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|--|--------|--------|-------|-------|-------------|
| | | Coefficiente di adesione α | | | | Limite massimo per la resistenza unitaria laterale limite τ_i (MPa) | | | | | |
| | | I | | II | | I | | II | | III | |
| | | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B |
| Argilla tenera e fango | < 1 | 30 | 90 | 90 | 30 | 0.015 | 0.015 | 0.015 | 0.015 | 0.035 | |
| Argilla moderatamente compatta | 1 to 5 | 40 | 80 | 40 | 80 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.08 | ≥ 0.12 |
| | | | | | | (0.08) | (0.08) | (0.08) | | | |
| Limo e sabbia sciolta | ≤ 5 | 60 | 150 | 60 | 120 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.08 | – |
| Argilla da compatta a dura e limo compatto | > 5 | 60 | 120 | 60 | 120 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.08 | ≥ 0.20 |
| | | | | | | (0.08) | (0.08) | (0.08) | | | |
| Calcare bianco (chalk) tenero | ≤ 5 | 100 | 120 | 100 | 120 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.08 | – |
| Sabbia moderatamente addensata e ghiaia | 5 to 12 | 100 | 200 | 100 | 200 | 0.08 | 0.035 | 0.08 | 0.08 | 0.12 | ≥ 0.20 |
| | | | | | | (0.12) | (0.08) | (0.12) | | | |
| Calcare bianco (chalk) alterato e fratturato | > 5 | 60 | 80 | 60 | 80 | 0.12 | 0.08 | 0.12 | 0.12 | 0.15 | ≥ 0.20 |
| | | | | | | (0.15) | (0.12) | (0.15) | | | |
| Sabbia da addensata a molto addensata e ghiaia | > 12 | 150 | 300 | 150 | 200 | 0.12 | 0.08 | 0.12 | 0.12 | 0.15 | ≥ 0.20 |
| | | | | | | (0.15) | (0.12) | (0.15) | | | |

Categorie – IA: pali trivellati a secco, pali trivellati con sostegno delle pareti mediante fanghi, pali realizzati con elica continua e tubo forma centrale, micropali (iniettati a bassa pressione). IB: Pali trivellati con sostegno delle pareti dello scavo mediante tubazione, pali infissi gettati in opera. IIA: Pali infissi prefabbricati in cemento armato o precompresso, pali in profilati o in tubi di acciaio. IIAA: Pali infissi iniettati. IIBB: Pali iniettati ad alta pressione; micropali (iniettati ad alta pressione).

Nota: I limiti massimi di τ_i indicati fra parentesi devono applicarsi a pali eseguiti con molta cura e avendo arrecato al terreno il minimo disturbo.

Figura 6.31:coefficiente di adesione α (Bustamante Gianeselli 1982)

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 270 di 439 |

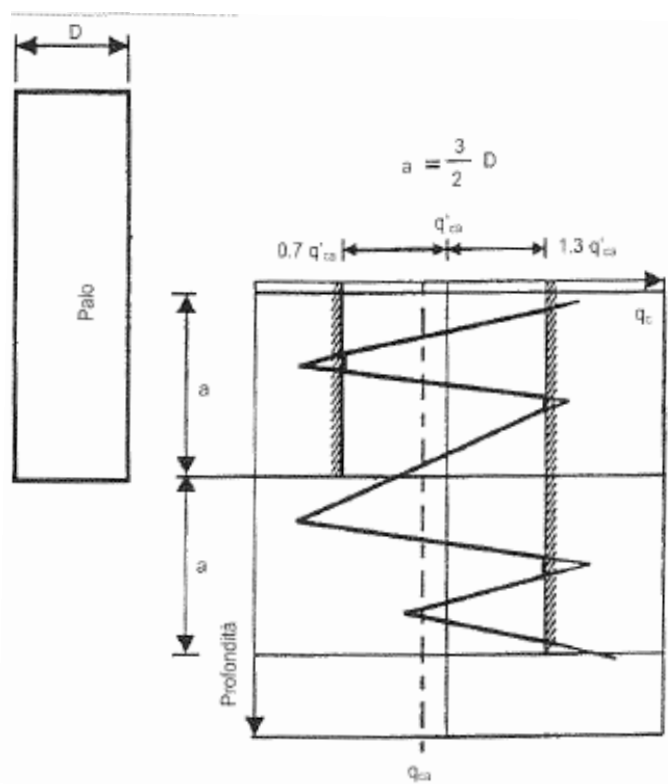


Figura 6.32: valutazione della resistenza alla punta media equivalente (Bustamante Gianceselli 1982)

Il valore medio equivalente della resistenza alla punta q_c misurata da prove CPT, da adottare per calcolare il valore della portata unitaria limite di base q_b con riferimento alla Figura 6.32 deve essere il valore misurato lungo una lunghezza definita pari a $2 \cdot a$ (dove $a = 1,5 \cdot \text{Diametro palo}$), rispettivamente sopra (+a) e sotto (-a) la punta del palo.

La resistenza unitaria laterale limite τ_L è calcolato dai valori misurati della resistenza alla punta q_c divisa per un coefficiente di adesione α (vedi Figura 6.31)

Il valore della portata unitaria limite di base q_b è ricavata dal valore q_c sopra indicato, moltiplicato per un opportuno coefficiente di portanza k_c (vedi Figura 6.30).

Pertanto si ha:

- **Resistenza unitaria limite di punta** $q_b = k_c \cdot q_c$
- **Resistenza unitaria limite laterale** $\tau_L = q_c / \alpha$

Che moltiplicate rispettivamente per l'area di base A_b e l'area laterale A_L , danno le resistenze limite per attrito laterale $Q_{L,limite}$ e di punta $Q_{L,punta}$:

- **Resistenza limite di punta** $Q_{L,punta} = q_b \cdot A_b$
- **Resistenza limite laterale** $Q_{L,limite} = \tau_L \cdot A_L$

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 271 di 439 |

Le resistenze caratteristiche per attrito laterale $Q_{L,k}$ e di punta $Q_{P,k}$ sono state a loro volta ricavate applicando i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 (tab. 6.4.IV del D.M. 14/01/2008) alle resistenze calcolate $Q_{L,lim}$ e $Q_{P,lim}$, in funzione del numero di verticali indagate:

$$Q_k = \min \{ (Q_{lim})_{media} / \xi_3 ; (Q_{lim})_{min} / \xi_4 \}$$

Tabella 6.4.IV – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

| Numero di verticali indagate | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | ≥ 10 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| ξ_3 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40 |
| ξ_4 | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21 |

Nello specifico sono state considerate 3 verticali d'indagine.

La resistenza di progetto del palo Q_{Rd} è stata ottenuta a partire dai valori caratteristici Q_k applicando i coefficienti parziali γ_R della Tab. 6.4.II del D.M. 14/01/2008, e considerando il contributo del peso del palo W'_{palo} (peso del palo, immerso o meno, a seconda della posizione della falda):

- resistenza di progetto a compressione $Q_{TOT,Rd,compr} = Q_{L,Rd,compr} + Q_{P,Rd,compr} - W'_{palo}$

$$Q_{L,Rd,compr} = Q_{L,k} / \gamma_s$$

$$Q_{P,Rd,compr} = Q_{P,k} / \gamma_b$$

- resistenza di progetto a trazione $Q_{TOT,Rd,traz} = Q_{L,Rd,traz} + W'_{palo}$

$$Q_{L,Rd,traz} = Q_{L,k} / \gamma_{st}$$

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

| Resistenza | Simbolo | Pali infissi | | | Pali trivellati | | | Pali ad elica continua | | |
|--------------------------|---------------|--------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|
| | γ_R | (R1) | (R2) | (R3) | (R1) | (R2) | (R3) | (R1) | (R2) | (R3) |
| Base | γ_b | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,7 | 1,35 | 1,0 | 1,6 | 1,3 |
| Laterale in compressione | γ_s | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,45 | 1,15 |
| Totale (*) | γ_t | 1,0 | 1,45 | 1,15 | 1,0 | 1,6 | 1,30 | 1,0 | 1,55 | 1,25 |
| Laterale in trazione | γ_{st} | 1,0 | 1,6 | 1,25 | 1,0 | 1,6 | 1,25 | 1,0 | 1,6 | 1,25 |

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Nel caso in esame sono state effettuate le verifiche secondo l'approccio 2.

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 272 di 439 |

PORTATA LATERALE LIMITE

| | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|
| Area laterale | A_L | $6,28 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$ |
| Resistenza alla punta del penetrometro statico | q_c | 1,5 Mpa * |
| Argilla moderatamente compatta | α | 40 |
| Resistenza unitaria limite laterale | $\tau_L = q_c / \alpha$ | 0,0375 MPa |
| Resistenza limite laterale | $Q_{L,limite} = \tau_L \cdot A_L$ | 235 kN |

* valore medio di resistenza alla punta nei primi 10 m di profondità misurato durante la prova CPT1 (2004)

PORTATA DI PUNTA LIMITE

| | | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|
| Area di base | A_b | $3,14 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$ |
| Resistenza alla punta del penetrometro statico | q_c | 5 Mpa *** |
| Argilla limosa, sabbiosa | k_c | 0,45 |
| Resistenza unitaria limite di punta | $q_b = k_c \cdot q_c$ | 2,25 MPa |
| Resistenza limite di punta | $Q_{L,punta} = q_b \cdot A_b$ | 70 kN |

*** In corrispondenza della base del palo, la resistenza alla punta misurata durante (CPT1 2004) è pari a 20 Mpa. Si è scelto un valore cautelativo anche in considerazione del modesto contributo che la punta riveste nella portanza complessiva di un micropalo.

| PORTATA LATERALE DI PROGETTO IN COMPRESSIONE | | |
|--|--------|---|
| γ_s | 1.15 | laterale in compressione pali trivellati (R3) |
| numero indagini | 3 | numero di sondaggi effettuati |
| ξ_3 | 1.6 | fattori di correlazione |
| ξ_4 | 1.48 | |
| Rlat d (KN) | 127.72 | portata geotecnica di progetto |
| PORTATA DI PUNTA DI PROGETTO | | |
| γ_b | 1.35 | di base pali trivellati (R3) |
| numero indagini | 3 | numero di sondaggi effettuati |
| ξ_3 | 1.6 | fattori di correlazione |
| ξ_4 | 1.48 | |
| Rbase d (KN) | 32.41 | portata geotecnica di progetto |
| PORTATA DI PROGETTO IN COMPRESSIONE | | |
| 1,3* W palo (KN) | 10.21 | peso palo |
| Rtot d (KN) | 149.91 | portata geotecnica di progetto |

$$N_{Rd_compr} > N_{Ed_compr}$$



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 273 di 439 |

149 kN > 100 kN verificato

| PORTATA LATERALE DI PROGETTO IN TRAZIONE | | |
|--|--------|---|
| γ_s | 1.25 | laterale in trazione pali trivellati (R3) |
| numero indagini | 3 | numero di sondaggi effettuati |
| ξ_3 | 1.6 | fattori di correlazione |
| ξ_4 | 1.48 | |
| Rlat d (KN) | 117.50 | portata geotecnica di progetto |
| PORTATA DI PROGETTO IN TRAZIONE | | |
| W palo (KN) | 7.85 | peso palo |
| Rtot d (KN) | 125.35 | portata di progetto |

$$N_{Rd_traz} > N_{Ed_traz}$$

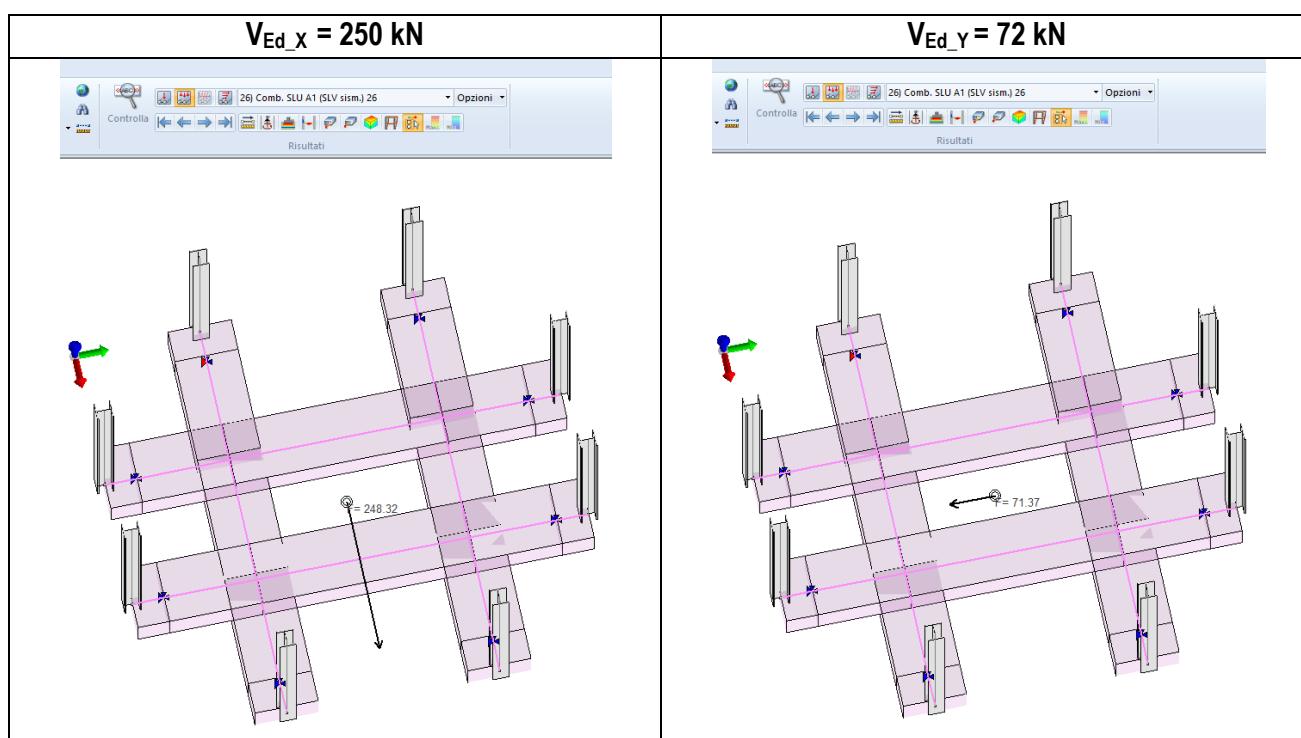
125 kN > 15 kN verificato

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 274 di 439 |

6.2.7 Verifica di portata trasversale pali di fondazione

SOLLECITAZIONI

Di seguito si riporta la massima combinazione di taglio alla base della struttura, corrispondente alla combinazione SLV.



La combinazione delle sollecitazioni nelle due direzioni suddivisa per il numero totale di micropali, determina il taglio massimo che il singolo palo deve sopportare.

$$V_{Ed_max} = \sqrt{V_{Ed_X}^2 + V_{Ed_Y}^2} / 16 = 17 \text{ kN}$$

RESISTENZA IN CONDIZIONI SLU (SLV) DI PALI SOGGETTI AD AZIONI ORIZZONTALI

Le verifiche di sicurezza agli Stati Limite Ultimi dei pali soggetti ad azioni orizzontali sono state condotte con riferimento alla teoria di Broms (1964).

Lo stato tensodeformativo del complesso palo-terreno sotto azioni orizzontali si presenta come un problema tridimensionale per la cui soluzione è necessario introdurre le seguenti ipotesi semplificative:

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 275 di 439 |

- terreno omogeneo per tutta l'altezza del palo, caratterizzato dal solo angolo di attrito nel caso di terreni incoerenti, e dalla sola coesione non drenata per i terreni coesivi;
- comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- forma del palo ininfluenta - l'interazione palo-terreno è determinata dalla dimensione caratteristica della sezione del palo (diametro) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- palo con comportamento rigido-perfettamente plastico, ovvero si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

L'ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione M_y (coincidente con il momento resistente $M_{Rd,SLU}$) del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

I possibili meccanismi di rottura che si possono verificare riguardano il comportamento di palo "corto" (per pali incastrati o incernierati in testa), "intermedio" (solo per pali incastrati in testa) o "lungo" (per pali incastrati o incernierati in testa).

La resistenza caratteristica ad azioni orizzontali $R_{T,k}$ viene calcolata dividendo il valore limite $R_{T,lim}$ desunto dalla teoria del Broms per il fattore di correlazione ξ_3 (tab. 6.4.IV del D.M. 14/01/2008), in funzione del numero di verticali indagate:

$$R_{T,k} = R_{T,lim} / \xi_3$$

Tabella 6.4.IV – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

| Numero di verticali indagate | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | ≥ 10 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| ξ_3 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 | 1,45 | 1,40 |
| ξ_4 | 1,70 | 1,55 | 1,48 | 1,42 | 1,34 | 1,28 | 1,21 |

La resistenza ad azioni orizzontali di progetto $R_{T,Rd}$ viene calcolata a partire dalla resistenza caratteristica $R_{T,k}$ dividendo per il coefficiente di sicurezza parziale alle azioni trasversali γ_t della Tab. 6.4.VI del D.M. 14/01/2008:

$$R_{T,Rd} = R_{T,k} / \gamma_t$$

La resistenza limite orizzontale dei pali di fondazione è stata calcolata considerando la condizione di palo incastrato in testa, con un modello di comportamento del terreno di tipo incoerente.

Le analisi evidenziano che il meccanismo di rottura è del tipo palo "lungo", ovvero di collasso del palo prima di quello del terreno.

L'espressione per il calcolo del carico limite orizzontale di pali incastrati in testa in terreni incoerenti è la seguente:

Nello specifico si considera il micropalo armato con un tubolare D 121mm sp.8mm.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 276 di 439 |

In assenza di parametri geotecnici estrapolabili dalla relazione geologica, si assume un valore di C_u cautelativo di 20 kPa.

| PALI A ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA, TERRENI COESIVI | | | | | |
|---|-----------|-----|--|--|-----------|
| Cu | 20.00 | KPa | coesione non drenata | | |
| D_palo | 0.20 | m | diametro del palo | | |
| L_palo | 10.00 | m | lunghezza palo | | |
| M _{y,palo} (M _{Rd} SLU) | 34.59 | kNm | momento di plasticizzazione del palo | | D121 sp.8 |
| L/D palo | 50.00 | | | | |
| PALO CORTO | | | | | |
| H _{LIM,corto} | 349.20 | kN | carico limite orizzontale | | |
| M _{MAX,corto} | 1798.38 | kNm | momento massimo in condizioni di rottura | | |
| H _{LIM,corto} /cu*d ² | 436.50 | | | | |
| L/d | 50.00 | | | | |
| PALO LUNGO | | | | | |
| H _{LIM,lungo} | 60.60 | kN | carico limite orizzontale | | |
| H _{LIM,lungo} /cu*d ² | 75.75 | | | | |
| L/d | 50.00 | | | | |
| PALO INTERMEDIO | | | | | |
| H _{LIM,intermedio} | 143.41225 | kN | carico limite orizzontale | | |
| H _{LIM,intermedio} /cu*d ² | 179.26531 | | | | |
| L/d | 50.00 | | | | |

| COEFF. DI SICUREZZA | | |
|---|------------|--------------|
| | | APP.2 GEO |
| | | (R3) |
| carichi trasversali | γ_T | 1.30 |
| Fattore di correlazione n°3 sondaggi | ξ_3 | 1.60 |

| PORTATA DEL PALO SINGOLO A TAGLIO | | |
|-----------------------------------|---------------------|--------------|
| | [kN] | APP.2 GEO |
| | | (A1-M1-R3) |
| orizzontale limite | H _{limite} | 60.60 |
| orizzontale caratteristica | H _k | 37.87 |
| orizzontale di progetto | H _d | 29.13 |

$$V_{Rd} > V_{Ed_max}$$

29 kN > 17 kN verificato

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 277 di 439 |

6.3 NUOVA SCALA A SERVIZIO DEL MUSEO

6.3.1 Scala principale

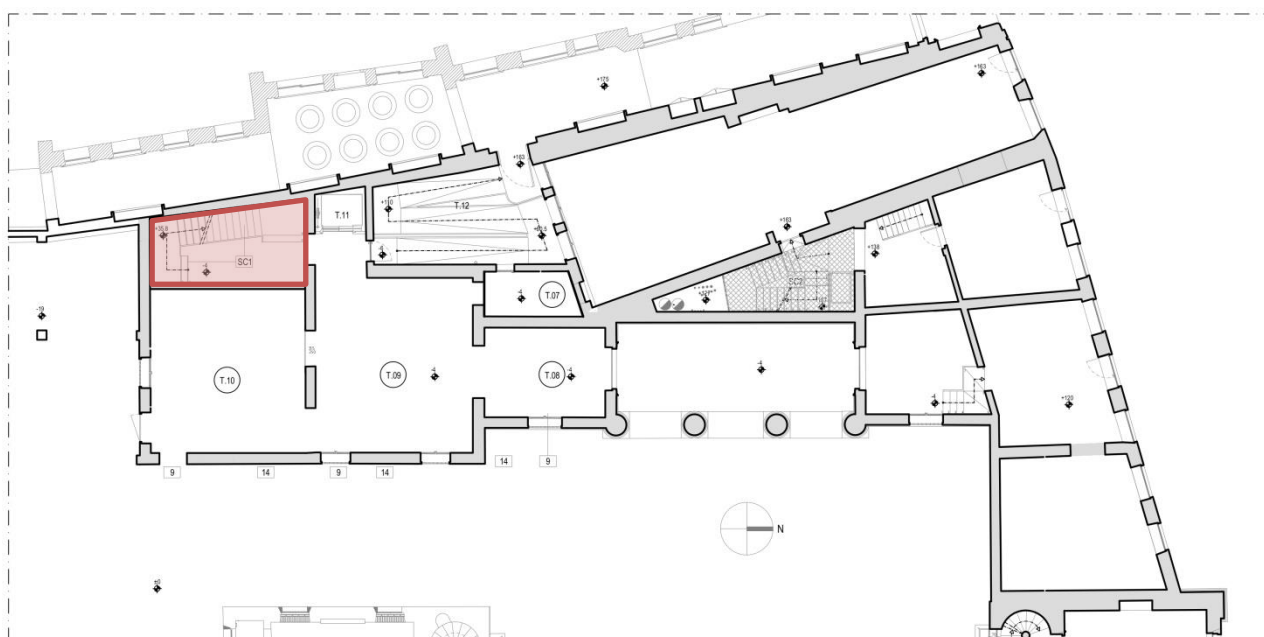


Figura 6.33 Localizzazione della scala nella condizione di stato di progetto

La scala a servizio del museo è localizzata nel lato ovest del stanza T.10 al piano terra e arriva fino al piano nobile dell'edificio.

La struttura che la costituisce è interamente in acciaio ed è formata da cosciali a lama con sezione rettangolare 280x30mm; da elementi trasversali in profili HEA100; da scalini e pianerottoli in lamiera sagomata di spessore di 6mm rivestiti in pietra.

Le rampe appoggiano alla pareti ortogonali e sono state calcolate come travi in semplice appoggio.

Nella prima rampa di scale sono stati inseriti degli elementi di controventamento per contrastare la spinta del terreno retrostante la parete a ridosso della scala, sul lato dell'androne.

6.3.1.1 Calcolo della spinta del terreno

In corrispondenza della muratura sul lato ovest del vano scala è presente un salto di quota del terreno dall'interno all'esterno pari a circa 1.8m (all'esterno la quote è superiore);

si riporta di seguito il calcolo della spinta del terreno sulla muratura.

| CARATTERISTICHE DEL SITO SISMICO | | |
|----------------------------------|--|---|
| Vincolo muro | RIGIDO (muro vincolato alla traslazione, su pali, ecc.) | |
| a_g / g | 0.1750 | adimensionale, nella UNI EN 1998-5:2005 è chiamato α |
| S_s | 1.4450 | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 278 di 439 |

| | | |
|----------------------------------|---------|------------------------------|
| S_T | 1.0000 | |
| $S = S_S \times S_T$ | 1.4450 | |
| $a_{max} / g = S \times a_g / g$ | 0.2529 | (adimensionale) |
| β_m | 1.00 | per muro "Rigido" uguale a 1 |
| k_h | 0.25288 | coeff. sismico orizzontale |
| $k_v = 0,5 \times k_h$ | 0.12644 | coeff. sismico verticale |

| CARATTERISTICHE TERRENO | | | |
|-------------------------|--------|-------|---|
| ϕ' | 30° | | valore caratteristico dell'angolo di attrito del terreno |
| δ | 20° | | valore caratteristico dell'angolo di attrito terra-muro (di solito $2/3 \phi$ per muri in c.a. in opera) |
| γ^* | 19.00 | kN/mc | peso specifico del terreno |
| $\gamma_{\phi'}$ | 1.00 | | coeff. riduttivo caratteristiche terreno |
| ϕ_d' | 30.00° | | valore di progetto dell'angolo di attrito del terreno |
| δ_d | 20.00° | | valore di progetto dell'angolo di attrito terra-muro |

| CARATTERISTICHE MURO | | | |
|----------------------|------|---|--|
| ψ | 90° | | inclinazione della parete del muro rivolta a monte |
| β | 0° | | inclinazione della superficie del terrapieno |
| H | 1.80 | m | altezza totale del muro compresa fondazione |

| SPINTA STATICA | | | |
|-----------------------|--------|----|--|
| $k_0 = 1 - \sin \phi$ | 0.5000 | | coeff. di spinta a riposo calcolato con la formula di Jaky |
| $S_{(stat)}$ | 15.39 | kN | essendo il muro "Rigido" è calcolata con k_0 |

| SPINTA SISMICA SU STRUTTURE RIGIDE (UNI EN 1998-5:2005 app. E.9) | | | |
|--|-------|----|--|
| $\Delta E_d (sism)$ | 15.57 | kN | incremento di spinta dovuto al sisma, applicato a metà altezza del muro (formula di Wood) |

Lungo il cosciale della prima rampa della scala sono state inserite delle piastre a contrasto con la muratura, con inghisaggi con barre filettate, collegate ad un controventamento con croci in acciaio disposto lungo l'intradosso della rampa stessa, in modo da contrastare la spinta del terreno sulla muratura.



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 279 di 439 |

6.3.1.2 Calcolo dell'azione di vincolo esercitata dalla scala

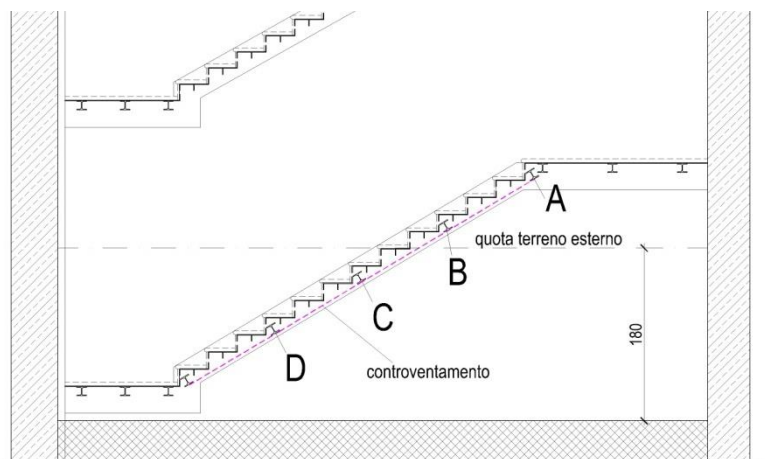


Figura 6.34 Localizzazione delle piastre di contrasto lungo la rampa al piano terra

Di seguito si riporta il calcolo della reazione vincolare esercitata dalle piastre di contrasto in base alla quota di posizione, tali reazioni sono state inserite come azioni di carico nella verifica della struttura della scala.

| | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-----|------------------|--|
| spinta statica terreno | 1539 | daN/m | | | | |
| quota della risultante della spinta | 68 | cm | | | | |
| quota ancoraggio su cosciale scala (cm) | reazione vincolare superiore | | azione su ancoraggio (i=0.9) | | posizione | |
| 263 | 398 | daN/m | 358 | daN | A | |
| 203 | 516 | daN/m | 464 | daN | B | |
| 150 | 698 | daN/m | 628 | daN | C | |
| 95 | 1102 | daN/m | 991 | daN | D | |

| | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-----|---|--|
| spinta sismica terreno | 1557 | daN/m | | | | |
| quota della risultante della spinta | 90 | cm | | | | |
| quota ancoraggio su cosciale scala (cm) | reazione vincolare superiore | | azione su ancoraggio (i=0.9) | | | |
| 263 | 533 | daN/m | 480 | daN | A | |
| 203 | 690 | daN/m | 621 | daN | B | |
| 150 | 934 | daN/m | 841 | daN | C | |
| 95 | 1475 | daN/m | 1328 | daN | D | |

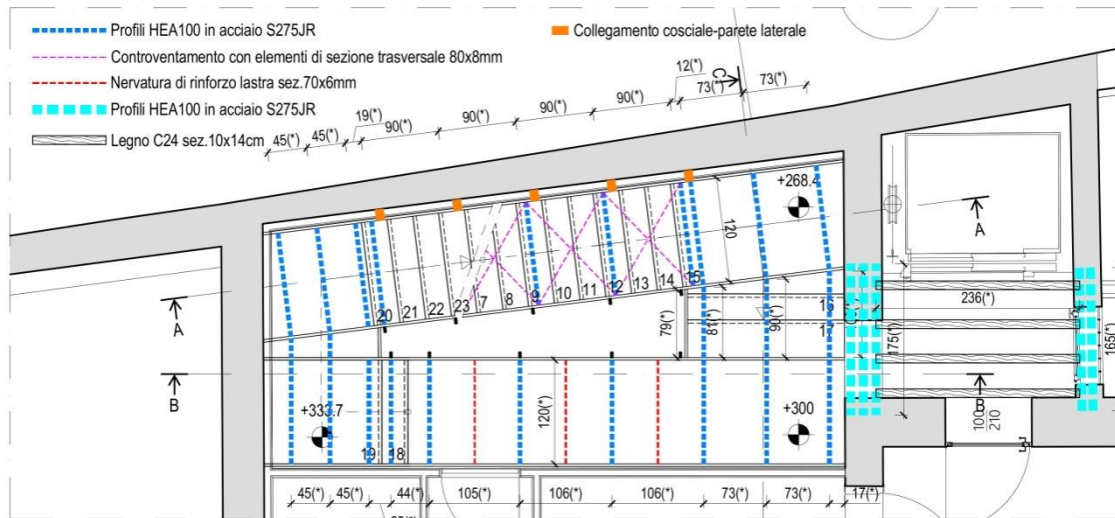


Figura 6.35 Pianta scala

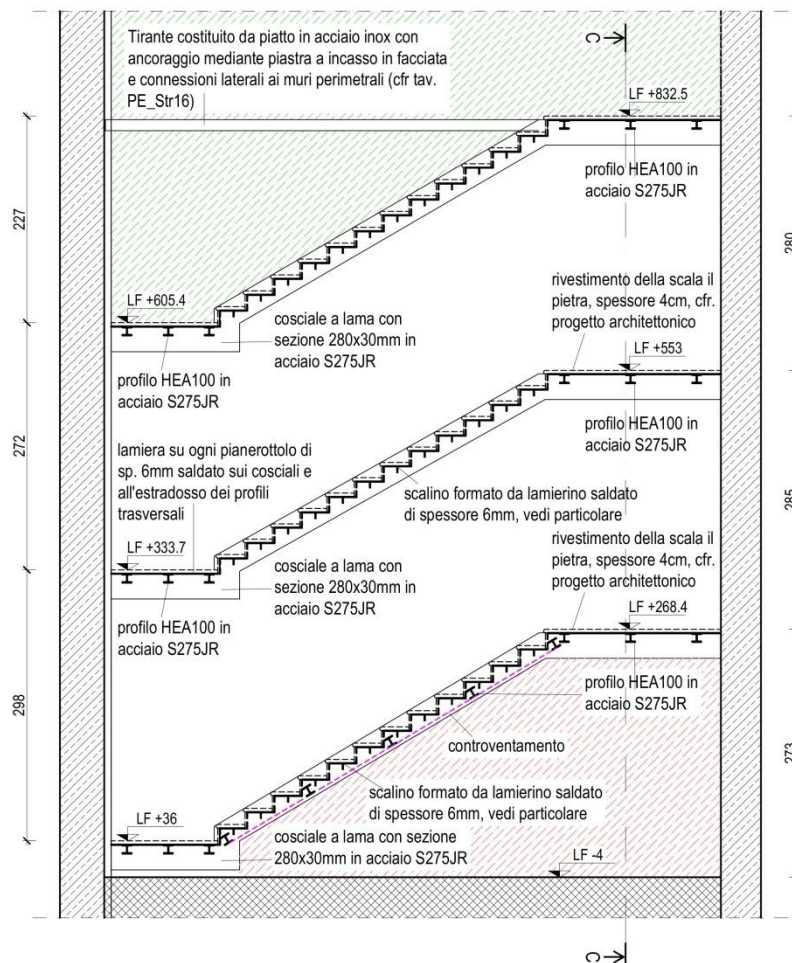


Figura 6.36 Sezione vano scale con localizzazione degli elementi strutturali

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 281 di 439 |

MODELLAZIONE:

Il modello FEM è stato realizzato con 430 elementi “beam” atti a schematizzare gli elementi portanti quali cosciali e travi trasversali e con 108 elementi “solai” che hanno la mera funzione di caricare gli elementi portanti senza fornire ulteriori resistenze e rigidità alla struttura.

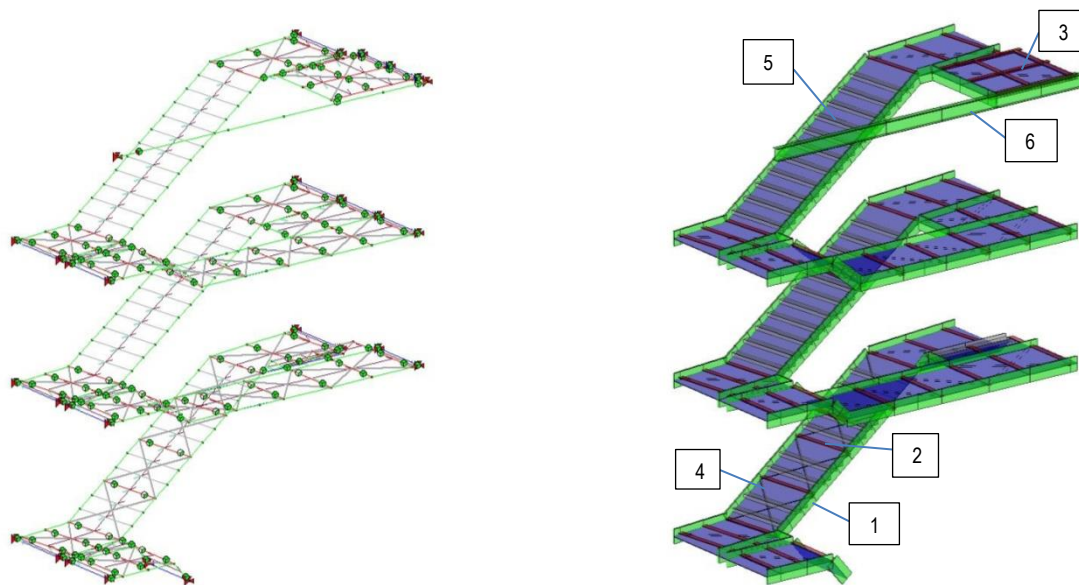


Figura 6.37 Modello FEM della scala

Per ogni singola rampa si sono considerati le seguenti schematizzazioni:

- Cosciali: elementi continui con schema statico di trave in semplice appoggio;
- Elementi trasversali: i profili con connessione a saldatura a completa penetrazione (ovvero gli elementi tra i cosciali che formano la rampa) hanno lo schema statico di incastro alle estremità, mentre quelli compresi tra le due rampe, con connessione a bulloni e modestamente sollecitati, sono stati assunti con schema statico di trave in semplice appoggio;
- Elementi secondari: schema statico di trave in semplice appoggio;
- Controventamenti: elementi con resistenza solo assiale (truss);
- Scalini: elementi con schema di trave incastrata ad entrambe le estremità.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | ELEM. | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [mm] | ALTEZZA [mm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|-----------|---------------------|
| 1 | Cosciale | Rettangolare | S275 | 30 | 280 | 122 | ~6.80 | Trave sempl. appog. |
| 2 | Traversi | HEA100 | S275 | 100 | 96 | Var. | 0.8-1.2 | Trave sempl. appog. |
| 3 | Secondari | IPE140 | S275 | 73 | 140 | 72-93 | 1.82-2.20 | Trave sempl. appog. |
| 4 | Controv. | Lamiere rett. | S275 | 80 | 8 | - | 1.50 | Solo sforzi assiali |

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | | | Pagina 282 di 439 |

| | | | | | | | | |
|---|------------|---------------|------|-----|-----|----|------|---------------------|
| 5 | Scalino | Lamiera pieg. | S275 | 300 | 6 | 30 | 1.2 | Incastro -Incastro |
| 6 | Trave app. | IPE240 | S275 | 120 | 240 | - | 7.02 | Trave sempl. appog. |

CARICHI:

Nel modello i pesi propri degli elementi strutturali sono stati inseriti andando a definire le proprietà del materiale dell'elemento finito tipo "beam".

Si riportano i restanti carichi inseriti nel modello.

Carico zona rampa:

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Lamiera in acciaio sp.6mm | G ₁ | 47 daN/mq |
| Pedata in pietra sp.4cm | G ₁ | 96 daN/mq |
| Alzata in pietra sp.2cm | G ₁ | 27 daN/mq |
| Parapetto | G ₂ | 20 daN/m |
| Controsoffitto Lastra Knauf 12.5mm | G _{2,nd} | 15 daN/mq |
| Carico accidentale cat.C2 – Scale – Distribuito | q | 400 daN/mq |
| Carico accidentale cat.C2 – Scale - Concentrato | Q | 400 daN |
| Carico accidentale cat.C2 – Scale – Distribuito orizzontale | H | 200 daN/m |

Carico zona pianerottolo:

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Lamiera in acciaio sp.6mm | G ₁ | 47 daN/mq |
| Pedata in pietra sp.4cm | G ₁ | 96 daN/mq |
| Parapetto | G ₂ | 20 daN/m |
| Controsoffitto Lastra Knauf 12.5mm | G _{2,nd} | 15 daN/mq |
| Carico accidentale cat.C2 – Scale – Distribuito | q | 400 daN/mq |
| Carico accidentale cat.C2 – Scale – Distribuito orizzontale | H | 200 daN/m |

Carichi orizzontali localizzati G_{2nd} – spinta terreno:

| | | |
|---|-------------------|----------|
| A | G _{2,nd} | 838 daN |
| B | G _{2,nd} | 1085 daN |
| C | G _{2,nd} | 1469 daN |
| D | G _{2,nd} | 2319 daN |

Carichi orizzontali localizzati variabili – spinta cinematismo:

| | | |
|--------------------|----------------|----------|
| Spinta cinematismo | S _c | 1000 daN |
|--------------------|----------------|----------|



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

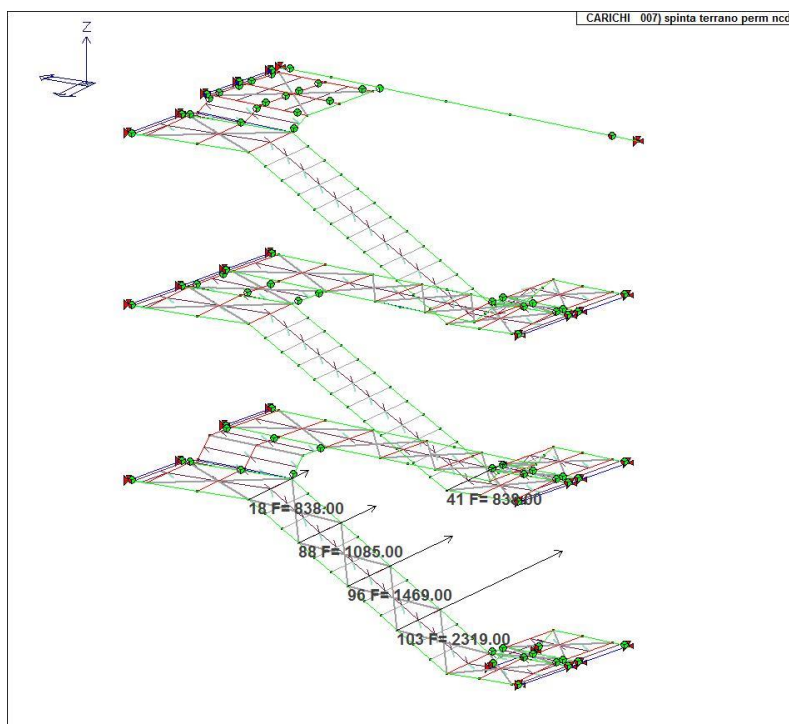


Figura 6.38 Localizzazione delle forze dovute alla spinta del terreno

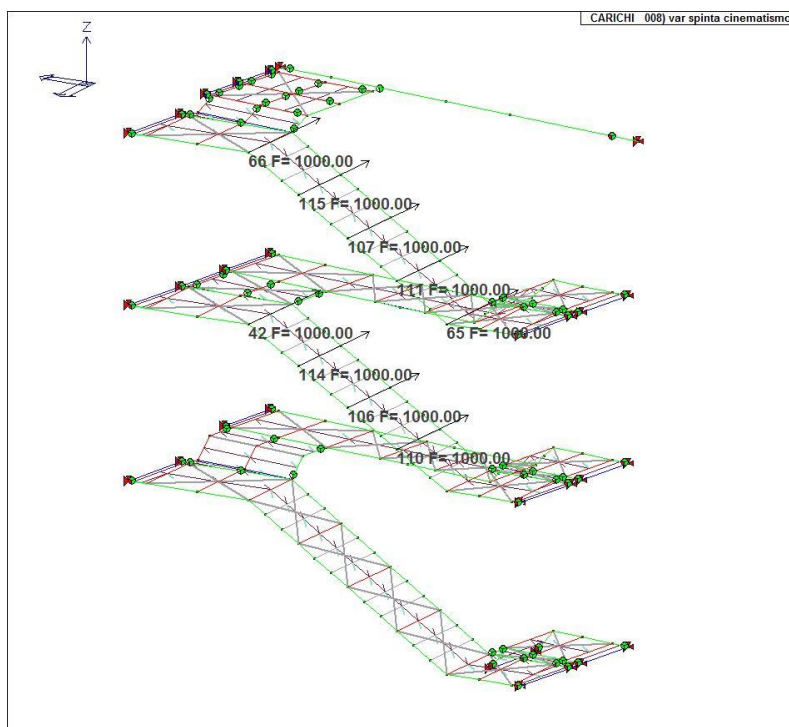


Figura 6.39 Localizzazione forze dovute alla spinta del cinematicismo

INVILUPPO SOLLECITAZIONI:

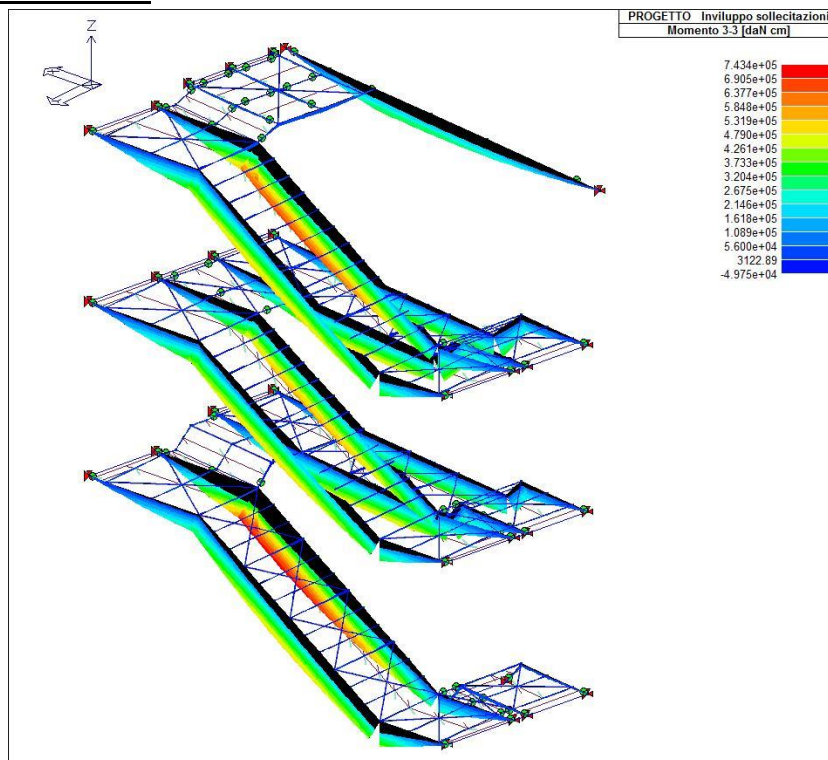


Figura 6.40 Inviluppo momenti flettenti M3-3 - SLU [daNcm]

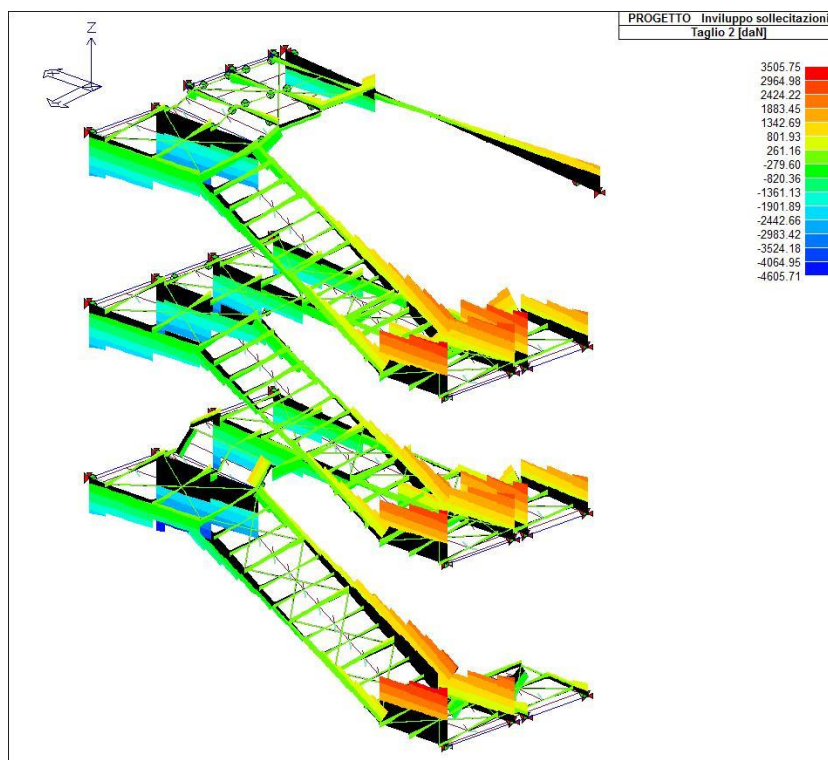


Figura 6.41 Inviluppo sforzi di taglio T2 - SLU [daN]

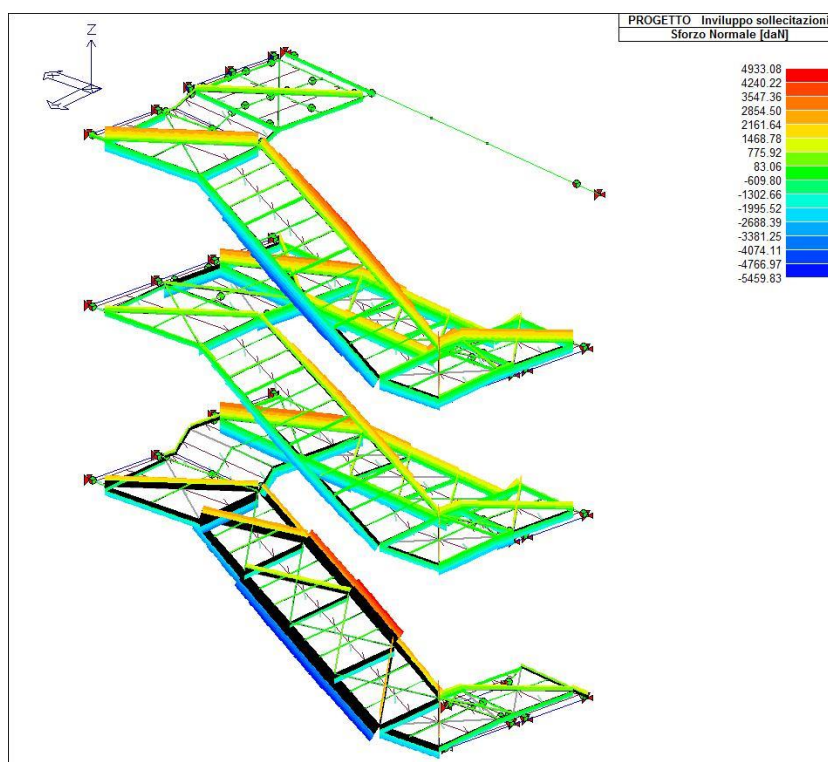


Figura 6.42 Involuppo sforzi normali N - SLU [daN]

VERIFICA SLU:

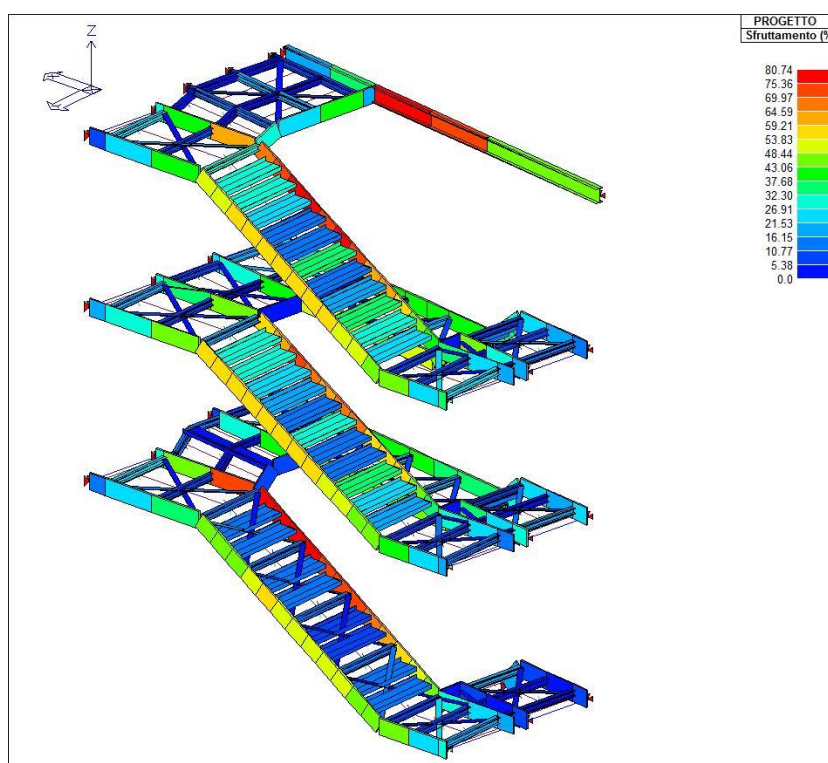


Figura 6.43 Sfruttamento profili in acciaio [%]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 286 di 439 |

| ID | PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | | |
|----|--|--------|-------|------------|
| 1 | COSCIALI | 80.74% | <100% | VERIFICATO |
| 2 | ELEMENTI TRASVERSALI | 29.61% | <100% | VERIFICATO |
| 3 | ELEMENTI SECONDARI | 16.99% | <100% | VERIFICATO |
| 4 | CONTROVENTAMENTI | 16.69% | <100% | VERIFICATO |
| 5 | SCALINI | 37.29% | <100% | VERIFICATO |
| 6 | TRAVE DI APPOGGIO (p.nobile) | 76.38% | <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

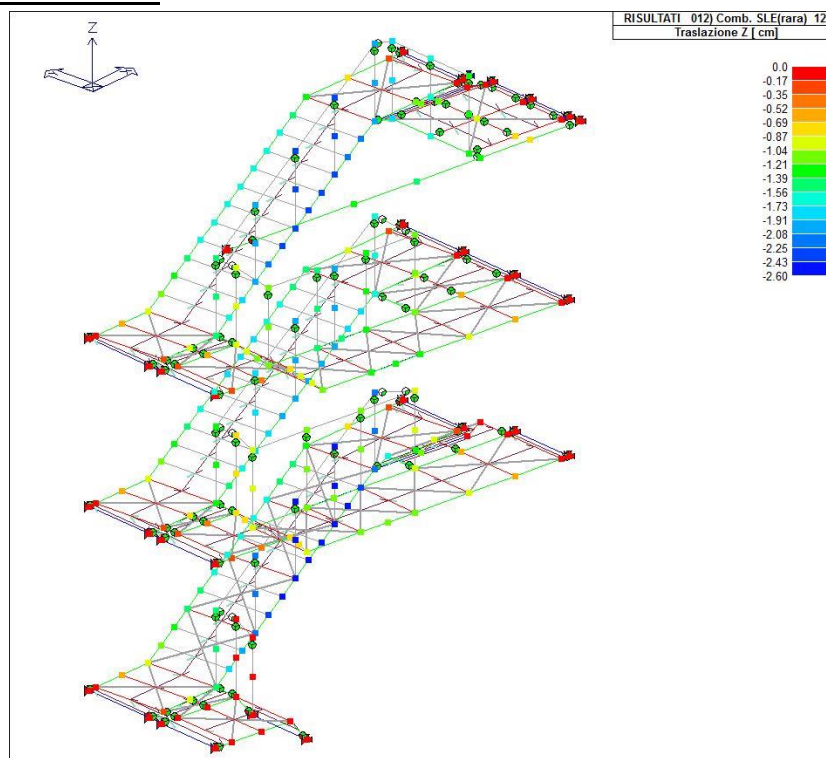


Figura 6.44 Deformazione massima della scala - Comb. Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI SU LUCE L=6.80m | | | | | | |
|--|----------|---------------|--------------|---------|--------|----------|
| ID. | ELEMENTO | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | COSCIALE | SLE-RARA | 2.60 | L/261 | L/250 | Si |
| 1 | COSCIALE | SLE-solo acc. | 1.16 | L/586 | L/350 | Si |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 287 di 439 |

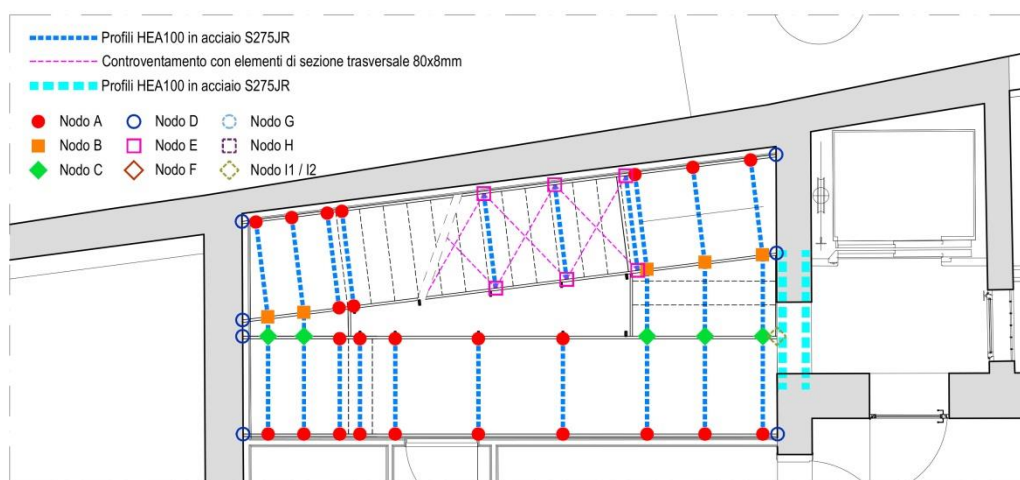
6.3.1.3 Verifica nodi principali

Si riportano di seguito le verifiche dei nodi principali più sollecitati della scala.

Per quanto riguarda la nomenclatura dei nodi, si fa riferimento alla tavola “PE_Str08.e” di cui si riporta un estratto.

SCALA PUBBLICA: TIPOLOGIA NODI

PIANO GENERICO TRA LF-4 E +605.4
scala 1:50



SCALA PUBBLICA: TIPOLOGIA NODI

PIANO NOBILE: LF da +833 a +850
scala 1:50

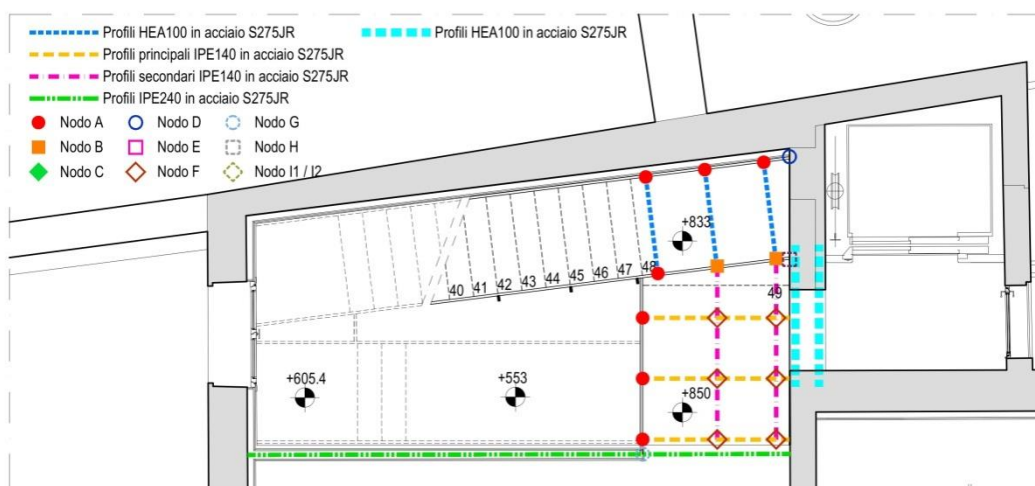


Figura 6.45 Localizzazione nodi estratto tavola PE_Str08.e

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 288 di 439 |

NODO B-C:

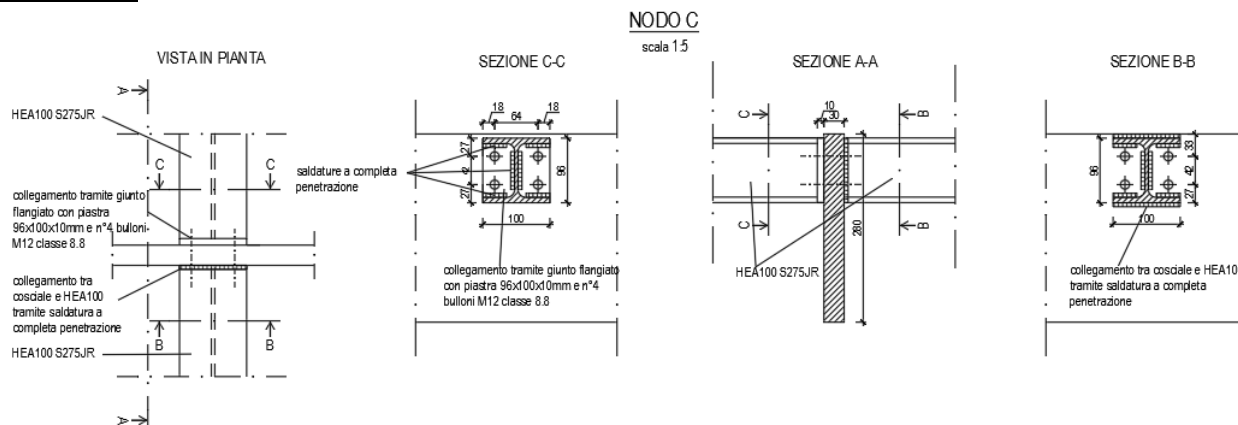


Figura 6.46 Dettaglio nodo C e per analogia anche il nodo B

Coefficienti di sicurezza utilizzati

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

Tipo di profilo: HEA 100

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Classe sezione: 1

Flangia:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Dimensioni (B x H x Sp): 100.0 x 96.0 x 18.0 mm

Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 ($f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$, $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$)

Diametro $\varnothing = 12 \text{ mm}$ $A_{res} = 84.8 \text{ mm}^2$ (ridotta per filettatura)

Diametro foro $\varnothing_0 = 13 \text{ mm}$

Saldature:

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\beta_1 = 0.70$ $\beta_2 = 0.85$

Spessore cordoni d'angolo $s_c = 6 \text{ mm}$

Sollecitazioni nella sezione d'attacco dell'elemento:

| Nodo.CMB | V2 [N] | V3 [N] | N [N] | M2 [N mm] | M3 [N mm] | T [N mm] |
|----------|--------|--------|---------|-----------|-----------|----------|
| 22.1 | 2564.1 | 0.6 | 6326.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 22.2 | 4717.4 | 0.7 | 8036.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 22.3 | 5230.8 | 0.9 | 9857.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 22.4 | 4622.0 | 0.7 | 7697.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 22.5 | 5128.8 | 0.8 | 9495.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 22.6 | 4871.3 | 0.8 | 9244.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 22.7 | 3124.7 | 0.8 | 8978.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 22.8 | 4414.5 | 0.9 | 9996.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 22.9 | 4723.0 | 1.0 | 11090.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 289 di 439 |

Calcolo resistenze

| | | |
|--|--|------------|
| Resistenza a trazione dei bulloni | $F_{tb,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$ | 48858.1 N |
| Resistenza a punzonamento flangia | $B_{pf,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_f \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} =$ | 221761.3 N |
| Resistenza a punzonamento anima passante | $B_{pa,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_a \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} =$ | 129360.7 N |
| Bull. $F_{f,Rd}$ [N] $F_{t,Rd}$ [N] | | |
| 1 | 59943.7 | 48858.1 |
| 2 | 59943.7 | 48858.1 |
| 3 | 59943.7 | 48858.1 |
| 4 | 59943.7 | 48858.1 |

Legenda

$F_{f,Rd} = M_{res,m} / (B_m \cdot R_m)$ resistenza a flessione flangia

$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd} , B_{pf,Rd} , B_{pa,Rd} , F_{f,Rd}]$ resistenza a trazione di progetto

| Resistenza a taglio dei bulloni | | | $F_{vb,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 32572.0 \text{ N}$ | | | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Bull. | $F_{bf,x,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{ba,x,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{v,x,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{bf,y,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{ba,y,Rd} \text{ [N]}$ | $F_{v,y,Rd} \text{ [N]}$ |
| 1 | 85735.4 | 108360.0 | 32572.0 | 111983.6 | 108360.0 | 32572.0 |
| 2 | 85735.4 | 108360.0 | 32572.0 | 111983.6 | 108360.0 | 32572.0 |
| 3 | 85735.4 | 108360.0 | 32572.0 | 111983.6 | 108360.0 | 32572.0 |
| 4 | 85735.4 | 108360.0 | 32572.0 | 111983.6 | 108360.0 | 32572.0 |

Legenda

$F_{bf,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione x

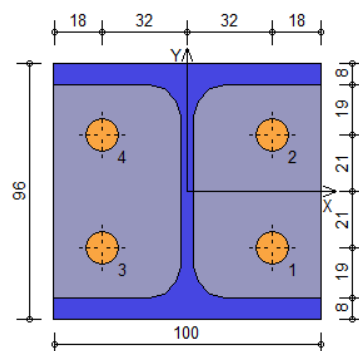
$F_{ba,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima passante in direzione x

$F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,x,Rd} , F_{ba,x,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione x

$F_{bf,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione y

$F_{ba,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_a / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima passante in direzione y

$F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,y,Rd} , F_{ba,y,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione y



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 290 di 439 |

Verifiche sui bulloni

1-Taglio e trazione (Nodo n. 22, CMB n. 9)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{v,Ed}$ [N] | $F_{v,Rd}$ [N] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_1 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 32.00 | -21.00 | 1180.8 | 32572.0 | 2772.7 | 48858.1 | 0.076787 | Ok |
| 2 | 32.00 | 21.00 | 1180.8 | 32572.0 | 2772.7 | 48858.1 | 0.076787 | Ok |
| 3 | -32.00 | -21.00 | 1180.8 | 32572.0 | 2772.7 | 48858.1 | 0.076787 | Ok |
| 4 | -32.00 | 21.00 | 1180.8 | 32572.0 | 2772.7 | 48858.1 | 0.076787 | Ok |

2-Trazione (Nodo n. 22, CMB n. 9)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_2 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 32.00 | -21.00 | 2772.7 | 48858.1 | 0.056751 | Ok |
| 2 | 32.00 | 21.00 | 2772.7 | 48858.1 | 0.056751 | Ok |
| 3 | -32.00 | -21.00 | 2772.7 | 48858.1 | 0.056751 | Ok |
| 4 | -32.00 | 21.00 | 2772.7 | 48858.1 | 0.056751 | Ok |

Legenda

$F_{v,Ed}$ forza di taglio agente sul bullone

$F_{v,Rd}$ resistenza a taglio di progetto del bullone

$F_{t,Ed}$ forza di trazione agente sul bullone

$F_{t,Rd}$ resistenza a trazione di progetto del bullone

$FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd})$

$FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$

VER $\rightarrow FV_i \leq 1$

Verifiche sulle saldature profilo-flangia (versione beta)

Si considera la sezione di gola (avente altezza $a = s_c / 2^{0.5} = 4.243$) in posizione ribaltata: vengono considerate positive le tensioni normali di trazione e le tensioni tangenziali agenti verso destra e verso il basso. Tutte le tensioni sono espresse in N/mm².

Verifica formula (4.2.78) (Nodo n. 22, CMB n. 3)

| Cordoni | n_{\perp} | t_{\perp} | τ_{\parallel} | FV_1 | VER ₁ |
|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------------|--------|------------------|
| Ala inferiore interno lato destro | 9.15 | 0.00 | 0.00 | 9.15 | Ok |
| Ala inferiore interno lato sinistro | 9.15 | 0.00 | 0.00 | 9.15 | Ok |
| Anima lato destro | 9.15 | 0.00 | 11.01 | 14.31 | Ok |
| Anima lato sinistro | 9.15 | 0.00 | 11.01 | 14.31 | Ok |
| Ala superiore interno lato destro | 9.15 | 0.00 | 0.00 | 9.15 | Ok |
| Ala superiore interno lato sinistro | 9.15 | 0.00 | 0.00 | 9.15 | Ok |

Verifica formula (4.2.79) (Nodo n. 22, CMB n. 9)

| Cordoni | n_{\perp} | t_{\perp} | τ_{\parallel} | FV_2 | VER ₂ |
|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------------|--------|------------------|
| Ala inferiore interno lato destro | 10.29 | 0.00 | 0.00 | 10.29 | Ok |
| Ala inferiore interno lato sinistro | 10.29 | 0.00 | 0.00 | 10.29 | Ok |
| Anima lato destro | 10.29 | 0.00 | 9.94 | 10.29 | Ok |
| Anima lato sinistro | 10.29 | 0.00 | 9.94 | 10.29 | Ok |
| Ala superiore interno lato destro | 10.29 | 0.00 | 0.00 | 10.29 | Ok |
| Ala superiore interno lato sinistro | 10.29 | 0.00 | 0.00 | 10.29 | Ok |

Legenda

n_{\perp} tensione normale perpendicolare all'asse del cordone

t_{\perp} tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 291 di 439 |

τ_{\parallel} tensione tangenziale parallela all'asse del cordone

$$FV_1 = (n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)^{0.5}$$

$$FV_2 = |n_{\perp}| + |t_{\perp}|$$

$$VER_i \rightarrow FV_i \leq \beta_i \cdot f_{yk} \quad (\beta_1 \cdot f_{yk} = 192.50 \text{ N/mm}^2 \quad \beta_2 \cdot f_{yk} = 233.75 \text{ N/mm}^2)$$

NODO D

Il nodo D rappresenta il collegamento tra il cosciale longitudinale e la piastra di appoggio incassata nel muro, si riporta di seguito il dettaglio.

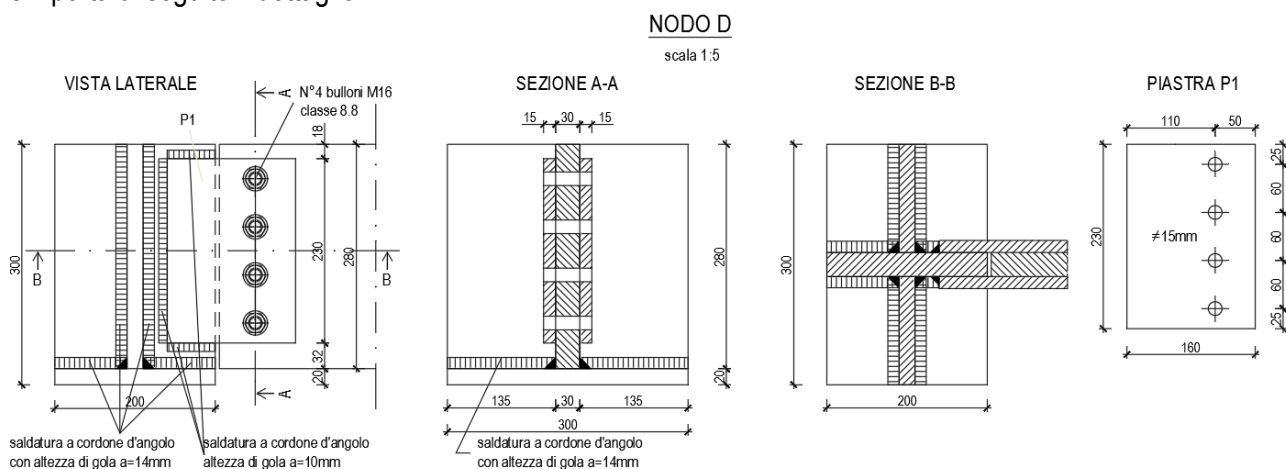


Figura 6.47 Dettaglio nodo D

Il nodo D è anche il nodo più sollecitato dell'intera struttura, si riporta di seguito la reazione massima della scala.

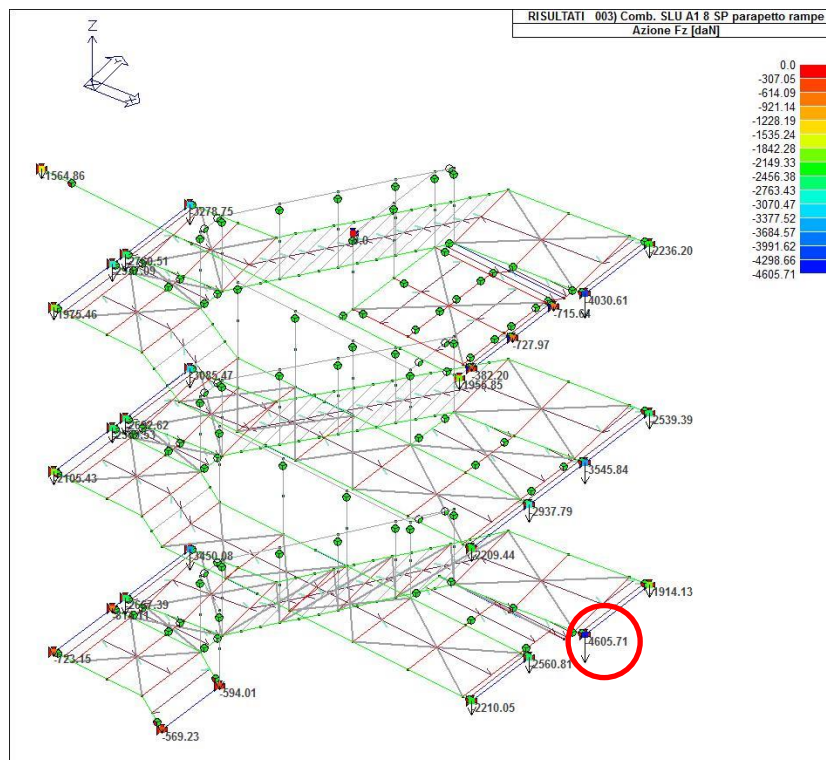


Figura 6.48 Localizzazione reazione massima della scala - NODO D

Si riportano di seguito le verifiche della saldatura e dei bulloni:

| VERIFICA SALDATURA NODO D | | | |
|---|---------------------|----------|-------------------|
| Reazione massima sul nodo | F= | 46057.1 | N |
| Lato corto piastra | B= | 60 | mm |
| Lato lungo piastra | L= | 230 | mm |
| Eccentricità della reazione | e= | 150 | mm |
| Tensione massima dell'acciaio | fd= | 261.9048 | Mpa |
| VERIFICA SALDATURA | | | |
| Altezza di gola da progetto | a= | 10 | mm |
| Baricentro in direzione x | xg= | 10.28571 | mm |
| Momento di inerzia x della saldatura | Ix= | 26009167 | mm ⁴ |
| Momento di inerzia y della saldatura | Iy= | 1069714 | mm ⁴ |
| Distanza massima dal baricentro | r _{max} = | 235.3115 | mm |
| Cos dell'angolo sull'orizzontale | cos α= | 0.21127 | |
| Momento di inerzia polare | I _p = | 27078881 | mm ⁴ |
| Tensione dovuta dal momento | ρ ₁ = | 60.03442 | N/mm ² |
| Tensione dovuta al taglio | ρ ₂ = | 13.15917 | N/mm ² |
| Composizione delle tensioni nel punto più sollecitato | ρ | 64.11789 | N/mm ² |
| Tensione limite | f _{w,Rd} = | 222.62 | N/mm ² |
| Verifica saldatura $\rho < f_{w,Rd}$ | %V= | 28.80% | VERIFICATO |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 293 di 439 |

| VERIFICA NODO BULLONATO | | | |
|--|---------------------------------|---------------|-------------------|
| DATI | | | |
| Reazione massima sul nodo | F= | 46057.1 | N |
| Numero di bulloni | nb= | 4 | |
| Eccentricità della reazione | e= | 200 | mm |
| Spessore piastra | Sp= | 15 | mm |
| Diametro dei bulloni | d= | 16 | mm |
| Area resistente del bullone | Ares= | 157 | mmq |
| Piani taglio | nt= | 2 | |
| Taglio per singolo bullone | V= | 11514.28 | N |
| RESISTENZE | | | |
| Resistenza di calcolo a trazione | f _t , R _d | 576 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a taglio | f _v , R _d | 384 | N/mm ² |
| Resistenza a rifollamento | f _b , R _d | 422 | N/mm ² |
| SFORZI AGENTI SUL BULLONE PIU' SOLLECITATO | | | |
| Momento dovuto al braccio | M= | 9211420 | Nmm |
| Sollecitazione a taglio dovuto a M | S _M = | 46057.1 | N |
| Angolo tra l'orizzontale e il bullone | β= | 90 | grad |
| Risultante R agente sul bullone (S _M , V) | R= | 47474.57 | N |
| VERIFICA A TAGLIO DEL BULLONE | | | |
| Tensione a taglio | τ= | 151.1929 | < 384 N/mmq |
| Verifica | %V | 39.37% | VERIFICATO |
| VERIFICA A RIFOLLAMENTO PIASTRA | | | |
| Tensione di rifollamento | σ _{rif} = | 186.1748 | < 422 N/mmq |
| Verifica | %V | 44.16% | VERIFICATO |

| POSIZIONAMENTO DEI BULLONI | | | |
|----------------------------|---|-----|-------|
| Bullone | x | y | Somma |
| 1 | 0 | 90 | 8100 |
| 2 | 0 | 30 | 900 |
| 3 | 0 | -30 | 900 |
| 4 | 0 | -90 | 8100 |
| | | | 18000 |

NODO G

Il nodo G rappresenta la connessione tra il cosciale posto al piano nobile e la trave di scarico IPE240, si riporta di seguito il dettaglio.

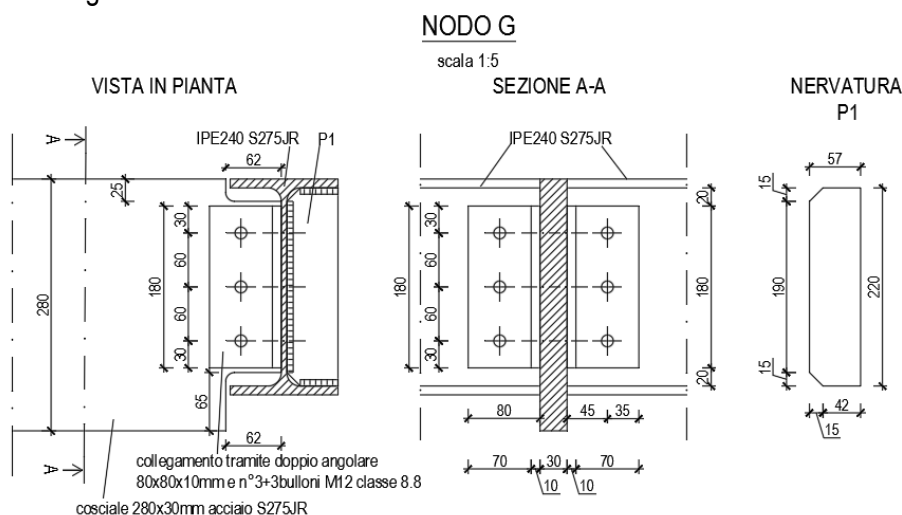


Figura 6.49 Dettaglio nodo G

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 294 di 439 |

Si riporta di seguito la reazione massima del nodo.

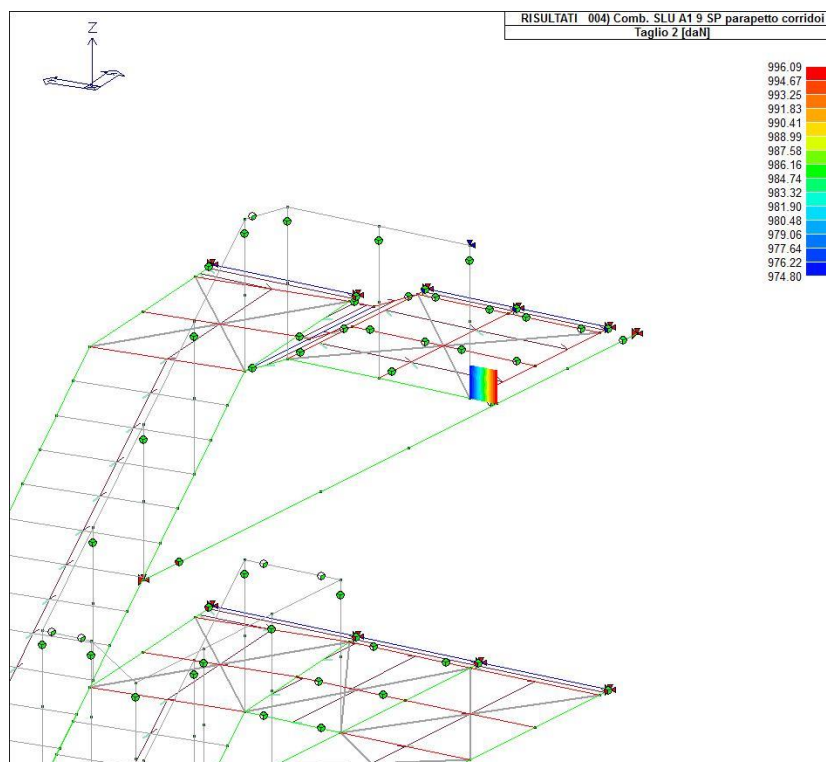


Figura 6.50 Taglio sul nodo G [daN]

Si riportano di seguito la verifica dei bulloni:

Caratteristiche profili

| profilo da | | B _{sup} [mm] | t _{sup} [mm] | B _{inf} [mm] | t _{inf} [mm] | H [mm] | t _w [mm] | r [mm] | d [mm] |
|------------|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|
| giuntare | PIATTO 280X30 | 30 | 30.0 | 30 | 30.0 | 280 | 30.0 | 0.0 | 5 |
| supporto | IPE 240 | 120 | 9.8 | 120 | 9.8 | 240 | 6.2 | 15.0 | |

Coefficienti
sicurezza

| | |
|-----------------|------|
| γ _{M0} | 1.05 |
| γ _{M2} | 1.25 |
| γ _{M3} | 1.25 |
| γ _{M7} | 1.10 |

| angolare | h mm | b mm | t mm | Ø _z mm | Ø _y mm | e _{z,min} mm | e _{z,max} mm | e _{y,min} mm | e _{y,max} mm |
|----------------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| L 80 x 80 x 10 | 80 | 80 | 10 | M16 | M16 | 40 | 53 | 40 | 53 |

80.00 80.00

Sollecitazione di calcolo

| N _{Ed} [kN] | V _{Ed} [kN] | mortasat. | l _{mortasatura} [mm] | h _{mortasatura} [mm] |
|-------------------------|-------------------------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|
| 0 | 9.96 | doppia | 62 | 45 |

Caratteristiche acciaio

| acciaio | f _{tk} [MPa] | f _{yk} [MPa] |
|---------|--------------------------|--------------------------|
| S275 | 430 | 275 |

Caratteristiche bulloni

| M | 12 | classe | μ |
|-----------------|----|--------|------|
| non precaricati | | 8.8 | 0.45 |

Caratteristiche singolo angolare

| l [mm] | t _p [mm] | n _{colonne,x} [-] | n _{colonne,y} [-] | n _{file} [-] | n _{piani taglio} [-] | d ₀ [mm] | d _m [mm] | f _{ib} [MPa] | A _{res} [mm ²] | F _{v,Rd} [kN] | F _{t,Rd} [kN] | F _{s,Rd} [kN] | F _{p,C} [kN] |
|-----------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|-----------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------|--|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | | | | | | | | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | | | | | | | | Pagina 295 di 439 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|---|---|---|---|------|------|-----|----|-------|-------|-------|-------|
| 180 | 10 | 1 | 1 | 3 | 2 | 13.0 | 19.0 | 800 | 84 | 32.26 | 48.38 | 15.39 | 42.76 |
|-----|----|---|---|---|---|------|------|-----|----|-------|-------|-------|-------|

Verifica angolare ed anima profilo da giuntare (forza orizz. F = 0 kN; forza vert. F = 9.96 kN; momento torcente M = 0.47 kNm)

Verifica bulloni trave da giuntare

| | | | | | | | |
|------------|---|------|----|------------|---|-------|--------------------|
| $F_{x,N}$ | = | 0.00 | kN | $F_{z,V}$ | = | 1.66 | kN |
| $F_{x,M}$ | = | 2.00 | kN | $F_{z,M}$ | = | 0.00 | kN |
| $F_{v,Ed}$ | = | 2.60 | ≤ | $F_{v,Rd}$ | = | 32.26 | kN Verifica |

Rifollamento angolare lungo x

| bulloni di bordo | | | bulloni interni | | |
|------------------|------|----|-----------------|-------|----|
| α | 0.90 | | α | 1.00 | |
| k | 2.50 | | k | 2.50 | |
| | | | | | |
| $F_{b,Ed}$ | 2.00 | kN | $F_{b,Rd}$ | 92.62 | kN |

Rifollamento angolare lungo z

| bulloni di bordo | | | bulloni interni | | |
|------------------|------|----|-----------------|-------|----|
| α | 0.77 | | α | 1.00 | |
| k | 2.50 | | k | 2.50 | |
| | | | | | |
| $F_{b,Ed}$ | 1.66 | kN | $F_{b,Rd}$ | 79.38 | kN |

Verifica angolare a rifollamento

$$((F_{b,Ed,x} / F_{b,Rd,x})^2 + (F_{b,Ed,z} / F_{b,Rd,z})^2)^{0.5} =$$

$$0.03 \leq 1.00 \quad \text{Verifica}$$

Rifollamento anima profilo da giuntare lungo x

| bulloni di bordo | | | bulloni interni | | |
|------------------|------|----|-----------------|--------|----|
| α | 1.00 | | α | 1.00 | |
| k | 2.50 | | k | 2.50 | |
| | | | | | |
| $F_{b,Ed}$ | 3.99 | kN | $F_{b,Rd}$ | 309.60 | kN |

Rifollamento anima profilo da giuntare lungo z

| bulloni di bordo | | | bulloni interni | | |
|------------------|------|----|-----------------|--------|----|
| α | 0.77 | | α | 1.00 | |
| k | 2.50 | | k | 2.50 | |
| | | | | | |
| $F_{b,Ed}$ | 3.32 | kN | $F_{b,Rd}$ | 238.15 | kN |

Verifica anima profilo a rifollamento

$$((F_{b,Ed,x} / F_{b,Rd,x})^2 + (F_{b,Ed,z} / F_{b,Rd,z})^2)^{0.5} =$$

$$0.02 \leq 1.00 \quad \text{Verifica}$$

Verifica singolo angolare

| | | | | | | | | |
|----------|---|------|---|----------------|---|--------|----|-----------------|
| V_{Ed} | = | 4.98 | ≤ | $V_{c,Rd}$ | = | 272.18 | kN | Verifica |
| V_{Ed} | = | 4.98 | ≤ | $V_{c,Rd,net}$ | = | 280.04 | kN | Verifica |
| V_{Ed} | = | 4.98 | ≤ | $V_{eff,2,Rd}$ | = | 226.69 | kN | Verifica |
| N_{Ed} | = | 0.00 | ≤ | $N_{pl,Rd}$ | = | 471.43 | kN | Verifica |
| N_{Ed} | = | 0.00 | ≤ | $N_{u,Rd}$ | = | 436.54 | kN | Verifica |

Limitazioni posizioni fori

| distanze / interassi [mm] | | min [mm] | max [mm] | Verifica |
|------------------------------|------|-------------|-------------|----------|
| e _{x,angolare} | 35.0 | 15.6 | - | SI |
| e _{x,anima} | 45.1 | 15.6 | - | SI |
| e _{y,angolare} | 35.0 | 15.6 | - | SI |
| e _{z,angolare} | 30.0 | 15.6 | - | SI |
| e _{z,anima} | 30.0 | 15.6 | - | SI |
| p _x | 32.0 | 31.2 | 140.0 | SI |
| p _z | 60.0 | 31.2 | 140.0 | SI |
| p _y | 32.0 | 31.2 | 140.0 | SI |
| d _x | 45.0 | 40.0 | 53.0 | SI |
| d _y | 45.0 | 40.0 | 53.0 | SI |

Instabilità locale

$$p_{max} / t_p = -$$

Verifica anima profilo da giuntare

| | | | | | | | | |
|----------|---|------|---|----------------|---|---------|----|-----------------|
| V_{Ed} | = | 9.96 | ≤ | $V_{c,Rd}$ | = | 861.90 | kN | Verifica |
| V_{Ed} | = | 9.96 | ≤ | $V_{c,Rd,net}$ | = | 899.70 | kN | Verifica |
| V_{Ed} | = | 9.96 | ≤ | $V_{eff,2,Rd}$ | = | 732.19 | kN | Verifica |
| N_{Ed} | = | 0.00 | ≤ | $N_{pl,Rd}$ | = | 1492.86 | kN | Verifica |
| N_{Ed} | = | 0.00 | ≤ | $N_{u,Rd}$ | = | 1402.49 | kN | Verifica |

Verifica angolare ed anima profilo da supporto (forza orizz. F = 0 kN; forza vert. F = 9.96 kN; momento torcente M = 0.44 kNm)

di

Verifica bulloni trave da supporto

| | | | | | | | |
|------------|---|------|----|------------|---|-------|--------------------|
| $F_{x,N}$ | = | 0.00 | kN | $F_{z,V}$ | = | 1.66 | kN |
| $F_{y,M}$ | = | 1.87 | kN | $F_{z,M}$ | = | 0.00 | kN |
| $F_{v,Ed}$ | = | 2.50 | ≤ | $F_{v,Rd}$ | = | 32.26 | kN Verifica |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 296 di 439 |

$$F_{t,Ed} = 0.00 \leq F_{t,Rd} = 48.38 \text{ kN} \quad \text{Verifica}$$

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) = 0.08 \leq 1.00 \quad \text{Verifica}$$

Rifollamento angolare lungo y

| bulloni di bordo | | | bulloni interni | | |
|------------------|------|--|-----------------|-------|----|
| α | 0.90 | | α | 1.00 | |
| k | 2.50 | | k | 2.50 | |
| $F_{b,Ed}$ | | | $F_{b,Rd}$ | 92.62 | kN |

Rifollamento angolare lungo z

| bulloni di bordo | | | bulloni interni | | |
|------------------|------|--|-----------------|-------|----|
| α | 0.77 | | α | 1.00 | |
| k | 2.50 | | k | 2.50 | |
| $F_{b,Ed}$ | | | $F_{b,Rd}$ | 79.38 | kN |

Verifica angolare a rifollamento $(F_{b,Ed,y} / F_{b,Rd,y})^2 + (F_{b,Ed,z} / F_{b,Rd,z})^2)^{0.5} = 0.03 \leq 1.00 \quad \text{Verifica}$

Rifollamento anima profilo da supporto lungo y

| bulloni di bordo | | | bulloni interni | | |
|------------------|------|--|-----------------|-------|----|
| α | 1.00 | | α | 1.00 | |
| k | 2.50 | | k | 2.50 | |
| $F_{b,Ed}$ | | | $F_{b,Rd}$ | 63.98 | kN |

Rifollamento anima profilo da supporto lungo z

| bulloni di bordo | | | bulloni interni | | |
|------------------|------|--|-----------------|-------|----|
| α | 1.00 | | α | 1.00 | |
| k | 2.50 | | k | 2.50 | |
| $F_{b,Ed}$ | | | $F_{b,Rd}$ | 63.98 | kN |

Verifica anima profilo a rifollamento $(F_{b,Ed,y} / F_{b,Rd,y})^2 + (F_{b,Ed,z} / F_{b,Rd,z})^2)^{0.5} = 0.04 \leq 1.00 \quad \text{Verifica}$

Verifica singolo angolare

$$V_{Ed} = 4.98 \leq V_{c,Rd} = 272.18 \text{ kN} \quad \text{Verifica}$$

$$V_{Ed} = 4.98 \leq V_{c,Rd,net} = 280.04 \text{ kN} \quad \text{Verifica}$$

$$V_{Ed} = 4.98 \leq V_{eff,2,Rd} = 226.69 \text{ kN} \quad \text{Verifica}$$

NODO H

Il nodo H rappresenta il collegamento tra il cosciale longitudinale e la piastra di appoggio incassata nel muro che appoggia sull'architrave a quota +832.5 a livello finito.

NODO H

scala 1:5

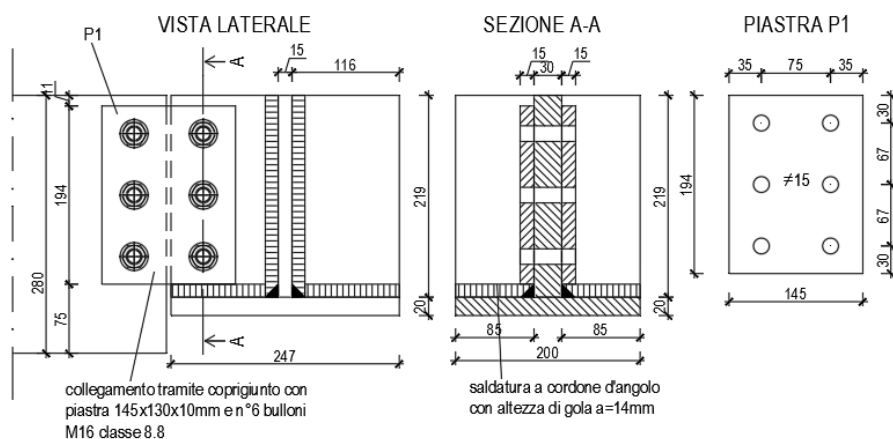


Figura 6.51 Dettaglio nodo H

Si riporta di seguito la reazione massima del nodo.

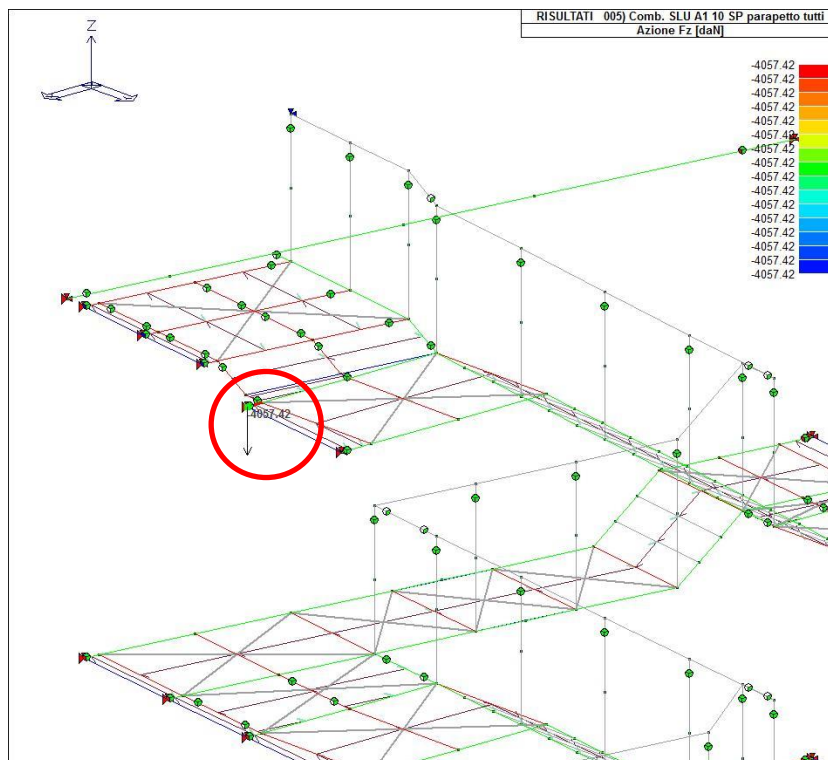


Figura 6.52 Reazione sul nodo H [daN]

Si riportano di seguito la verifica dei bulloni:

| VERIFICA NODO BULLONATO | | | |
|--|----------------|----------|-------------------------|
| DATI | | | |
| Reazione massima sul nodo | F= | 40574.2 | N |
| Numero di bulloni | nb= | 3 | |
| Eccentricità della reazione | e= | 200 | mm |
| Spessore piastra | Sp= | 15 | mm |
| Diametro dei bulloni | d= | 16 | mm |
| Area resistente del bullone | Ares= | 157 | mmq |
| Piani taglio | nt= | 2 | |
| Taglio per singolo bullone | V= | 13524.73 | N |
| RESISTENZE | | | |
| Resistenza di calcolo a trazione | f_t, R_d | 576 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a taglio | f_v, R_d | 384 | N/mm ² |
| Resistenza a rifollamento | f_b, R_d | 506 | N/mm ² |
| SFORZI AGENTI SUL BULLONE PIU' SOLLECITATO | | | |
| Momento dovuto al braccio | M= | 8114840 | Nmm |
| Sollecitazione a taglio dovuto a M | S_M | 60558.51 | N |
| Angolo tra l'orizzontale e il bullone | β | 90 | grad |
| Risultante R agente sul bullone (S_M, V) | R= | 62050.39 | N |
| VERIFICA A TAGLIO DEL BULLONE | | | |
| Tensione a taglio | τ | 197.6127 | < 384 N/mm ² |
| Verifica | %V | 51.46% | VERIFICATO |
| VERIFICA A RIFOLLAMENTO PIASTRA | | | |
| Tensione di rifollamento | σ_{rif} | 243.3349 | < 506 N/mm ² |
| Verifica | %V | 48.10% | VERIFICATO |

| POSIZIONAMENTO DEI BULLONI | | | |
|----------------------------|---|-----|-------|
| Bullone | x | y | Somma |
| 1 | 0 | 67 | 4489 |
| 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | -67 | 4489 |
| 4 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 8978 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 298 di 439 |

NODO I1

Il nodo I1 rappresenta il collegamento tra il cosciale longitudinale e la piastra di appoggio incassata nel muro che appoggia sull'architrave a quota +300 a livello finito.

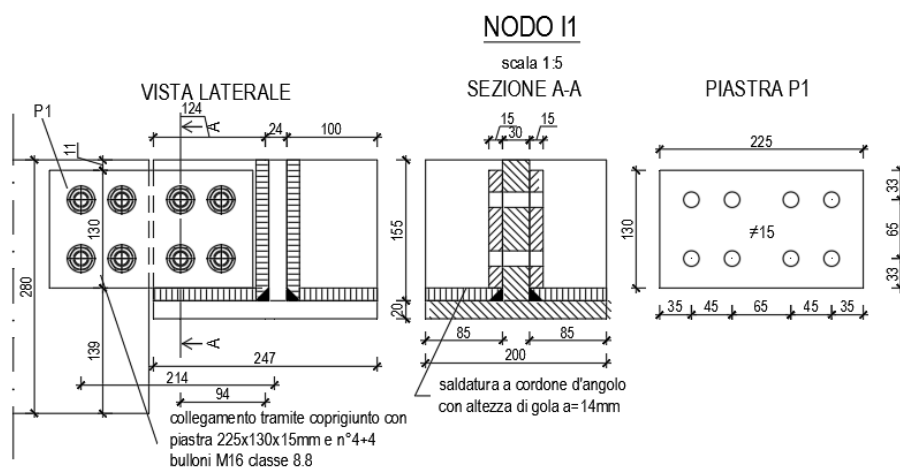


Figura 6.53 Dettaglio nodo I1

Si riporta di seguito la reazione massima del nodo.

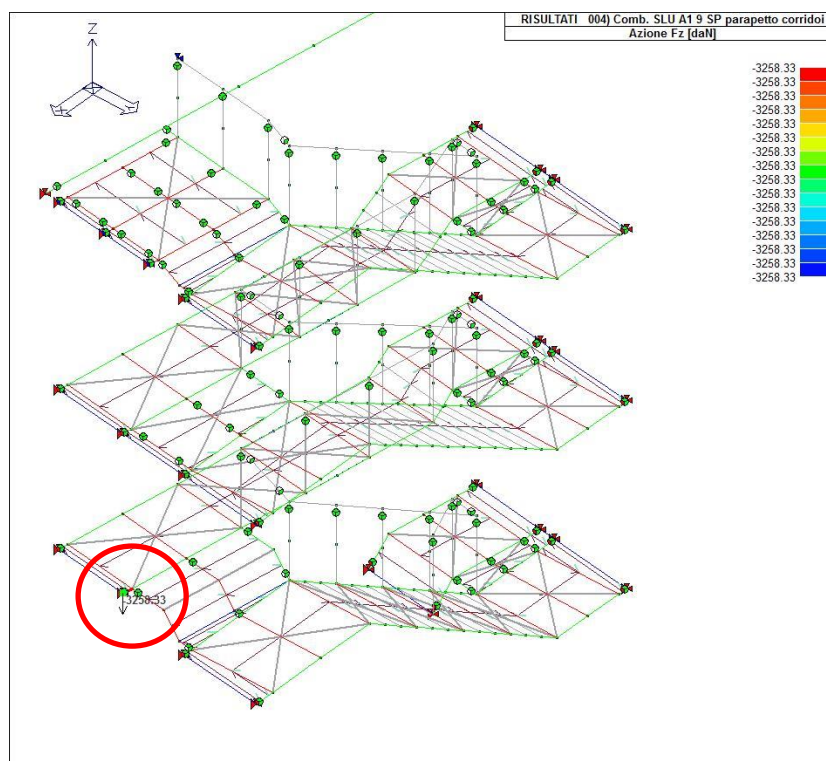


Figura 6.54 Reazione sul nodo I1 [daN]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 299 di 439 |

Si riporta di seguito la verifica dei bulloni:

| VERIFICA NODO BULLONATO | | | |
|--|---------------------------------|----------|-------------------|
| DATI | | | |
| Reazione massima sul nodo | F= | 32583.3 | N |
| Numero di bulloni | nb= | 4 | |
| Eccentricità della reazione | e= | 200 | mm |
| Spessore piastra | Sp= | 15 | mm |
| Diametro dei bulloni | d= | 16 | mm |
| Area resistente del bullone | Ares= | 157 | mmq |
| Piani taglio | nt= | 2 | |
| Taglio per singolo bullone | V= | 8145.825 | N |
| RESISTENZE | | | |
| Resistenza di calcolo a trazione | f _t , R _d | 576 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a taglio | f _v , R _d | 384 | N/mm ² |
| Resistenza a rifollamento | f _b , R _d | 556 | N/mm ² |
| SFORZI AGENTI SUL BULLONE PIU' SOLLECITATO | | | |
| Momento dovuto al braccio | M= | 6516660 | Nmm |
| Sollecitazione a taglio dovuto a M | S _M = | 41214.98 | N |
| Angolo tra l'orizzontale e il bullone | β= | 55.30485 | grad |
| Risultante R agente sul bullone (S _M , V) | R= | 46338.22 | N |
| VERIFICA A TAGLIO DEL BULLONE | | | |
| Tensione a taglio | τ= | 147.5739 | < 384 N/mmq |
| Verifica | %V | 38.43% | VERIFICATO |
| VERIFICA A RIFOLLAMENTO PIASTRA | | | |
| Tensione di rifollamento | σ _{rif} = | 181.7185 | < 556 N/mmq |
| Verifica | %V | 32.66% | VERIFICATO |

| POSIZIONAMENTO DEI BULLONI | | | |
|----------------------------|-------|-------|--------|
| Bullone | x | y | Somma |
| 1 | 22.5 | 32.5 | 1562.5 |
| 2 | -22.5 | 32.5 | 1562.5 |
| 3 | -22.5 | -32.5 | 1562.5 |
| 4 | 22.5 | -32.5 | 1562.5 |
| | | | 6250 |

NODO I2

Il nodo I2 rappresenta il collegamento tra il cosciale longitudinale e la piastra di appoggio incassata nel muro che appoggia sull'architrave a quota +553 a livello finito.

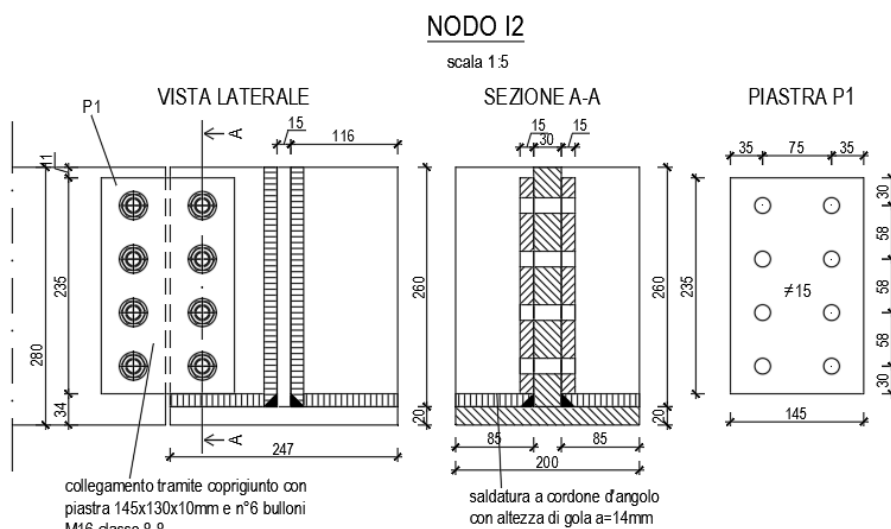


Figura 6.55 Dettaglio nodo I2

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 300 di 439 |

Si riporta di seguito la reazione massima del nodo.

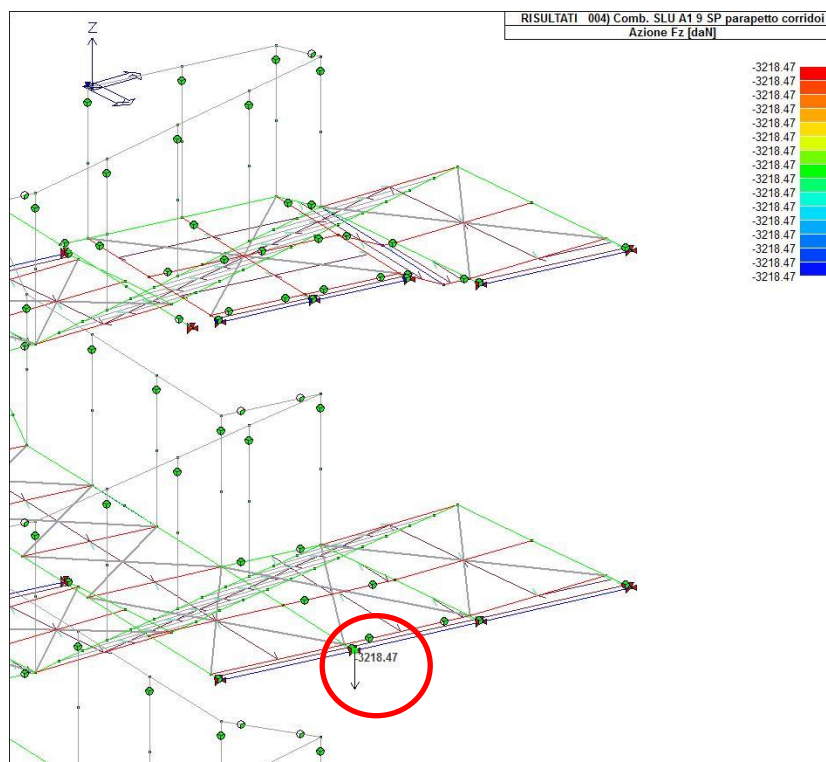


Figura 6.56 Reazione sul nodo I2 [daN]

Si riporta di seguito la verifica dei bulloni:

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 301 di 439 |

| VERIFICA NODO BULLONATO | | | |
|---|------------------|---------------|-------------------|
| DATI | | | |
| Reazione massima sul nodo | F= | 32184.7 | N |
| Numero di bulloni | nb= | 4 | |
| Eccentricità della reazione | e= | 200 | mm |
| Spessore piastra | Sp= | 15 | mm |
| Diametro dei bulloni | d= | 16 | mm |
| Area resistente del bullone | Ares= | 157 | mmq |
| Piani taglio | nt= | 2 | |
| Taglio per singolo bullone | V= | 8046.175 | N |
| RESISTENZE | | | |
| Resistenza di calcolo a trazione | f_t, R_d | 576 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a taglio | f_v, R_d | 384 | N/mm ² |
| Resistenza a rifollamento | f_b, R_d | 506 | N/mm ² |
| SFORZI AGENTI SUL BULLONE PIU' SOLLECITATO | | | |
| Momento dovuto al braccio | M= | 6436940 | Nmm |
| Sollecitazione a taglio dovuto a M | S_M = | 33294.52 | N |
| Angolo tra l'orizzontale e il bullone | β = | 90 | grad |
| Risultante R agente sul bullone (S _M ,V) | R= | 34252.97 | N |
| VERIFICA A TAGLIO DEL BULLONE | | | |
| Tensione a taglio | τ = | 109.0859 | < 384 N/mmq |
| Verifica | %V | 28.41% | VERIFICATO |
| VERIFICA A RIFOLLAMENTO PIASTRA | | | |
| Tensione di rifollamento | σ_{rif} = | 134.3254 | < 506 N/mmq |
| Verifica | %V | 26.55% | VERIFICATO |

| POSIZIONAMENTO DEI BULLONI | | | |
|----------------------------|---|-----|-------|
| Bullone | x | y | Somma |
| 1 | 0 | 87 | 7569 |
| 2 | 0 | 29 | 841 |
| 3 | 0 | -29 | 841 |
| 4 | 0 | -87 | 7569 |
| | | | 16820 |

6.3.2 Pianerottolo ascensore

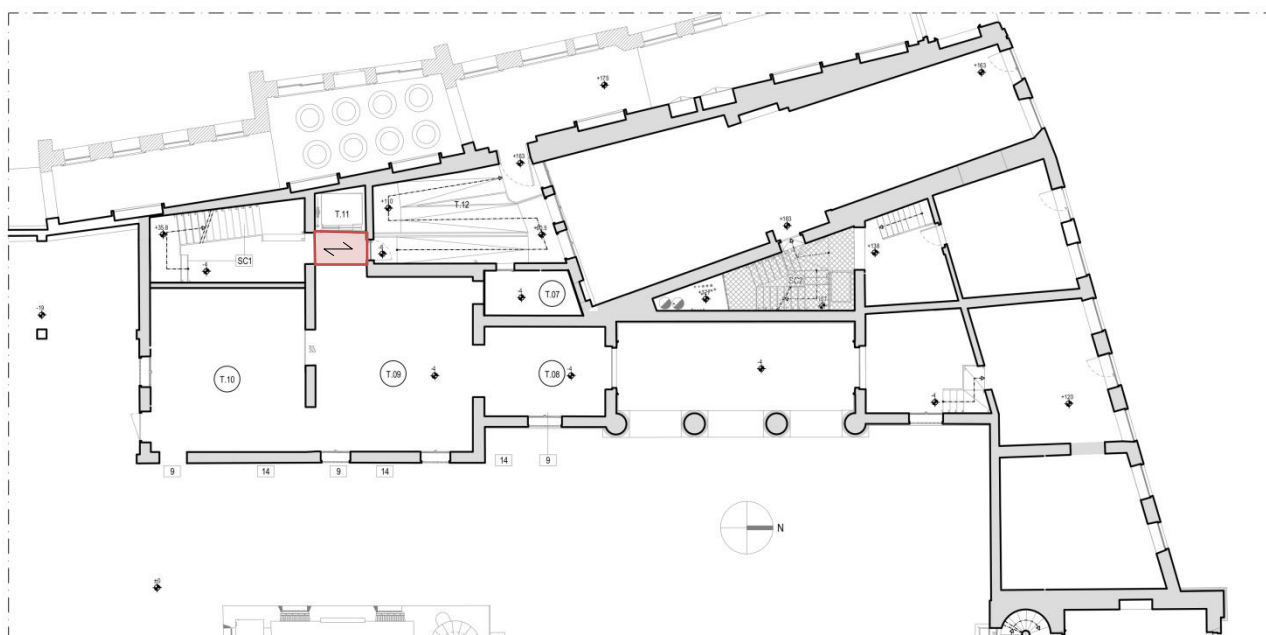


Figura 6.57 Localizzazione del pianerottolo ascensore nella condizione di stato di progetto

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 302 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

Nella verifica del solaio si è considerata una luce pari a 2.40m, data dalla somma della luce netta massima del solaio (2.20 m) e 0.10m per ogni appoggio: essendo l'appoggio reale pari a 20cm, la mezzzeria è il punto di applicazione della risultante.

$$L=2.20+0.10+0.10=2.40m$$

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | NUOVA | Rettangolare | Legno C24 | 10 | 14 | 43 | 2.40 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|--|-------------------|--------------|
| Peso travi esistenti 10x14cm i=43cm | G ₁ | 19.54 daN/mq |
| Peso tavolato sp.2+3 | G ₂ | 30 daN/mq |
| Peso permanente portato (pacchetto pavimento in pietra) sp.4cm | G ₂ | 95 daN/mq |
| Controsoffitto Lastra Knauf 12.5mm | G _{2,nd} | 15 daN/mq |
| Carico accidentale | Q | 400 daN/mq |

VERIFICA SLU DELLE TRAVI:

| Verifica travi lignee secondo N.T.C. di cui al D.M. 14/01/2008 | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
| denominazione trave: <i>trave principale vano 1.01</i> | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 10 | 14 | 0°0 | 128.0 | 21.3 | C24 - massiccio | classe di servizio | 1 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | media | |
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | | | | | | |
| luce di calcolo | | L | 240 | cm | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | |
| distribuito | q _d | 345.10 | 238.33 | 170.33 | [kg/m] | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 24847 | kgcm | | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 414 | kg | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | | |
| <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | | | | | |
| | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica | | | |
| | 76.1 | 0.0 | 0.59 | 4.4 | 0.0 | 0.21 | | | |
| | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | | | | | |
| | f_y | f_z | f_{TOT} | f_{TOT} | | | | | |
| freccia istantanea | 0.0 | 0.4 | 0.4 | L / 586 | | | | | |
| freccia finale | 0.0 | 0.6 | 0.6 | L / 410 | | | | | |

Le travi risultano verificate, 0.59<1.00.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 303 di 439 |

VERIFICA SLU DEL TAVOLATO:

Il tavolato è composto da 2 strati, si considera strutturale il singolo strato di spessore 3cm.

| Verifica travi lignee secondo N.T.C. di cui al D.M. 14/01/2008 | | | | | | | | | |
|--|----------------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
| denominazione trave: <i>trave principale vano 1.01</i> | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | <i>f_{m,d}</i> | <i>f_{v,d}</i> | legno | | | |
| trave | 60 | 3 | 0°.0 | 128.0 | 21.3 | C24 - massiccio | classe di servizio | 1 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | media | |
| | | | | | | | | | |
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | |
| luce di calcolo | | L | 45 | cm | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | |
| distribuito | q _d | 111.78 | 84.60 | 84.60 | [kg/m] | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 600.00 | 400.00 | 400.00 | [kg] | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 7033 | kgcm | | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 325 | kg | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 304 di 439 |

6.4 NUOVI CONTROSOFFITTI PIANO NOBILE E CONTROVENTAMENTI A LIVELLO DEL SOTTOTETTO

6.4.1 Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.01.a

Il progetto prevede la posa di una nuova struttura lignea di sostegno per il controsoffitto calpestabile (cfr. Tav. PE_Str10 controsoffitto tipo C2.a)

PIANO SOTTOTETTO

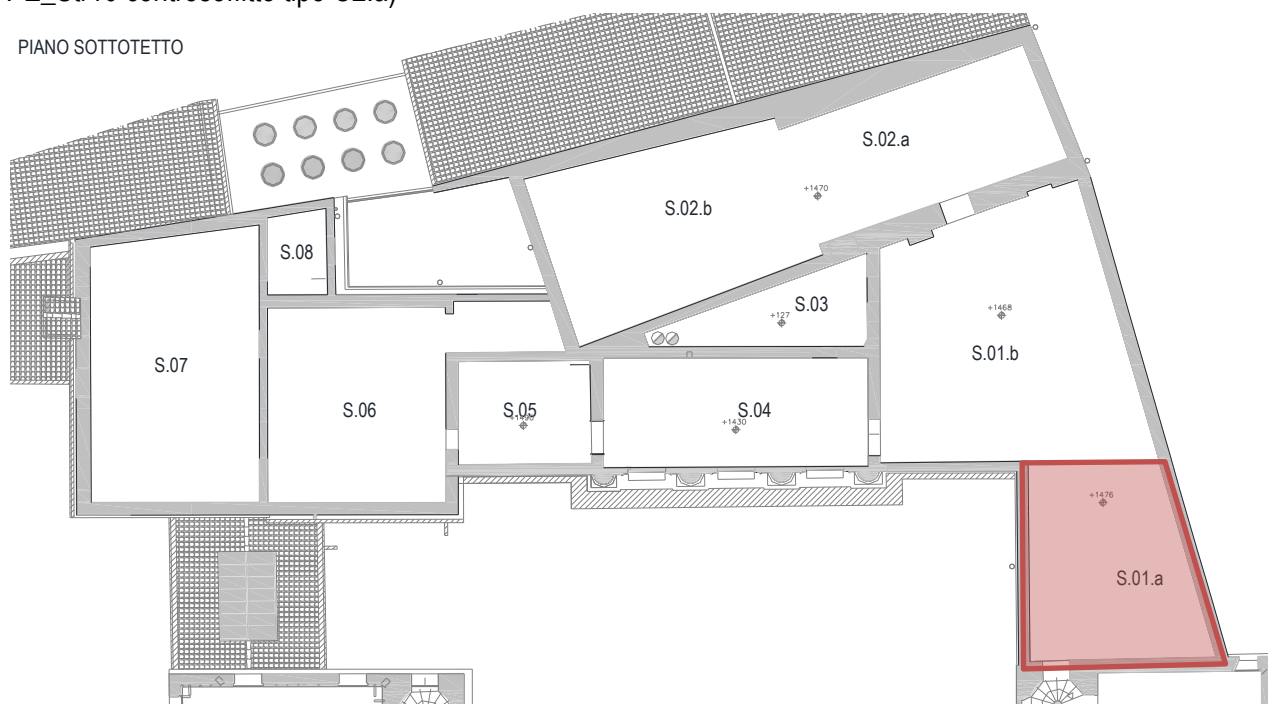


Figura 6.58 Localizzazione controsoffitto vano S. 01.a

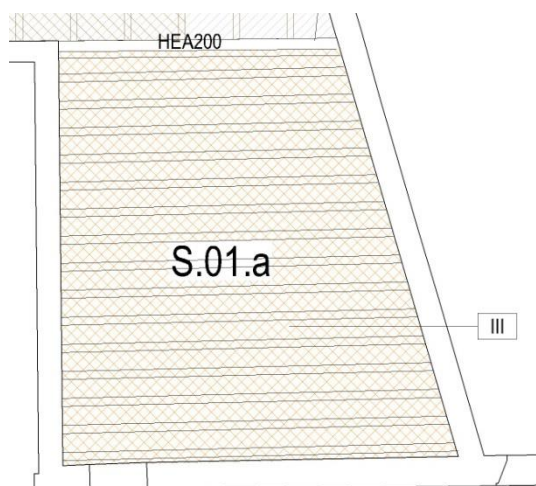


Figura 6.59 Pianta strutture controsoffitto vano S.01.a

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 305 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | PASSO [cm] |
|-------|-------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| Trave | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 18 | 22 | 50 |

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|-------------|
| Peso travi | G ₁ | 23.8 daN/m |
| Peso tavolato sp. 2 | G ₁ | 16 daN/mq |
| Peso pacchetto controsoffitto/isolante (C2.b) | G _{2 nd} | 53.2 daN/mq |
| Carico accidentale manutenzione | Q | 50 daN/mq |

VERIFICHE:

| | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| <u>dati sezione e materiali</u> denominazione trave: <i>controsoffitto vano P.N.01</i> | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 18 | 22 | 0°/0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio | classe di servizio | 1 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | breve | |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> luce di calcolo L 740 cm | | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | |
| | | | | | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} |
| | | | | | 54.9 | 0.0 | 0.38 | 1.6 | 0.0 |
| | | | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] |
| | | | | | <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | |
| | | | | | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | | |
| | | | | | freccia istantanea | 0.0 | 1.8 | 1.8 | L / 412 |
| | | | | | freccia finale | 0.0 | 2.7 | 2.7 | L / 270 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 306 di 439 |

6.4.2 Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.01.b

Il progetto prevede la posa di una nuova struttura lignea di sostegno per il controsoffitto (cfr. Tav. PE_Str10, controsoffitto tipo C1.a) con rompitratta in acciaio S275 (profili HEA200 e HEB220); la calpestabilità per manutenzione è garantita sui soli percorsi di passerella descritti dagli elaborati grafici (cfr. Tav. PE_Str10, VII).

PIANO SOTTOTETTO

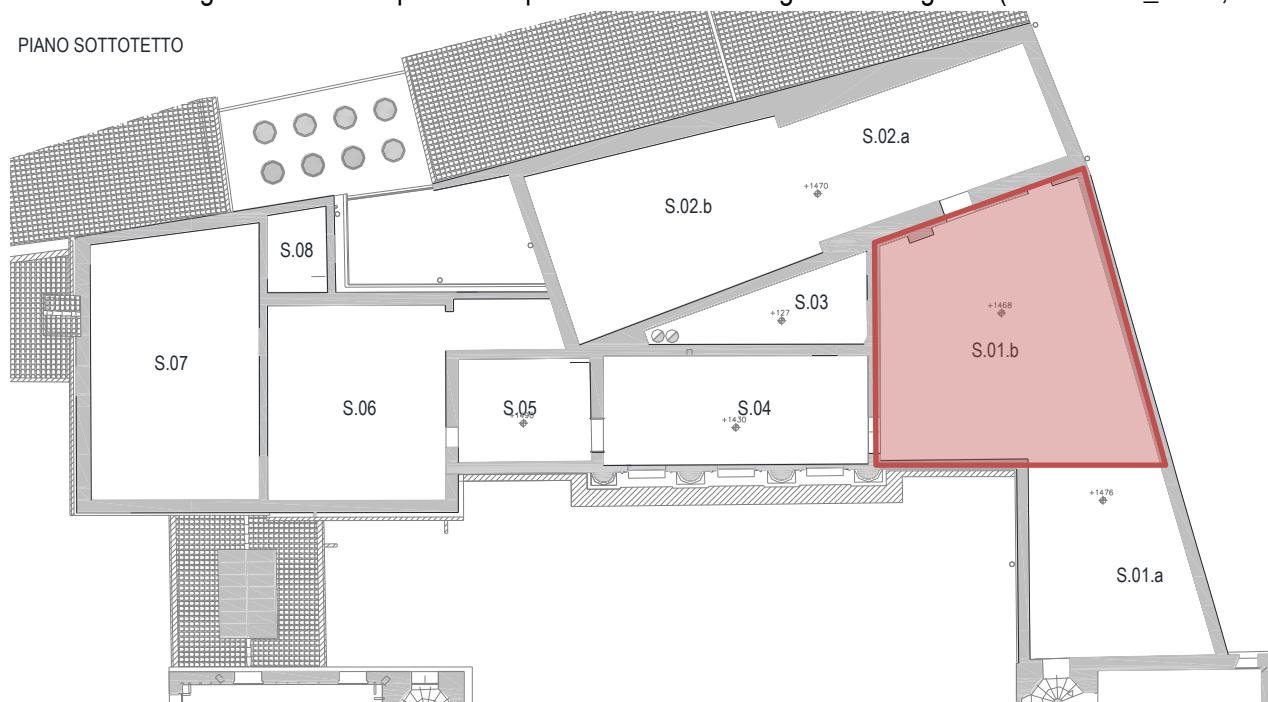


Figura 6.60 Localizzazione controsoffitto vano S.01.b

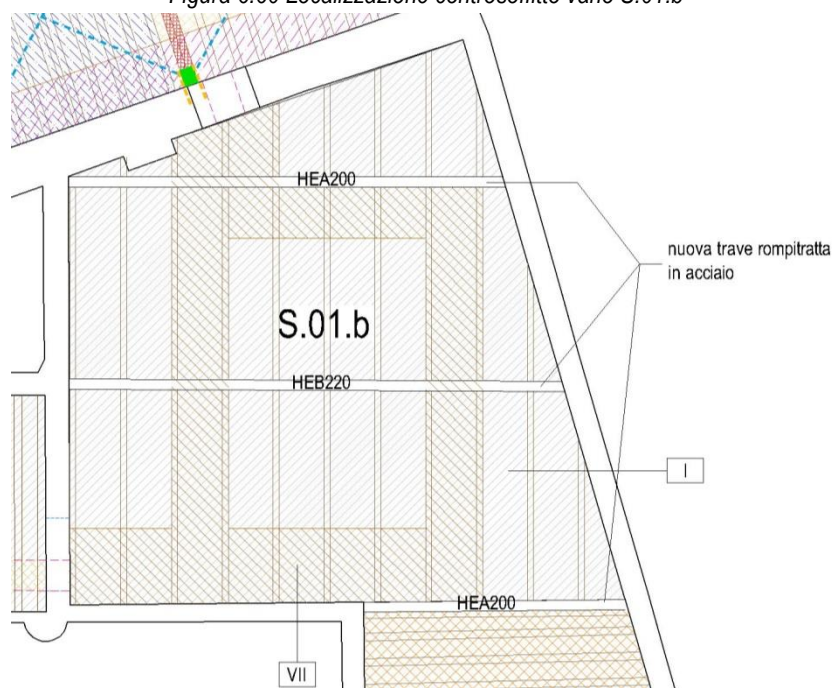


Figura 6.61 Pianta strutture controsoffitto vano S.01.b

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 307 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVERTE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | PASSO [cm] |
|--------------|----------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| Trave lignea | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 12 | 16 | 100 |

CARICHI:

| | | |
|---|-----------|------------|
| Peso travi | G_1 | 11.5 daN/m |
| Peso pacchetto controsoffitto/isolante (C1.a) | G_{2nd} | 45 daN/mq |
| Peso permanente passerella di manutenzione | G_{2nd} | 24 daN/mq |
| Peso accidentale passerella di manutenzione | Q | 50 daN/mq |

MODELLAZIONE:

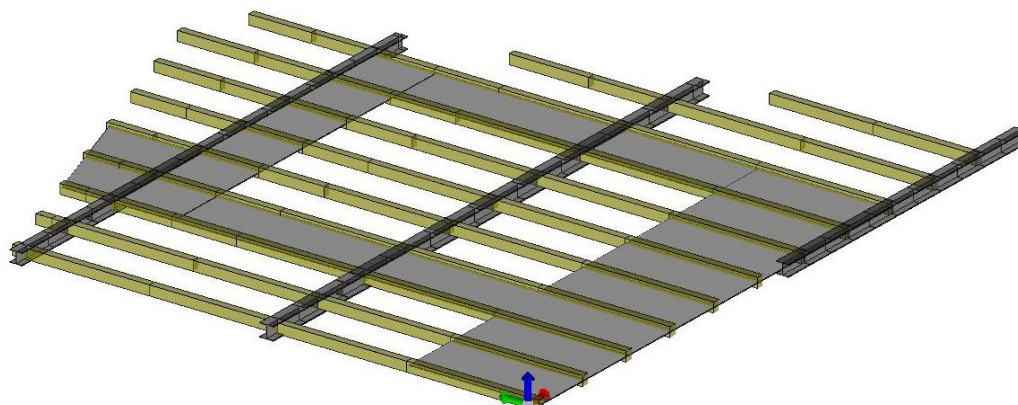


Figura 6.62 Mesh del modello agli elementi finiti delle strutture di controsoffitto

SOLLECITAZIONI MASSIME:

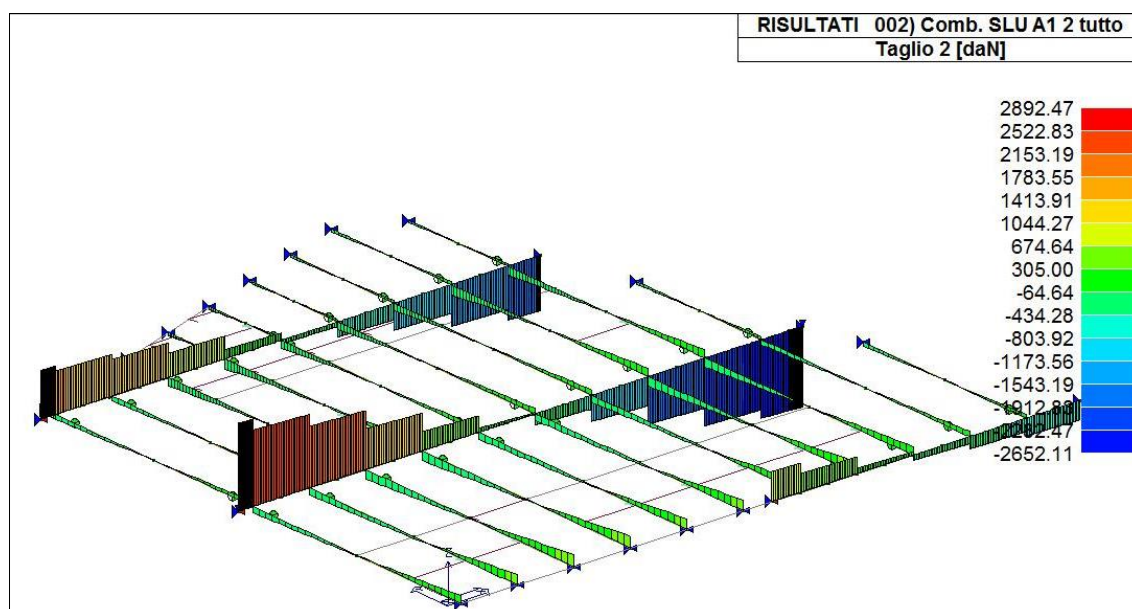


Figura 6.63 Massima sollecitazione SLU – Taglio T2 (legno 383.5daN; acciaio 2892daN) - [daNcm]

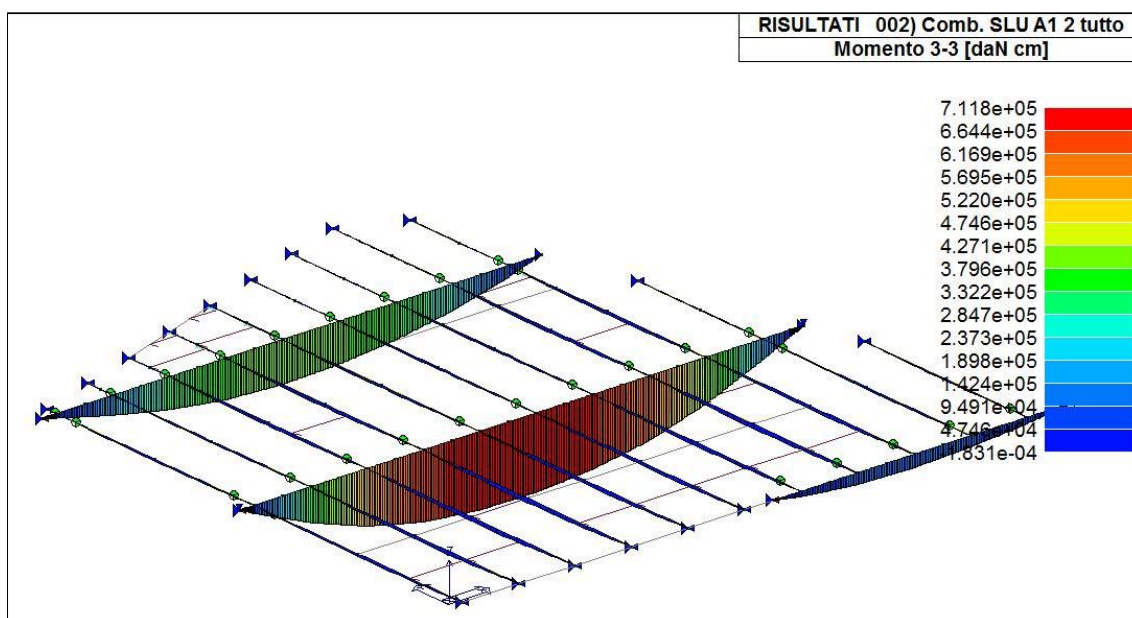


Figura 6.64 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente M3 (legno 39000 daN cm; acciaio 711800 daN cm) - [daNcm]

VERIFICHE SLU:

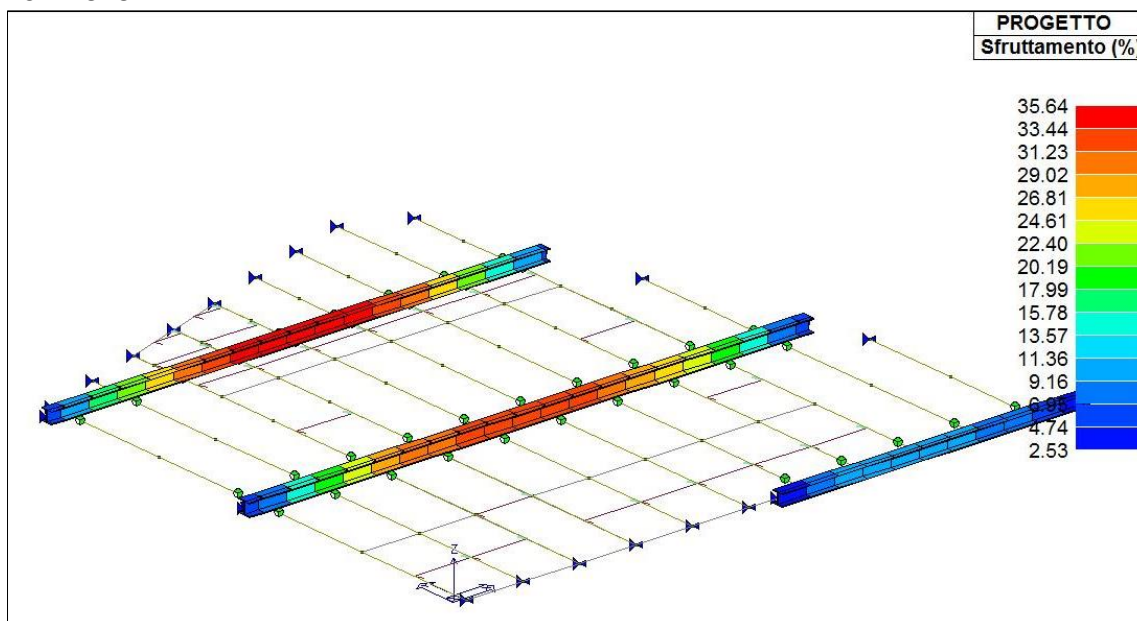


Figura 6.65 Percentuale di sfruttamento travi acciaio [%]

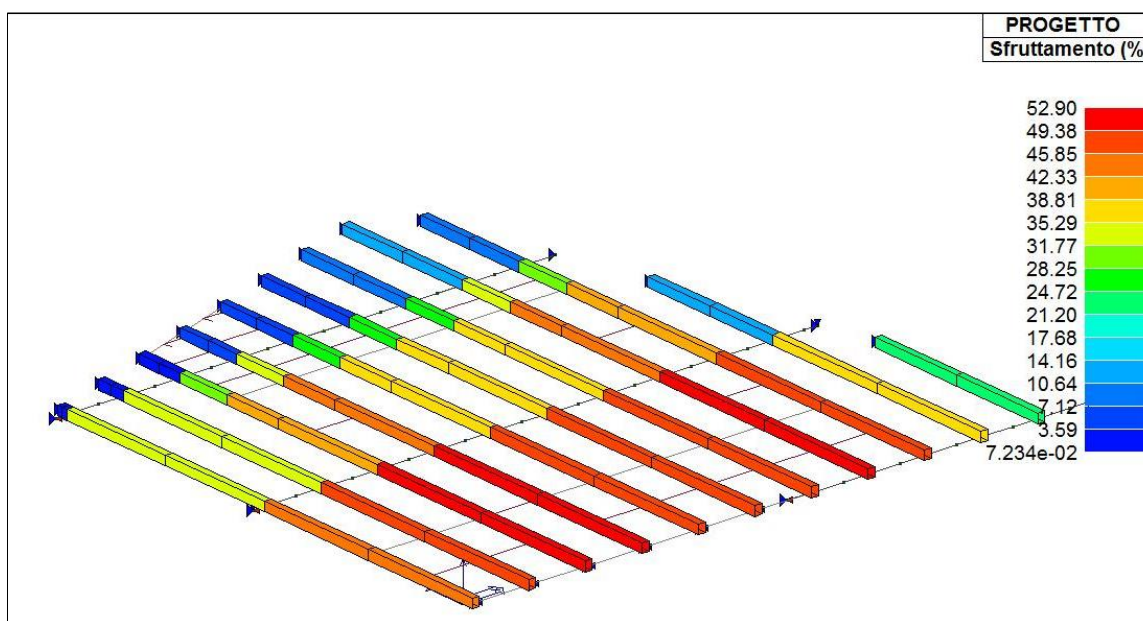


Figura 6.66 Percentuale di sfruttamento travi legno [%]

PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI

| | | |
|------------------------------------|-------------|------------|
| TRAVI IN LEGNO (ord. Secondaria) | 52.9% <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO (ord. Principale) | 35.6% <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

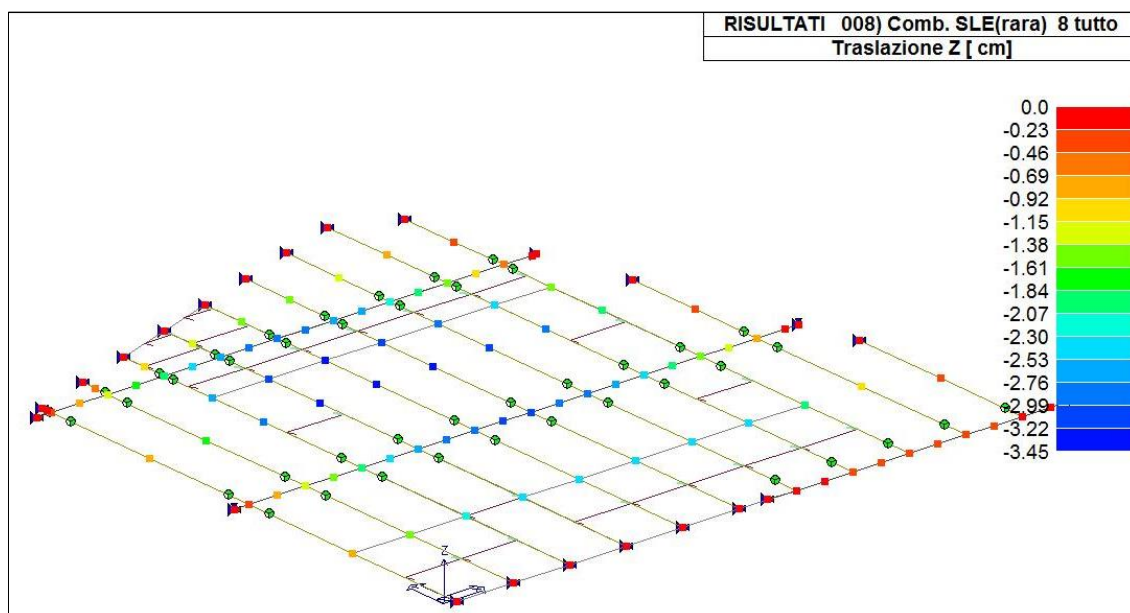


Figura 6.67 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

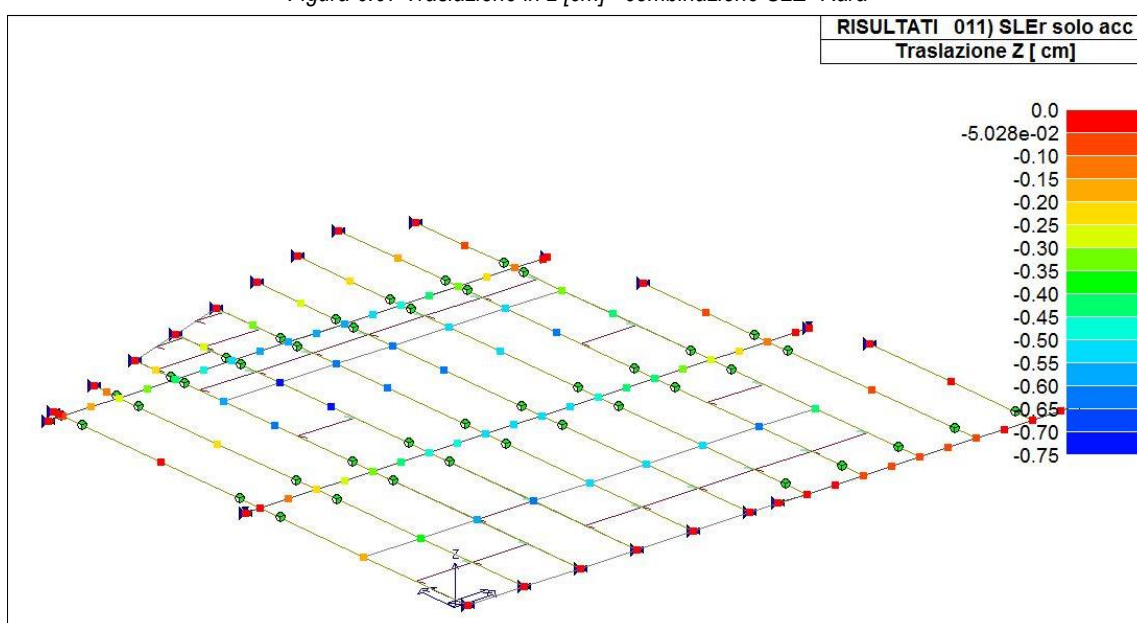


Figura 6.68 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara (solo carichi accidentali)

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI | | | | | | |
|----------------------------|-------|----------|--------------|---------|--------|------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Legno | SLE-RARA | Ist. 1.24 | L/354 | L/300 | VERIFICATO |
| 1 | Legno | | Fin. 1.66 | L/264 | L/250 | VERIFICATO |

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 311 di 439 |

| | | | | | | |
|---|---------|-----------------------------|------|--------|-------|------------|
| 2 | Acciaio | SLE-RARA | 2.85 | L/309 | L/250 | VERIFICATO |
| 2 | Acciaio | SLE-RARA (solo accidentali) | 0.60 | L/1470 | L/350 | VERIFICATO |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

6.4.3 Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.06

Il progetto prevede una nuova struttura lignea di sostegno per il controsoffitto, non calpestabile (cfr. Tav. PE_Str10 controsoffitto tipo C1.a).

PIANO SOTTOTETTO

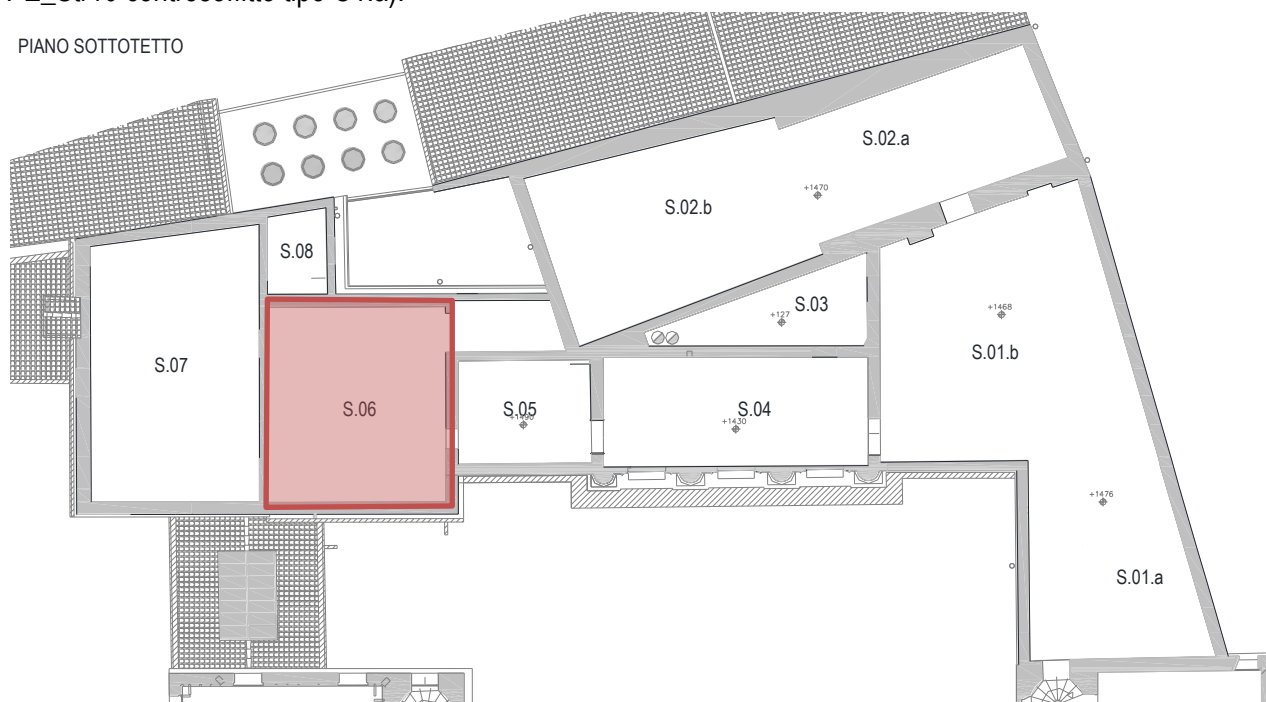


Figura 6.69 Localizzazione controsoffitto vano S.06

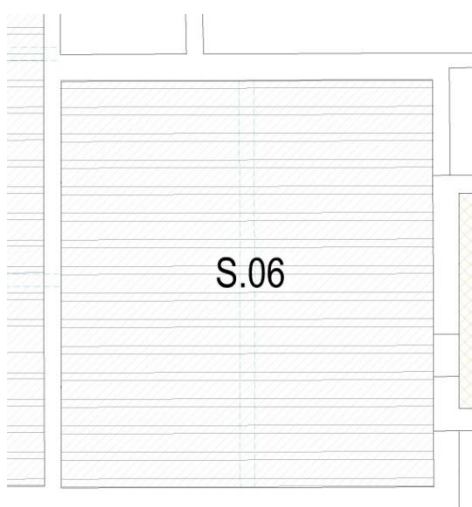


Figura 6.70 Pianta strutture controsoffitto vano S.06

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 312 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | PASSO [cm] |
|-------|-------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| Trave | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 16 | 18 | 50 |

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|------------|
| Peso travi | G ₁ | 17.3 daN/m |
| Peso pacchetto controsoffitto/isolante (C1.a) | G _{2 nd} | 45 daN/mq |

VERIFICHE:

Travi esistenti, sezione minima 16x18cm legno C24

| dati sezione e materiali | | | | | | | | | |
|---|------|------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|------------|--|
| denominazione trave: Controsoffitto P.N. 10/11 (sottotetto S.06) Travi nuove | | | | | | | | | |
| trave | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | | | |
| | 16 | 18 | 0° 0 | 96.0 | 16.0 | C24 - massiccio | classe di servizio | 1 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | permanente | |

| combinazioni e sollecitazioni | | | | | verifiche agli S.L.U. | | | | |
|-------------------------------|----------------|-------------------|----------|-----------|-----------------------|--|--|--|--|
| luce di calcolo | | L | 727 | cm | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | |
| distribuito | q _d | 56.14 | 39.73 | 39.73 | [kg/m] | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 37089 | kgcm | | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 204 | kg | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|--|--|
| | | | | | | | | | |
| | | σ _{my,d} | σ _{mz,d} | verifica | τ _{y,d} | τ _{z,d} | verifica | | |
| | | 42.9 | 0.0 | 0.45 | 1.1 | 0.0 | 0.07 | | |
| | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | |
| verifiche agli S.L.E. | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | f _y [cm] | f _z [cm] | f _{TOT} [cm] | | | | | |
| freccia istantanea | | 0.0 | 1.7 | 1.7 | L / 430 | | | | |
| freccia finale | | 0.0 | 2.7 | 2.7 | L / 268 | | | | |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 313 di 439 |

6.4.4 Controsoffitto piano calpestio sottotetto S.07

Il progetto prevede una nuova struttura lignea di sostegno per il controsoffitto, non calpestabile (cfr. Tav. PE_Str10 controsoffitto tipo C1.a).

PIANO SOTTOTETTO

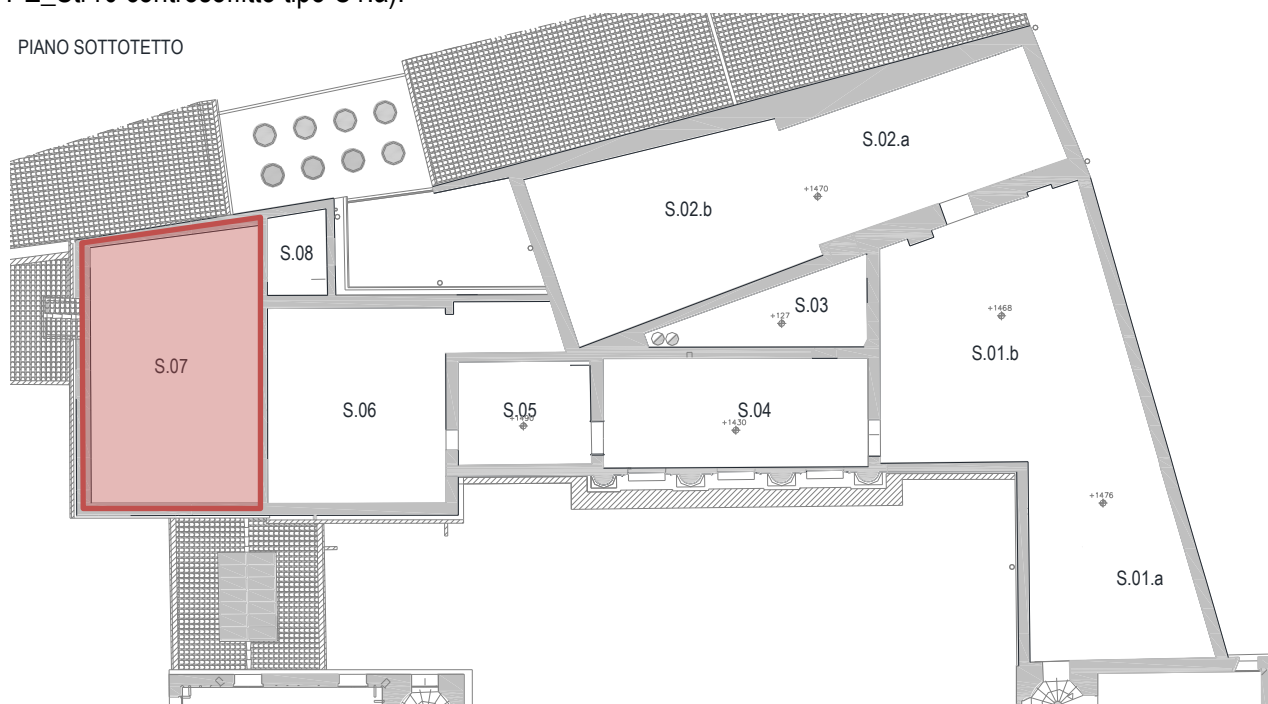


Figura 6.71 Localizzazione controsoffitto vano S.07

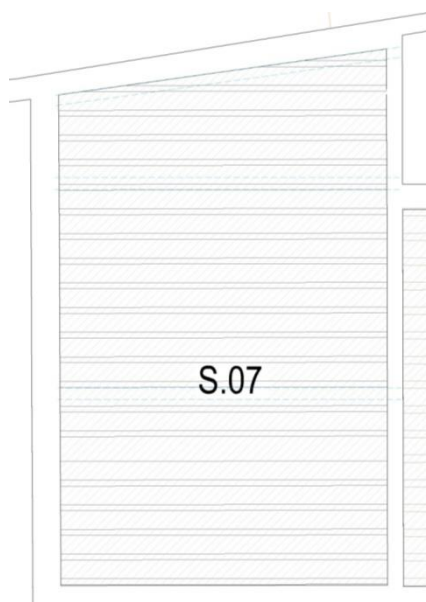


Figura 6.72 Pianta strutture controsoffitto vano S.07

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 314 di 439 |

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | PASSO [cm] |
|-------|-------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| Trave | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 12 | 18 | 50 |

CARICHI:

| | | |
|---|-------------------|-----------|
| Peso travi | G ₁ | 13 daN/m |
| Peso pacchetto controsoffitto/isolante (C1.a) | G _{2 nd} | 45 daN/mq |

VERIFICHE:

Travi esistenti, sezione minima 12x18cm legno C24

| dati sezione e materiali | | | | | | | | | |
|--|------|------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|--|------------|
| denominazione trave: Controsoffitto P.N. 12/13 (sottotetto S.07) Travi nuove | | | | | | | | | |
| trave | B | H | inclinaz. | f _{m,d} | f _{v,d} | legno | classe di servizio | | 1 |
| | 12 | 18 | 0° 0 | 96.0 | 16.0 | C24 - massiccio | classe durata carico | | permanente |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | | |

| combinazioni e sollecitazioni | | | | | verifiche agli S.L.U. | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------------|----------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------|-----|---------|
| luce di calcolo | | L | 692 | cm | | | | | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | σ _{my,d} | σ _{mz,d} | verifica | τ _{y,d} | τ _{z,d} | verifica | | |
| distribuito | q _d | 50.52 | 35.41 | 35.41 | [kg/m] | 46.7 | 0.0 | 0.49 | 1.2 | 0.0 | 0.08 | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | | |
| verifiche agli S.L.E. | | | | | | | | | | | | | |
| | | f _y [cm] | | f _z [cm] | | f _{TOT} [cm] | | | | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 30242 | kgcm | | | | freccia istantanea | | 0.0 | 1.6 | 1.6 | L / 419 |
| | | M _{Ed,z} | 0 | kgcm | | | | freccia finale | | 0.0 | 2.6 | 2.6 | L / 262 |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 175 | kg | | | | | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 0 | kg | | | | | | | | | |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

6.4.5 Controventamento sottotetto S.02

Vista la notevole altezza delle pareti longitudinali dei vani del piano nobile PN04, PN06, PN07 e dei rispettivi sottotetti S.02 (altezza massima pari a circa 11m sulla linea di colmo) si prevede di utilizzare il piano di controsoffitto per introdurre un sistema di controventamento intermedio, costituito dalle travi stesse della struttura di controsoffitto, fasce di doppio tavolato incrociato e croci di controventamento in acciaio, collegato alle murature puntualmente con piatti e barre Ø12mm inghisate in resina.

L'azione di vincolo di progetto esercitata dal sistema di controventamento per una coppia di ancoraggi è pari a 42.3kN (cfr. Cinematismo R1).



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 315 di 439 |

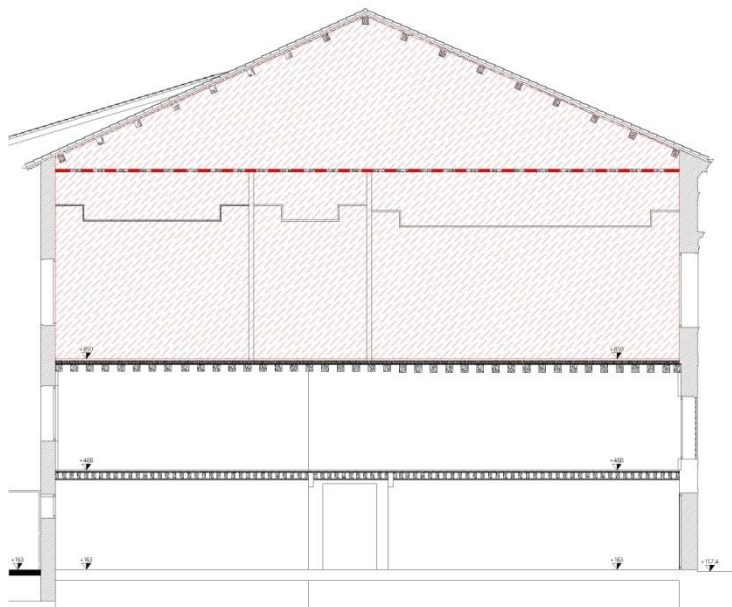


Figura 6.73: in evidenza (rosso) le pareti longitudinali e la linea di quota di inserimento del sistema di controventamento

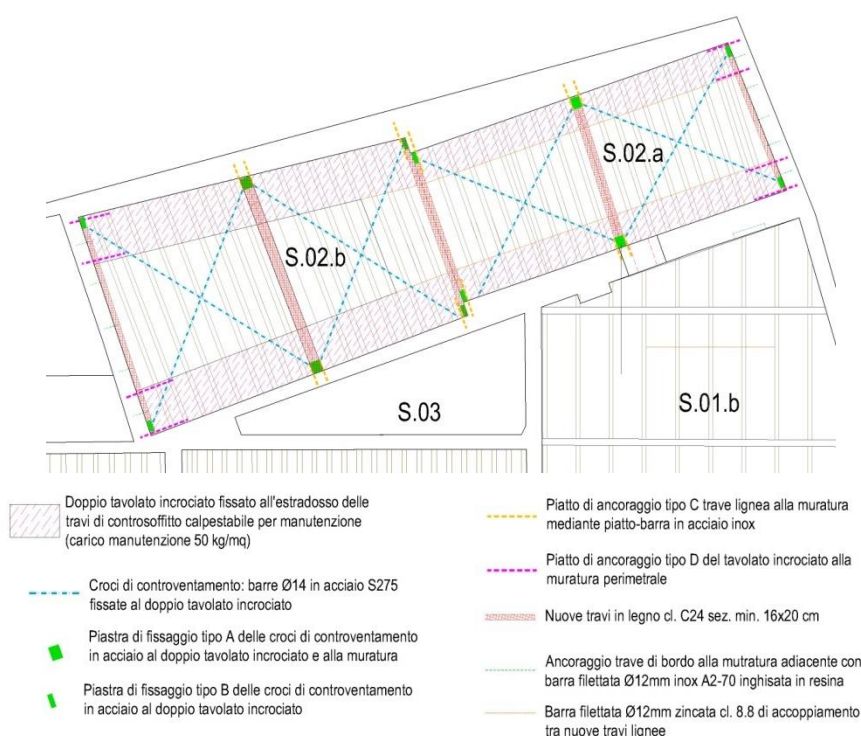


Figura 6.74: Schema del sistema di controventamento – pianta

La coppia di piastre di ancoraggio (piatto forato tipo C con barra Ø12mm inghisata in resina) sono quindi sollecitate a trazione con valore pari a $42.3/2=21.15\text{kN}$ cadauna, valore compatibile con la resistenza calcolata

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 316 di 439 |

dell'ancoraggio sulla scorta dei risultati delle prove di estrazione e con la resistenza a taglio delle connessioni piatto/trave dei piatti forati C a cui sono saldate.

Il collegamento della piastra di tipo A (che collega le travi lignee alle croci di controventamento) e le travi lignee tramite tirafondi è quindi sollecitato con una forza di taglio pari a 42.3kN parallela alle fibre della trave lignea (le componenti ortogonali date dalla trazione delle croci di controventamento si elidono).

Il collegamento della piastra di tipo B (che collega una trave lignea alle croci di controventamento) e la trave lignea tramite tirafondi è quindi sollecitato con una forza di taglio pari a 21.15kN parallela alle fibre della trave lignea e da una pari a 21.15kN ortogonale alle stesse.

La barra Ø14mm in acciaio S275 è sollecitata a trazione con uno sforzo normale pari a $N = 21.15/\cos 45^\circ = 29.91\text{kN}$.

Area resistente della barra (filettatura) = $A_{\text{res}} = 115 \text{ mm}^2$

Acciaio S275: $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_s = 1.05$ $f_{yd} = 261.9 \text{ N/mm}^2$

Trazione della barra $\sigma_t = N/A_{\text{res}} = 183.91 \text{ N/mm}^2 < f_{yd}$ **VERIFICATA**

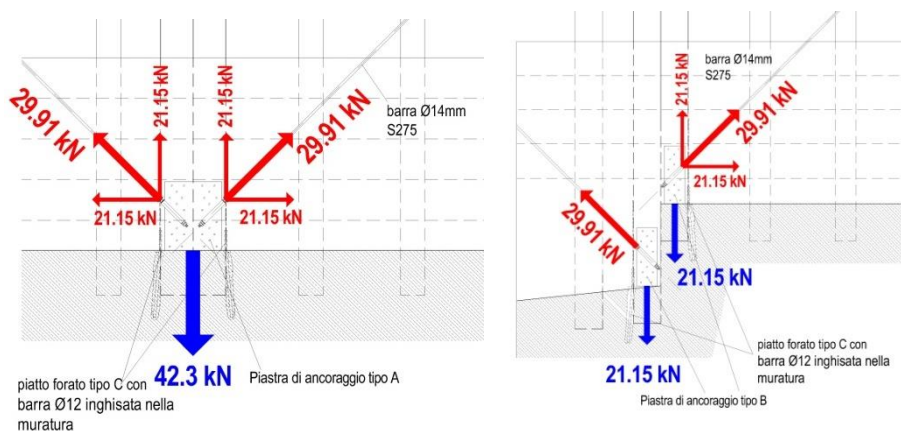


Figura 6.75: Schema di distribuzione delle forze nel sistema di controventamento

Di seguito si riporta la verifica del collegamento delle piastre tipo A e B alle travi lignee con tirafondi.

6.4.5.1 Collegamento Piastra tipo A

Caratteristiche del materiale

| | | | |
|---|--------------|-----------|-----|
| Tipo legno | | Massiccio | |
| Libreria | | EN 338 | |
| Classe di resistenza | | C24 | |
| Res. compr. perpendicolare alla fibratura | $f_{c,90,k}$ | 2.5 | MPa |
| Densità caratteristica | ρ_k | 350 | MPa |
| Classe di servizio | | Classe 2 | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 317 di 439 |

| | | | |
|------------------------------------|--|------|--|
| Coefficiente di sicurezza parziale | | 1.50 | |
|------------------------------------|--|------|--|

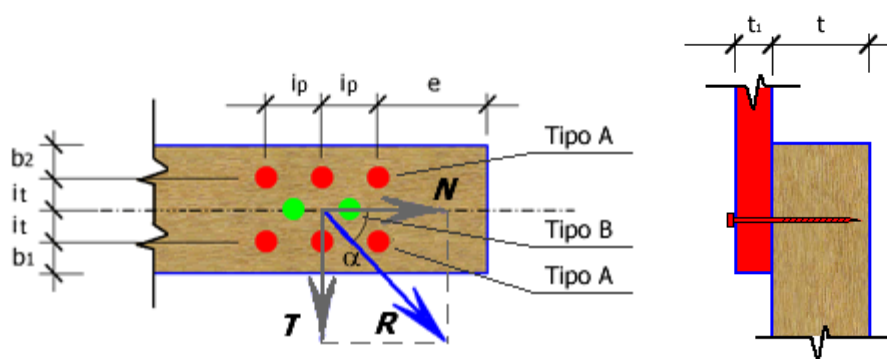
Caratteristiche del connettore

| | | | |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|
| Preforatura | | SI | |
| Diametro del nucleo della filettatura | d | 5.6 | mm |
| Diametro del gambo liscio | dl | 8.0 | mm |
| Diametro esterno della filettatura | de | 8.0 | mm |
| Lunghezza del tratto liscio | ll | 72 | mm |
| Lunghezza del tratto filettato | lf | 48 | mm |
| Resistenza a trazione | Fuk | 400 | MPa |

Geometria

| | | | |
|-----------------------------------|----|-----|----|
| FILA TIPO A | | | |
| Nr.di file parallele all'asse | Np | 4 | |
| Nr.di file trasversali all'asse | Nt | 5 | |
| FILA TIPO B | | | |
| Nr.di file parallele all'asse | Np | 2 | |
| Nr.di file trasversali all'asse | Nt | 4 | |
| Interasse direz. parallela asse | ip | 80 | mm |
| Interasse direz. trasversale asse | it | 30 | mm |
| Distanza dall'estremità | e | 100 | mm |
| Distanza bordo | b1 | 45 | mm |
| Distanza bordo | b2 | 45 | mm |

Schema dell'unione:



| | | | |
|---|----|------|----|
| Spessore | t | 200 | mm |
| Spessore | t1 | 12 | mm |
| Diametro del foro nella piastra | dp | 13.0 | mm |
| Contributo della resistenza all'estrazione del connettore | | SI | |

Descrizione del calcolo



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 318 di 439 |

La resistenza caratteristica del singolo connettore F_{vRk} è data dalla minima resistenza dei possibili meccanismi di rottura. Per le unioni tale resistenza è data da:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 f_{h,k} t_1 d \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right. \quad (a)$$

(b)

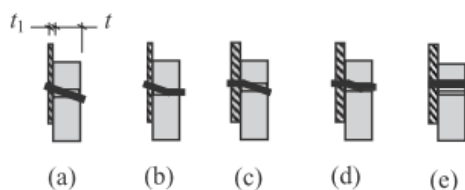
per le unioni con piastre di acciaio sottili e

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right. \quad (c)$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right. \quad (d)$$

$$f_{h,k} t_1 d \quad (e)$$

per le unioni con piastre di acciaio spesse.



dove:

- t_1 e t_2 sono gli spessori degli elementi;
- $f_{h,k,1}$ e $f_{h,k,2}$ sono le resistenze caratteristiche al rifollamento;
- d è il diametro del mezzo di unione;
- $M_{y,Rk}$ è il momento caratteristico di snervamento del mezzo di unione;
- $F_{ax,Rk}$ è la resistenza caratteristica all'estrazione del mezzo di unione;
- β è rapporto tra le resistenze al rifollamento;

La resistenza caratteristica del singolo connettore è moltiplicata per il numero di connettori efficaci ed è ridotta per il coefficiente di sicurezza parziale γ_m ed il coefficiente correttivo k_{mod} che tiene conto della durata del carico e dell'umidità della struttura.

Per ciascuna verifica effettuata è stato calcolato il fattore di sicurezza F_s definito come il rapporto tra resistenza e sollecitazione di calcolo:

$$F_s = R_d / S_d$$

Verifica del nodo

Le resistenze caratteristiche dei singoli connettori F_{vRk} valgono:

| | Combinazione | F_{vRk} | Tipo rottura |
|---|--------------|-----------|--------------|
| 1 | sisma | 3 633.61 | b |

Il numero di connettori efficaci per ciascuna fila, di Tipo A e Tipo B, parallela alla fibratura vale:

| | Combinazione | nr eff,A | nr eff,B |
|---|--------------|----------|----------|
| 1 | sisma | 5.00 | 4.00 |

Nella tabella seguente è riportato l'esito della verifica della resistenza complessiva dell'unione.

| | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|-------------------|--|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | | | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | | | Pagina 319 di 439 | |

| | Combinazione | Durata | Nd [kN] | Td [kN] | Rd [kN] | α [°] | Fres [kN] | Fs | Verificato | Rottura |
|---|--------------|------------|---------|---------|---------|--------------|-----------|------|------------|---------|
| 1 | sisma | Istantanea | 42.30 | 0.00 | 42.30 | 0.00 | 67.83 | 1.60 | SI | b |

Le verifiche effettuate sono soddisfatte

6.4.5.2 Collegamento Piastra tipo B

Caratteristiche del materiale

| | | | |
|---|--------------|-----------|-----|
| Tipo legno | | Massiccio | |
| Libreria | | EN 338 | |
| Classe di resistenza | | C24 | |
| Res. compr. perpendicolare alla fibratura | $f_{c,90,k}$ | 2.5 | MPa |
| Densità caratteristica | ρ_k | 350 | MPa |
| Classe di servizio | | Classe 2 | |
| Coefficiente di sicurezza parziale | | 1.50 | |

Caratteristiche del connettore

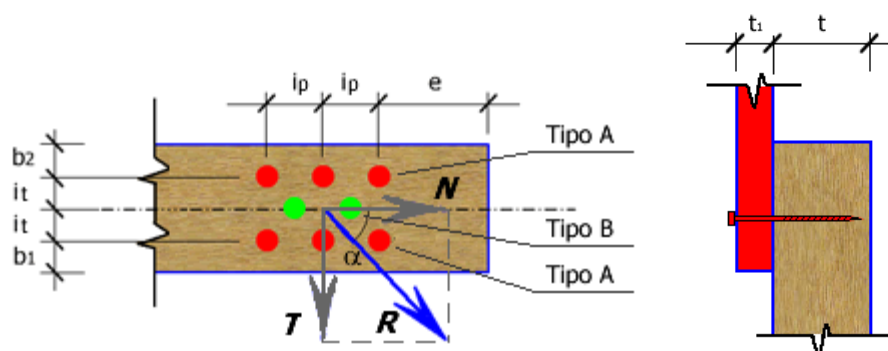
| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----|-----|
| Preforatura | | SI | |
| Diametro del nucleo della filettatura | d | 5.6 | mm |
| Diametro del gambo liscio | dI | 8.0 | mm |
| Diametro esterno della filettatura | d _e | 8.0 | mm |
| Lunghezza del tratto liscio | lI | 72 | mm |
| Lunghezza del tratto filettato | l _f | 48 | mm |
| Resistenza a trazione | F _{uk} | 400 | MPa |

Geometria

| | | | |
|-----------------------------------|----------------|-----|----|
| FILA TIPO A | | | |
| Nr.di file parallele all'asse | N _p | 2 | |
| Nr.di file trasversali all'asse | N _t | 5 | |
| FILA TIPO B | | | |
| Nr.di file parallele all'asse | N _p | 1 | |
| Nr.di file trasversali all'asse | N _t | 4 | |
| Interasse direz. parallela asse | i _p | 80 | mm |
| Interasse direz. trasversale asse | i _t | 30 | mm |
| Distanza dall'estremità | e | 100 | mm |
| Distanza bordo | b ₁ | 45 | mm |
| Distanza bordo | b ₂ | 45 | mm |

Schema dell'unione:

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 320 di 439 |



| | | | |
|---|----|------|----|
| Spessore | t | 200 | mm |
| Spessore | t1 | 12 | mm |
| Diametro del foro nella piastra | dp | 13.0 | mm |
| Contributo della resistenza all'estrazione del connettore | | SI | |

Verifica del nodo

Le resistenze caratteristiche dei singoli connettori FvRk valgono:

| | Combinazione | FvRk | Tipo rottura |
|---|--------------|----------|--------------|
| 1 | sisma | 3 633.61 | b |

Il numero di connettori efficaci per ciascuna fila, di Tipo A e Tipo B, parallela alla fibratura vale:

| | Combinazione | nr eff,A | nr eff,B |
|---|--------------|----------|----------|
| 1 | sisma | 5.00 | 4.00 |

Nella tabella seguente è riportato l'esito della verifica della resistenza complessiva dell'unione.

| | Combinazione | Durata | Nd [kN] | Td [kN] | Rd [kN] | α [°] | Fres [kN] | Fs | Verificato | Rottura |
|---|--------------|------------|---------|---------|---------|--------------|-----------|------|------------|---------|
| 1 | sisma | Istantanea | 21.15 | 21.15 | 29.91 | 45.00 | 33.91 | 1.13 | SI | b |

Le verifiche effettuate sono soddisfatte

6.4.6 Controventamento sottotetto S.07

Lungo la parete ovest del vano scala si introduce un sistema di controventamento alla quota del controsoffitto del piano nobile, costituito da travi lignee (travi della passerella e catene lignee delle capriate), doppio tavolato incrociato e croci di nastri forati che stabilizzano la porzione centrale di muratura per una estensione di 4.7m.

L'azione sismica esercitata sul sistema di controventamento è pari a 56,4kN (cfr. cinematisimo Q4).

L'azione di vincolo è esercitata dalla messa in contatto con la parete della catena lignea della capriata C3 e dalle travi della passerella collegate ortogonalmente alla stessa; coppie di nastro forato collegano infine le travi di passerella alle murature ortogonali.

Di seguito si riportano le verifiche degli elementi maggiormente sollecitati.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 321 di 439 |

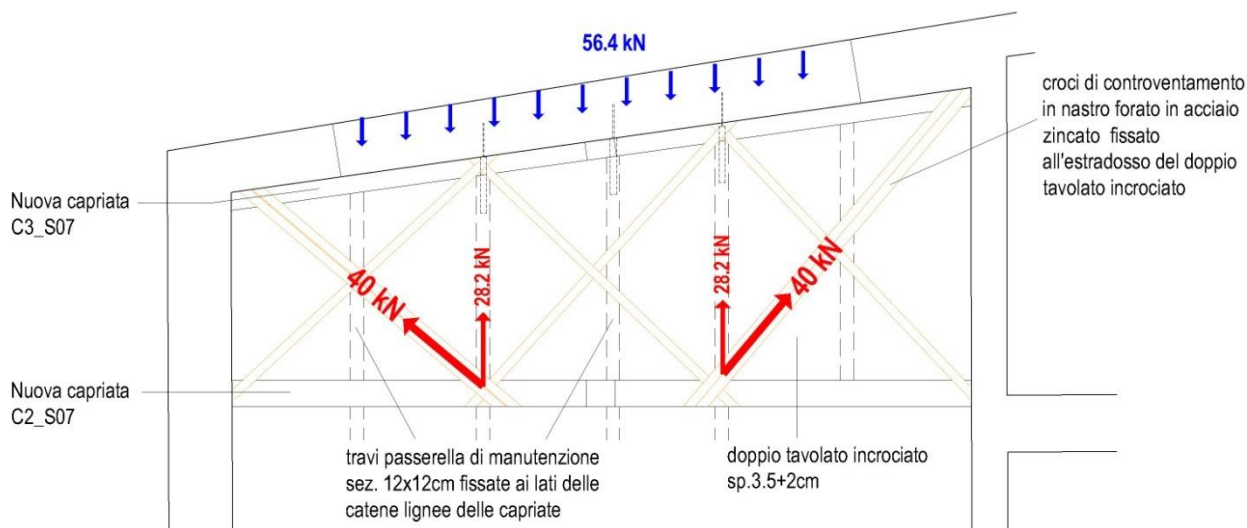


Figura 6.76: Schema di distribuzione delle forze nel sistema di controventamento

Verifica travi di passerella

Sforzo normale di compressione: $N = 56.4 / 2 = 28.2 \text{ kN}$.

Sezione delle travi: $12 \times 12 \text{ cm}$

legno classe C24.

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_m = 1.5 \quad k_{mod} = 1 \quad f_{c,0,d} = 1 \cdot 21 / 1.5 = 14 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di compressione $\sigma_c = N/A = 28200 / (120 \cdot 120) = 1.958 \text{ N/mm}^2 < 14$ **VERIFICATO**

Verifica nastro forato:

Sforzo normale di trazione su coppia di nastri: $N = 28.2 / \cos 45^\circ = 40 \text{ kN}$.

Resistenza caratteristica a trazione del singolo nastro forato in acciaio S350GD di sezione $80 \times 1.5 \text{ mm}^2$ (da schede di prodotto): 34 kN

$$\gamma_m = 1.5$$

Resistenza di progetto del nastro: $34 / 1.5 = 22.66 \text{ kN}$

Trazione massima su singolo nastro: $40 / 2 = 20 \text{ kN} < 22.66 \text{ kN}$

VERIFICATO

6.5 NUOVO IMPALCATO UTA (SOTTOTETTO S.02)

Il progetto prevede l'inserimento di un nuovo impalcato metallico nella zona centrale del vano sottotetto S.02 a sostegno delle Unità di Trattamento Aria, scollegato dalle strutture di controsoffitto e ad una quota superiore per evitare trasmissione di vibrazioni e rumore tra gli ambienti.

La struttura principale è costituita da travi HEB140 in acciaio S275, la struttura secondaria da profili IPE140, barre $\varnothing 12 \text{ mm}$ controventano le campate e un grigliato metallico garantisce il piano calpestabile.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 322 di 439 |

I carichi previsti sono dati dalle macchine di trattamento aria, disposte secondo le indicazioni del progetto impianti, e il carico accidentale di manutenzione pari a 50 daN/m² in corrispondenza degli impalcati lungo il lato est



Figura 6.77 Localizzazione impalcato UTA nel sottotetto S.02

VANO S.0.2

Sezione longitudinale

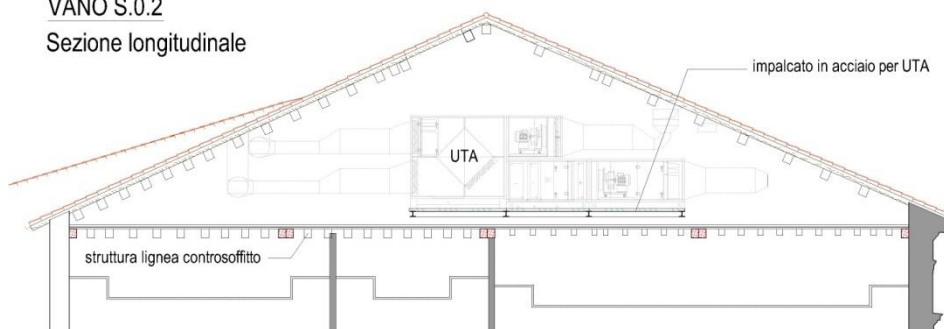


Figura 6.78 Localizzazione impalcato UTA nel sottotetto S.02 - sezione longitudinale

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 323 di 439 |

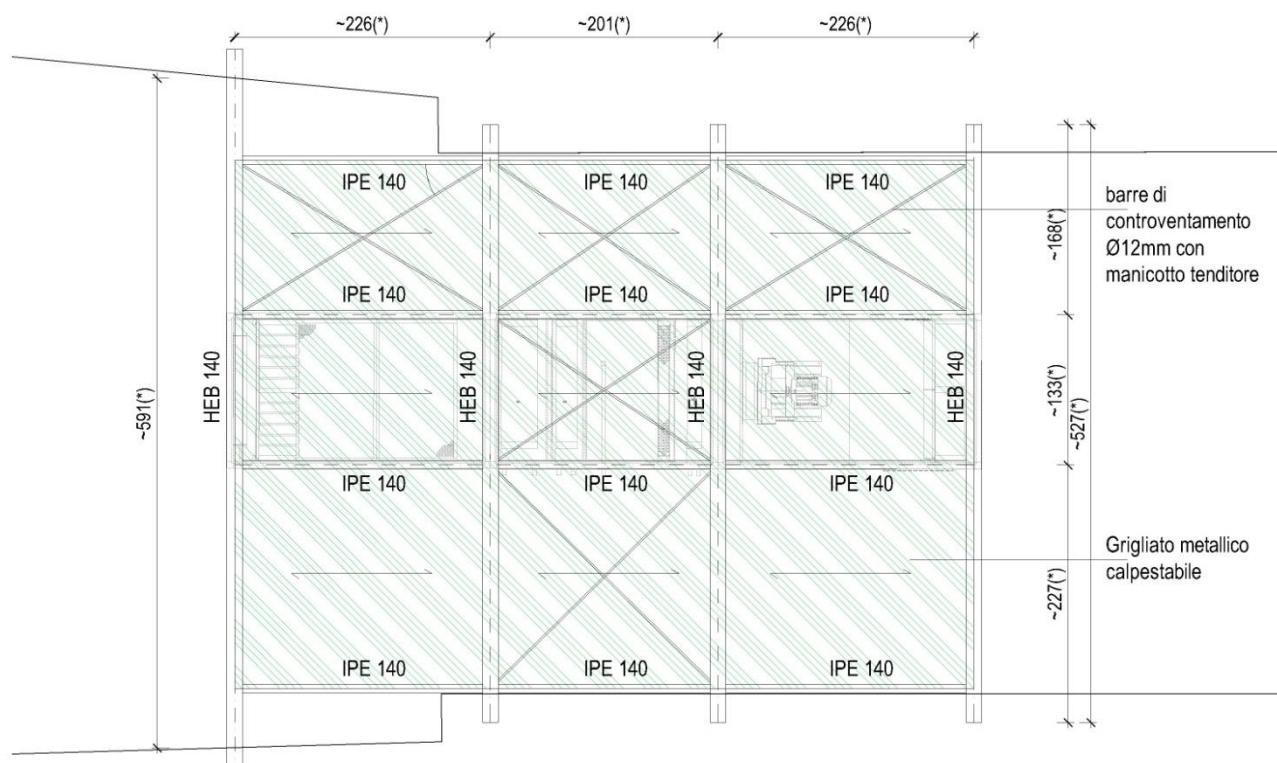


Figura 6.79 Pianta strutture impalcato UTA

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE |
|------------------|-------------------|-----------|
| Trave Principale | HEB140 | S275 |
| Trave Secondaria | IPE140 | S275 |

CARICHI:

| | | | |
|---|------------|-----------|-----------|
| Peso grigliato metallico | | G_{2nd} | 76 daN/mq |
| Peso macchina trattamento aria | elemento 1 | G_{2nd} | 350 daN |
| Peso macchina trattamento aria | elemento 2 | | 482 daN |
| Peso macchina trattamento aria | elemento 3 | | 534 daN |
| Peso macchina trattamento aria | elemento 4 | | 499 daN/ |
| Peso accidentale passerella di manutenzione | | Q | 50 daN/mq |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 324 di 439 |

MODELLAZIONE:

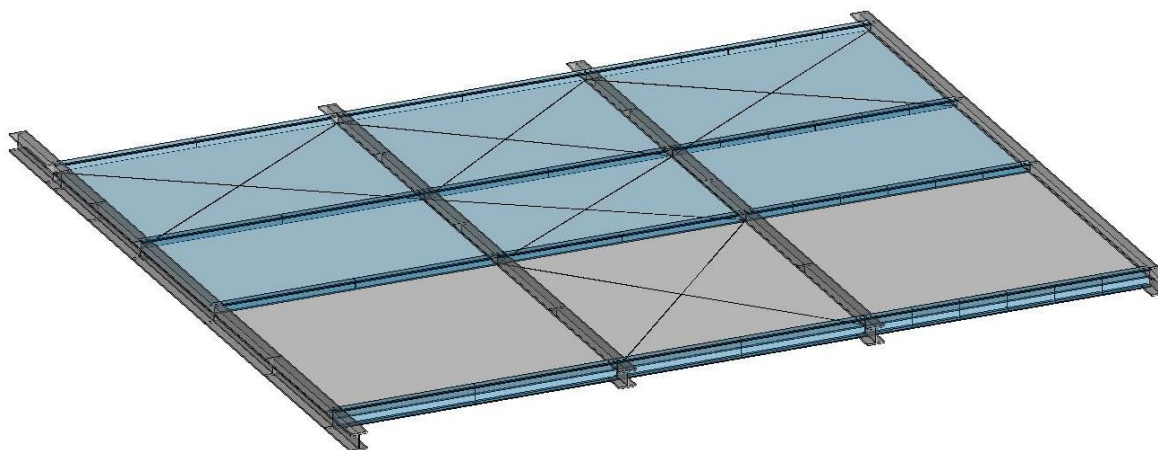


Figura 6.80 Mesh del modello agli elementi finiti delle strutture di impalcato

SOLLECITAZIONI MASSIME:

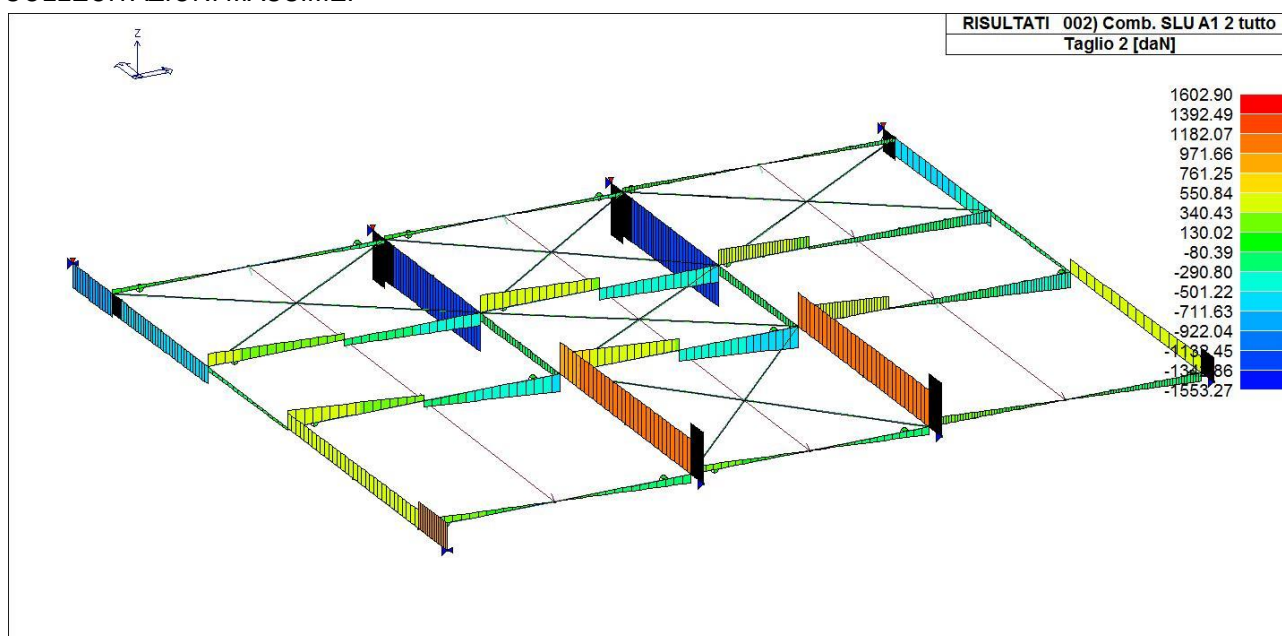


Figura 6.81 Massima sollecitazione SLU – Taglio T2 - [daNcm]

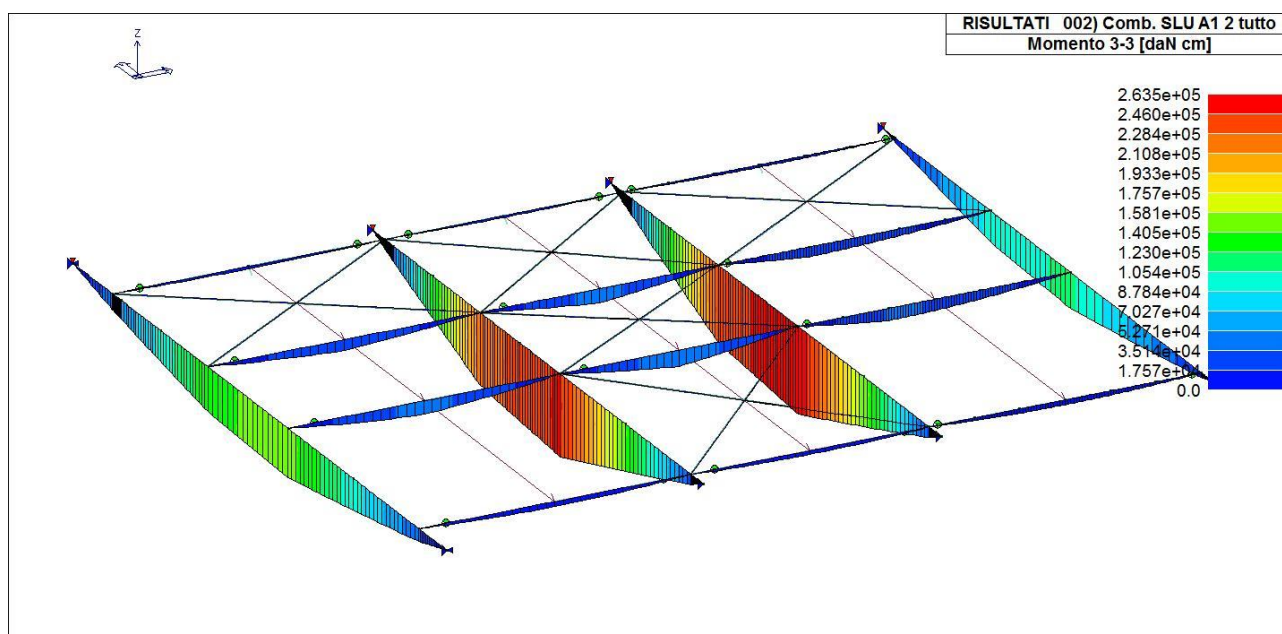


Figura 6.82 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente M3 (- [daNcm])

VERIFICHE SLU:

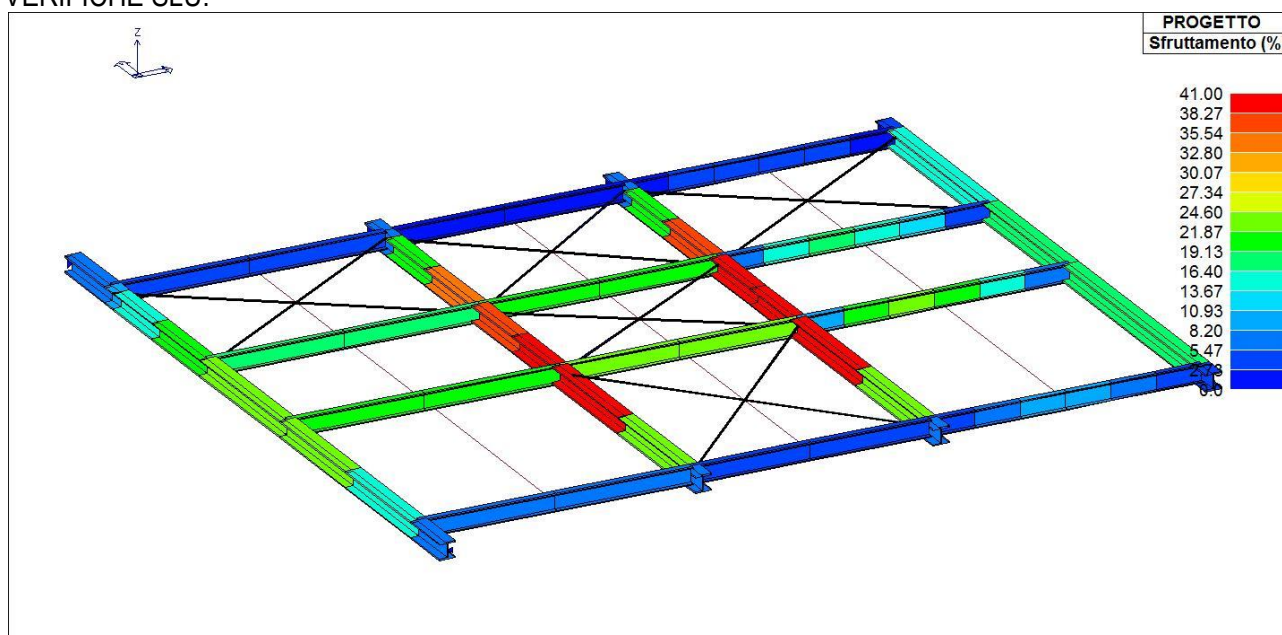


Figura 6.83 Percentuale di sfruttamento travi acciaio [%]

PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI

| | | |
|------------------------------------|-------------|------------|
| TRAVI IN ACCIAIO (ord. Principale) | 41.0% <100% | VERIFICATO |
| TRAVI IN ACCIAIO (ord. Secondaria) | 23.4% <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

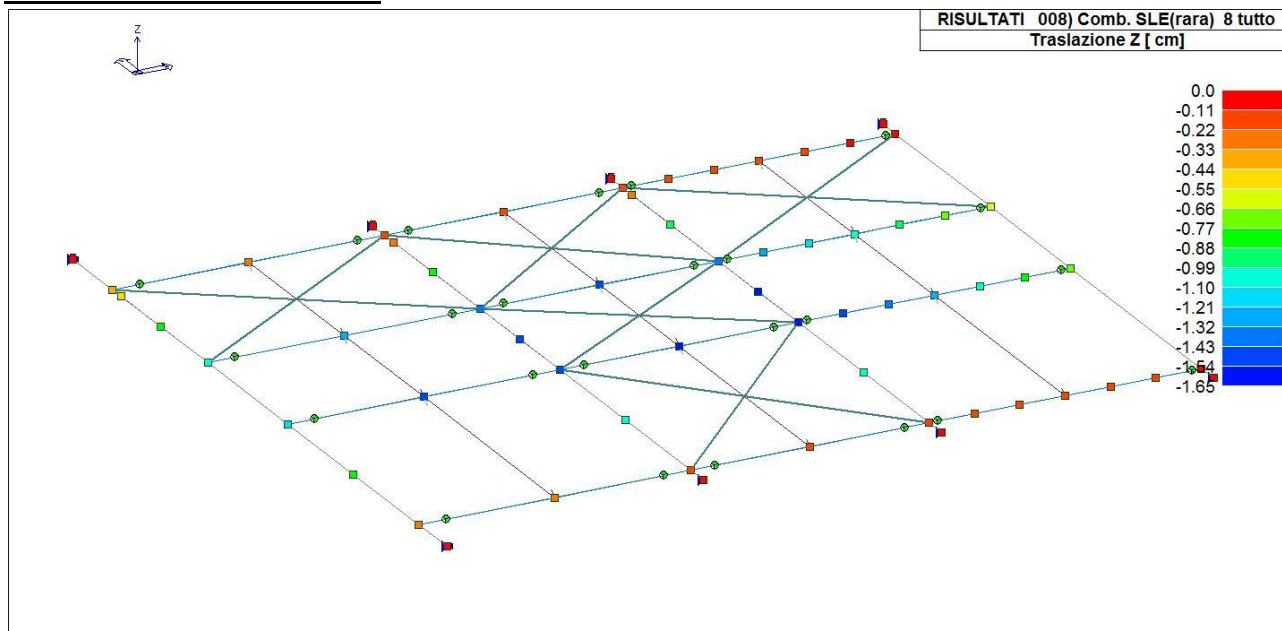


Figura 6.84 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

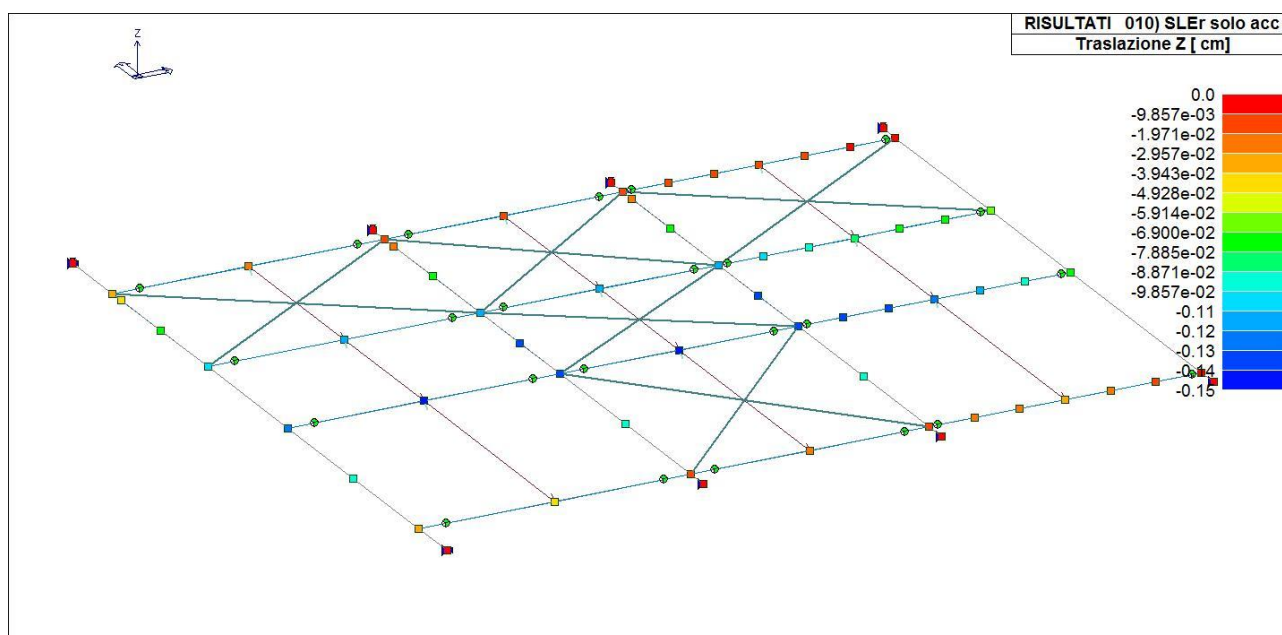


Figura 6.85 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara (solo carichi accidentali)

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
|--------|-----------------------------|--------------|---------|--------|------------|
| HEB140 | SLE-RARA | 1.65 | L/319 | L/250 | VERIFICATO |
| HEB140 | SLE-RARA (solo accidentali) | 0.15 | L/3513 | L/350 | VERIFICATO |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 327 di 439 |

| | | | | | |
|--------|-----------------------------|------|---------|-------|------------|
| IPE140 | SLE-RARA | 0.1 | L/2010 | L/250 | VERIFICATO |
| IPE140 | SLE-RARA (solo accidentali) | 0.01 | L/20100 | L/350 | VERIFICATO |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

6.5.1 Collegamento orditura secondaria (IPE140) su principale (HEB140)

Si riporta di seguito la verifica del nodo di collegamento maggiormente sollecitato.

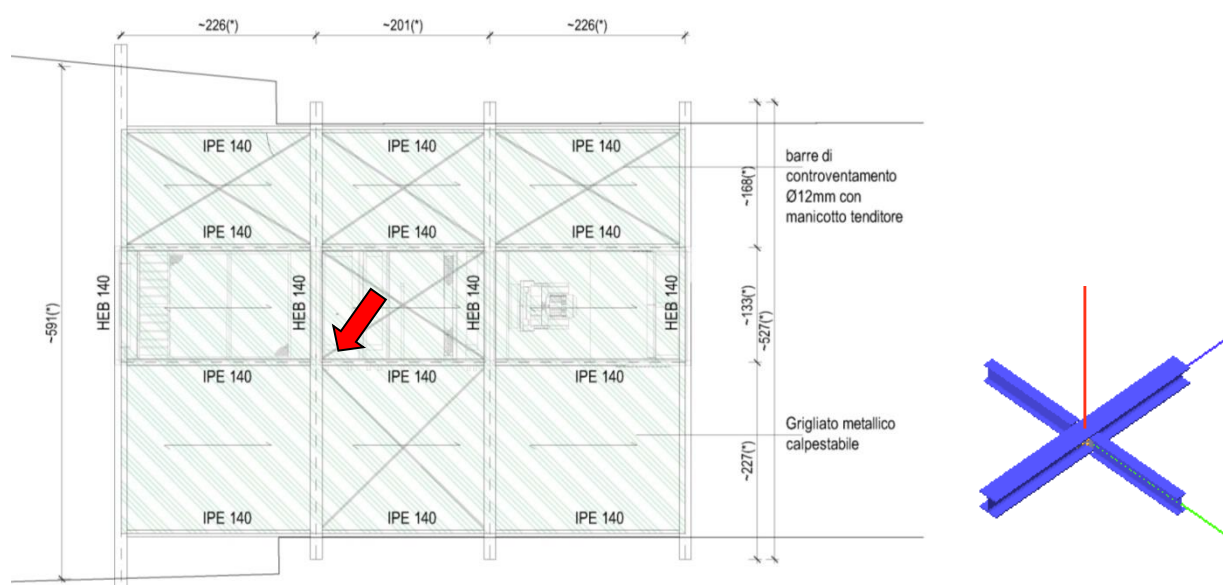


Figura 6.86: Localizzazione nodo di collegamento maggiormente sollecitato

Coefficienti di sicurezza utilizzati

$\gamma_{M0} = 1.05$

$\gamma_{M1} = 1.10$

$\gamma_{M2} = 1.25$

Trave lato 2+

Tipo di profilo: IPE 140

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Classe sezione: 1

Squadrette:

Tipo di profilo: 2 LU 70x7 a dist. = 4.7 mm

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Altezza: 80.0 mm

Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 ($f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$, $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$)

Diametro $\varnothing = 12 \text{ mm}$ $A_{res} = 84.8 \text{ mm}^2$ (ridotta per filettatura)



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 328 di 439 |

Diametro foro $\varnothing_0 = 13 \text{ mm}$

Sollecitazioni nella sezione d'attacco dell'elemento:

| Nodo.CMB | V2 [N] | V3 [N] | N [N] | M2 [N mm] | M3 [N mm] | T [N mm] |
|----------|--------|--------|-------|-----------|-----------|----------|
| 16.1 | 4293.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -691.0 |
| 16.2 | 5229.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -726.0 |
| 16.3 | 149.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 61.0 |
| 16.4 | 149.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 61.0 |
| 16.5 | 5229.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -726.0 |
| 16.6 | 1085.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 25.0 |

Calcolo resistenze

| | | |
|--------------------------------------|---|-----------|
| Resistenza a trazione dei bulloni | $F_{tb,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$ | 48858.1 N |
| Resistenza a punzonamento squadretta | $B_{ps,Rd} = 0,6 \cdot \gamma \cdot d_m \cdot t_s \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} =$ | 86240.5 N |
| Resistenza a trazione di progetto | $F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd} , B_{ps,Rd}] =$ | 48858.1 N |

Bulloni sistema principale

| Resistenza a taglio dei bulloni | | | $F_{vb,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$ | | 32572.0 N | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------|-------------------|------------------|
| Bull. | $F_{bs,x,Rd}$ [N] | $F_{ba,x,Rd}$ [N] | $F_{v,x,Rd}$ [N] | $F_{bs,y,Rd}$ [N] | $F_{ba,y,Rd}$ [N] | $F_{v,y,Rd}$ [N] |
| 1 | 64830.8 | 72240.0 | 32572.0 | 38898.5 | 72240.0 | 32572.0 |
| 2 | 64830.8 | 72240.0 | 32572.0 | 38898.5 | 72240.0 | 32572.0 |
| 3 | 64830.8 | 72240.0 | 32572.0 | 38898.5 | 72240.0 | 32572.0 |
| 4 | 64830.8 | 72240.0 | 32572.0 | 38898.5 | 72240.0 | 32572.0 |

Legenda

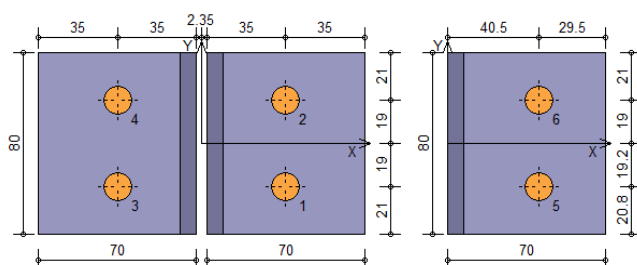
| | |
|---|---|
| $F_{bs,x,Rd} = k \cdot \gamma \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_s / \gamma_{M2}$ | resistenza a rifollamento squadretta in direzione x |
| $F_{ba,x,Rd} = k \cdot \gamma \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_a / \gamma_{M2}$ | resistenza a rifollamento anima passante in direzione x |
| $F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bs,x,Rd} , F_{ba,x,Rd}]$ | resistenza a taglio di progetto in direzione x |
| $F_{bs,y,Rd} = k \cdot \gamma \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_s / \gamma_{M2}$ | resistenza a rifollamento squadretta in direzione y |
| $F_{ba,y,Rd} = k \cdot \gamma \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_a / \gamma_{M2}$ | resistenza a rifollamento anima passante in direzione y |
| $F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bs,y,Rd} , F_{ba,y,Rd}]$ | resistenza a taglio di progetto in direzione y |

Bulloni sistema secondario

| | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------|-------------------|------------------|
| Resistenza a taglio dei bulloni | | | $F_{vb,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot 2 \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$ | | | 65144.1 N |
| Bull. | $F_{bs,x,Rd}$ [N] | $F_{ba,x,Rd}$ [N] | $F_{v,x,Rd}$ [N] | $F_{bs,y,Rd}$ [N] | $F_{ba,y,Rd}$ [N] | $F_{v,y,Rd}$ [N] |
| 5 | 109286.1 | 37723.9 | 37723.9 | 77056.0 | 35818.3 | 35818.3 |
| 6 | 109286.1 | 37723.9 | 37723.9 | 77796.9 | 36067.1 | 36067.1 |

Legenda

| | |
|---|---|
| $F_{ba,x,Rd} = k \cdot \gamma \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_a / \gamma_{M2}$ | resistenza a rifollamento anima elemento in direzione x |
| $F_{ba,y,Rd} = k \cdot \gamma \cdot f_{tk} \cdot \varnothing \cdot t_a / \gamma_{M2}$ | resistenza a rifollamento anima elemento in direzione y |



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 329 di 439 |

Verifiche sui bulloni

Sistema principale

1-Taglio e trazione (Nodo n. 16, CMB n. 2)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{v,Ed}$ [N] | $F_{v,Rd}$ [N] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_1 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 37.35 | -19.00 | 2883.4 | 32572.0 | 0.0 | 48858.1 | 0.088525 | Ok |
| 2 | 37.35 | 19.00 | 2883.4 | 32572.0 | 0.0 | 48858.1 | 0.088525 | Ok |
| 3 | -37.35 | -19.00 | 2883.4 | 32572.0 | 0.0 | 48858.1 | 0.088525 | Ok |
| 4 | -37.35 | 19.00 | 2883.4 | 32572.0 | 0.0 | 48858.1 | 0.088525 | Ok |

2-Trazione (Nodo n. 16, CMB n. 1)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_2 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 37.35 | -19.00 | 0.0 | 48858.1 | 0.000000 | Ok |
| 2 | 37.35 | 19.00 | 0.0 | 48858.1 | 0.000000 | Ok |
| 3 | -37.35 | -19.00 | 0.0 | 48858.1 | 0.000000 | Ok |
| 4 | -37.35 | 19.00 | 0.0 | 48858.1 | 0.000000 | Ok |

Sistema secondario

3-Taglio (Nodo n. 16, CMB n. 2)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{v,Ed}$ [N] | $F_{v,Rd}$ [N] | FV_3 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------|-----|
| 5 | 40.50 | -19.20 | 6130.0 | 37723.9 | 0.162497 | Ok |
| 6 | 40.50 | 19.00 | 6130.0 | 37723.9 | 0.162497 | Ok |

Legenda

$F_{v,Ed}$ forza di taglio agente sul bullone

$F_{v,Rd}$ resistenza a taglio di progetto del bullone

$F_{t,Ed}$ forza di trazione agente sul bullone

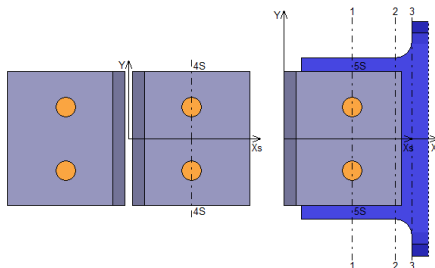
$F_{t,Rd}$ resistenza a trazione di progetto del bullone

$FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \cdot F_{t,Rd})$

$FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$

$FV_3 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$

VER $\square FV_i \leq 1$



Verifiche sezioni ridotte

Caratteristiche sezioni ridotte elemento

| Sez. | X [mm] | Y_G [mm] | A [mm ²] | A_T [mm ²] | J_x [mm ⁴] | W_x [mm ³] |
|------|--------|------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 40.50 | 0.04 | 329.0 | 329.0 | 301940 | 6286 |
| 2 | 66.50 | 0.00 | 451.2 | 451.2 | 346522 | 7219 |
| 3 | 76.50 | 0.00 | 545.2 | 545.2 | 611351 | 10541 |

Caratteristiche sezioni ridotte squadrette

| Sez. | X [mm] | Y_G [mm] | A [mm ²] | A_T [mm ²] | J_x [mm ⁴] | W_x [mm ³] | J_y [mm ⁴] | W_y [mm ³] |
|------|--------|------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 4S | 37.35 | 0.00 | 378.0 | 378.0 | 232965 | 5824 | 1544 | 441 |
| 5S | 40.50 | 0.05 | 756.0 | 756.0 | 464537 | 11599 | - | - |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 330 di 439 |

Sollecitazioni massime

| Sez. | Nodo.CMB | V2 [N] | V3 [N] | N [N] | M2 [N mm] | M3 [N mm] |
|------|----------|--------|--------|-------|-----------|-----------|
| 1 | 16.2 | 5229.5 | - | 0.0 | - | 211794.8 |
| 2 | 16.2 | 5229.5 | - | 0.0 | - | 347761.8 |
| 3 | 16.2 | 5229.5 | - | 0.0 | - | 400056.8 |
| 4S | 16.2 | 2614.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 97660.9 |
| 5S | 16.2 | 5229.5 | - | 0.0 | - | 211794.8 |

Tensioni massime

| Sez. | σ_{MED} [N/mm ²] | σ_{MAX} [N/mm ²] | σ_{ID} [N/mm ²] | FV | VER |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------|-----|
| 1 | 15.90 | 33.70 | 43.51 | 0.17 | Ok |
| 2 | 11.59 | 48.17 | 52.19 | 0.20 | Ok |
| 3 | 9.59 | 37.95 | 41.43 | 0.16 | Ok |
| 4S | 6.92 | 16.77 | 20.61 | 0.08 | Ok |
| 5S | 6.92 | 18.26 | 21.84 | 0.08 | Ok |

Legenda

$$FV = \sigma_{ID} / f_d$$

$$VER \quad FV \leq 1$$

$$f_d = f_y / \gamma_{M0} \quad \gamma_{M0} = 261.90 \text{ N/mm}^2 \text{ sia per l'elemento, sia per le squadrette}$$

Trave lato 2-

Tipo di profilo: IPE 140

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Classe sezione: 1

Squadrette:

Tipo di profilo: 2 LU 70x7 a dist.= 4.7 mm

Materiale: Acciaio S275 $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_t = 430 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_{Rd} = 1.15$

Altezza: 80.0 mm

Bullonature:

Viti cl. 8.8 Dadi 8 ($f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$, $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$)

Diametro $\varnothing = 12 \text{ mm}$ $A_{res} = 84.8 \text{ mm}^2$ (ridotta per filettatura)

Diametro foro $\varnothing_0 = 13 \text{ mm}$

Sollecitazioni nella sezione d'attacco dell'elemento:

| Nodo.CMB | V2 [N] | V3 [N] | N [N] | M2 [N mm] | M3 [N mm] | T [N mm] |
|----------|--------|--------|-------|-----------|-----------|----------|
| 16.1 | 5487.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -182.0 |
| 16.2 | 6305.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -182.0 |
| 16.3 | 130.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |
| 16.4 | 130.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |
| 16.5 | 6305.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -182.0 |
| 16.6 | 948.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |

Calcolo resistenze

Resistenza a trazione dei bulloni

$$F_{tb,Rd} = 0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} =$$

48858.1 N



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 331 di 439 |

Resistenza a punzonamento squadretta

$$B_{ps,Rd} = 0,6 \cdot \sigma \cdot d_m \cdot t_s \cdot f_{tk} / \sigma_{M2} = 86240.5 \text{ N}$$

Resistenza a trazione di progetto

$$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd} , B_{ps,Rd}] = 48858.1 \text{ N}$$

Bulloni sistema principale

Resistenza a taglio dei bulloni

$$F_{vb,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \sigma_{M2} = 32572.0 \text{ N}$$

| Bull. | $F_{bs,x,Rd}$ [N] | $F_{ba,x,Rd}$ [N] | $F_{v,x,Rd}$ [N] | $F_{bs,y,Rd}$ [N] | $F_{ba,y,Rd}$ [N] | $F_{v,y,Rd}$ [N] |
|-------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 1 | 64830.8 | 72240.0 | 32572.0 | 38898.5 | 72240.0 | 32572.0 |
| 2 | 64830.8 | 72240.0 | 32572.0 | 38898.5 | 72240.0 | 32572.0 |
| 3 | 64830.8 | 72240.0 | 32572.0 | 38898.5 | 72240.0 | 32572.0 |
| 4 | 64830.8 | 72240.0 | 32572.0 | 38898.5 | 72240.0 | 32572.0 |

Legenda

$F_{bs,x,Rd} = k \cdot \sigma \cdot f_{tk} \cdot \sigma \cdot t_s / \sigma_{M2}$ resistenza a rifollamento squadretta in direzione x

$F_{ba,x,Rd} = k \cdot \sigma \cdot f_{tk} \cdot \sigma \cdot t_a / \sigma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima passante in direzione x

$F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bs,x,Rd} , F_{ba,x,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione x

$F_{bs,y,Rd} = k \cdot \sigma \cdot f_{tk} \cdot \sigma \cdot t_s / \sigma_{M2}$ resistenza a rifollamento squadretta in direzione y

$F_{ba,y,Rd} = k \cdot \sigma \cdot f_{tk} \cdot \sigma \cdot t_a / \sigma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima passante in direzione y

$F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bs,y,Rd} , F_{ba,y,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione y

Bulloni sistema secondario

Resistenza a taglio dei bulloni

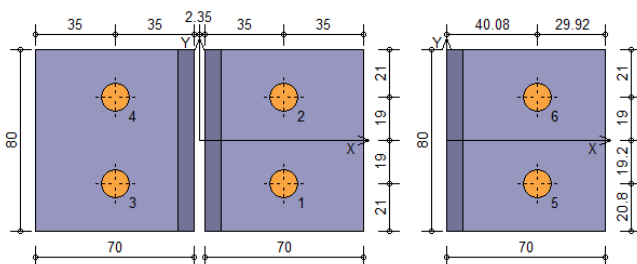
$$F_{vb,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot 2 \cdot A_{res} / \sigma_{M2} = 65144.1 \text{ N}$$

| Bull. | $F_{bs,x,Rd}$ [N] | $F_{ba,x,Rd}$ [N] | $F_{v,x,Rd}$ [N] | $F_{bs,y,Rd}$ [N] | $F_{ba,y,Rd}$ [N] | $F_{v,y,Rd}$ [N] |
|-------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 5 | 110827.6 | 37206.4 | 37206.4 | 77056.0 | 35818.3 | 35818.3 |
| 6 | 110827.6 | 37206.4 | 37206.4 | 77796.9 | 36067.1 | 36067.1 |

Legenda

$F_{ba,x,Rd} = k \cdot \sigma \cdot f_{tk} \cdot \sigma \cdot t_a / \sigma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima elemento in direzione x

$F_{ba,y,Rd} = k \cdot \sigma \cdot f_{tk} \cdot \sigma \cdot t_a / \sigma_{M2}$ resistenza a rifollamento anima elemento in direzione y



Verifiche sui bulloni

Sistema principale

1-Taglio e trazione (Nodo n. 16, CMB n. 2)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{v,Ed}$ [N] | $F_{v,Rd}$ [N] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_1 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 37.35 | -19.00 | 3476.8 | 32572.0 | 0.0 | 48858.1 | 0.106741 | Ok |
| 2 | 37.35 | 19.00 | 3476.8 | 32572.0 | 0.0 | 48858.1 | 0.106741 | Ok |
| 3 | -37.35 | -19.00 | 3476.8 | 32572.0 | 0.0 | 48858.1 | 0.106741 | Ok |
| 4 | -37.35 | 19.00 | 3476.8 | 32572.0 | 0.0 | 48858.1 | 0.106741 | Ok |

2-Trazione (Nodo n. 16, CMB n. 1)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | $F_{t,Ed}$ [N] | $F_{t,Rd}$ [N] | FV_2 | VER |
|-------|--------|--------|----------------|----------------|----------|-----|
| 1 | 37.35 | -19.00 | 0.0 | 48858.1 | 0.000000 | Ok |
| 2 | 37.35 | 19.00 | 0.0 | 48858.1 | 0.000000 | Ok |
| 3 | -37.35 | -19.00 | 0.0 | 48858.1 | 0.000000 | Ok |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 332 di 439 |

4 -37.35 19.00 0.0 48858.1 0.000000 Ok

Sistema secondario

3-Taglio (Nodo n. 16, CMB n. 2)

| Bull. | X [mm] | Y [mm] | F _{v,Ed} [N] | F _{v,Rd} [N] | FV ₃ | VER |
|-------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----|
| 5 | 40.08 | -19.20 | 7329.3 | 37206.4 | 0.196991 | Ok |
| 6 | 40.08 | 19.00 | 7329.3 | 37206.4 | 0.196991 | Ok |

Legenda

F_{v,Ed} forza di taglio agente sul bullone

F_{v,Rd} resistenza a taglio di progetto del bullone

F_{t,Ed} forza di trazione agente sul bullone

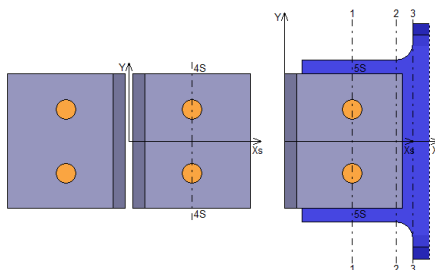
F_{t,Rd} resistenza a trazione di progetto del bullone

FV₁ = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 • F_{t,Rd})

FV₂ = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}

FV₃ = F_{v,Ed} / F_{v,Rd}

VER $\square FV_i \leq 1$



Verifiche sezioni ridotte

Caratteristiche sezioni ridotte elemento

| Sez. | X [mm] | Y _G [mm] | A [mm ²] | A _T [mm ²] | J _X [mm ⁴] | W _X [mm ³] |
|------|--------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 40.08 | 0.04 | 329.0 | 329.0 | 301940 | 6286 |
| 2 | 66.50 | 0.00 | 451.2 | 451.2 | 346522 | 7219 |
| 3 | 76.50 | 0.00 | 545.2 | 545.2 | 611351 | 10541 |

Caratteristiche sezioni ridotte squadrette

| Sez. | X [mm] | Y _G [mm] | A [mm ²] | A _T [mm ²] | J _X [mm ⁴] | W _X [mm ³] | J _Y [mm ⁴] | W _Y [mm ³] |
|------|--------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 4S | 37.35 | 0.00 | 378.0 | 378.0 | 232965 | 5824 | 1544 | 441 |
| 5S | 40.08 | 0.05 | 756.0 | 756.0 | 464537 | 11599 | - | - |

Sollecitazioni massime

| Sez. | Nodo.CMB | V2 [N] | V3 [N] | N [N] | M2 [N mm] | M3 [N mm] |
|------|----------|--------|--------|-------|-----------|-----------|
| 1 | 16.2 | 6305.6 | - | 0.0 | - | 252753.2 |
| 2 | 16.2 | 6305.6 | - | 0.0 | - | 419322.4 |
| 3 | 16.2 | 6305.6 | - | 0.0 | - | 482378.4 |
| 4S | 16.2 | 3152.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 117757.1 |
| 5S | 16.2 | 6305.6 | - | 0.0 | - | 252753.2 |

Tensioni massime

| Sez. | σ _{MED} [N/mm ²] | σ _{MAX} [N/mm ²] | σ _{ID} [N/mm ²] | FV | VER |
|------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------|-----|
| 1 | 19.17 | 40.21 | 52.14 | 0.20 | Ok |
| 2 | 13.98 | 58.08 | 62.93 | 0.24 | Ok |
| 3 | 11.57 | 45.76 | 49.96 | 0.19 | Ok |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 333 di 439 |

| | | | | | |
|----|------|-------|-------|------|----|
| 4S | 8.34 | 20.22 | 24.85 | 0.09 | Ok |
| 5S | 8.34 | 21.79 | 26.14 | 0.10 | Ok |

Legenda

$$FV = \frac{f_d}{f_y} / f_d$$

$$VER \quad FV \leq 1$$

$$f_d = f_y / \gamma_{MO} \quad f_d = 261.90 \text{ N/mm}^2 \text{ sia per l'elemento, sia per le squadrette.}$$

Le verifiche del nodo sono soddisfatte.

6.6 NUOVE COPERTURE IN LEGNO

6.6.1 Copertura S.06

Il progetto prevede il completo rifacimento della copertura del vano con inserimento di una capriata centrale (C_S06) e nuovi arcarecci; la catena lignea della capriata ha anche funzione di supporto alle passerelle di manutenzione.

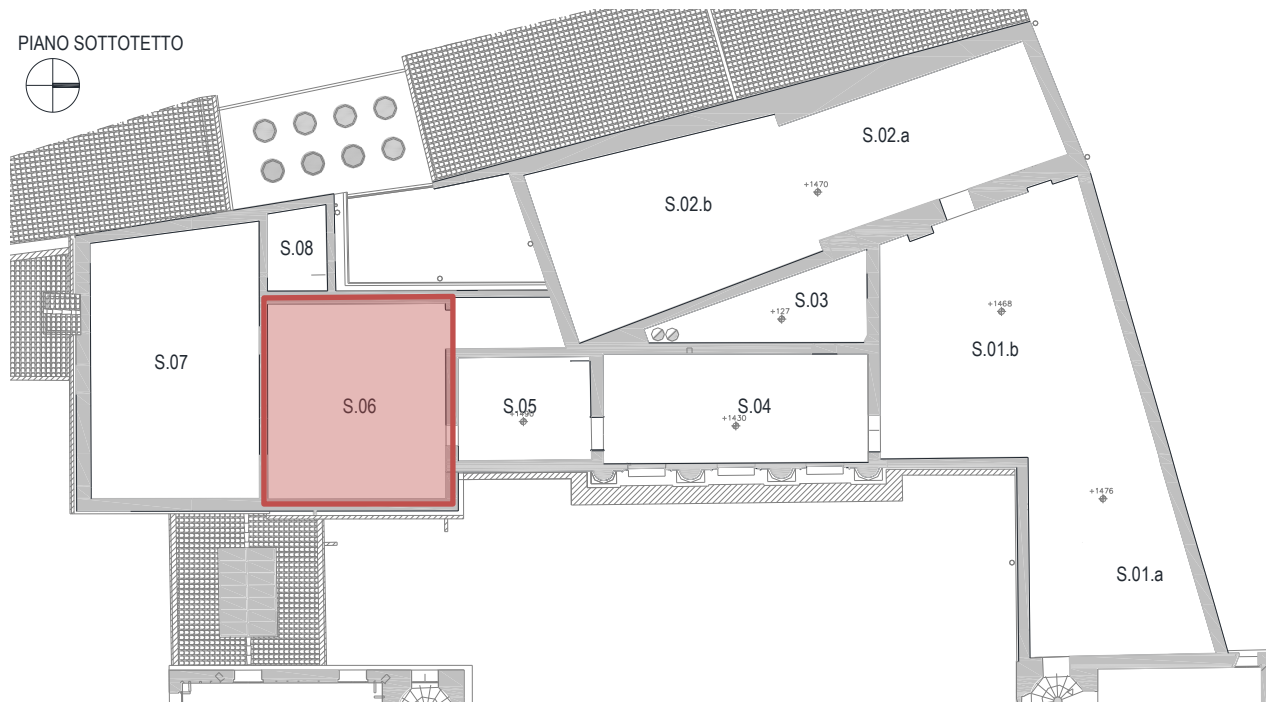


Figura 6.87 Localizzazione copertura S.06

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 334 di 439 |

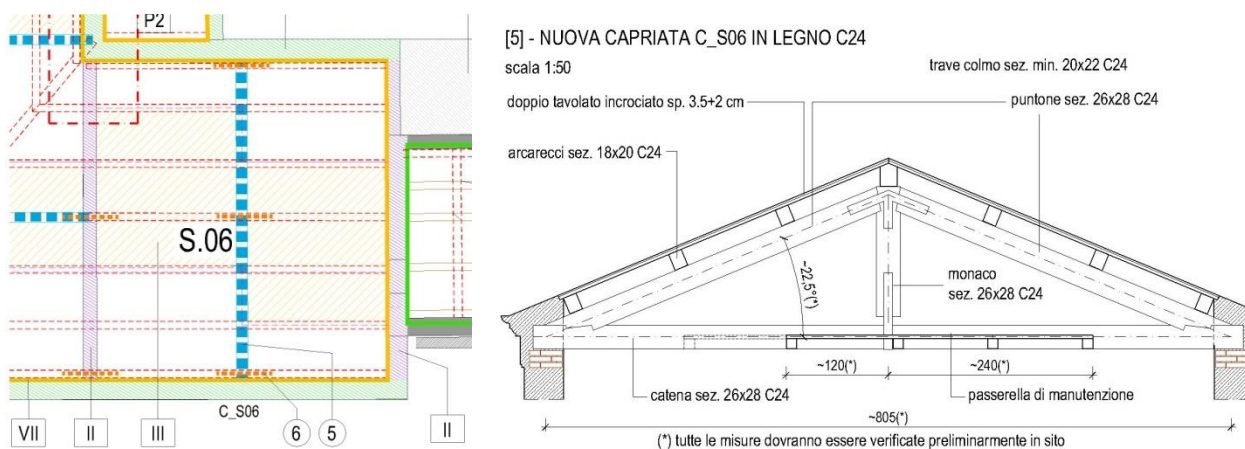


Figura 6.88 Rilievo strutture di copertura S.06 nella condizione di stato di progetto; capriata C_S06

6.6.1.1 Orditura principale

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto delle strutture principali di copertura.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|----------------|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| Puntone | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 26 | 28 |
| Catena | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 26 | 28 |
| Monaco | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 26 | 28 |
| Tr. passerella | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 12 | 12 |

CARICHI:

| | | |
|---|------------|------------|
| Peso travi esistenti (arcarecci) | G_1 | 25.2 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G_1 | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G_1 | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (tubazioni impiantistiche, carico concentrato su puntone lato Est) | $G_{2,nd}$ | 70 daN/m |
| Peso permanente passerella di manutenzione | G_1 | 24 daN/mq |
| Peso accidentale passerella di manutenzione | Q | 50 daN/mq |
| Impronta media di influenza capritata | i | 3.6 m |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 335 di 439 |

MODELLAZIONE:

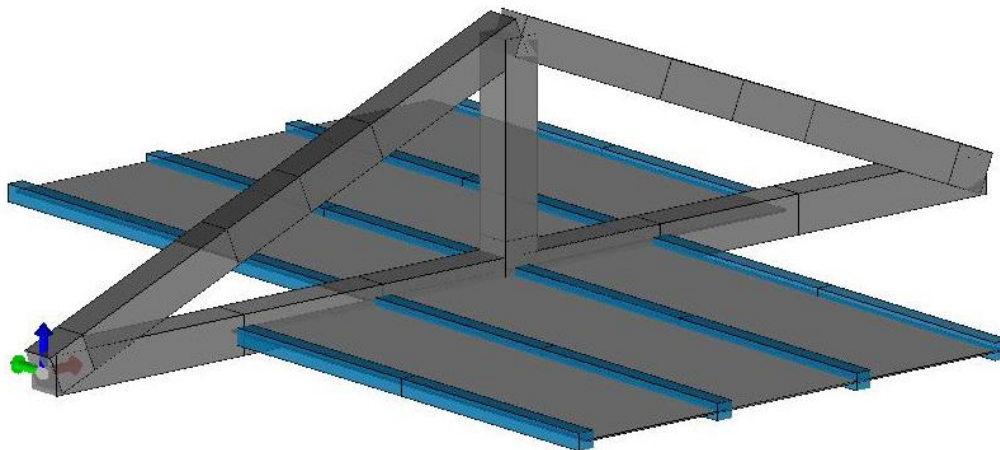


Figura 6.89 Mesh del modello agli elementi finiti della capriata

SOLLECITAZIONI MASSIME:

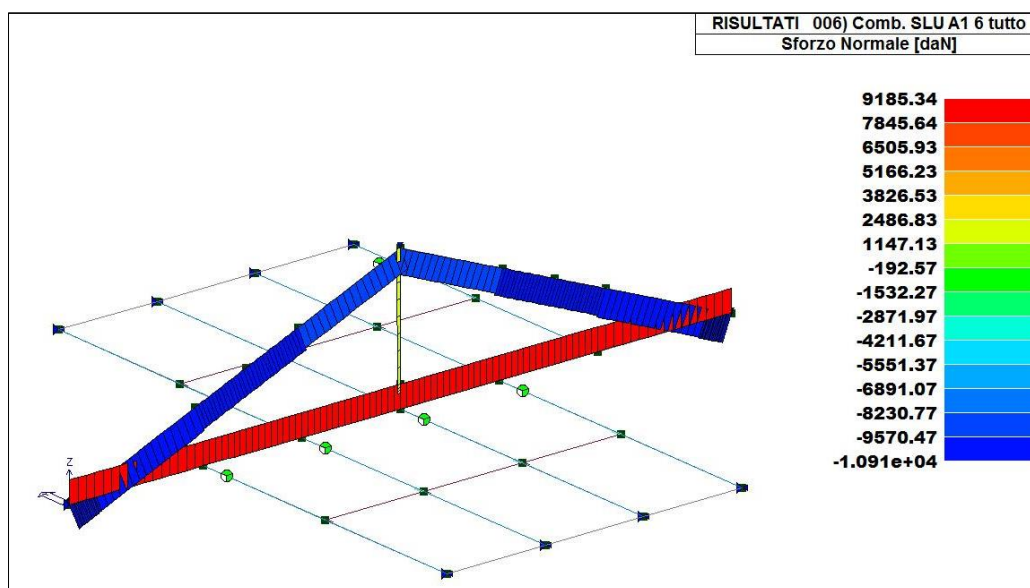


Figura 6.90 Massima sollecitazione SLU – Sforzo Normale N - [daNcm]

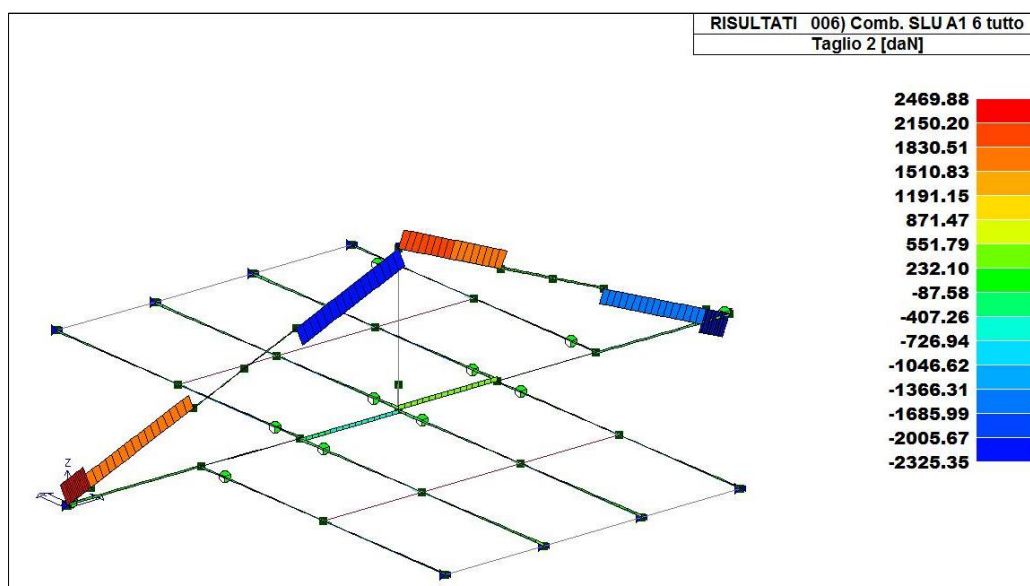


Figura 6.91 Massima sollecitazione SLU – Taglio T2 - [daNcm]

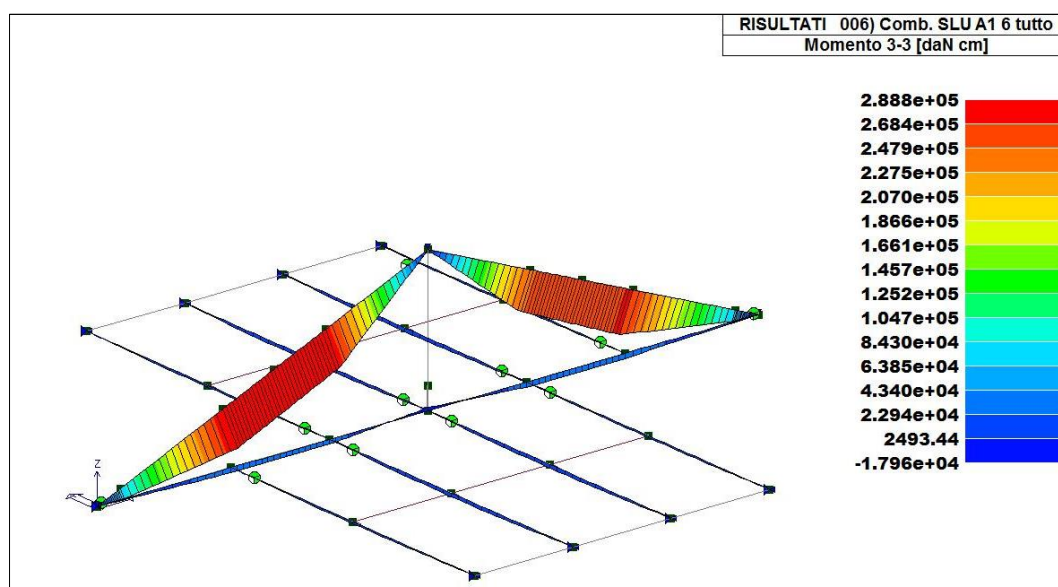


Figura 6.92 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente M3 - [daNcm]

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 337 di 439 |

VERIFICHE SLU:

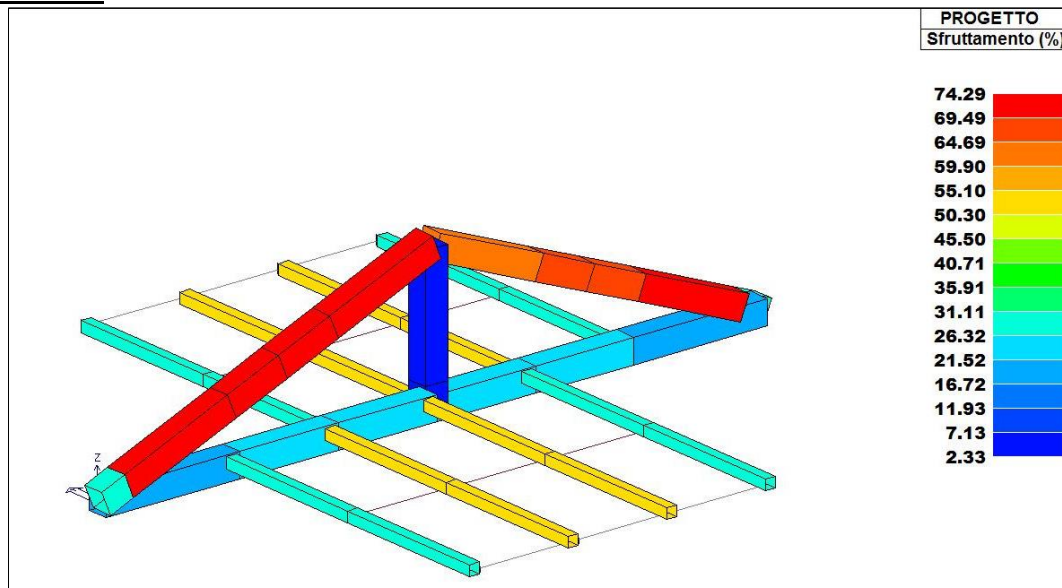


Figura 6.93 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

| PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI | | |
|--|-------------|------------|
| TRAVI IN LEGNO | 74.3% <100% | VERIFICATO |

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

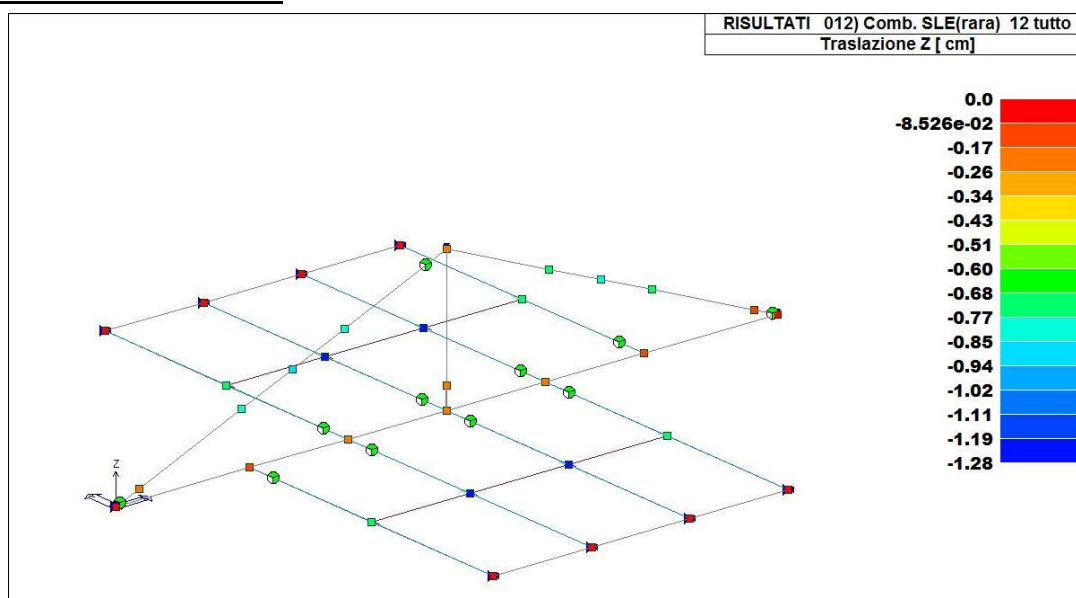


Figura 6.94 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 338 di 439 |

| DEFORMAZIONE MASSIMA TRAVI | | | | | | |
|----------------------------|------------|----------|--------------|---------|--------|-----------------|
| ID. | TRAVE | COMB. | FRECCIA [cm] | FRECCIA | LIMITE | VERIFICA |
| 1 | Capriata | SLE-RARA | 0.86 | L/509 | L/300 | VERIFICATA |
| 2 | Passerella | SLE-RARA | 1.28 | L/285 | | Accettabile (*) |

(*) Si considera accettabile una freccia istantanea di L/285 in quanto passerella per sola manutenzione per personale tecnico, scollegata dalle strutture di controsoffitto.

6.6.1.2 Arcarecci

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 18 | 20 | 140 | 3.60 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|---------------------------------------|----------------|------------|
| Peso trave | G ₁ | 25.2 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |

VERIFICHE:

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| denominazione trave: S06 arcerccio | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | | | |
| trave | 18 | 20 | 23°0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio | classe di servizio | 2 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | breve | |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | | |
|---|----------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| luce di calcolo | | L | 360 | cm | | | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| distribuito | q _d | 481.32 | 344.40 | 277.20 | [kg/m] | 59.8 | 28.2 | 0.55 | 3.3 | 1.4 | 0.15 |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | | | | | | | |
| | | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | | | | | | | |
| freccia istantanea | | 0.3 | 0.5 | 0.6 | L / 607 | | | | | | |
| freccia finale | | 0.5 | 0.9 | 1.0 | L / 369 | | | | | | |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 340 di 439 |

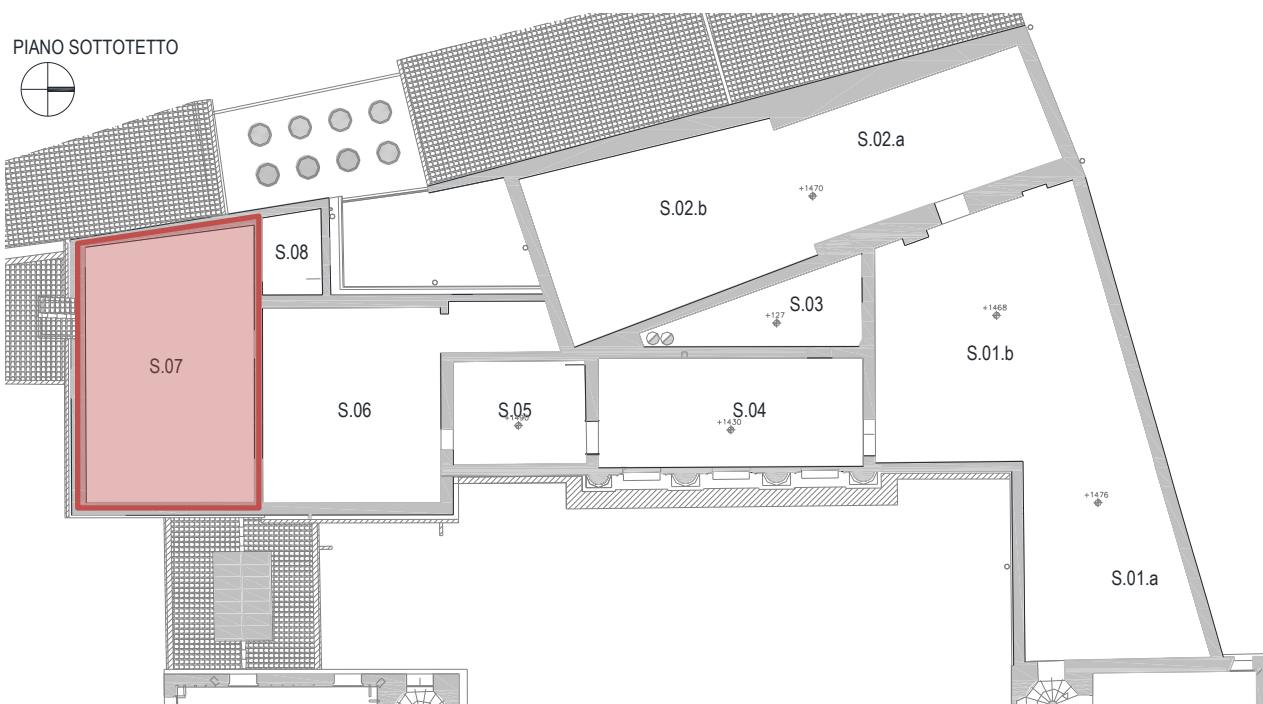


Figura 6.95 Localizzazione copertura S.07

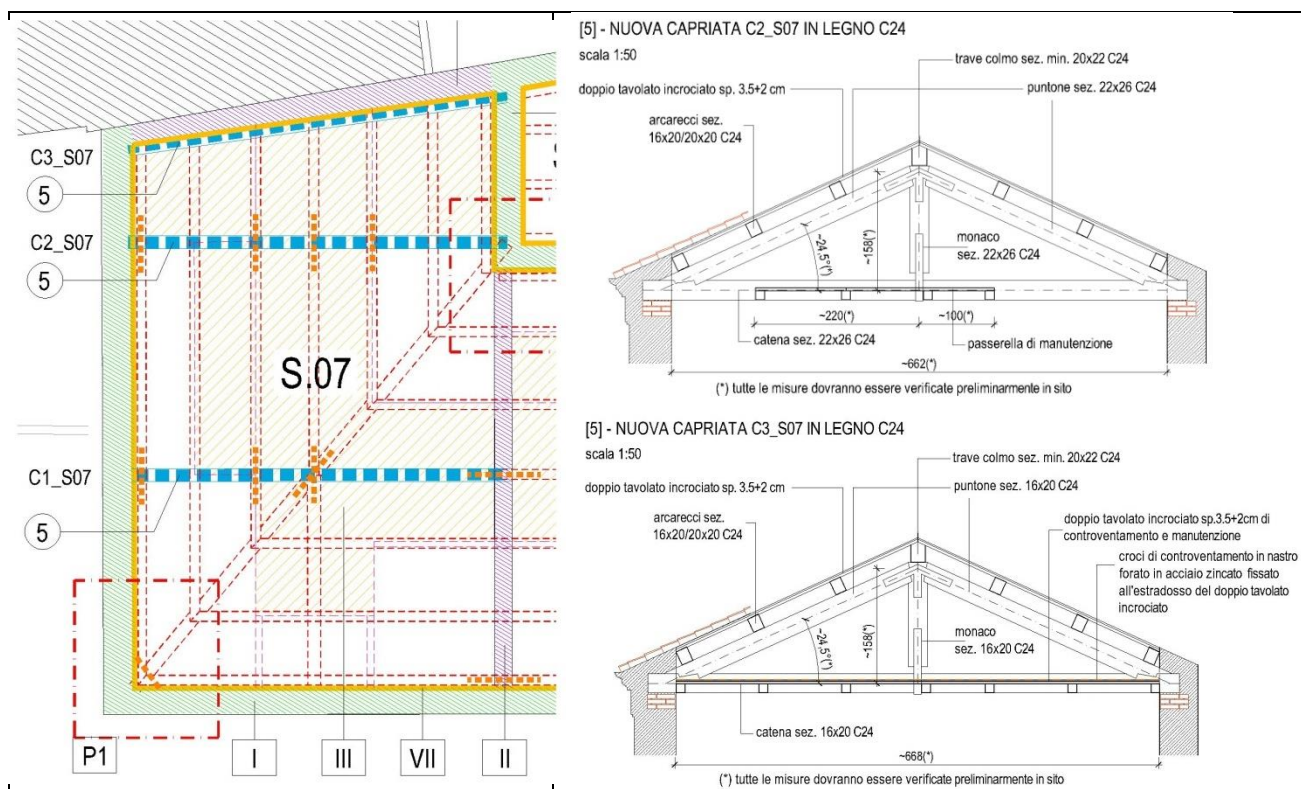


Figura 6.96 Strutture di nuova copertura S.07

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 341 di 439 |

S.07 - Strutture lignee di copertura

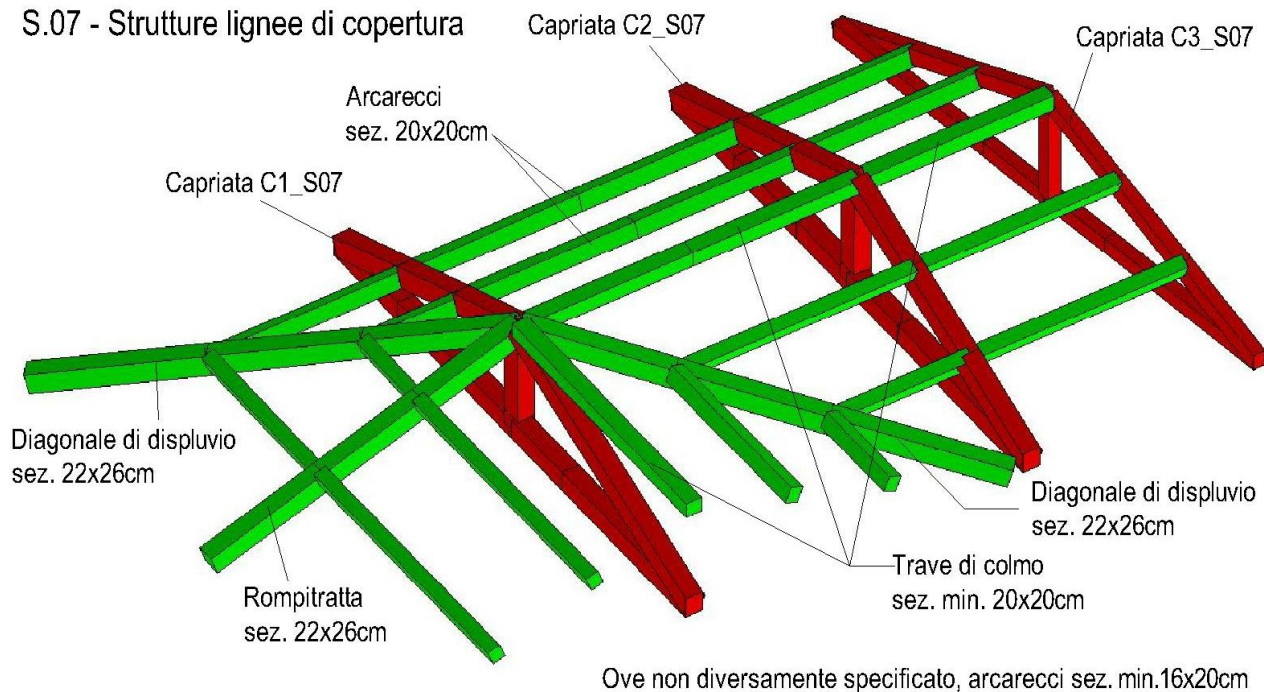


Figura 6.97 Strutture di nuova copertura S.07

6.6.2.1 Orditura principale

Di seguito si riportano le verifiche allo stato di fatto delle strutture principali di copertura.

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] |
|----------------|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| Puntone C1/C2 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 22 | 26 |
| Catena C1/C2 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 22 | 26 |
| Monaco C1/C2 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 22 | 26 |
| Puntone C3 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 16 | 20 |
| Catena C3 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 16 | 20 |
| Monaco C3 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 16 | 20 |
| Arcarecci | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 16/20 | 20 |
| Tr. passerella | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 12 | 12 |

CARICHI:

| | | |
|---------------------------------------|----------------|-----------|
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 342 di 439 |

| | | |
|---|------------|------------|
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |
| Peso permanente portato non compiutamente definito (tubazioni impiantistiche, carico concentrato su puntone lato Est) | $G_{2,nd}$ | 70 daN/m |
| Peso permanente passerella di manutenzione | G_1 | 24 daN/mq |
| Peso accidentale passerella di manutenzione | Q | 50 daN/mq |

MODELLAZIONE:

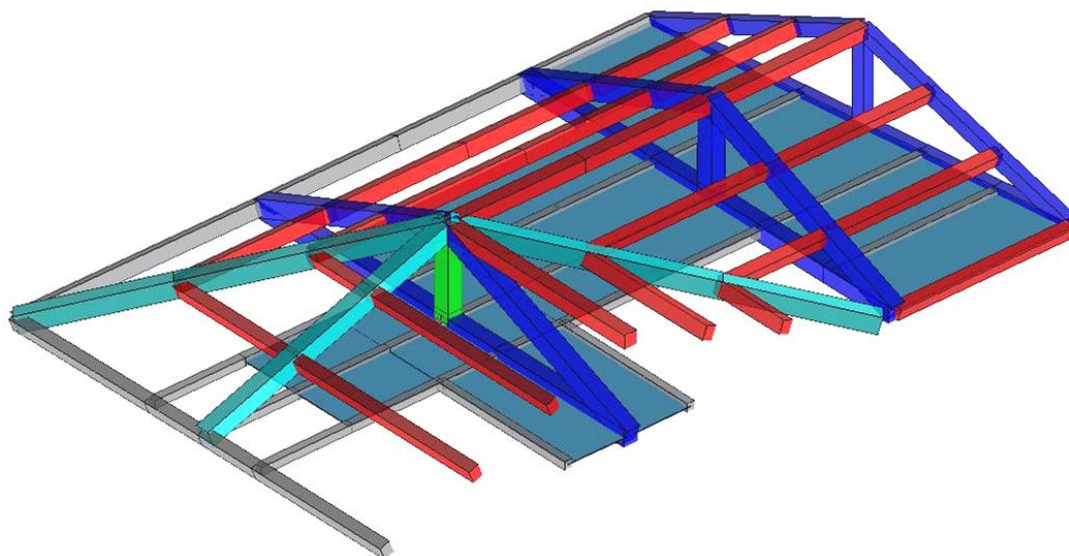


Figura 6.98 Mesh del modello agli elementi finiti della copertura con passerella di manutenzione

SOLLECITAZIONI MASSIME:

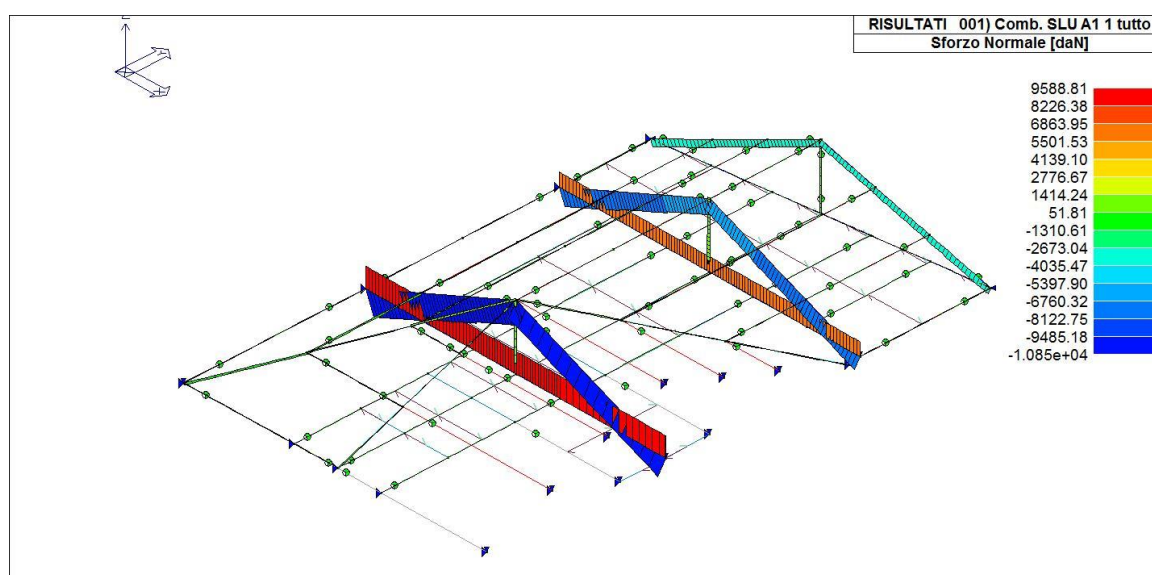


Figura 6.99 Massima sollecitazione SLU – Sforzo Normale N - [daNcm]

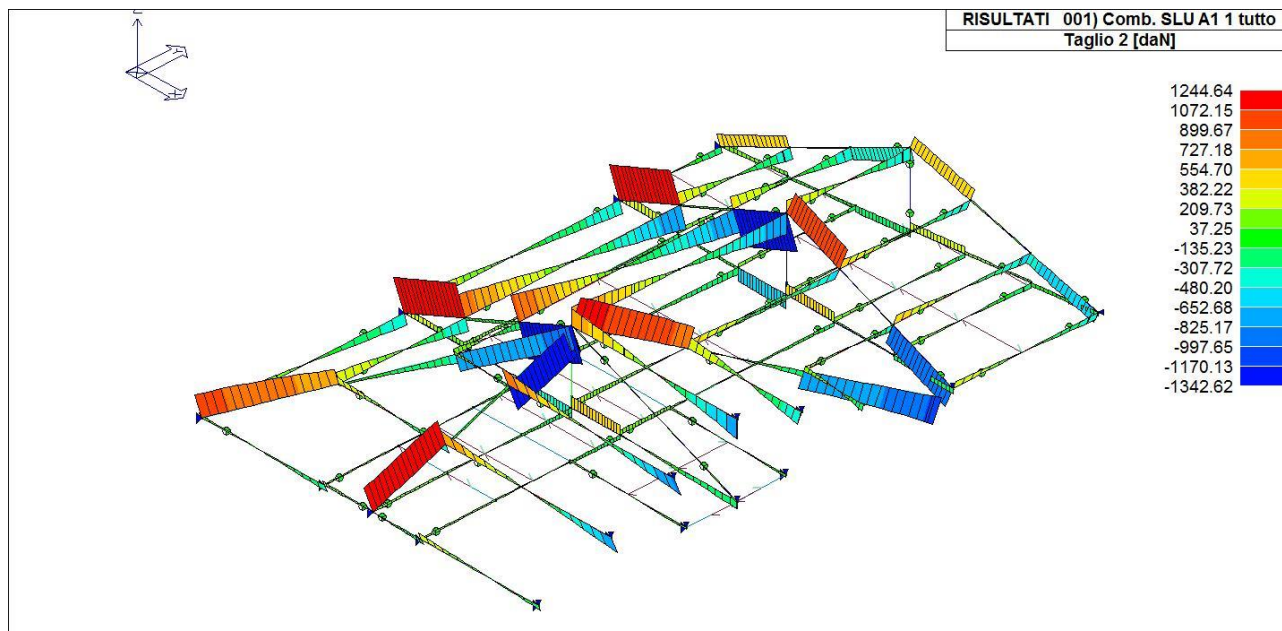


Figura 6.100 Massima sollecitazione SLU – Taglio T2 - [daNcm]

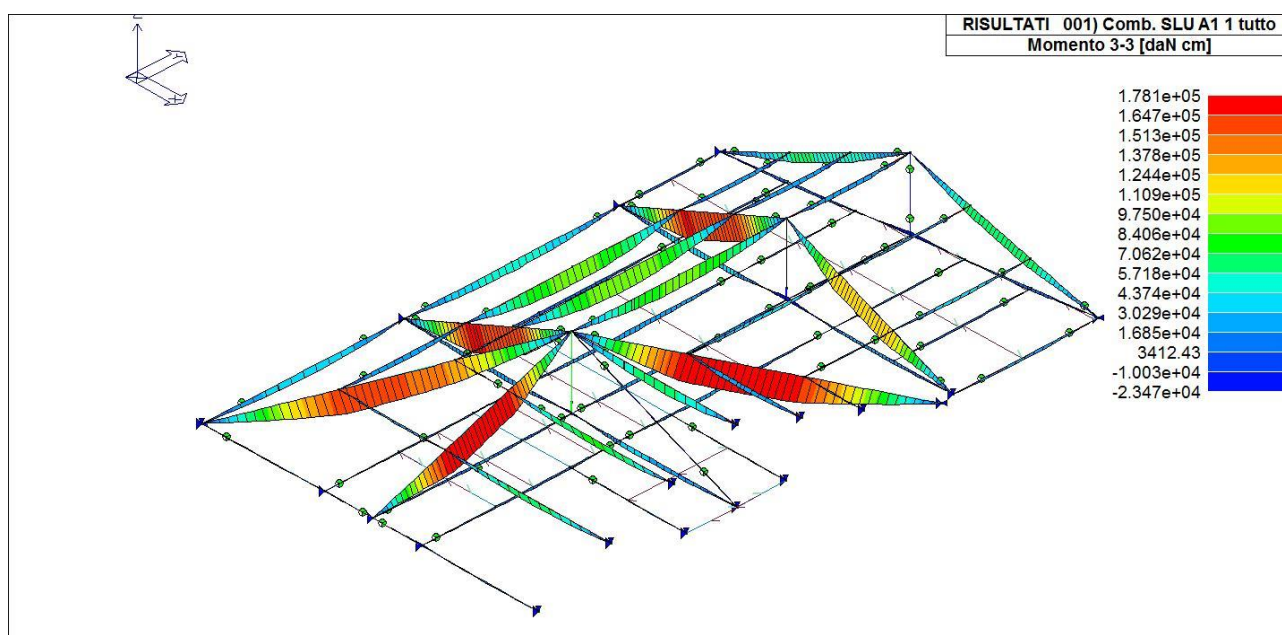


Figura 6.101 Massima sollecitazione SLU - Momento flettente M3 - [daNcm]

VERIFICHE SLU:

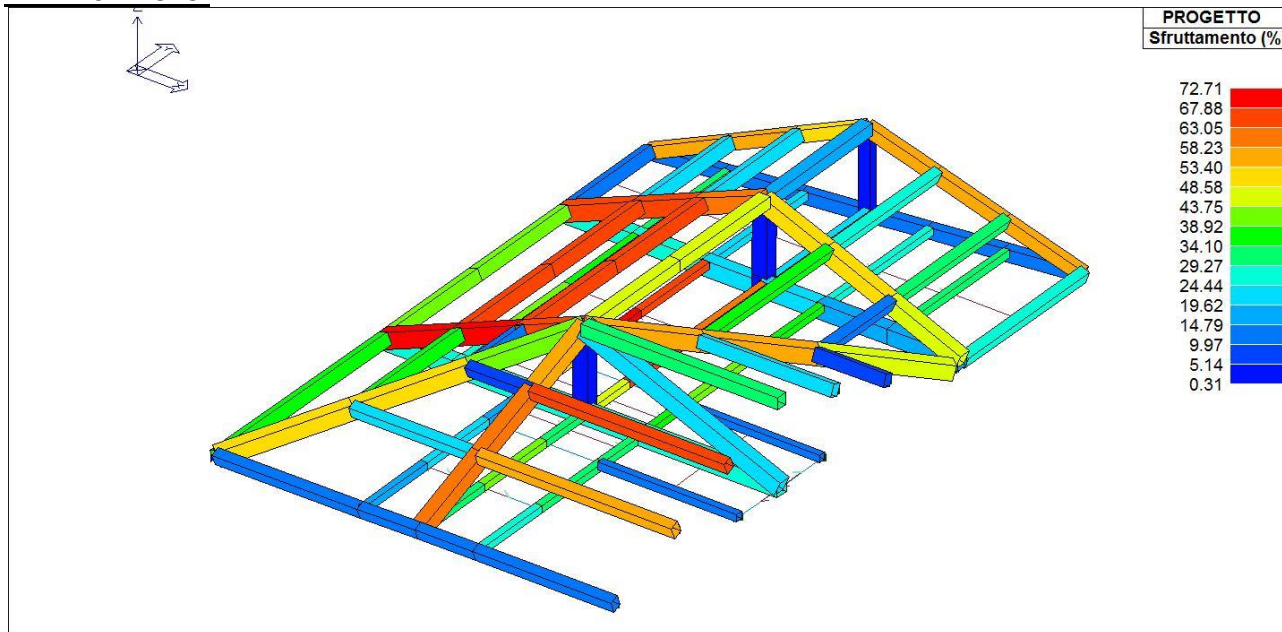


Figura 6.102 Percentuale di sfruttamento profili in acciaio [%]

PERCENTUALE DI VERIFICA DELLE STRUTTURE PORTANTI

TRAVI IN LEGNO

72.7% <100%

VERIFICATO

VERIFICHE SLE DEFORMATA:

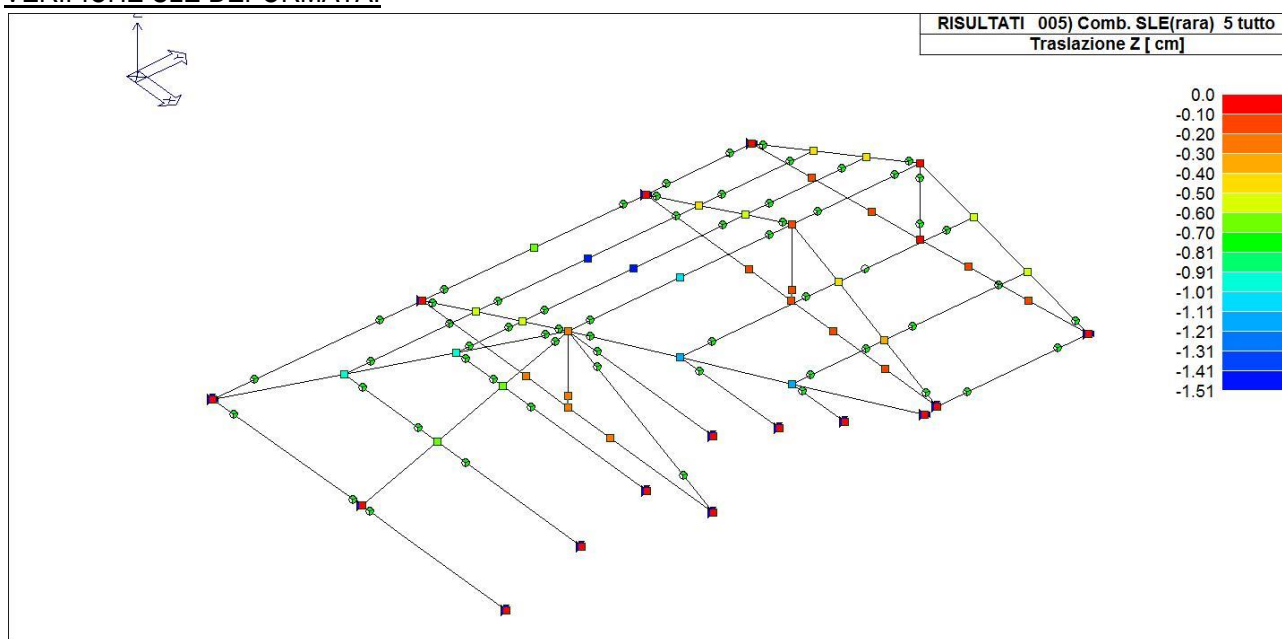


Figura 6.103 Traslazione in z [cm] - combinazione SLE- Rara

Si riportano di seguito le verifiche della deformata:

| | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|-------------------|--|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | | Pagina 345 di 439 | |

| | | | | | | | | | |
|--|--------|----|--------|----|-----------------|----------|------------|------------------|------------------|
| Arcareccio più sollecitato | B [cm] | 20 | H [cm] | 20 | L [m] | 4.30 | | | |
| freccia istantanea - combinazione rara SLE_1 = | 0.98 | < | 1.43 | cm | OK | [<L/300] | A MEZZERIA | B ESTREMITA' MAX | C ESTREMITA' MIN |
| freccia quasi-permanente = | 0.57 | | | | | | 1.51 | 0.55 | 0.51 |
| freccia finale = | 1.43 | < | 1.72 | cm | OK | [<L/250] | 0.86 | 0.31 | 0.28 |
| rompitratta | B [cm] | 22 | H [cm] | 26 | L [m] | 3.97 | | | |
| freccia istantanea - combinazione rara SLE = | 0.59 | < | 1.32 | cm | OK | [<L/300] | A MEZZERIA | B ESTREMITA' MAX | C ESTREMITA' MIN |
| freccia quasi-permanente = | 0.34 | | | | | | 0.69 | 0.21 | 0.00 |
| freccia finale = | 0.85 | < | 1.59 | cm | OK | [<L/250] | 0.39 | 0.11 | 0.00 |
| diagonale più sollecitata | B [cm] | 22 | H [cm] | 26 | L [m] | 5.50 | | | |
| freccia istantanea - combinazione rara SLE = | 1.01 | < | 1.83 | cm | OK | [<L/300] | A MEZZERIA | B ESTREMITA' MAX | C ESTREMITA' MIN |
| freccia quasi-permanente = | 0.55 | | | | | | 1.11 | 0.21 | 0.00 |
| freccia finale = | 1.44 | < | 2.20 | cm | OK | [<L/250] | 0.60 | 0.11 | 0.00 |
| capriata più sollecitata | B [cm] | 20 | H [cm] | 24 | L [m] | 3.74 | | | |
| freccia istantanea - combinazione rara SLE = | 0.45 | < | 1.25 | cm | OK | [<L/300] | A MEZZERIA | B ESTREMITA' MAX | C ESTREMITA' MIN |
| freccia quasi-permanente = | 0.26 | | | | | | 0.55 | 0.21 | 0.00 |
| freccia finale = | 1.18 | < | 1.50 | cm | OK | [<L/250] | 0.31 | 0.11 | 0.00 |
| travi passerella | B [cm] | 12 | H [cm] | 12 | L [m] | 4.30 | | | |
| freccia istantanea - combinazione rara SLE = | 1.95 | | L/220 | | accettabile (*) | | A MEZZERIA | B ESTREMITA' MAX | C ESTREMITA' MIN |
| freccia quasi-permanente = | 0.72 | | | | | | 2.15 | 0.22 | 0.18 |
| freccia finale = | 2.53 | | L/170 | | accettabile (*) | | 0.82 | 0.12 | 0.08 |

(*) Si considera accettabile tale freccia in quanto passerella per sola manutenzione per personale tecnico scollegata dalle strutture di controsoffitto.

6.6.2.2 Tavolato

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVERTE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|----------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Nuovo | Rettangolare | Legno C24 | 20 | 3.5 | 20 | 1.40 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|-------------------------------|----------------|------------|
| Peso tavolato superiore sp. 2 | G ₁ | 12 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 346 di 439 |

VERIFICHE:

| | | | | | | | |
|---|----------|----------|------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|
| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | |
| denominazione trave: S07 tavolato | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | |
| trave | 20 | 3.5 | 0° 0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio | classe di servizio classe durata carico |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | 2 breve |
| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | |
| luce di calcolo | L | 140 | cm | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} |
| | | | | 38.4 | 0.0 | 0.27 | 1.0 |
| | | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] |
| | | | | | | | τ_{z,d} |
| | | | | | | | 0.0 |
| | | | | | | | [kg/cm ²] |
| | | | | | | | verifica |
| | | | | | | | 0.04 |
| | | | | | | | |
| <u>verifiche agli S.L.E.</u> | | | | | | | |
| | | | | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | | | | 0.0 | 0.3 | 0.3 | L / 482 |
| freccia finale | | | | 0.0 | 0.5 | 0.5 | L / 303 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

6.6.3 Copertura S.08

Gli interventi di progetto prevedono l'inserimento di due nuove travi in legno C24 di sezione 16x22 in mezzeria ai lati della trave principale esistente, in modo da dimezzarne la zona di influenza.

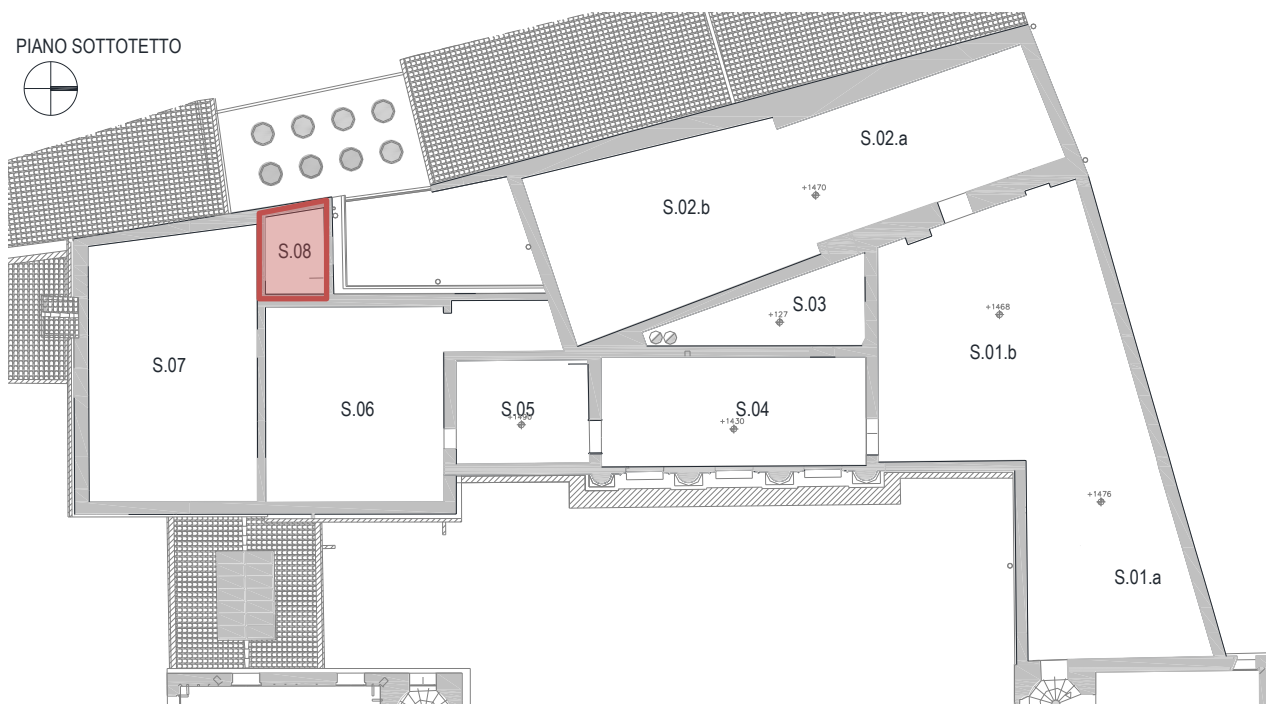


Figura 6.104 Localizzazione copertura S.08

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 347 di 439 |

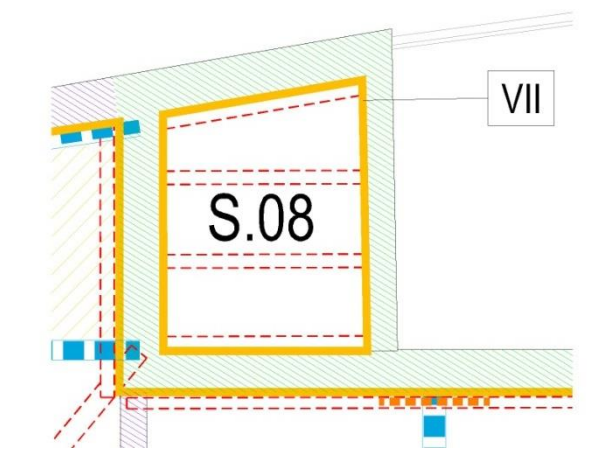


Figura 6.105 Nuove strutture di copertura S.08

6.6.3.1 Travi principali

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|----------------------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 1 | Nuova | Rettangolare | Legno C24 | 16 | 16 | 110 | 2.9 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|---------------------------------------|----------------|------------|
| Peso trave | G ₁ | 15.5 daN/m |
| Peso doppio tavolato incrociato 3.5+2 | G ₁ | 33 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 348 di 439 |

VERIFICHE:

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|---|
| denominazione trave: <i>trave principale vano S.08</i> | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | f_{m,d} | f_{v,d} | legno | |
| trave | 16 | 16 | 24°.5 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio | classe di servizio 2 |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico breve |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | |
|---|----------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|--|--|--|--|
| luce di calcolo | | L | 290 | cm | | | | | |
| | | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | |
| distribuito | q _d | 393.74 | 280.72 | 223.12 | [kg/m] | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | | |
| momento flettente | | M _{Ed,y} | 37665 | kgcm | | | | | |
| | | M _{Ed,z} | 17165 | kgcm | | | | | |
| sollecitazione di taglio | | V _{Ed,y} | 520 | kg | | | | | |
| | | V _{Ed,z} | 237 | kg | | | | | |

| | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | σ_{my,d} | σ_{mz,d} | verifica | τ_{y,d} | τ_{z,d} | verifica |
| | 55.2 | 25.1 | 0.51 | 3.0 | 1.4 | 0.14 |
| | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |

| | | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------|
| | f_y [cm] | f_z [cm] | f_{TOT} [cm] | |
| freccia istantanea | 0.2 | 0.4 | 0.4 | L / 673 |
| freccia finale | 0.3 | 0.6 | 0.7 | L / 411 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

6.6.3.2 Tavolato

DATI GEOMETRICI E MATERIALI:

| ID. | TRAVE | SEZIONE / PROFILO | MATERIALE | BASE [cm] | ALTEZZA [cm] | INTERASSE [cm] | LUCE [m] | Schema statico |
|-----|-------|-------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|----------|-------------------|
| 1 | Nuovo | Rettangolare | Legno C24 | 20 | 3.5 | 20 | 1.10 | Semplice appoggio |

CARICHI:

| | | |
|-------------------------------|----------------|------------|
| Peso tavolato superiore sp. 2 | G ₁ | 12 daN/mq |
| Peso pacchetto copertura | G ₁ | 75 daN/mq |
| Carico accidentale neve | Q | 120 daN/mq |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 349 di 439 |

VERIFICHE:

| <u>dati sezione e materiali</u> | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|-------|--|
| denominazione trave: <i>tavolato vano S.08</i> | | | | | | | | | |
| | B | H | inclinaz. | <i>f_{m,d}</i> | <i>f_{v,d}</i> | legno | | | |
| trave | 20 | 3.5 | 0° 0 | 144.0 | 24.0 | C24 - massiccio | classe di servizio | 2 | |
| | [cm] | [cm] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | classe durata carico | breve | |

| <u>combinazioni e sollecitazioni</u> | | | | | <u>verifiche agli S.L.U.</u> | | | | | |
|---|-------------------|------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| luce di calcolo | L | | 110 | cm | <i>σ_{my,d}</i> | <i>σ_{mz,d}</i> | verifica | <i>τ_{y,d}</i> | <i>τ_{z,d}</i> | verifica |
| | | | | | 26.1 | 0.0 | 0.18 | 0.8 | 0.0 | 0.03 |
| | | | | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | | [kg/cm ²] | [kg/cm ²] | |
| distribuito | q _d | SLU | SLE rara | SLE q. p. | | | | | | |
| | | 70.45 | 50.50 | 40.90 | [kg/m] | | | | | |
| conc. a L/2 | P _d | 0.00 | 0.00 | 0.00 | [kg] | | | | | |
| momento flettente | M _{Ed,y} | 1066 | | kgcm | | | | | | |
| | M _{Ed,z} | 0 | | kgcm | | | | | | |
| sollecitazione di taglio | V _{Ed,y} | 39 | | kg | | | | | | |
| | V _{Ed,z} | 0 | | kg | | | | | | |

| | | | | |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|
| | <i>f_y</i> | <i>f_z</i> | <i>f_{TOT}</i> | |
| freccia istantanea | 0.0 | 0.1 | 0.1 | L / 898 |
| freccia finale | 0.0 | 0.2 | 0.2 | L / 545 |

Le verifiche di resistenza e deformabilità sono soddisfatte.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 350 di 439 |

7 VERIFICHE SISMICHE: STATO DI PROGETTO

Prendendo a riferimento per lo stato di fatto la Relazione di vulnerabilità sismica redatta dall'ing. Federico Reginato su incarico del Comune di Vicenza, si è provveduto ad aggiornare le verifiche della sicurezza sismica tenendo conto delle modifiche introdotte dal progetto, così come previsto ai sensi delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 e relativa circolare applicativa, e con riferimento alle Linee Guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale.

7.1 RICHIAMI STORICI E INQUADRAMENTO NORMATIVO DELLA SISMICITÀ DEL SITO

La sismicità storica della zona è caratterizzata da eventi di medio-bassa intensità, come risulta dal seguente elenco, tratto dal sito ufficiale dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e riportato in Tabella 2¹.

Tabella 2: Eventi sismici significativi per la zona di Vicenza

| ANNO | LICALITA' | MCS | I ₀ | M _w |
|------|-----------------------|-----|----------------|----------------|
| 1505 | Bolognese | 5 | 8 | 5.57 ±0.25 |
| 1690 | Carinzia | 5 | 8-9 | 6.54 ±0.23 |
| 1695 | Asolano | 8 | 10 | 6.48 ±0.18 |
| 1741 | FABRIANESE | 4 | 9 | 6.21 ±0.13 |
| 1743 | Basso Ionio | 4 | 9 | 7.13 ±0.19 |
| 1774 | Bresciano | 3 | 6 | 4.72 ±0.34 |
| 1776 | TRAMONTI | 5 | 8-9 | 5.78 ±0.38 |
| 1779 | Bolognese | 3 | 7 | 5.24 ±0.52 |
| 1779 | Bolognese | 3 | 5 | 4.99 ±0.31 |
| 1781 | Romagna | 5 | 9-10 | 5.94 ±0.17 |
| 1781 | Romagna | 4 | 8 | 5.58 ±0.26 |
| 1781 | Media valle dell'Adda | 3 | 6-7 | 4.90 ±0.67 |
| 1786 | Pianura Padana | 4 | 6 | 5.05 ±0.56 |
| 1786 | Riminese | 5 | 8 | 5.62 ±0.17 |
| 1787 | Ferrara | 3 | 5-6 | 4.51 ±0.34 |
| 1788 | Tolmezzo | 3 | 7-8 | 5.14 ±0.67 |
| 1789 | TRAMONTI | 4-5 | 4-5 | 4.09 ±0.34 |
| 1794 | Prealpi carniche | 5 | 8-9 | 6.04 ±0.57 |
| 1794 | Prealpi carniche | 3 | 7-8 | 5.33 ±0.50 |
| 1796 | Emilia orientale | 6-7 | 7 | 5.61 ±0.36 |
| 1799 | CASTENEDOLO | 4-5 | 6-7 | 5.01 ±0.51 |
| 1801 | Bologna | 2 | 6 | 5.07 ±0.83 |
| 1802 | VALLE DELL'OGGIO | 4 | 8 | 5.64 ±0.22 |
| 1806 | NOVELLARA | 3-4 | 7 | 5.19 ±0.39 |
| 1810 | NOVELLARA | 4 | 6 | 5.29 ±0.22 |
| 1811 | SASSUOLO | 4 | 6-7 | 5.25 ±0.40 |
| 1812 | SEQUALS | 5 | 7-8 | 5.71 ±0.35 |
| 1813 | Romagna centrale | 3 | 7 | 5.27 ±0.94 |

¹ M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11

| | | | | |
|--|---|--|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | Pagina 351 di 439 |

| | | | | |
|------|-----------------------|-----|------|------------|
| 1815 | Santorso | 4 | 4-5 | 4.09 ±0.34 |
| 1818 | Parmense | 4 | 7 | 5.28 ±0.35 |
| 1828 | Valle Staffora | NR | 8 | 5.76 ±0.15 |
| 1831 | Reggiano | 3 | 5-6 | 4.69 ±0.44 |
| 1831 | Reggiano | F | 7-8 | 5.54 ±0.32 |
| 1832 | Carpi (MO) | 2 | 5 | 4.80 ±0.37 |
| 1832 | Reggiano | 5 | 7-8 | 5.53 ±0.18 |
| 1837 | Alpi Apuane | F | 9 | 5.81 ±0.20 |
| 1841 | SANGUINETTO | NR | 5 | 4.19 ±0.44 |
| 1857 | PARMENSE | F | 6-7 | 5.09 ±0.25 |
| 1859 | COLLALTO | F | 6 | 4.98 ±0.32 |
| 1861 | FORLI' | 3 | 6-7 | 5.10 ±0.48 |
| 1869 | Media valle del Reno | 4 | 7-8 | 5.42 ±0.48 |
| 1870 | Romagna | F | 8 | 5.58 ±0.27 |
| 1873 | Marche meridionali | 4 | 8 | 5.95 ±0.10 |
| 1873 | Bellunese | 6 | 9-10 | 6.32 ±0.11 |
| 1875 | Romagna sud-orientale | 3-4 | | 5.93 ±0.16 |
| 1878 | Bolognese | 3 | 6 | 5.06 ±0.30 |
| 1879 | GARGNANO | 3 | 5 | 4.83 ±0.63 |
| 1879 | TARCENTO | F | 5-6 | 4.79 ±0.24 |
| 1881 | Bolognese | F | 7 | 5.16 ±0.30 |
| 1884 | Bassa valle del Serio | NF | 6 | 4.85 ±0.35 |
| 1885 | SCANDIANO | 3 | 6 | 5.19 ±0.15 |
| 1887 | Liguria occidentale | 4 | | 6.97 ±0.15 |
| 1889 | Bolognese | 3 | 5 | 4.73 ±0.22 |
| 1891 | Valle d'Ilasi | 5 | 8-9 | 5.86 ±0.06 |
| 1892 | GARDA OCC. | 4 | 6-7 | 5.02 ±0.15 |
| 1892 | CLAUT | NF | 5-6 | 4.71 ±0.14 |
| 1892 | Valle d'Alpone | 4-5 | 6-7 | 4.91 ±0.11 |
| 1893 | LONGARONE | 3-4 | 5 | 4.60 ±0.26 |
| 1894 | Valle d'Ilasi | 4 | 6 | 4.77 ±0.15 |
| 1894 | FRANCIACORTA | 3 | 6 | 5.07 ±0.10 |
| 1895 | Slovenia | 5 | 8 | 6.23 ±0.08 |
| 1895 | VALDOBBIADENE | F | 6 | 5.03 ±0.13 |
| 1898 | Valle del Parma | 3-4 | 7-8 | 5.41 ±0.09 |
| 1900 | VALDOBBIADENE | F | 6-7 | 5.13 ±0.14 |
| 1901 | Salò | 5-6 | 8 | 5.70 ±0.10 |
| 1908 | Carnia | F | 7-8 | 5.38 ±0.13 |
| 1909 | BASSA PADANA | 5 | 6-7 | 5.53 ±0.09 |
| 1911 | Romagna meridionale | 3 | 7 | 5.28 ±0.11 |
| 1914 | Garfagnana | 5 | 7 | 5.76 ±0.09 |
| 1916 | Alto Adriatico | 3 | | 6.14 ±0.14 |
| 1920 | Garfagnana | F | 10 | 6.48 ±0.09 |
| 1924 | Carnia | 4 | 7 | 5.38 ±0.19 |
| 1926 | Slovenia | 4 | 7-8 | 5.85 ±0.18 |
| 1929 | Bolognese | 4 | 7 | 5.03 ±0.13 |
| 1929 | Bolognese | 3-4 | | 5.02 ±0.37 |
| 1929 | Bolognese | 4 | 7 | 5.34 ±0.13 |
| 1930 | Irpinia | 2-3 | 10 | 6.62 ±0.09 |
| 1939 | Garfagnana | 3 | 6-7 | 5.08 ±0.16 |
| 1951 | LODIGIANO | 4 | 6-7 | 5.39 ±0.14 |
| 1967 | BASSA PADANA | 5-6 | 6 | 5.24 ±0.19 |
| 1976 | Friuli | 5-6 | 9-10 | 6.46 ±0.09 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 352 di 439 |

| | | | | |
|------|--------------|-----|-----|------------|
| 1976 | Friuli | 5 | | 5.63 ±0.09 |
| 1983 | Parmense | 5 | 6-7 | 5.06 ±0.09 |
| 1989 | PASUBIO | 5 | 6-7 | 4.88 ±0.09 |
| 2001 | Merano | 2-3 | 6 | 4.84 ±0.09 |
| 2002 | Franciacorta | 2 | 5-6 | 4.29 ±0.09 |

In Figura 7.1 è riportato il grafico della storia dell'intensità sismica che ha coinvolto la zona di Vicenza (dati INGV).

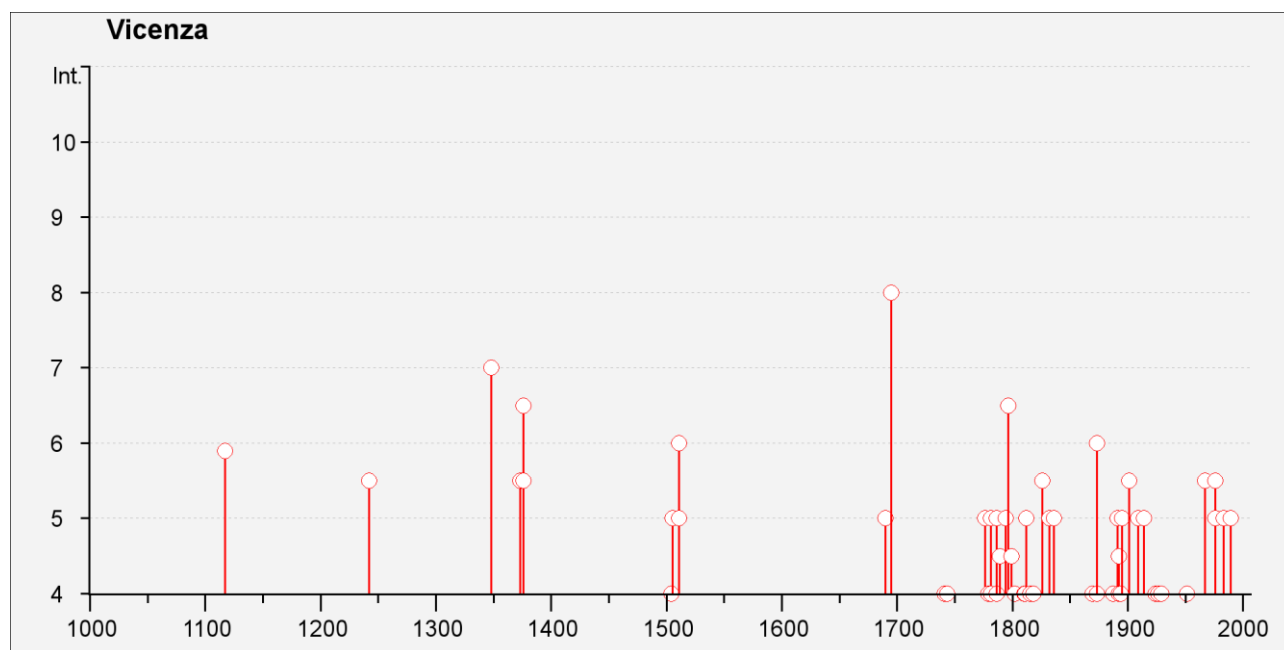


Figura 7.1: Storia dell'intensità sismica (I_s) che ha coinvolto l'area di Vicenza

Di ciò si trova naturalmente riscontro nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, come risulta dalla Figura 7.2, in cui è riportata la mappa della pericolosità sismica della regione Veneto con i valori di accelerazione di picco su griglia con passo $0,05^\circ$.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 353 di 439 |

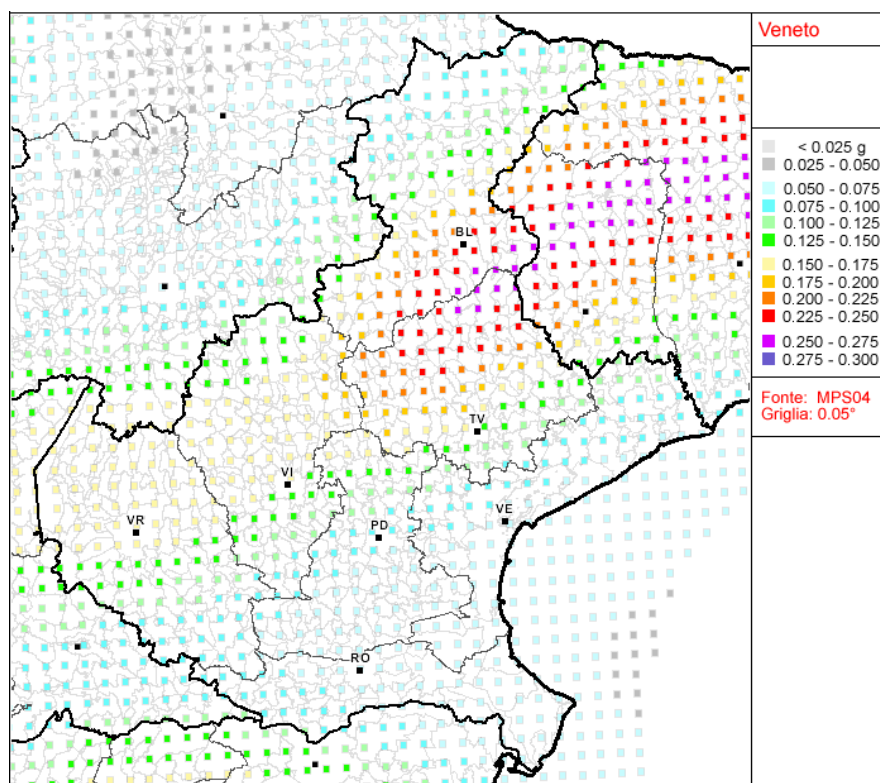


Figura 7.2: Mappa di pericolosità sismica della regione Veneto secondo OPCM 3519 (www.ingv.it)

7.2 AZIONE SISMICA

I dati sismici utilizzati nelle verifiche sono stati elaborati con il software “Excel – Spettri NTC v. 1.03” messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Partendo dalle coordinate geografiche di latitudine e longitudine, si ottengono i parametri indipendenti dell'azione sismica e di conseguenza lo spettro di risposta elastica per la zona di Vicenza.

Si ipotizza una vita nominale V_N di 50 anni con un coefficiente d'uso C_u pari a III (al quale corrisponde un valore di 1.50). Palazzo Chiericati rientra infatti nella categoria III essendo quest'ultimo un edificio “il cui uso preveda affollamenti significativi [...] e funzione pubblica”. Si ottiene un periodo di riferimento dell'azione sismica V_R pari a 75 anni.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Da questo valore viene calcolato il periodo di ritorno T_R per ogni stato limite considerato al quale corrisponde una diversa probabilità di superamento, rispettivamente 81% per lo Stato Limite di Operatività (SLO), 63% per lo Stato Limite di Danno (SLD), 10% per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e 5% per lo Stato limite di Collasso (SLC).

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln 1 - P_{VR}} = \frac{-C_U \cdot V_N}{\ln 1 - P_{VR}}$$

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 354 di 439 |

Di seguito vengono riportati i parametri spettrali dell'azione sismica per ogni stato limite e tempo di ritorno:

| STATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_0 | T_C^* |
|--------------|--------------|-----------|-------|---------|
| SLO | 45 | 0,051 | 2,471 | 0,254 |
| SLD | 75 | 0,066 | 2,483 | 0,263 |
| SLV | 712 | 0,175 | 2,425 | 0,288 |
| SLC | 1462 | 0,226 | 2,414 | 0,293 |

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo, le indagini geotecniche integrative eseguite nel corso della campagna di indagini hanno permesso la caratterizzazione sismica del terreno. La relazione del dott. geologo Enrico Farinati e Dott. Geol. Rossella Merola (Gennaio 2017) riporta la seguente classificazione: suolo di categoria C: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”*; considerata la pendenza del pendio inferiore a 15° è stata considerata una categoria topografica corrispondente a T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$), cui corrisponde un coefficiente $S_T=1,00$.

Si riportano di seguito i parametri sismici dipendenti ed indipendenti e lo spettro di risposta di progetto.

| Stato Limite di Riferimento | | SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) | |
|---|----------|---|------|
| Zona sismica | | 3 | |
| Probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento | P_{VR} | 10% | |
| Periodo di ritorno azione sismica | T_R | 712 | anni |
| PARAMETRI INDIPENDENTI | | | |
| Accelerazione orizzontale massima al suolo | a_g | 0.175 | g |
| Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione | F_0 | 2.425 | |
| Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione | T_C^* | 0.288 | s |
| Categoria sottosuolo | | C | |
| Coefficiente di amplificazione stratigrafica | S_S | 1.446 | |
| | C_c | 1.583 | |
| Coefficiente di amplificazione topografica | S_T | 1.000 | |
| Fattore di struttura per analisi cinematica lineare | q | 2.000 | |
| PARAMETRI DIPENDENTI | | | |
| Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle cond. topografiche | S | 1.446 | |
| Periodo corrispondente all'inizio dello spettro ad accelerazione costante | T_B | 0.152 | s |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 355 di 439 |

| | | | |
|---|-------|-------|---|
| Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro | T_c | 0.456 | s |
| Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro | T_D | 2.298 | s |

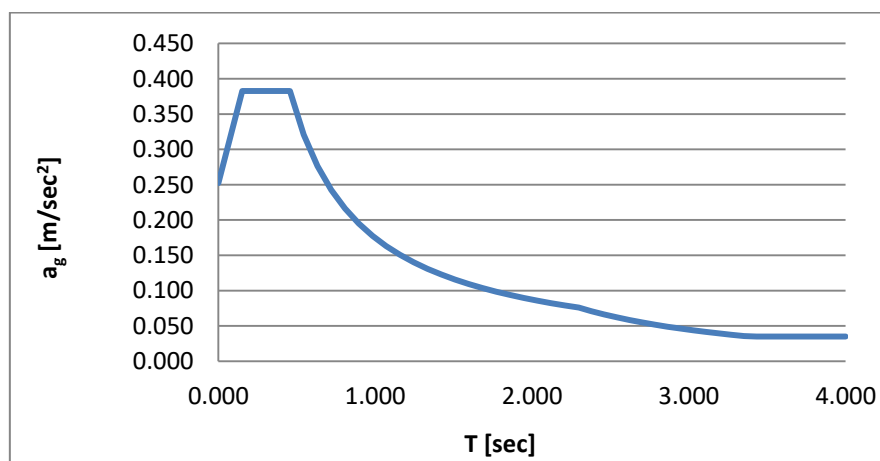


Figura 7.3: Spettro di risposta elastico

7.3 VALUTAZIONE DELL'INDICE DI SICUREZZA SISMICA

La valutazione del rischio sismico per Palazzo Chiericati è stata condotta seguendo la metodologia proposta dalle Linee Guida per la Valutazione e Riduzione del Rischio Sismico del Patrimonio Culturale.

Si è proceduto in primis con l'analisi dei meccanismi locali di collasso (analisi cinematica - LV2) ed infine con l'analisi globale della struttura (valutazione complessiva - LV3) attraverso modellazione a telaio equivalente, utilizzando un'analisi statica non lineare (push-over).

Le analisi dei meccanismi locali di collasso - particolarmente significative alla luce del fatto che l'esperienza acquisita a seguito dei passati, anche recenti, eventi sismici ha mostrato come per gli edifici storici in muratura il collasso sia raggiunto, nella maggior parte dei casi, per perdita di equilibrio di porzioni limitate della costruzione – sono state eseguite in modo sistematico, tenendo conto degli effetti introdotti in sede di progetto grazie ad un insieme diffuso di interventi locali volti ad adeguare, o quantomeno a migliorare, ogni singola verifica del macroelemento.

Le verifiche globali sono invece state condotte allo scopo di controllare l'impatto degli interventi di progetto sul comportamento sismico di insieme del corpo ottocentesco/cinquecentesco, quantificandone il grado di miglioramento rispetto alle condizioni di stato di fatto.

Le analisi sono state condotte allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), adottando la combinazione sismica dei carichi:

$$F_d = E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} Q_{ki}$$

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 356 di 439 |

essendo:

- G_{k1} il valore del peso proprio degli elementi strutturali;
- G_{k2} il valore del peso proprio degli elementi non strutturali;
- Q_{k1} il valore caratteristico dell'azione variabile considerata principale;
- ψ_{0i} il coefficiente di combinazione relativo all'azione variabile considerata.

con il coefficiente di combinazione ψ_{2i} pari a 0,6 per gli ambienti suscettibili di affollamento, 0,00 per l'azione della neve (quota $a_s < 1000$ m slm) e per il vento.

7.4 VERIFICA DEI PRINCIPALI MECCANISMI LOCALI

Data la loro complessità intrinseca e la loro difficile catalogazione, gli edifici storici in muratura non possono essere analizzati seguendo le stesse modalità applicate per strutture in acciaio o calcestruzzo.

Le normative sottolineano questo aspetto molto importante: il Decreto Ministeriale Infrastrutture del 14 gennaio 2008 al Cap. 8.7.1 riporta che *“nelle costruzioni esistenti in muratura soggette ad azioni sismiche, particolarmente negli edifici, si possono manifestare meccanismi locali e meccanismi d'insieme. I meccanismi locali interessano singoli pannelli murari o più ampie porzioni della costruzione, e sono favoriti dall'assenza o scarsa efficacia dei collegamenti tra pareti e orizzontamenti e negli incroci murari. I meccanismi globali sono quelli che interessano l'intera costruzione e impegnano i pannelli murari prevalentemente nel loro piano. La sicurezza della costruzione deve essere valutata nei confronti di entrambi i tipi di meccanismo.”*

Inoltre la Circolare del 2 febbraio 2009 n. 617, al punto C8.7.1.1, riguardante i requisiti di resistenza degli edifici esistenti in muratura, indica che la valutazione della sicurezza sismica degli edifici in muratura va eseguita, oltre che con riferimento al comportamento sismico globale, anche con riferimento all'analisi dei meccanismi locali di collasso: *“Quando la costruzione non manifesta un chiaro comportamento d'insieme, ma piuttosto tende a reagire al sisma come un insieme di sottosistemi (meccanismi locali), la verifica su un modello globale non ha rispondenza rispetto al suo effettivo comportamento sismico. Particolarmente frequente è il caso delle grandi chiese o di edifici estesi e di geometria complessa non dotati di solai rigidi e resistenti nel piano, né di efficaci e diffusi sistemi di catene o tiranti. In tali casi la verifica globale può essere effettuata attraverso un insieme esaustivo di verifiche locali.”*

Si procede quindi dapprima alla definizione dei macroelementi, ovvero parti costruttivamente riconoscibili del manufatto, di caratteristiche omogenee in riferimento al comportamento strutturale e che possono coincidere con una porzione identificabile anche sotto l'aspetto architettonico e funzionale.

Successivamente a questi ultimi vengono applicati più meccanismi di collasso fuori dal piano, rispetto ai quali vengono calcolati coefficienti di attivazione specifici ad ogni caso.

La scelta dei macroelementi è stata effettuata tenendo conto delle possibili vulnerabilità della struttura.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 357 di 439 |

Essendo gli effetti dell'azione sismica crescenti con l'altezza, il punto di partenza delle analisi viene fissato a partire dal frontone, trascurando i livelli sottostanti, per poi scendere fino a considerare il ribaltamento dell'intera parete.

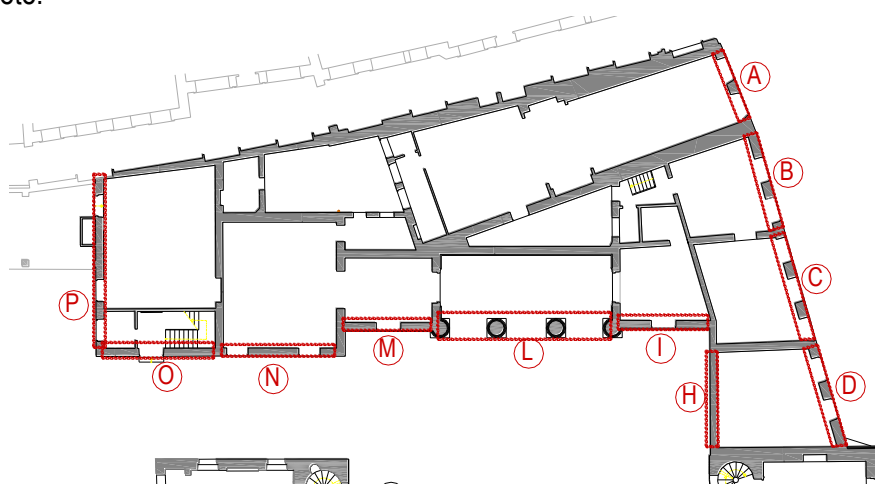


Figura 7.4: schema generale dei macro-elementi considerati

7.4.1 Analisi dei principali meccanismi locali alla situazione Stato di Fatto

Con riferimento alla relazione dell'ing. Federico Reginato, si riportano schematicamente nella seguente tabella i risultati forniti dalle verifiche allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) nella situazione di stato di fatto dell'ala ottocentesca.

| N. | Cinematismo | Macroelemento | Ala | Verifica SLV | au |
|----|----------------|--------------------|------|-----------------------|------|
| 1 | Cinematismo A1 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 24 % |
| 2 | Cinematismo A2 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 35 % |
| 3 | Cinematismo A3 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 24 % |
| 4 | Cinematismo B1 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 23 % |
| 5 | Cinematismo B2 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 30 % |
| 6 | Cinematismo B3 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 23 % |
| 7 | Cinematismo C1 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 23 % |
| 8 | Cinematismo C2 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 32 % |
| 9 | Cinematismo C3 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 25 % |
| 10 | Cinematismo D1 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 20 % |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 358 di 439 |

| | | | | | |
|----|----------------|-------------------------------|------|-----------------------|------|
| 11 | Cinematismo D2 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 24 % |
| 12 | Cinematismo D3 | Facciata lato Nord | '800 | NON VERIFICATO | 19 % |
| 21 | Cinematismo H1 | Facciata lato Sud | '800 | NON VERIFICATO | 17 % |
| 22 | Cinematismo H2 | Facciata lato Sud | '800 | NON VERIFICATO | 17% |
| 23 | Cinematismo H3 | Facciata lato Sud | '800 | NON VERIFICATO | 13 % |
| 24 | Cinematismo I1 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 12 % |
| 25 | Cinematismo I2 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 17 % |
| 26 | Cinematismo I3 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 16 % |
| 27 | Cinematismo L1 | Facciata lato Est - colonnato | '800 | NON VERIFICATO | 0 % |
| 28 | Cinematismo L2 | Facciata lato Est - colonnato | '800 | NON VERIFICATO | 2 % |
| 29 | Cinematismo L3 | Facciata lato Est - colonnato | '800 | NON VERIFICATO | 26 % |
| 30 | Cinematismo M1 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 24 % |
| 31 | Cinematismo M2 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 18 % |
| 32 | Cinematismo M3 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 21 % |
| 33 | Cinematismo M4 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 14 % |
| 34 | Cinematismo N1 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 26 % |
| 35 | Cinematismo N2 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 28 % |
| 36 | Cinematismo N3 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 20 % |
| 37 | Cinematismo O1 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 25 % |
| 38 | Cinematismo O2 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 28 % |
| 39 | Cinematismo O3 | Facciata lato Est | '800 | NON VERIFICATO | 19 % |
| 40 | Cinematismo P1 | Facciata lato Sud | '800 | NON VERIFICATO | 26 % |
| 41 | Cinematismo P2 | Facciata lato Sud | '800 | NON VERIFICATO | 33 % |
| 42 | Cinematismo P3 | Facciata lato Sud | '800 | NON VERIFICATO | 18 % |

L'analisi dei risultati emersi dal calcolo indica una condizione complessiva di elevata vulnerabilità per i meccanismi locali fuori dal piano della struttura analizzata.

Si procede al calcolo dei medesimi ribaltamenti cinematici nella condizione di progetto, tenendo conto delle azioni orizzontali stabilizzanti date dagli interventi localizzati di miglioramento sismico previsti in progetto.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 359 di 439 |

7.4.2 Cinematismo A1: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800

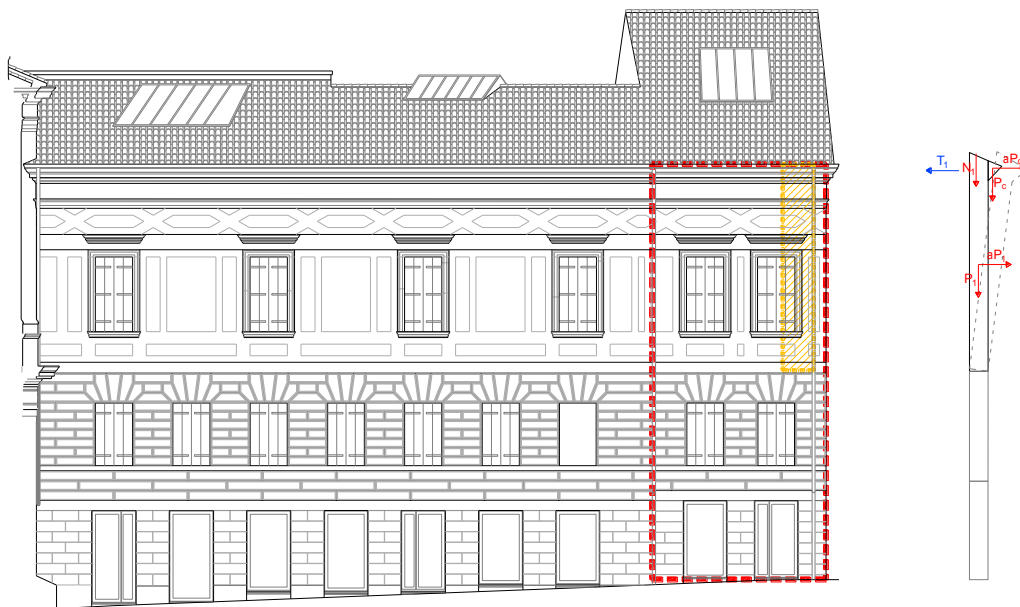


Figura 7.5: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 4,4 m, è dato da n°7 barre filettate $\phi 12$ mm inghisate nella muratura tramite la trave di bordo

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 1,05 | 0,333 | 6,800 |
| Pc - cornice | 3,50 | -0,130 | 6,450 |
| P1 - parete | 61,20 | 0,250 | 3,400 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 33,64 | | 6,600 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 66 | kN | |
| arretram. cerniera t | 3,29 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 235,06 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 230,66 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 1,0191 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 6,69 | m |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 360 di 439 |

| | | |
|--|--------|---|
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 10,31 | m |
| massa partecipante al cinematisimo M^* | 6,39 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,95 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,8903 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1956 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.3 Cinematisimo A2: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800

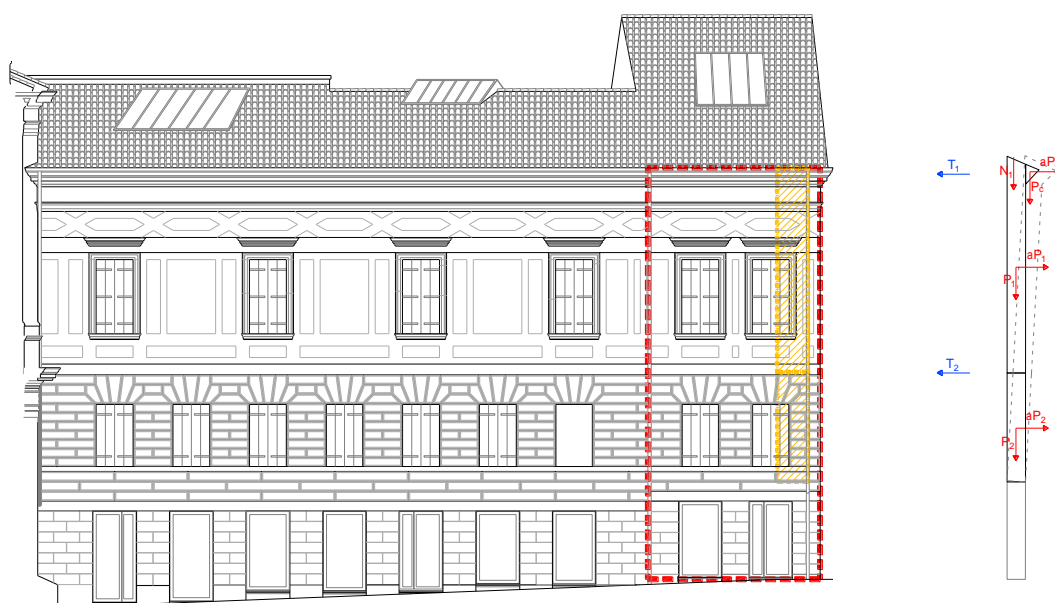


Figura 7.6: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T2 lungo l'intera parete, lunga 4,4 m, è dato da n°5 piatti/barra tramite tavolato e n°2 barre filettate $\phi 12$ mm inghisate nella muratura tramite i profili UNP.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 1,05 | 0,333 | 10,330 |
| Pc - cornice | 3,50 | -0,130 | 9,980 |
| P1-parete | 61,20 | 0,250 | 6,930 |
| P2 - parete | 63,54 | 0,250 | 1,765 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 33,64 | | 10,130 |
| T2 | 22,11 | - | 3,530 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 361 di 439 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 129 | kN |
| arretram. cerniera t | | 6,46 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 441,54 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 571,19 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,7730 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 3,16 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 7,66 | m |
| massa partecipante al cinematisismo M^* | 9,60 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,73 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,8845 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.4 Cinematismo A3: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800

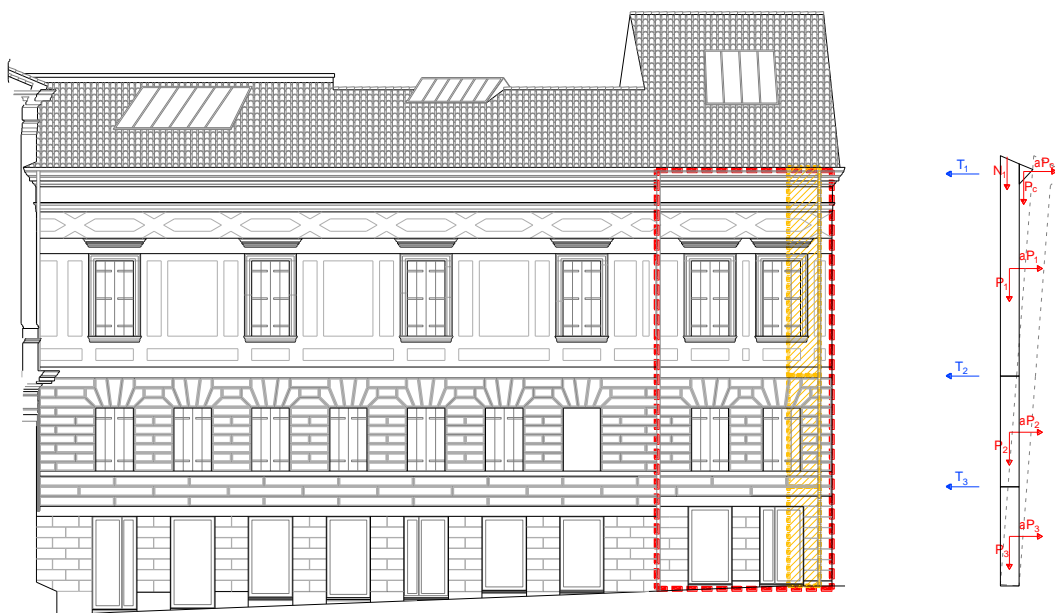


Figura 7.7: schema generale del macro-elemento considerato

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 362 di 439 |

Il contributo stabilizzante T3 lungo l'intera parete, lunga 4,4 m, è dato da n°5 piatti/barra tramite tavolato e n°2 barre filettate $\phi 12$ mm inghisate nella muratura tramite i profili UNP. Tale intervento sarà realizzato nell'ambito del lotto IAT.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1a - copertura | 1,05 | 0,333 | 13,490 |
| N1b - cornice | 3,50 | -0,130 | 13,140 |
| P1-parete | 61,20 | 0,250 | 10,090 |
| N2 - SOLAIO | | | |
| P2 - parete | 63,54 | 0,250 | 4,925 |
| N3 - SOLAIO | | | |
| P3 - PARETE | 56,88 | 0,250 | 1,580 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 33,64 | | 13,290 |
| T2 | 22,11 | - | 6,690 |
| T3 | 22,11 | | 3,160 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 186 | kN |
| arretram. cerniera t | | 9,31 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|---------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 692,83 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 1066,30 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,6497 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 5,80 | m |
| massa partecipante al cinematisismo M^* | 13,66 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,72 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,7520 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 363 di 439 |

7.4.5 Cinematismo B1: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800

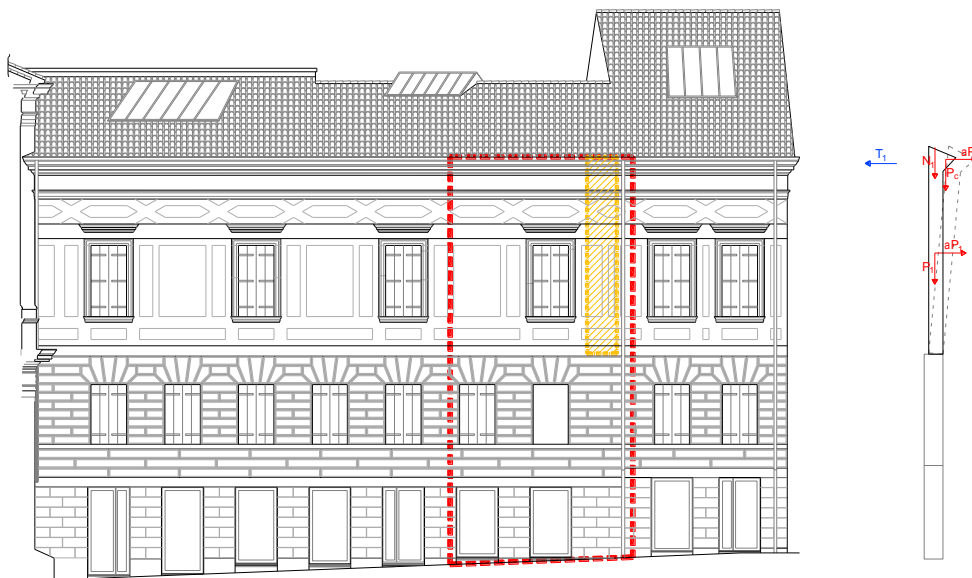


Figura 7.8: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 5,7 m, è dato da n°2 piastre tipo P poste in corrispondenza degli appoggi delle capriate.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 13,47 | 0,320 | 6,500 |
| Pc - cornice | 3,50 | -0,130 | 6,800 |
| P1 - parete | 59,62 | 0,250 | 3,450 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 15,72 | | 6,500 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 77 | kN | |
| arretram. cerniera t | 3,83 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 118,01 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 229,48 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,5142 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|-------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 6,90 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 11,04 | m |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 364 di 439 |

| | | |
|---|--------|---|
| massa partecipante al cinematiso M^* | 7,11 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,91 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,4704 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1972 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.6 Cinematiso B2: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800

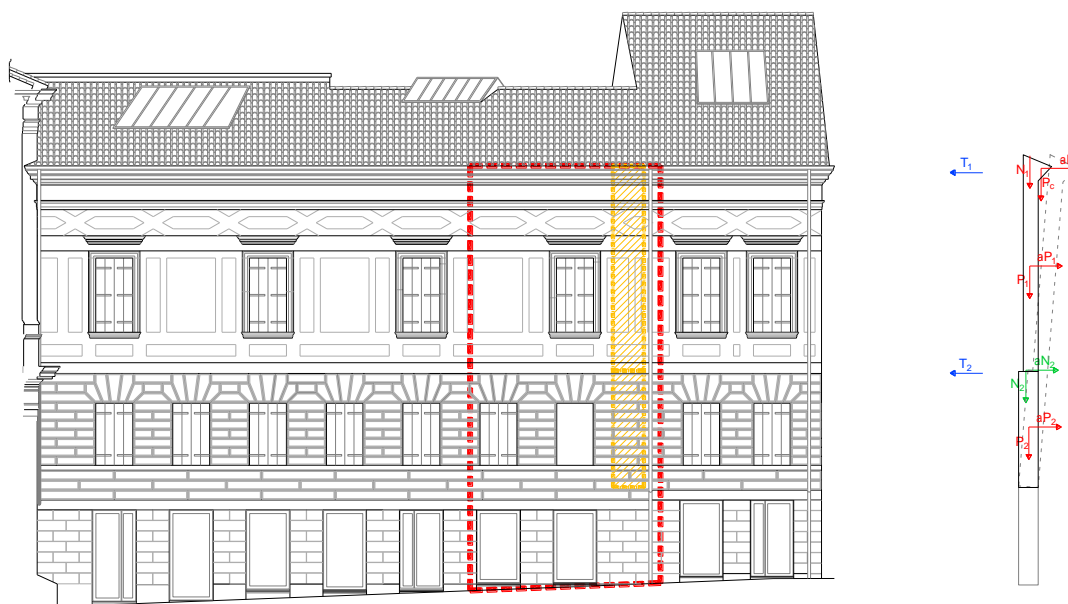


Figura 7.9: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T2 lungo l'intera parete, lunga 5,7 m, è dato da n°7 piatti/barra tramite tavolato e n°7 nastri forati di collegamento delle travi.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 13,47 | 0,320 | 10,250 |
| N1 - cornice | 3,50 | -0,130 | 10,550 |
| P1 - parete | 59,62 | 0,250 | 7,200 |
| N2 - solaio | 8,75 | 0,240 | 3,750 |
| P2 - parete | 40,50 | 0,300 | 1,875 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 15,72 | | 10,250 |
| T2 | 24,56 | | 3,750 |

arretramento cerniera t

calcolo coefficiente di collasso α_0



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 365 di 439 |

| | | |
|---------------------------------|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa |
| massa totale M | 126 | kN |
| arretram. cerniera t | 6,29 | cm |

| | | |
|----------------------------|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | 278,32 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | 574,91 | kNm |
| coefficiente α_0 | 0,4841 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 3,15 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 8,82 | m |
| massa partecipante al cinematisimo M^* | 10,04 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,78 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,5154 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.7 Cinematismo B3: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800



Figura 7.10: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T3 lungo l'intera parete, lunga 5,7 m, è dato da n°5 piatti/barra tramite tavolato e n°2 barre filettate $\phi 12$ mm inghisate nella muratura tramite i profili UNP. Tale intervento sarà realizzato nell'ambito del lotto IAT.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 13,47 | 0,320 | 13,400 |
| Pc - cornice | 3,50 | -0,130 | 13,700 |
| P1 - parete | 59,62 | 0,250 | 10,350 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 366 di 439 |

| | | | |
|-------------|-------|-------|-------|
| N2 - solaio | 8,75 | 0,240 | 6,900 |
| P2 - parete | 40,50 | 0,300 | 5,025 |
| P3 - parete | 34,02 | 0,300 | 1,575 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 15,72 | | 13,400 |
| T2 | 24,56 | | 6,900 |
| T3 | 17,00 | | 3,150 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 160 | kN |
| arretram. cerniera t | | 7,99 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 464,10 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 982,44 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,4724 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 7,28 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 12,55 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,77 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,5112 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 367 di 439 |

7.4.8 Cinematismo C1: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800

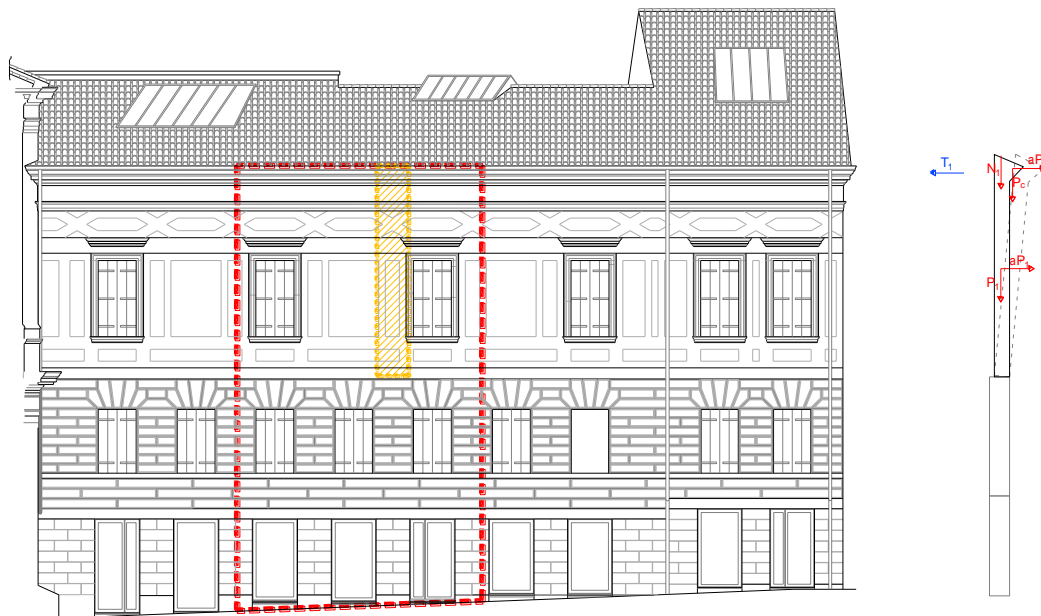


Figura 7.11: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 6,4 m, è dato da n°2 piastre tipo P poste in corrispondenza degli appoggi delle capriate/semicapriate.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 11,41 | 0,320 | 6,500 |
| Pc - cornice | 3,50 | -0,130 | 6,800 |
| P1 - parete | 59,62 | 0,250 | 3,450 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 10,81 | | 6,500 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 75 | kN | |
| arretram. cerniera t | 3,73 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 85,59 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 229,48 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,3730 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 6,90 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 368 di 439 |

| | | |
|--|--------|---|
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 10,97 | m |
| massa partecipante al cinematisimo M* | 6,94 | t |
| frazione di massa partecipante e* | 0,91 | |
| accelerazione sismica spettrale a _g /g | 0,3400 | |
| a _g /g normativa (q = 2,0) | 0,1972 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.9 Cinematismo C2: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800



Figura 7.12: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T2 lungo l'intera parete, lunga 6,4 m, è dato da n°7 piatti/barra tramite tavolato.
Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 11,41 | 0,320 | 10,250 |
| Pc - cornice | 3,50 | -0,130 | 10,550 |
| P1 - parete | 59,62 | 0,250 | 7,200 |
| N2 - solaio | 4,00 | 0,400 | 3,750 |
| P2 - parete | 40,50 | 0,300 | 1,875 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 10,81 | | 10,250 |
| T2 | 12,03 | | 3,750 |

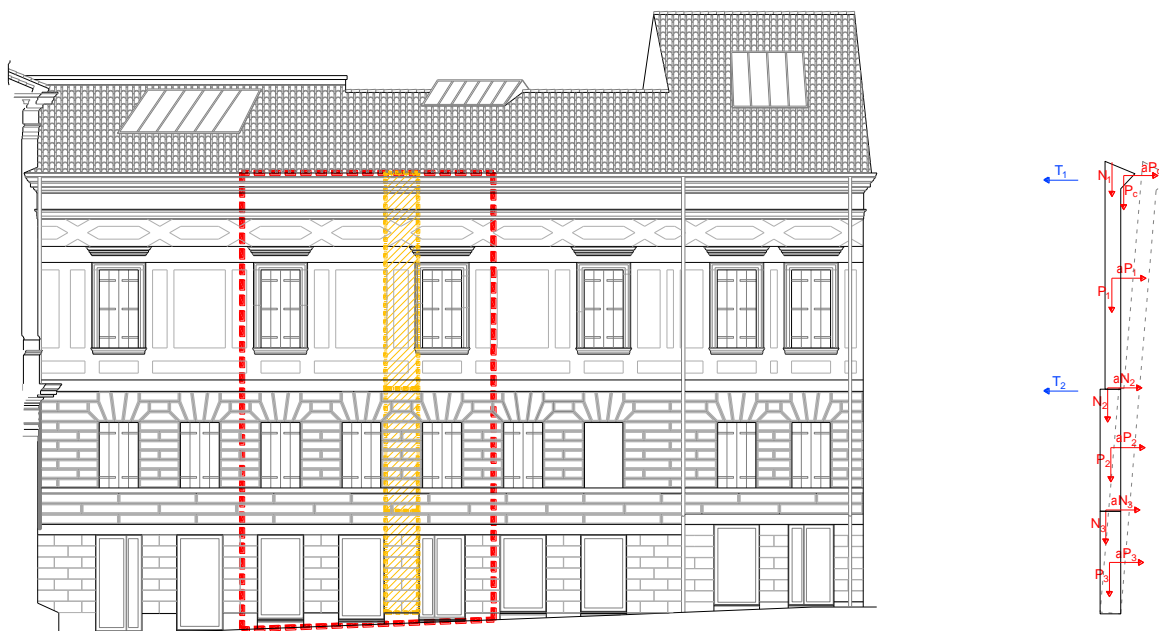
| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 369 di 439 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 119 | kN |
| arretram. cerniera t | | 5,95 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 180,68 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 557,10 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,3243 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 3,15 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 8,81 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 9,50 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,78 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,3453 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.10 Cinematismo C3: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 370 di 439 |

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 11,41 | 0,320 | 13,400 |
| Pc - cornice | 3,50 | -0,130 | 13,700 |
| P1 - parete | 59,62 | 0,250 | 10,350 |
| N2 - solaio | 4,00 | 0,400 | 6,900 |
| P2 - parete | 40,50 | 0,300 | 5,025 |
| N3 - solaio | 12,00 | 0,400 | 3,150 |
| P3 - parete | 34,02 | 0,300 | 1,575 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 10,81 | | 13,400 |
| T2 | 12,03 | | 6,900 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 165 | kN |
| arretram. cerniera t | | 8,25 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 261,10 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 987,47 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,2644 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 6,91 | m |
| massa partecipante al cinematisimo M^* | 12,61 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,75 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,2939 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 371 di 439 |

7.4.11 Cinematismo D1: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800

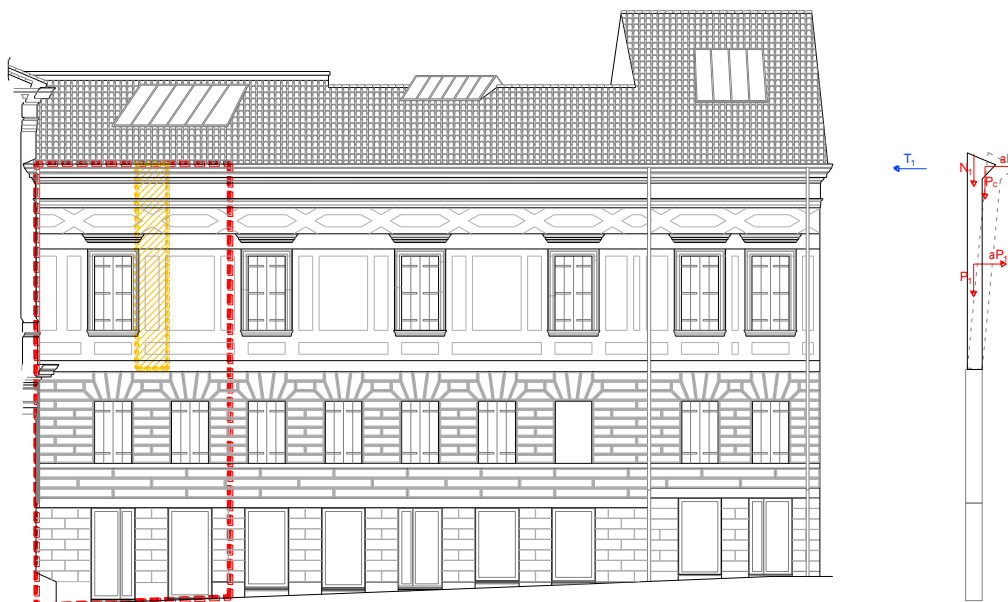


Figura 7.14: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 6,1 m, è dato da n°3 piastre tipo P poste in corrispondenza degli appoggi delle semicapriate.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 7,79 | 0,300 | 6,500 |
| Pc - cornice | 3,50 | -0,130 | 6,800 |
| P1 - parete | 59,62 | 0,225 | 3,400 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 17,01 | 1,000 | 6,800 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 71 | kN | |
| arretram. cerniera t | 3,55 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 128,45 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 226,49 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,5671 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 7,36 | m |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 372 di 439 |

| | | |
|--|--------|---|
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 11,27 | m |
| massa partecipante al cinematismo M* | 6,63 | t |
| frazione di massa partecipante e* | 0,92 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,5149 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,2050 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.12 Cinematismo D2: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800

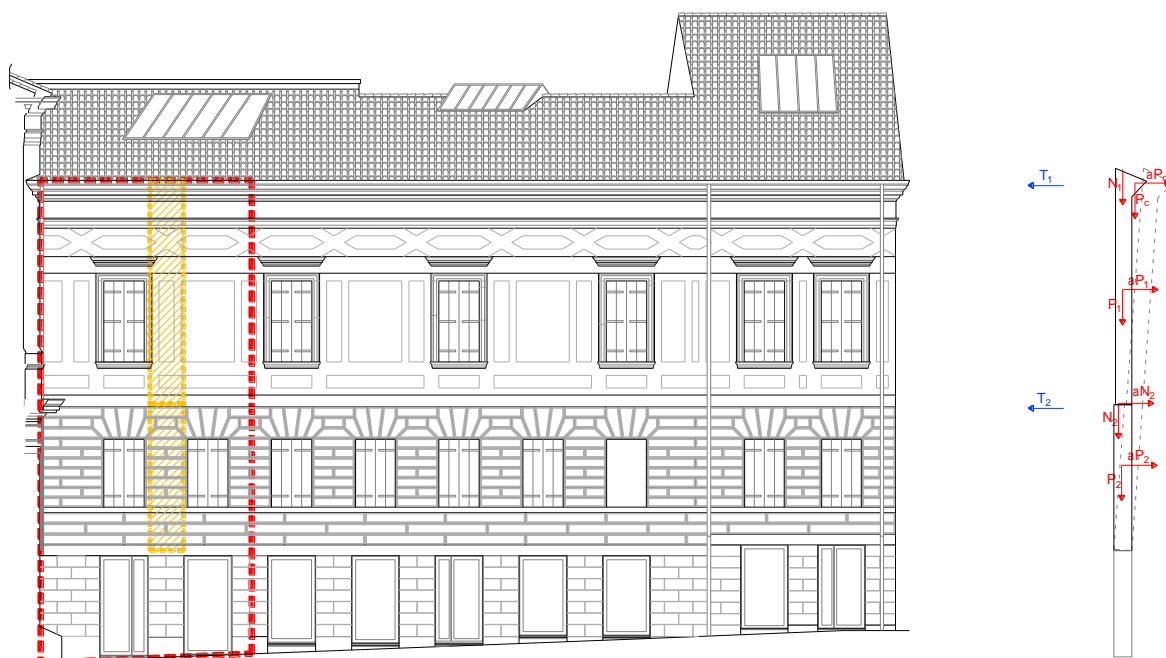


Figura 7.15: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T2 lungo l'intera parete, lunga 6,1 m, è dato da n°6 piatti/barra ai fianchi delle travi e n°6 nastri forati a collegamento delle travi stesse.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 7,79 | 0,300 | 10,760 |
| Pc - cornice | 3,50 | -0,130 | 11,060 |
| P1 - parete | 59,62 | 0,225 | 7,660 |
| N2 - solaio | 4,75 | 0,300 | 4,260 |
| P2 - parete | 34,51 | 0,250 | 2,130 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 373 di 439 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 17,01 | 1,000 | 11,060 |
| T2 | 19,67 | | 4,260 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 110 | kN |
| arretram. cerniera t | | 5,51 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 291,20 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 589,10 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,4943 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 3,10 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 9,21 | m |
| massa partecipante al cinematisismo M^* | 9,10 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,81 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,5082 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.13 Cinematismo D3: Ribaltamento porzione di facciata lato Nord – Ala '800



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 374 di 439 |

Il contributo stabilizzante T3 lungo l'intera parete, lunga 6,1 m, è dato da n°6 piatti/barra ai fianchi delle travi e n°6 nastri forati a collegamento delle travi stesse. Tale intervento sarà realizzato nell'ambito di un successivo stralcio funzionale.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura (2+1/2 CAPRIATE + PAK) | 7,79 | 0,300 | 13,860 |
| N2 - cornice | 3,50 | -0,130 | 14,160 |
| P1 - parete | 59,62 | 0,225 | 10,760 |
| N2 - SOLAIO | 9,00 | 0,300 | 7,360 |
| p2 - parete | 34,51 | 0,250 | 5,230 |
| N3 - SOLAIO | 9,00 | 0,333 | 3,100 |
| P3 - PARETE | 27,90 | 0,250 | 1,550 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 17,01 | 1,000 | 14,160 |
| T2 | 19,67 | | 7,360 |
| T3 | 19,67 | 1,000 | 3,100 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 151 | kN |
| arretram. cerniera t | | 7,57 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|---------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 471,76 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 1008,88 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,4676 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 7,38 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 11,90 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,77 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,5051 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 375 di 439 |

7.4.14 Cinematismo H1: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800

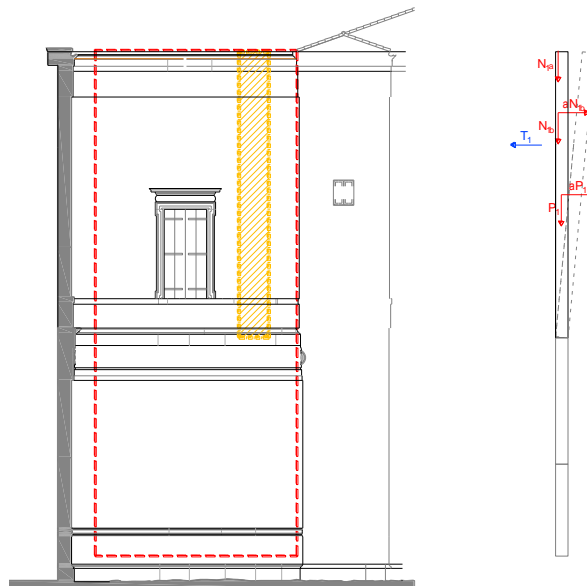


Figura 7.17: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 5,7 m, è dato da n°2 piastre tipo P poste in corrispondenza degli appoggi delle semicapriate.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura - puntone | 6,12 | 0,267 | 9,650 |
| N1 - copertura - catena | 1,79 | 0,267 | 6,530 |
| P1 - parete | 69,48 | 0,200 | 4,825 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 12,14 | | 6,500 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 77 | kN | |
| arretram. cerniera t | 3,87 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 91,92 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 346,93 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,2650 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|-------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 7,36 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 12,61 | m |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 376 di 439 |

| | | |
|---|--------|---|
| massa partecipante al cinematiso M^* | 7,42 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,94 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,2347 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1706 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.15 Cinematiso H2: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800

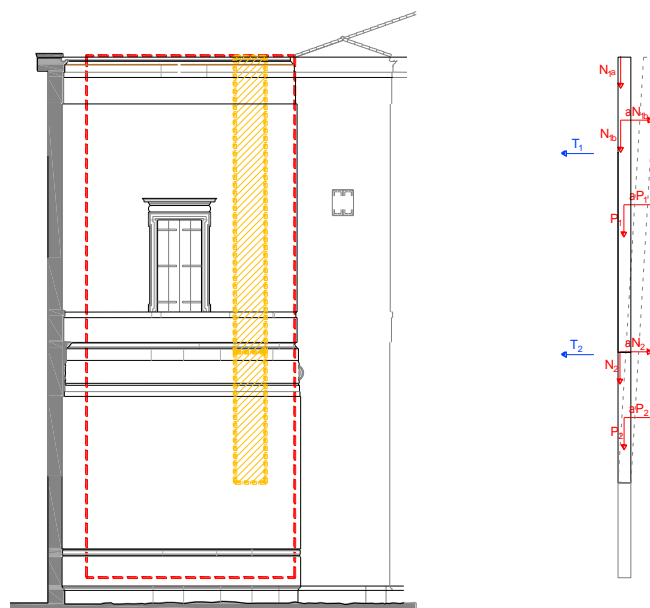


Figura 7.18: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T2 lungo l'intera parete, lunga 5,7 m, è dato da n°6 piatti/barra ai fianchi delle travi e n°6 nastri forati a collegamento delle travi stesse.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura - puntone | 6,12 | 0,267 | 13,910 |
| N1 - copertura - catena | 1,79 | 0,267 | 10,790 |
| P1 - parete | 69,48 | 0,200 | 9,085 |
| N2 - solaio | 4,00 | 0,300 | 4,260 |
| P2 - parete | 30,67 | 0,200 | 2,130 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 12,14 | | 10,750 |
| T2 | 21,05 | | 4,260 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 377 di 439 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 112 | kN |
| arretram. cerniera t | | 5,60 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 237,24 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 818,03 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,2900 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 3,10 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 10,40 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 9,29 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,81 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*/g | 0,2970 | |
| a^*/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.16 Cinematismo H3: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800

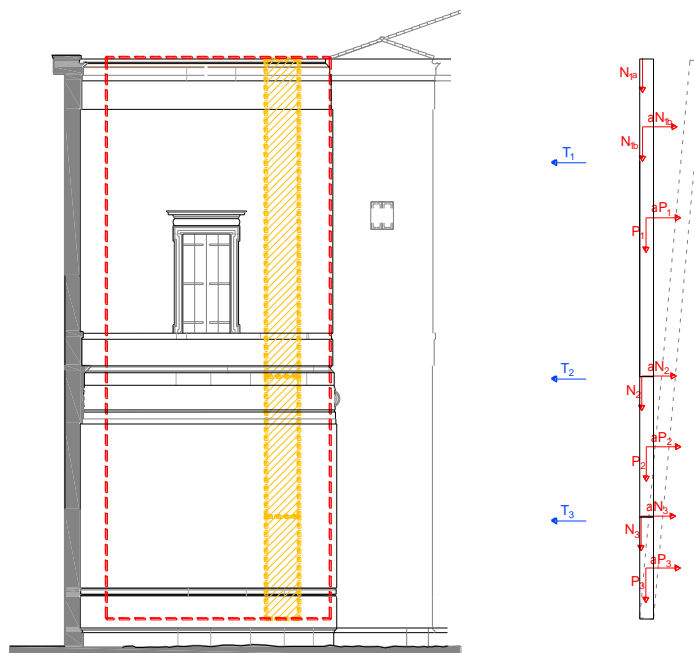


Figura 7.19: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T3 lungo l'intera parete, lunga 5,7 m, è dato da n°6 piatti/barra ai fianchi delle travi e n°6 nastri forati a collegamento delle travi stesse. Tale intervento verrà realizzato nell'ambito di un successivo stralcio funzionale.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 378 di 439 |

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura - puntone | 6,12 | 0,267 | 17,010 |
| N1 - copertura - catena | 1,79 | 0,267 | 13,890 |
| P1 - parete | 69,48 | 0,200 | 12,185 |
| N2 - solaio | 4,00 | 0,300 | 7,360 |
| P2 - parete | 30,67 | 0,200 | 5,230 |
| N3 - solaio | 4,00 | 0,300 | 3,100 |
| P3 - parete | 22,32 | 0,200 | 1,550 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 12,14 | | 13,850 |
| T2 | 21,05 | | 7,360 |
| T3 | 21,05 | | 3,100 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 138 | kN |
| arretram. cerniera t | | 6,92 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|---------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 407,75 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 1212,42 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,3363 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 8,76 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 11,03 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,78 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,3583 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 379 di 439 |

7.4.17 Cinematismo I1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800



Figura 7.20: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 5,3 m, è dato da n°3 piatti/barra posti sul fianco delle travi.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 1,79 | 0,200 | 9,310 |
| P1 - parete | 50,27 | 0,150 | 4,655 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 12,42 | | 6,360 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 52 | kN | |
| arretram. cerniera t | 2,60 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 85,53 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 234,03 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,3655 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 8,20 | m |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 380 di 439 |

| | | |
|--|--------|---|
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 13,01 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 5,15 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,97 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,3140 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1847 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.18 Cinematismo I2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800



Figura 7.21: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T2 lungo l'intera parete, lunga 5,3 m, è dato da n°7 piatti/barra tramite tavolato.
Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 1,79 | 0,200 | 13,310 |
| P1 - parete | 50,27 | 0,150 | 8,655 |
| P2 - parete | 27,00 | 0,225 | 2,000 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 12,42 | | 10,360 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 381 di 439 |

| | | |
|----|-------|-------|
| T2 | 14,52 | 4,000 |
|----|-------|-------|

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 79 | kN | |
| arretram. cerniera t | 3,95 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 197,60 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 489,12 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,4040 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 4,20 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 10,69 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 6,40 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,79 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,4240 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.19 Cinematismo I3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

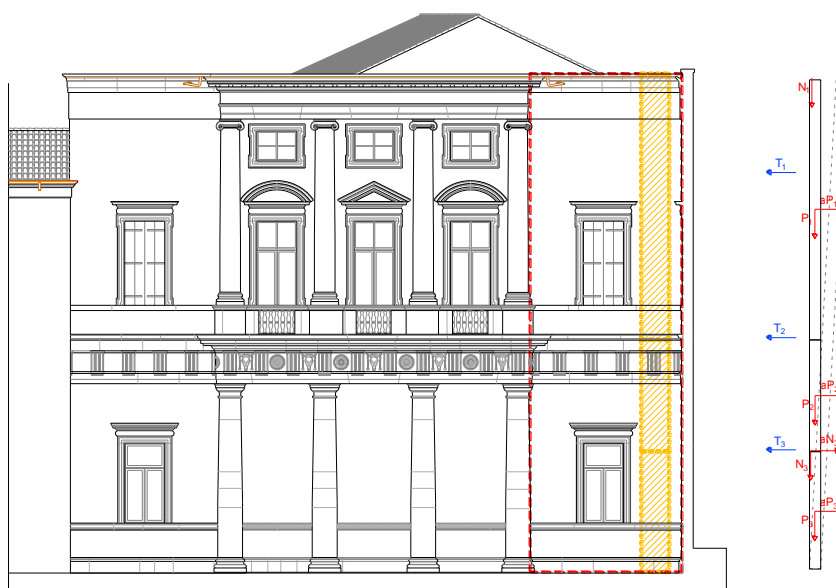


Figura 7.22: schema generale del macro-elemento considerato

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 382 di 439 |

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 1,79 | 0,200 | 17,510 |
| P1 - parete | 50,27 | 0,150 | 12,855 |
| N2 - solaio | 11,25 | 0,300 | 8,200 |
| P2 - parete | 27,00 | 0,225 | 6,200 |
| N3 - solaio | 11,25 | 0,300 | 4,200 |
| P3 - parete | 34,02 | 0,225 | 2,100 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 12,42 | | 14,560 |
| T2 | 14,52 | | 8,200 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 136 | kN |
| arretram. cerniera t | | 6,78 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|---------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 319,09 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 1024,61 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,3114 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 7,79 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 10,33 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,75 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,3471 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 383 di 439 |

7.4.20 Cinematismo L1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800



Figura 7.23: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 nel tratto lungo 0,7 m corrispondente alla singola colonna è dato da n°1 piastra tipo P.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura - puntone | 5,59 | 0,407 | 3,600 |
| N1 - copertura - catena | 11,17 | 0,407 | 1,100 |
| N1 - cornice | 61,25 | -0,060 | 3,000 |
| P1 - parete | 56,70 | 0,365 | 1,800 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 34,60 | | 2,900 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 135 | kN | |
| arretram. cerniera t | 9,62 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 111,21 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 285,81 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,3891 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|-------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 0,70 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 14,20 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,33 | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 384 di 439 |

| | | |
|--|--------|---|
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 16,56 | m |
| massa partecipante al cinematisismo M* | 12,57 | t |
| frazione di massa partecipante e* | 0,92 | |
| accelerazione sismica spettrale a*/g | 0,3541 | |
| a*/g normativa (q = 2,0) | 0,3262 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.21 Cinematisismo L2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800



Figura 7.24: schema generale del macro-elemento considerato

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|--------------------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura - puntone | 5,59 | 0,727 | 9,300 |
| N1 - copertura - catena | 11,17 | 0,727 | 6,800 |
| N1 - cornice | 61,25 | 0,260 | 8,700 |
| P1 - parete | 56,70 | 0,685 | 7,500 |
| N2 - solaio | 1,33 | 0,727 | 5,700 |
| P2 - parete | 89,78 | 0,685 | 2,850 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 34,60 | | 8,600 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 226 | kN | |
| arretram. cerniera t | 3,23 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|---------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 419,68 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 1349,50 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,3110 | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 385 di 439 |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 3,50 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 8,50 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,33 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 14,48 | m |
| massa partecipante al cinematisismo M^* | 19,34 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,84 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,3084 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1953 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.22 Cinematismo L3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800



Figura 7.25: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T3 lungo l'intera parete, lunga 10,35 m, è dato da n°11 barre filettate inghisate, in corrispondenza delle travi IPE.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 0,7 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura - puntone | 5,59 | 0,607 | 17,800 |
| N1 - copertura - catena | 11,17 | 0,607 | 15,300 |
| N1 - cornice | 61,25 | 0,140 | 17,200 |
| P1 - parete | 56,70 | 0,565 | 16,000 |
| N2 - solaio | 1,33 | 0,607 | 14,200 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 386 di 439 |

| | | | |
|--------------------------|--------|--------|--------|
| P2 - parete | 89,78 | 0,565 | 11,350 |
| N3 - solaio | 27,50 | 0,767 | 8,500 |
| P3 - arco colonna pietra | 189,24 | 0,565 | 5,000 |
| P3 - cornice | 26,25 | -0,130 | 8,000 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 34,60 | | 17,100 |
| T3 | 15,73 | | 8,500 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 469 | kN |
| arretram. cerniera t | | 29,30 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|---------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 814,90 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 4388,48 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,1857 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 0,80 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,33 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 9,94 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 38,65 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,81 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,1914 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 387 di 439 |

7.4.23 Cinematismo M1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

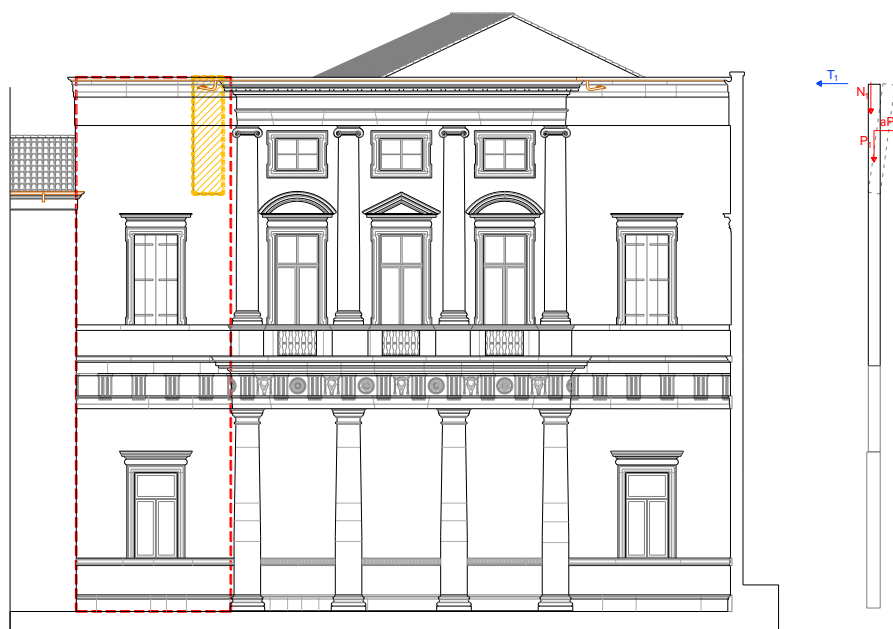


Figura 7.26: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 5,3 m, è dato da n°1 piastra tipo P.
Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 6,50 | 0,267 | 3,900 |
| P1 - parete | 28,08 | 0,200 | 1,950 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 6,52 | | 3,900 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 35 | kN | |
| arretram. cerniera t | 1,73 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 32,18 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 54,76 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,5877 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|-------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 13,80 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,33 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 16,12 | m |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 388 di 439 |

| | | |
|---|--------|---|
| massa partecipante al cinematisismo M^* | 3,18 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,90 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,5427 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,3188 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.24 Cinematisismo M2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

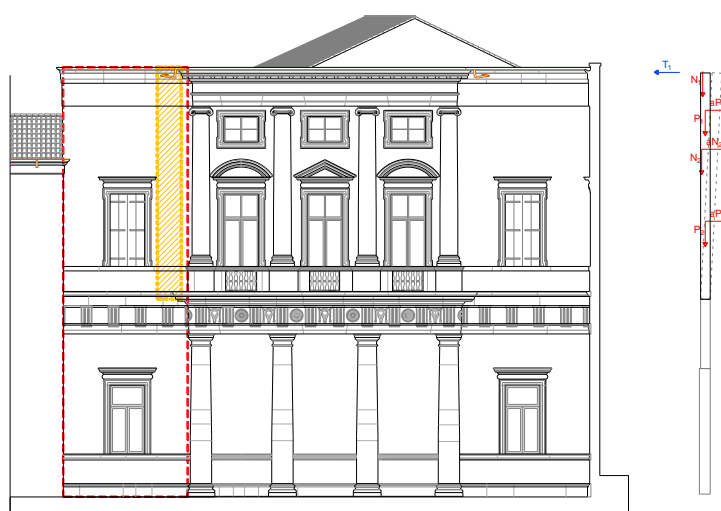


Figura 7.27: schema generale del macro-elemento considerato

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 6,50 | 0,267 | 9,600 |
| P1 - parete | 28,08 | 0,200 | 7,650 |
| N2 - solaio sottotetto | 2,55 | 0,267 | 5,700 |
| P2 - parete | 41,04 | 0,200 | 2,850 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 6,52 | | 9,600 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 78 | kN | |
| arretram. cerniera t | 3,91 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 75,77 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 408,71 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,1854 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 8,10 | m |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 389 di 439 |

| | | |
|--|--------|---|
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,33 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 13,33 | m |
| massa partecipante al cinematisismo M* | 6,40 | t |
| frazione di massa partecipante e* | 0,80 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,1922 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1871 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.25 Cinematisismo M3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

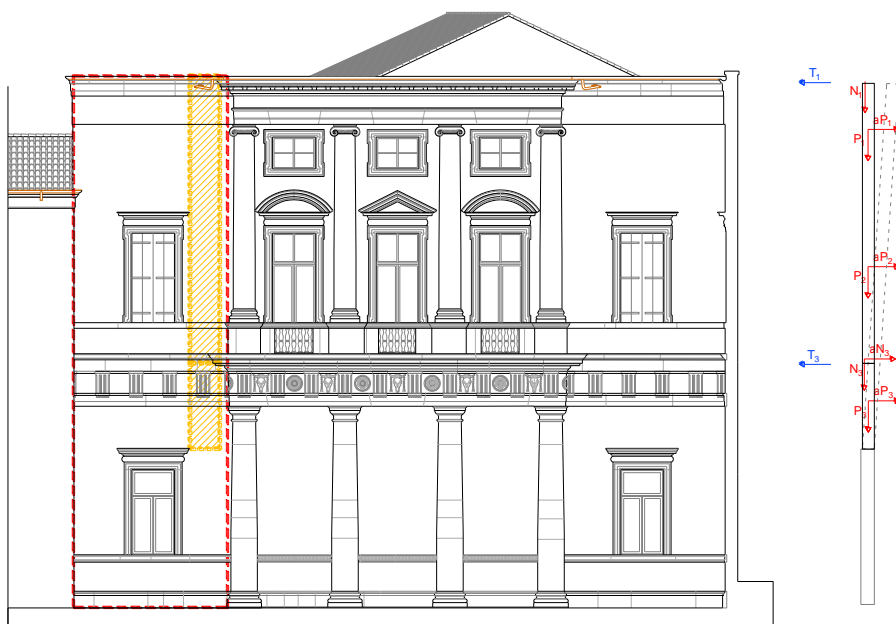


Figura 7.28: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T3 lungo l'intera parete, lunga 5,3 m, è dato da n°6 piatti/barra posti sul fianco delle travi.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 6,50 | 0,267 | 12,480 |
| P1 - parete | 28,08 | 0,200 | 10,530 |
| N2 - solaio sottotetto | 2,55 | 0,267 | 8,580 |
| P2 - parete | 41,04 | 0,200 | 5,730 |
| N3 - solaio | 10,00 | 0,267 | 2,880 |
| P3 - parete | 20,74 | 0,200 | 1,440 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 390 di 439 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 6,52 | | 12,480 |
| T3 | 24,84 | | 2,880 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 109 | kN |
| arretram. cerniera t | | 5,45 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 170,03 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 692,50 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,2455 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 5,22 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,33 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 11,58 | m |
| massa partecipante al cinematisimo M^* | 8,45 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,76 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,2689 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.26 Cinematismo M4: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

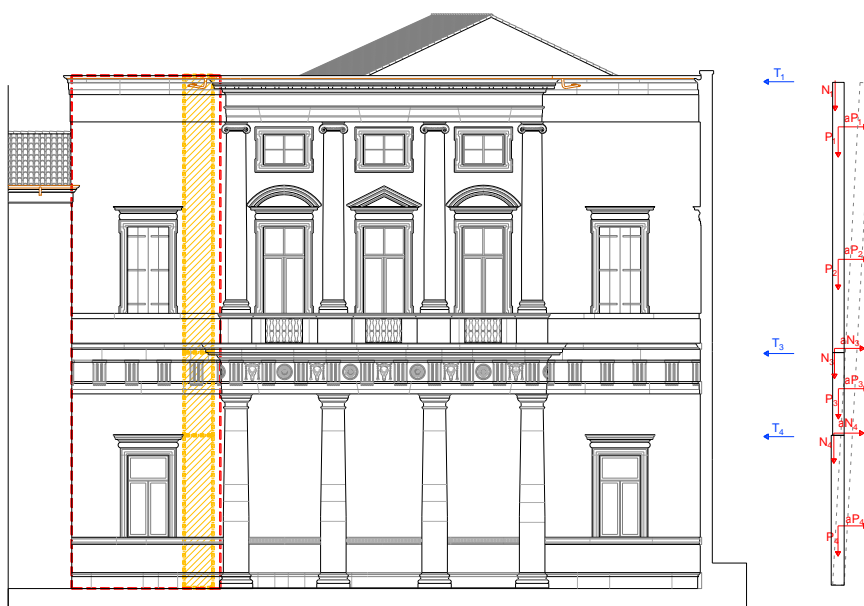


Figura 7.29: schema generale del macro-elemento considerato

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 391 di 439 |

Il contributo stabilizzante T4 lungo l'intera parete, lunga 5,3 m, è dato da n°11 barre filettate $\phi 12$ mm inghisate, in corrispondenza delle travi in acciaio.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 6,50 | 0,267 | 17,700 |
| P1 - parete | 28,08 | 0,200 | 15,750 |
| N2 - solaio sottotetto | 2,55 | 0,267 | 13,800 |
| P2 - parete | 41,04 | 0,200 | 10,950 |
| N3 - solaio | 10,00 | 0,267 | 8,100 |
| P3 - parete | 20,74 | 0,200 | 6,660 |
| N4 - solaio | 10,00 | 0,300 | 5,220 |
| P4 - parete | 42,28 | 0,225 | 2,610 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 6,52 | | 17,700 |
| T3 | 24,84 | | 8,100 |
| T4 | 43,89 | | 5,220 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 161 | kN |
| arretram. cerniera t | | 8,06 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|---------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 568,29 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 1423,55 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,3992 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 5,22 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,33 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 14,05 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 12,49 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,76 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,4378 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 392 di 439 |

7.4.27 Cinematismo N1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

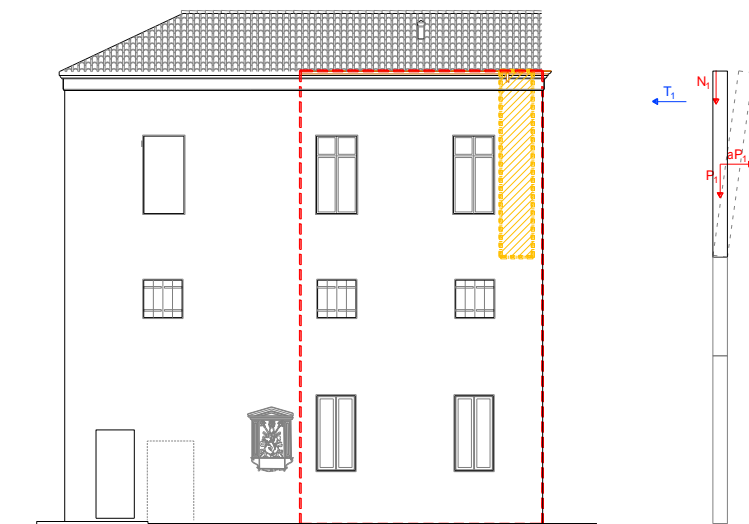


Figura 7.30: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 6,7 m, è dato da n°1 piastra tipo P.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1-copertura | 10,01 | 0,300 | 5,400 |
| P1-parete | 43,74 | 0,225 | 2,700 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 5,16 | | 5,400 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 54 | kN | |
| arretram. cerniera t | 2,69 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 39,26 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 118,10 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,3325 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|-------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 8,10 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 11,30 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 4,95 | t |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 393 di 439 |

| | | |
|---|--------|--|
| frazione di massa partecipante e^* | 0,90 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,3069 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,2366 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.28 Cinematismo N2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

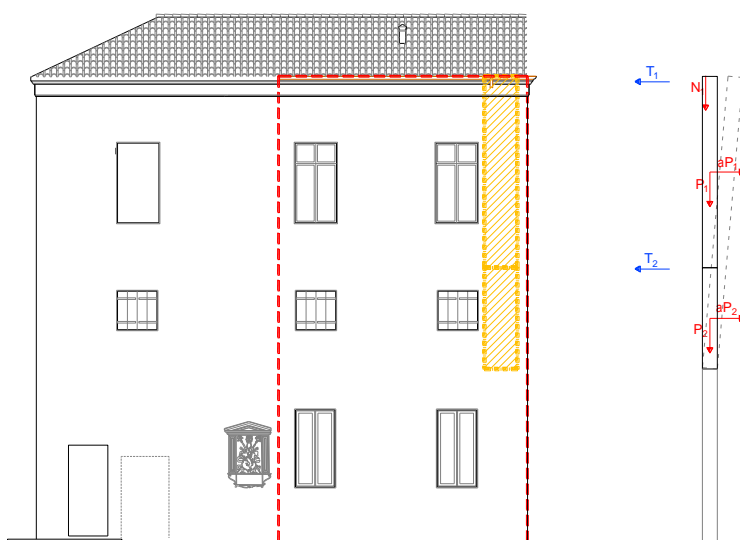


Figura 7.31: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T2 lungo l'intera parete, lunga 6,7 m, è dato da n°9 barre a.m. $\phi 12$ mm inghisate nella muratura e annegate nel getto della soletta collaborante del solaio.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 10,01 | 0,300 | 8,280 |
| P1 - parete | 43,74 | 0,225 | 5,580 |
| P2 - parete | 23,33 | 0,225 | 1,440 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 5,16 | | 8,280 |
| T2 | 28,41 | | 2,880 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 77 | kN | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 139,67 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 277,66 | kNm | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 394 di 439 |

| | | | | |
|----------------------|------|----|-------------------------|--------|
| arretram. cerniera t | 3,85 | cm | coefficiente α_0 | 0,5030 |
|----------------------|------|----|-------------------------|--------|

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 5,22 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 9,90 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 6,32 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,80 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,5211 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1525 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.29 Cinematismo N3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

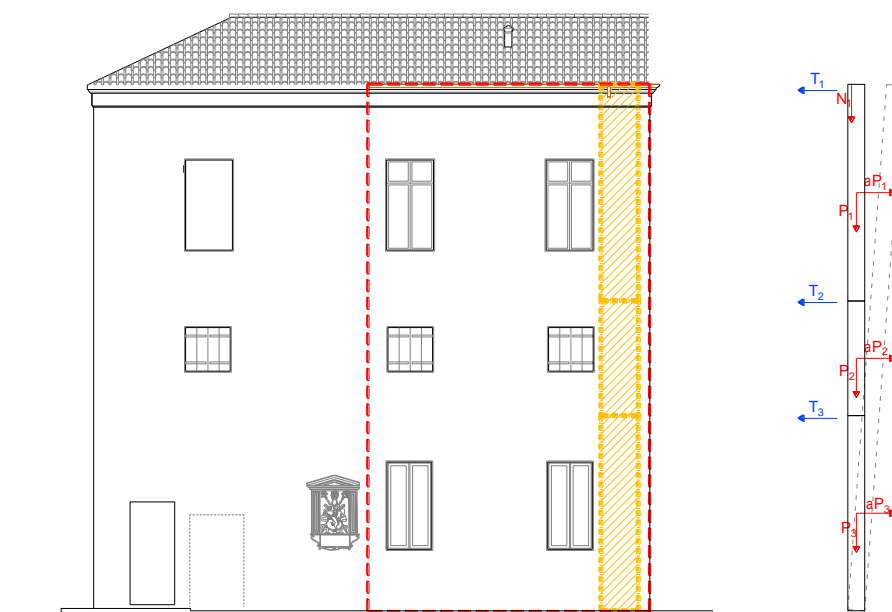


Figura 7.32: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T3 lungo l'intera parete, lunga 6,7 m, è dato da n°2 barre filettate $\phi 12$ mm inghisate nella muratura e ancorate ai profili UNP del solaio.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 10,01 | 0,300 | 13,500 |
| P1 - parete | 43,74 | 0,225 | 10,800 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 395 di 439 |

| | | | |
|-------------|-------|-------|-------|
| P2 - parete | 23,33 | 0,225 | 6,660 |
| P3 - parete | 42,28 | 0,225 | 2,610 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 5,16 | | 13,500 |
| T2 | 28,42 | | 8,100 |
| T3 | 6,31 | | 5,220 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 119 | kN | |
| arretram. cerniera t | 5,97 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 353,28 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 738,11 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,4786 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 7,32 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 9,42 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,77 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0,5150 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 396 di 439 |

7.4.30 Cinematismo O1: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

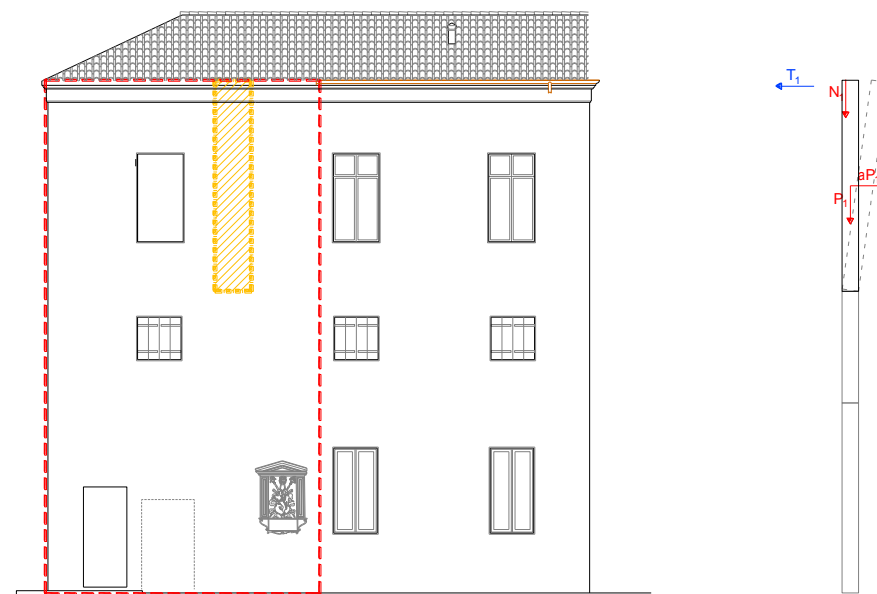


Figura 7.33: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 6,6 m, è dato da n°1 piastra tipo P.
Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 5,19 | 0,300 | 5,400 |
| P1 - parete | 43,74 | 0,225 | 2,700 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 5,24 | | 5,200 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 49 | kN |
| arretram. cerniera t | | 2,45 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 37,45 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 118,10 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,3171 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|-------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 8,10 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 11,09 | m |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 397 di 439 |

| | | |
|---|--------|---|
| massa partecipante al cinematisimo M^* | 4,63 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,93 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,2847 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,2366 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.31 Cinematisimo O2: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

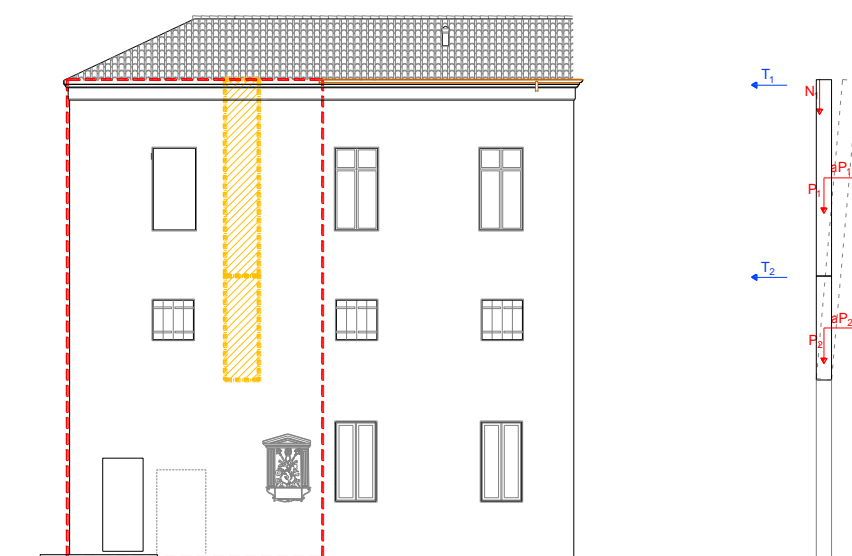


Figura 7.34: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T2 lungo l'intera parete, lunga 6,6 m, è dato da n°9 barre a.m. $\phi 12$ mm inghisate nella muratura e annegate nel getto della soletta collaborante del solaio.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1- copertura | 5,19 | 0,300 | 8,280 |
| P1 - parete | 43,74 | 0,225 | 5,580 |
| P2 - parete | 23,33 | 0,225 | 1,440 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 5,24 | | 8,000 |
| T2 | 28,84 | | 2,880 |

| arretramento cerniera t | | |
|---------------------------------|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | |
|---|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | 139,02 | kNm |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 398 di 439 |

| | | | | | |
|----------------------|------|----|----------------------------|--------|-----|
| massa totale M | 72 | kN | momenti inst. M_{instab} | 277,66 | kNm |
| arretram. cerniera t | 3,61 | cm | coefficiente α_0 | 0,5007 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 5,22 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 9,66 | m |
| massa partecipante al cinematisimo M^* | 5,93 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,81 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,5179 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1525 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.32 Cinematismo O3: Ribaltamento porzione di facciata lato Est – Ala '800

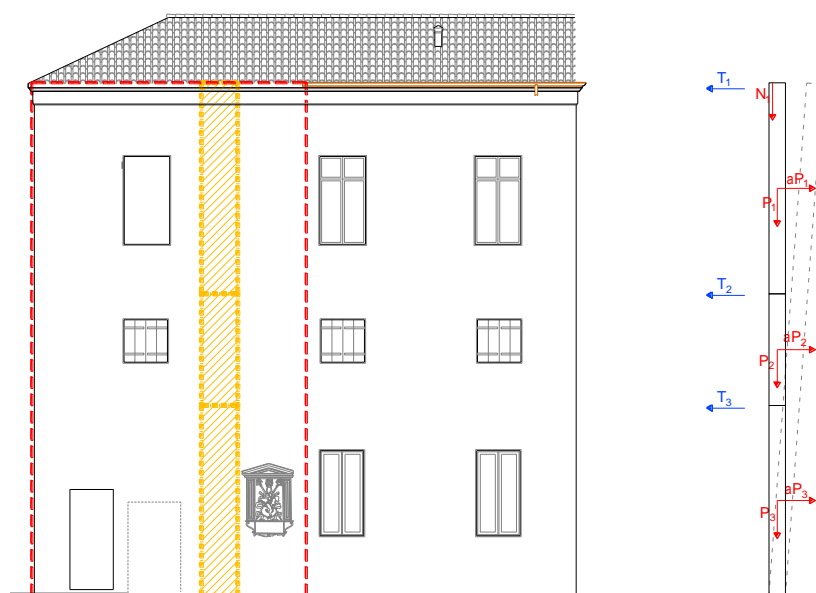


Figura 7.35: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T3 lungo l'intera parete, lunga 6,6 m, è dato da n°9 barre a.m. $\phi 12$ mm inghisate nella muratura e annegate nel getto della soletta collaborante del solaio.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 5,19 | 0,300 | 13,500 |
| P1 - parete | 43,74 | 0,225 | 10,800 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 399 di 439 |

| | | | |
|-------------|-------|-------|-------|
| P2 - parete | 23,33 | 0,225 | 6,660 |
| P3 - parete | 42,28 | 0,225 | 2,610 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 5,24 | | 13,200 |
| T2 | 28,84 | | 8,100 |
| T3 | 28,84 | | 5,220 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 115 | kN | |
| arretram. cerniera t | 5,73 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 472,92 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 738,11 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,6407 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 7,06 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 9,03 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,77 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,6901 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 400 di 439 |

7.4.33 Cinematismo P1: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800

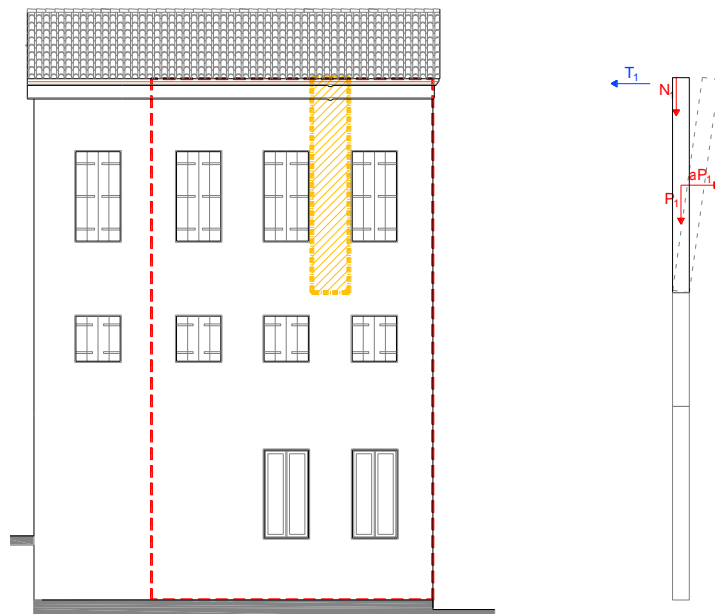


Figura 7.36: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 10 m, è dato da n°2 piastre tipo P.
Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 10,38 | 0,300 | 5,400 |
| P1 - parete | 43,74 | 0,225 | 2,700 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 6,92 | | 5,400 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1,333 | MPa | |
| massa totale M | 54 | kN | |
| arretram. cerniera t | 2,71 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 48,86 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 118,10 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0,4137 | | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|-------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 8,10 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 11,32 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 4,97 | t |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 401 di 439 |

| | | |
|---|--------|--|
| frazione di massa partecipante e^* | 0,90 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,3824 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,2366 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.34 Cinematismo P2: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800

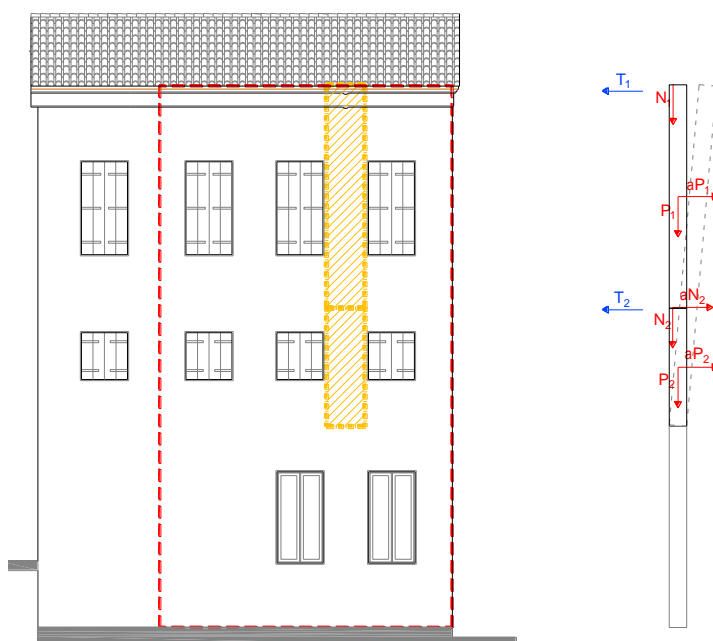


Figura 7.37: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T2 lungo l'intera parete, lunga 10 m, è dato da n°9 barre a.m. $\phi 12$ mm inghisate nella muratura e annegate nel getto della soletta collaborante del solaio.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|
| N1 - copertura | 10,38 | 0,300 | 8,280 |
| P1 - parete | 43,74 | 0,225 | 5,580 |
| P2 - parete | 23,33 | 0,225 | 1,440 |
| N2 - solaio | 25,80 | 0,300 | 2,880 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|--------------------|------------|--------------|--------------|
| T1 | 6,92 | | 8,280 |
| T2 | 19,00 | | 2,880 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 402 di 439 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 103 | kN |
| arretram. cerniera t | | 5,16 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 132,63 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 351,95 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,3768 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 5,22 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 9,46 | m |
| massa partecipante al cinematisimo M^* | 8,37 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,80 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,3950 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1525 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.35 Cinematismo P3: Ribaltamento porzione di facciata lato Sud – Ala '800

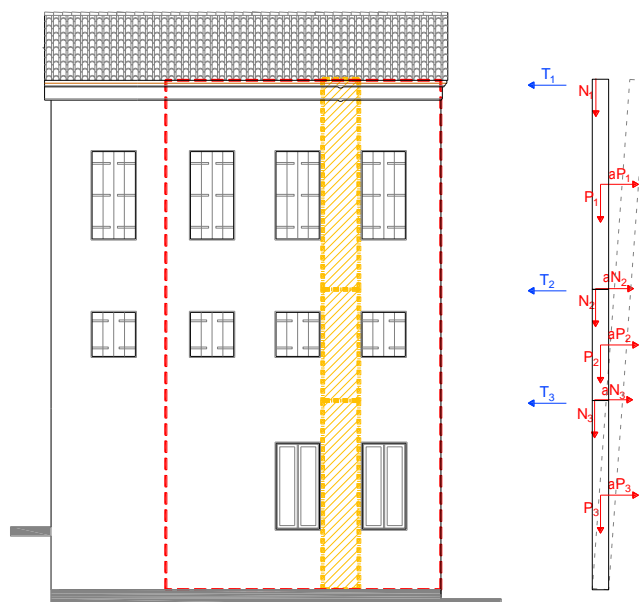


Figura 7.38: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T3 lungo l'intera parete, lunga 10 m, è dato da n°9 barre a.m. $\phi 12$ mm inghisate nella muratura e annegate nel getto della soletta collaborante del solaio.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 403 di 439 |

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1 - copertura | 10,38 | 0,300 | 13,500 |
| P1 - parete | 43,74 | 0,225 | 10,800 |
| P2 - parete | 23,33 | 0,225 | 6,660 |
| N2 - solaio | 25,80 | 0,300 | 8,100 |
| P3 - parete | 42,28 | 0,225 | 2,610 |
| N3 - solaio | 25,80 | 0,225 | 5,220 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 6,92 | | 13,500 |
| T2 | 19,00 | | 8,100 |
| T3 | 19,00 | | 5,220 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|--|-------|-----|
| tens. rott. schiacc. σ_k | | 1,333 | MPa |
| massa totale M | | 171 | kN |
| arretram. cerniera t | | 8,57 | cm |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|---------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 373,09 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 1081,70 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0,3449 | |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1,00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 0,00 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1,29 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 7,13 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 14,21 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 0,81 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0,3533 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0,1265 | |
| Verifica soddisfatta | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 404 di 439 |

7.4.36 Cinematismo Q1: Ribaltamento verso esterno porzione di facciata lato Ovest (vano scala) – Ala '800



Figura 7.39: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T1 lungo l'intera parete, lunga 6.7 m, è dato da n°3 piatto/barra filettata $\phi 12$ mm inghisata nella muratura tramite gli arcarecci.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1-copertura | 0.00 | | |
| P1-parete | 32.40 | 0.200 | 2.250 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 - inghisaggi | 9.47 | | 4.300 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1.333 | MPa | |
| massa totale M | 32 | kN | |
| arretram. cerniera t | 1.62 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--------|-----|--|
| momenti stab. M_{stab} | 46.68 | kNm | |
| momenti inst. M_{instab} | 72.90 | kNm | |
| coefficiente α_0 | 0.6403 | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 405 di 439 |

| Verifica mediante analisi cinematica lineare | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1.00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 11.22 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1.33 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 13.47 | m |
| massa partecipante al cinematisismo M^* | 3.30 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 1.00 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_g/g | 0.5336 | |
| a^*_g/g normativa ($q = 2,0$) | 0.2924 | |
| Verifica soddisfatta | | |

7.4.37 Cinematismo Q2: Ribaltamento verso interno porzione di facciata lato Ovest (vano scala) – Ala '800



Figura 7.40: schema generale del macro-elemento considerato

Il contributo stabilizzante T_1 lungo l'intera parete, lunga 6.7 m, è dato da n°3 piatto/barra filettata $\phi 12$ mm inghisata nella muratura tramite le travi di passerella alla quota del controsoffitto (a favore di sicurezza non si è tenuto conto dell'azione di controventamento esercitata dalle falde di copertura).

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1m.

| | | | |
|--|---|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 406 di 439 |

| Masse sismiche | P_i (kN) | x_i (m) | y_i (m) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N1-copertura | 0.00 | | |
| P1-parete | 52.92 | 0.200 | 3.675 |

| Azioni orizzontali | H_i (kN) | x_{Hi} (m) | y_{Hi} (m) |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 9.47 | | 5.250 |

| arretramento cerniera t | | | |
|---------------------------------|-------|-----|--|
| tens. rott. schiacc. σ_k | 1.333 | MPa | |
| massa totale M | 53 | kN | |
| arretram. cerniera t | 2.65 | cm | |

| calcolo coefficiente di collasso α_0 | | | |
|---|--|--------|-----|
| momenti stab. M_{stab} | | 58.90 | kNm |
| momenti inst. M_{instab} | | 194.48 | kNm |
| coefficiente α_0 | | 0.3029 | |

| <u>Verifica mediante analisi cinematica lineare</u> | | |
|--|--------|---|
| Lunghezza della cerniera di calcolo | 1.00 | m |
| quota cerniera rispetto al piano di fondazione H_0 | 8.37 | m |
| coefficiente di partecipazione modale γ | 1.33 | |
| quota baricentro masse risp. piano di fondazione Z | 12.05 | m |
| massa partecipante al cinematismo M^* | 5.39 | t |
| frazione di massa partecipante e^* | 1.00 | |
| accelerazione sismica spettrale a^*_q/g | 0.2524 | |
| a^*_q/g normativa ($q = 2,0$) | 0.2181 | |
| Verifica soddisfatta | | |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 407 di 439 |

7.4.38 Cinematismo Q3: Flessione verso interno porzione di facciata lato Nord – Vano scala - (3pareti) – Ala '800

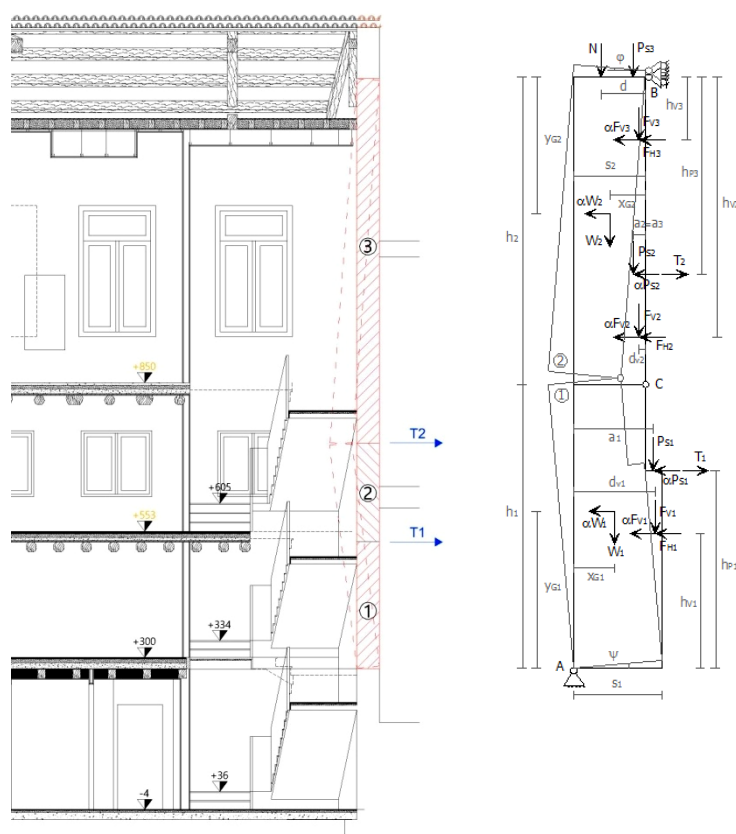


Figura 7.41: schema generale del macro-elementi considerato

Il contributo stabilizzante T1, T2 lungo l'intera parete, lunga 6.7 m, è dato da n°5 piastre a contrasto disposte lungo il cosciale esterno della scala delle due rampe superiori con passo di circa 1m, con barre filettate $\phi 12$ mm inghisate nella muratura. Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m. L'azione di vincolo di progetto esercitata da tali piastre è stata considerata pari a 10kN cadauna, e riportata nella verifica delle strutture della scala come azione sismica

| DATI INIZIALI | CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLE PARETI | | | | | | |
|---------------|---|--|---|--|---|---|---|
| | Elevazione | Spessore della parete al piano i-esimo s_i [m] | Altezza della parete al piano i-esimo (interpiano i-esimo) h_{pi} [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B d [m] | Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo d_{vi} [m] | Braccio verticale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo h_{vi} [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo rispetto al polo del corpo a_i [m] |
| | 1 | 0.40 | 2.53 | 0.00 | | | |

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 408 di 439 |

| | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|---|---|--|--|--------------------------|
| | 2 | 0.40 | 1.97 | | | | | |
| | 3 | 0.40 | 7.30 | | | | 0.00 | |
| | AZIONI SUI MACROELEMENTI | | | | | | Peso specifico della muratura g_i [kN/m ³] | |
| | Elevazione | Peso proprio della parete W_{Pi} [kN] | Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN] | Carico trasmesso alla parete dai piani superiori N [kN] | Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN] | Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN] | | |
| | 1 | 18.2 | | 0.0 | | | | 18.0 |
| | 2 | 14.2 | | | | | | 18.0 |
| | 3 | 52.6 | | | | | | 18.0 |
| | CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI (*) | | | | | | | |
| | Elevazione | Azione dei tiranti ai solai intermedi T_i [kN] | Macroelemento | Altezza del macroelemento h_i [m] | Peso proprio del macroelemento W_i [kN] | Distanza orizzontale del baricentro del macroelemento rispetto al polo dello stesso x_{gi} [m] | Distanza verticale del baricentro del macroelemento rispetto al polo dello stesso y_{gi} [m] | Fattore di Confidenza FC |
| | 1 - 2 | 10.0 | 1 | | | | | 1.20 |
| 2 - 3 | 10.0 | 2 | | | | | | |

| | | | | | MULTIPLICATORE | | | | |
|------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--|
| | | | | | α_0 | | | | |
| DATI DI CALCOLO | Flessione verticale di fascia muraria continua | Valore minimo assunto da a_0 | Valore di h_1 per a_0 minimo [m] | Valore assunto da a_0 per cerniera corrispondente alla quota del solaio oppure della volta a secondo piano | Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete h_1 [m] | Valore minimo assunto da a_0 | Massa partecipante M^* | Frazione massa partecipante e^* | Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec²] |
| | | 0.546 | 4.50 | 0.546 | 4.50 | 0.546 | 8.661 | 1.000 | 4.460 |

| CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008 | | |
|---|--|-------|
| PARAMETRI DI CALCOLO | Fattore di struttura q | 2.00 |
| | Coefficiente di amplificazione topografica S_T | 1.00 |
| | Categoria suolo di fondazione | C |
| | PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g] | 0.175 |
| | Fattore di amplificazione massima dello spettro F_O | 2.425 |
| | Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec] | 0.288 |
| | Fattore di smorzamento η | 1.000 |
| | Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m] | 2.820 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 409 di 439 |

| | | | | | |
|---------|--|--|------------|----------------------------------|--|
| | Altezza della struttura H [m] | | | | 14.62 |
| | Coefficiente di amplificazione stratigrafica S _S | | | | 1.445 |
| | Coefficiente C _C | | | | 1.583 |
| | Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S | | | | 1.445 |
| | Numero di piani dell'edificio N | | | | 4 |
| | Coefficiente di partecipazione modale γ | | | | 1.333 |
| | Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T ₁ [sec] | | | | 0.374 |
| | | | | | |
| | Flessione verticale di fascia muraria continua | Baricentro delle linee di vincolo Z [m] | ψ(Z) = Z/H | a _{q(SLV)} (C8A.4.9) | S _e (T ₁) (C8A.4.10) |
| 8.720 | | 0.596 | 0.629 | 11.216 | |
| | | | | | |
| PGA-SLV | Flessione verticale di fascia muraria continua | a _{q(SLV)} min(C8A.4.9; C8A.4.10) | | | |
| | | 0.326 | | | |

Verifica soddisfatta ($0.326 > 0.175$)

7.4.39 Cinematismo Q4: Flessione verso interno porzione di facciata lato Nord – Vano scala - (3 pareti)– Ala '800

Il contributo stabilizzante T1, lungo l'intera parete lunga 6.7 m, è dato da n°5 piastre a contrasto disposte lungo il cosciale esterno della rampa superiore della scala con passo di circa 1m, con barre filettate $\phi 12$ mm inghisate nella muratura. Il contributo stabilizzante T2 è esercitato dal sistema di controventamento alla quota del controsoffitto del piano nobile, costituito da travi lignee (travi della passerella e catene lignee delle capriate), doppio tavolato incrociato e croci di nastri forati che stabilizzano la porzione centrale di 4.7m; le posizioni più esterne (circa 1m cadauna) si considerano vincolate dall'ammorsamento alle murature ortogonali e dal cordolo in muratura armata.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

L'azione di vincolo di progetto esercitata dalle piastre sulla rampa della scala è stata considerata pari a 10kN cadauna e riportata nella verifica delle strutture della scala come azione sismica

L'azione di vincolo di progetto esercitata dal sistema di controventamento alla quota del controsoffitto del piano nobile è pari a 56,4kN e riportata nella verifica del sistema di controventamento.

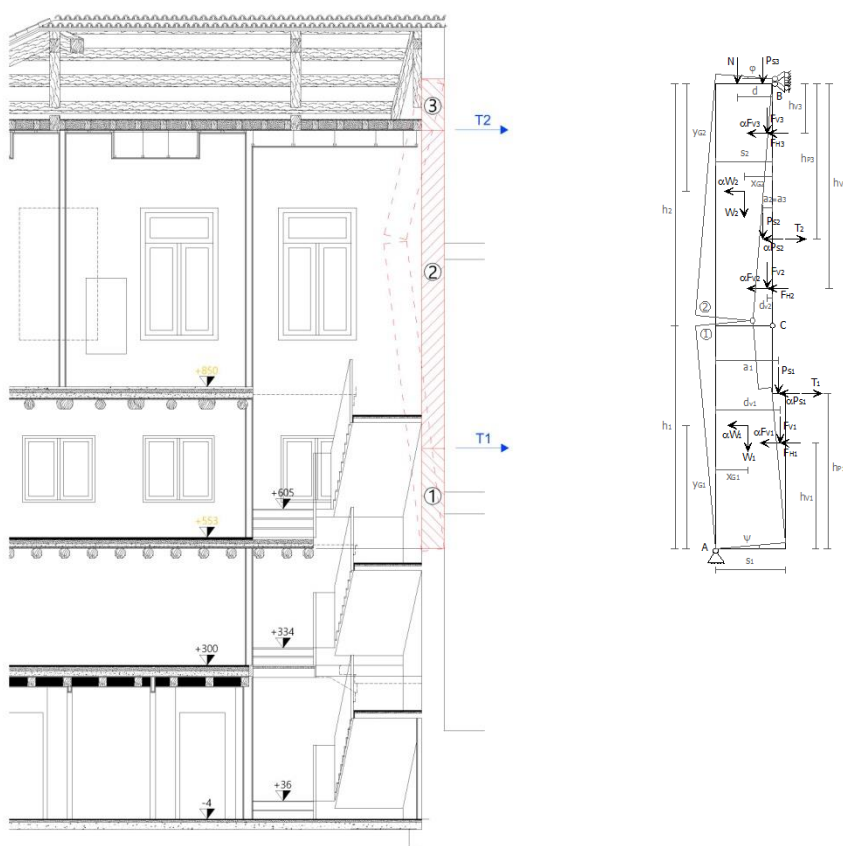


Figura 7.42: schema generale dei macro-elementi considerati

| DATI INIZIALI | CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLE PARETI | | | | | | | |
|---------------|---|--|---|--|---|---|---|------|
| | Elevazione | Spessore della parete al piano i-esimo s_i [m] | Altezza della parete al piano i-esimo (interpiano i-esimo) h_{Pi} [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B d [m] | Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo d_{vi} [m] | Braccio verticale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo h_{vi} [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo rispetto al polo del corpo a_i [m] | |
| | 1 | 0.40 | 1.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| | 2 | 0.40 | 6.29 | | 0.00 | 0.00 | | |
| | 3 | 0.40 | 1.02 | | | | 0.00 | |
| | AZIONI SUI MACROELEMENTI | | | | | | Peso specifico della muratura g_i [kN/m³] | |
| | Elevazione | Peso proprio della parete W_{Pi} [kN] | Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN] | Carico trasmesso alla parete dai piani superiori N [kN] | Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN] | Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN] | | |
| | 1 | 14.2 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | 18.0 |
| | 2 | 45.3 | | | 0.0 | 0.0 | | 18.0 |

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 411 di 439 |

| | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---|--|--|--|---|--|--------------------------------|--|--|
| | 3 | 7.3 | | | 0.0 | 0.0 | 18.0 | | | |
| | Elevazione e | Azione dei tiranti ai solai intermedi T _i [kN] | CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI (*) | | | | | Fattore di Confidenza FC | | |
| | | | Macroelemento | Altezza del macroelemento h _i [m] | Peso proprio del macroelemento W _i [kN] | Distanza orizzontale del baricentro del macroelemento rispetto al polo dello stesso x _{gi} [m] | Distanza verticale del baricentro del macroelemento rispetto al polo dello stesso y _{gi} [m] | | | |
| | | | 1 - 2 | 10.0 | 1 | | | | | |
| | | | 2 - 3 | 12.0 | 2 | | | | | |

| | | | | | MULTIPLICATORE α_0 | | | | |
|-----------------|--|--------------------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---|
| DATI DI CALCOLO | Flessione verticale di fascia muraria continua | Valore minimo assunto da a_0 | Valore di h_1 per a_0 minimo [m] | Valore assunto da a_0 per cerniera corrispondente alla quota del solaio oppure della volta a secondo piano | Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete h_1 [m] | Valore minimo assunto da a_0 | Massa partecipante M^* | Frazione massa partecipante e^* | Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²] |
| | | 0.343 | 6.12 | 0.527 | 6.12 | 0.343 | 6.811 | 1.000 | 2.804 |

| CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008 | | | | |
|---|--|---|-----------------|------------------------|
| PARAMETRI DI CALCOLO | Fattore di struttura q | | | 2.00 |
| | Coefficiente di amplificazione topografica S_T | | | 1.00 |
| | Categoria suolo di fondazione | | | C |
| | PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g] | | | 0.175 |
| | Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0 | | | 2.425 |
| | Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec] | | | 0.288 |
| | Fattore di smorzamento η | | | 1.000 |
| | Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m] | | | 5.340 |
| | Altezza della struttura H [m] | | | 14.62 |
| | Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S | | | 1.445 |
| | Coefficiente C_C | | | 1.583 |
| | Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S | | | 1.445 |
| | Numero di piani dell'edificio N | | | 4 |
| | Coefficiente di partecipazione modale γ | | | 1.333 |
| | Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec] | | | 0.374 |
| | Flessione verticale di fascia muraria continua | Baricentro delle linee di vincolo Z [m] | $\psi(Z) = Z/H$ | $a_{g(SLV)} (C8A.4.9)$ |
| | | | | $S_e(T_1) (C8A.4.10)$ |

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 412 di 439 |

| | | | | | |
|----------------|--|--|-------|-------|-------|
| | | 9.980 | 0.683 | 0.396 | 6.162 |
| PGA-SLV | Flessione verticale di fascia muraria continua | $a_q(\text{SLV})$ min(C8A.4.9; C8A.4.10) | | | |
| | | 0.179 | | | |

Verifica soddisfatta ($0.179 > 0.175$)

7.4.40 Cinematismo Q5: Flessione verso interno porzione di facciata lato Nord – Vano scala – Ala '800

Di seguito si riporta la verifica a flessione della porzione di parete compresa tra il solaio del piano nobile e il controsoffitto, lo stato di progetto non modifica sostanzialmente la situazione dello stato di fatto, introducendo un controventamento alla quota del controsoffitto che riduce la altezza libera della parete.

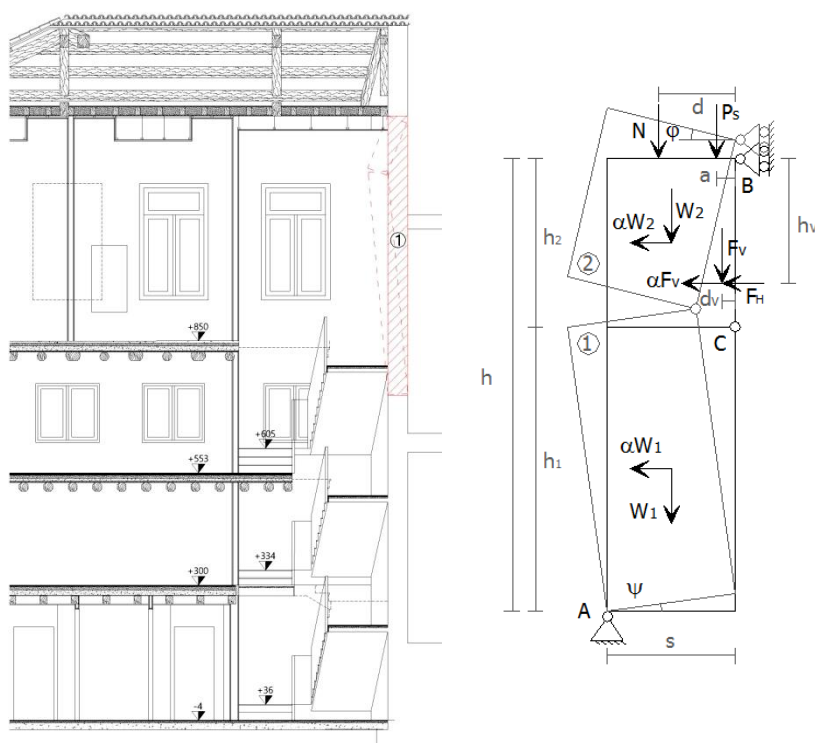


Figura 7.43: schema generale dei macro-elementi considerati

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 413 di 439 |

| DATI INIZIALI | CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA PARETE | | | | | |
|---------------|--|---|--|--|--|---|
| | Spessore della parete s [m] | Altezza della parete (interpiano) h [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B d [m] | Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B d_v [m] | Braccio verticale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B h_v [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio rispetto al carrello in B a [m] |
| | 0.40 | 6.29 | 0.20 | | | |
| | Peso specifico della muratura g [kN/m ³] | AZIONI SUI MACROELEMENTI | | | | |
| | | Peso proprio della parete W [kN] | Carico trasmesso dal solaio P_s [kN] | Carico trasmesso alla parete dai piani superiori N [kN] | Componente verticale della spinta di archi o volte F_v [kN] | Componente orizzontale della spinta di archi o volte F_H [kN] |
| | 18.0 | 45.3 | | 7.3 | | |

| DATI DI CALCOLO | Valore minimo assunto da a_0 | Valore di h_1 per a_0 minimo [m] | Valore assunto da a_0 per $h_2 = h_v$ |
|-----------------|-----------------------------------|---|---|
| | 0.236 | 5.03 | N.C. |

| MULTIPLI- CATORE α_0 | Valore minimo assunto da a_0 | Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete h_1 [m] | Fattore di Confidenza FC | Massa partecipante M^* | Frazione massa partecipante e^* | Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²] |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|---|---|
| | 0.236 | 5.03 | 1.20 | 4.617 | 1.000 | 1.932 |

| CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008 | | |
|---|--|-------|
| PARAMETRI DI CALCOLO | Fattore di struttura q | 2.00 |
| | Coefficiente di amplificazione topografica S_T | 1.00 |
| | Categoria suolo di fondazione | C |
| | PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g] | 0.175 |
| | Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0 | 2.425 |
| | Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec] | 0.288 |
| | Fattore di smorzamento η | 1.000 |
| | Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m] | 7.320 |
| | Altezza della struttura H [m] | 13.60 |
| | Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S | 1.445 |
| | Coefficiente C_C | 1.583 |
| | Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S | 1.445 |
| | Numero di piani dell'edificio N | 4 |
| | Coefficiente di partecipazione modale γ | 1.333 |
| | Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec] | 0.354 |

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 414 di 439 |

| | | | | |
|----------------|---|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| | Baricentro delle linee di vincolo Z [m] | $\psi(Z) = Z/H$ | $a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9) | $S_e(T_1)$ (C8A.4.10) |
| | 10.460 | 0.769 | 0.273 | 3.768 |
| PGA-SLV | $a_{g(SLV)}$ min(C8A.4.9; C8A.4.10) | | | |
| | 0.110 | | | |

La verifica del cinematismo non è soddisfatta ($0.110 < 0.175$), si prevede quindi un rinforzo a flessione della muratura con l'applicazione di intonaco armato con rete in fibra di vetro/aramide dalla quota dell'ultima rampa fino a quella delle travi di controsoffitto.

7.4.40.1 Verifica rinforzo a flessione parete rinforzata mediante intonaco armato con rete in fibra di vetro

Si riportano a seguire le verifiche della sezione rinforzata di progetto. Le verifiche sono state condotte seguendo sia le indicazioni riportate nelle istruzioni CNR-DT 200 R1/2013.

Per la verifica della parete rinforzata si è utilizzata quindi la seguente sollecitazione di momento flettente data dall'azione sismica agente sulla parete ortogonalmente al piano:

$M_{sd} = 7.90 \text{ kNm/m}$

Si riportano di seguito i dati necessari per calcolare il momento ultimo resistente della sezione.

DATI DELLA SEZIONE

| | | | |
|-----------------------|----|--------|--------------------|
| Base della sezione | b= | 1000 | [mm] |
| Altezza della sezione | h= | 400 | [mm] |
| Area della sezione | A= | 400000 | [mm ²] |

DATI MATERIALE DI BASE (circolare min.)

| | | | |
|-------------------------------------|--|-------|----------------------|
| Tipologia di muratura | Muratura in mattoni pieni e malta di calce | | |
| Resistenza media a compressione | $f_m =$ | 3.2 | [N/mm ²] |
| Resistenza media a taglio | $\tau_0 =$ | 0.076 | [N/mm ²] |
| Valore medio del modulo elastico | E= | 1500 | [N/mm ²] |
| Valore medio del modulo tangenziale | G= | 500 | [N/mm ²] |
| Fattore di confidenza | FC= | 1.2 | [-] |
| Gamma del materiale | $\gamma =$ | 2 | [-] |

DATI MATERIALE FIBRA (scheda tecnica)

| | |
|-----------------|------------------------------|
| Tipologia fibra | SRG - GeoCalce Fino e ARV100 |
|-----------------|------------------------------|



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 415 di 439 |

| | | |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Resistenza a trazione | $\sigma_f =$ | 1595 [N/mm ²] |
| Modulo elastico | $E_f =$ | 110000 [N/mm ²] |
| Allungamento a rottura | $\varepsilon_f =$ | 0.0145 [-] |
| Spessore equivalente del nastro secco | $t_f =$ | 0.049 [mm] |

DATI DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE RESISTENZA FIBRA

| | | |
|--|--|----------------------------------|
| Coefficiente correttivo | $\gamma_{Rd} =$ | 1.5 [-] |
| Larghezza dell'elemento rinforzato | $b =$ | 1000 [mm] |
| Larghezza dell'elemento di rinforzo | $b_f =$ | 1000 [mm] |
| Coefficiente correttivo del materiale impregnati in situ | $k_G =$ | 0.031 [mm] |
| Valore medio della resistenza a compressione dei blocchi | $f_{bm} =$ | 38 [N/mm ²] |
| Valore medio della resistenza a trazione dei blocchi | $f_{btm} =$ | 3.8 [N/mm ²] |
| Valore ultimo dello scorrimento tra FRP e supporto | $s_u =$ | 0.4 [mm] |
| Valore di progetto della max tensione tangenziale di aderenza | $f_{bd} =$ | 15.83 [N/mm²] |
| Coefficienti parziali del distacco del supporto per SLU | $\gamma_{f,d} =$ | 1.2 [-] |
| Tensione di progetto per $l > l_{ed}$ distacco estremità | $f_{fdd} =$ | 983.82 [N/mm²] |
| Lunghezza effettiva di ancoraggio | $l_b =$ | 150 [mm] |
| Coefficiente nel caso la distanza dell'estremità $d > 3l_c$ | $\alpha =$ | 1 [-] |
| Tensione di progetto del rinforzo per distacco intermedio | $f_{fdd,2} =$ | 983.82 [N/mm²] |
| Deformazione massima all'atto del distacco intermedio | $\varepsilon_{fdd} =$ | 0.00725 [-] |
| Deformazione caratteristica a rottura | $\varepsilon_{fk} =$ | 0.0145 [-] |
| Fattore di conversione ambientale | $\eta_a =$ | 0.55 [-] |
| Coefficiente parziale per i materiali FRP SLU | $\gamma_f =$ | 1.1 [-] |
| Deformazione massima di progetto (min. tra ε_f e ε_{fdd}) | $\varepsilon_{fd} =$ | 0.00725 [-] |

VERIFICA SEZIONE VOLTA

| | | | | |
|--|-------------------|----------------------------|-----|--------------------|
| Momento ultimo resistete | $M_R =$ | 15.63 kNm/m | $>$ | $M_s = 7.90$ kNm/m |
| Tensione lembo compresso a rottura | $\sigma_c =$ | -1.17 [N/mm ²] | | |
| Tensione Fibra a rottura | $\sigma_f =$ | 797.5 [N/mm ²] | | |
| Deformazione lembo compresso a rottura | $\varepsilon_c =$ | -0.0013 | | |
| Deformazione Fibra a rottura | $\varepsilon_f =$ | 0.00723 | | |
| Posizione asse neutro a rottura | $x =$ | 60.78 [mm] | | |

Dalle verifiche svolte la sezione rinforzata risulta verificata.



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 416 di 439 |

7.4.41 Cinematismo R: Flessione verso esterno porzione di facciata lato Est vano PN06/07 – (2 pareti)– Ala '800

Vista la notevole altezza delle pareti longitudinali dei vani PN04, PN06, PN07 e dei rispettivi sottotetti (altezza massima pari a circa 11m) si prevede di utilizzare il piano di controsoffitto del piano nobile per introdurre un sistema di controventamento intermedio, costituito dalle travi stesse della struttura di controsoffitto, fasce di doppio tavolato incrociato e croci di controventamento in acciaio, collegato alle murature puntualmente con piatti e barre $\varnothing 12\text{mm}$ inghisate in resina.

Il contributo stabilizzante T1, su una porzione di parete pari a circa 4.7m (zona di influenza/interasse) della piastra di ancoraggio alla muratura) è dato da n°2 piatto/barra filettata $\varnothing 12\text{ mm}$ inghisata nella muratura tramite nuove travi di sottotetto.

Il meccanismo locale viene verificato per un tratto di parete lungo 1 m.

L'azione di vincolo di progetto esercitata dal sistema di controventamento alla quota del controsoffitto del piano nobile per ogni coppia di ancoraggi è pari a 42.3kN e riportata nella verifica del sistema di controventamento.

Si ritiene che la linea del controsoffitto, quota di una risega muraria, sia la quota di innescio della cerniera di rottura della muratura, vengono definiti quindi i due macroelementi conseguentemente.

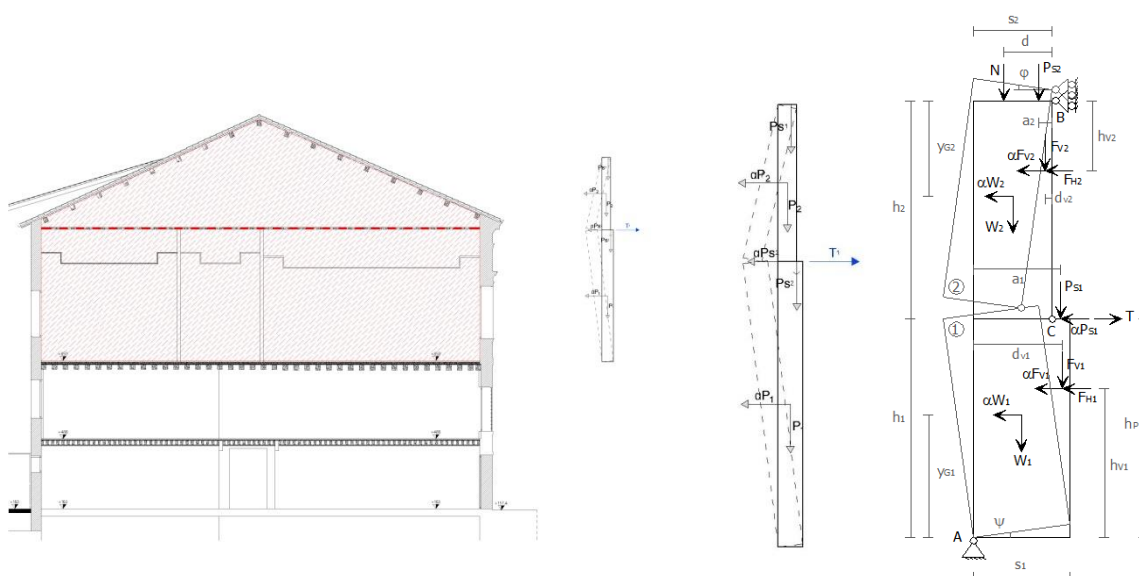


Figura 7.44: schema generale dei macro-elementi considerati

| DATI INIZIALI | CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLE PARETI | | | | | | |
|---------------|---|--|---|--|---|---|---|
| | Elevazione | Spessore della parete al piano i-esimo s_i [m] | Altezza della parete al piano i-esimo (interpiano i-esimo) h_{pi} [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B d [m] | Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo d_{vi} [m] | Braccio verticale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo h_{vi} [m] | Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo rispetto al polo del corpo a_i [m] |
| | 1 | 0.51 | 6.39 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.39 |

| | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | Pagina 417 di 439 |

| | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--|---|--|--|---|---|------|------|------|
| | 2 | 0.38 | 3.34 | | 0.00 | 0.00 | 0.10 | | | |
| | AZIONI SUI MACROELEMENTI | | | | | | | | | |
| | Elevazione | Peso proprio della parete W_{Pi} [kN] | Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN] | Carico trasmesso alla parete dai piani superiori N [kN] | Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN] | Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN] | Azione del tirante al solaio intermedio T [kN] | | | |
| | 1 | 58.7 | 4.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.0 | | | |
| | 2 | 22.8 | 4.9 | | 0.0 | 0.0 | | | | |
| | Elevazione | Peso specifico della muratura g_i [kN/m³] | CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI (*) | | | | Fattore di Confidenza FC | | | |
| | | | Macroelemento | Altezza del macroelemento h_i [m] | Peso proprio del macroelemento W_i [kN] | Distanza verticale del baricentro del macroelemento rispetto al polo dello stesso y_{gi} [m] | | | | |
| | | | 1 | 18.0 | 1 | 6.39 | | 58.7 | 3.20 | 1.20 |
| | | | 2 | 18.0 | 2 | 3.34 | | 22.8 | 1.67 | |

(*) Da riempire solo in caso di geometria nota dei macroelementi coinvolti nel cinetismo.

| | | | | | MOLTIPLICATORE α_0 | | | | |
|------------------------|---|------------------------|--------------------------|----------------------------|---|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|
| DATI DI CALCOLO | Flessione verticale di macroelementi a geometria nota | Numeratore di a_0 | Denominatore di a_0 | Valore assunto da a_0 | Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete h_1 [m] | Valore di a_0 | Massa partecipante M^* | Frazione massa partecipante e^* | Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²] |
| | | | | | | | | | |
| | | 93.754 | 285.99 | 0.328 | 6.39 | 0.328 | 8.375 | 0.961 | 2.788 |

| CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008 | | |
|---|--|-------|
| PARAMETRI DI CALCOLO | Fattore di struttura q | 2.00 |
| | Coefficiente di amplificazione topografica S_T | 1.00 |
| | Categoria suolo di fondazione | C |
| | PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g] | 0.175 |
| | Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0 | 2.425 |
| | Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec] | 0.288 |
| | Fattore di smorzamento η | 1.000 |
| | Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m] | 6.850 |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 418 di 439 |

| | | | | | |
|--------|---|---|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| | Altezza della struttura H [m] | | | | 16.30 |
| | Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s | | | | 1.445 |
| | Coefficiente C_c | | | | 1.583 |
| | Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S | | | | 1.445 |
| | Numero di piani dell'edificio N | | | | 3 |
| | Coefficiente di partecipazione modale γ | | | | 1.286 |
| | Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec] | | | | 0.406 |
| | | | | | |
| | Flessione verticale di macroelementi geometria nota | Baricentro delle linee di vincolo Z [m] | $\psi(Z) = Z/H$ | $a_{q(SLV)}$ (C8A.4.9) | $S_e(T_1)$ (C8A.4.10) |
| 11.710 | | 0.718 | 0.393 | 6.036 | |

| | | |
|---------|--|---|
| PGA-SLV | Flessione verticale di macroelementi a geometria nota | $a_{q(SLV)}$ min(C8A.4.9; C8A.4.10) |
| | | 0.176 |

Verifica soddisfatta (0.176>0.175)

7.4.42 Riepilogo delle verifiche dei meccanismi locali

Richiamando le verifiche sopra riportate, si pone in evidenza come gli interventi locali di miglioramento sismico introdotti in sede di progetto abbiamo consentito di raggiungere la piena verifica di tutti i meccanismi indagati, introducendo un importante miglioramento del livello di sicurezza sismica del fabbricato.

| N. | Cinematismo | Macroelemento | Ala | Verifica SLV ST. DI FATTO | α_u | Verifica SLV ST. DI PROGETTO |
|----|----------------|--------------------|------|------------------------------|------------|---------------------------------|
| 1 | Cinematismo A1 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 24 % | VERIFICATO |
| 2 | Cinematismo A2 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 35 % | VERIFICATO |
| 3 | Cinematismo A3 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 24 % | VERIFICATO |
| 4 | Cinematismo B1 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 23 % | VERIFICATO |
| 5 | Cinematismo B2 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 30 % | VERIFICATO |
| 6 | Cinematismo B3 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 23 % | VERIFICATO |
| 7 | Cinematismo C1 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 23 % | VERIFICATO |
| 8 | Cinematismo C2 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 32 % | VERIFICATO |
| 9 | Cinematismo C3 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 25 % | VERIFICATO |

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | Pagina 419 di 439 |

| | | | | | | |
|----|----------------|-------------------------------|------|------|------|------------|
| 10 | Cinematismo D1 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 20 % | VERIFICATO |
| 11 | Cinematismo D2 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 24 % | VERIFICATO |
| 12 | Cinematismo D3 | Facciata lato Nord | '800 | N.V. | 19 % | VERIFICATO |
| 21 | Cinematismo H1 | Facciata lato Sud | '800 | N.V. | 17 % | VERIFICATO |
| 22 | Cinematismo H2 | Facciata lato Sud | '800 | N.V. | 17 % | VERIFICATO |
| 23 | Cinematismo H3 | Facciata lato Sud | '800 | N.V. | 13 % | VERIFICATO |
| 24 | Cinematismo I1 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 12 % | VERIFICATO |
| 25 | Cinematismo I2 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 17 % | VERIFICATO |
| 26 | Cinematismo I3 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 16 % | VERIFICATO |
| 27 | Cinematismo L1 | Facciata lato Est - colonnato | '800 | N.V. | 0 % | VERIFICATO |
| 28 | Cinematismo L2 | Facciata lato Est - colonnato | '800 | N.V. | 2 % | VERIFICATO |
| 29 | Cinematismo L3 | Facciata lato Est - colonnato | '800 | N.V. | 26 % | VERIFICATO |
| 30 | Cinematismo M1 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 24 % | VERIFICATO |
| 31 | Cinematismo M2 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 18 % | VERIFICATO |
| 32 | Cinematismo M3 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 21 % | VERIFICATO |
| 33 | Cinematismo M4 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 14 % | VERIFICATO |
| 34 | Cinematismo N1 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 26 % | VERIFICATO |
| 35 | Cinematismo N2 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 28 % | VERIFICATO |
| 36 | Cinematismo N3 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 20 % | VERIFICATO |
| 37 | Cinematismo O1 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 25 % | VERIFICATO |
| 38 | Cinematismo O2 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 28 % | VERIFICATO |
| 39 | Cinematismo O3 | Facciata lato Est | '800 | N.V. | 19 % | VERIFICATO |
| 40 | Cinematismo P1 | Facciata lato Sud | '800 | N.V. | 26 % | VERIFICATO |
| 41 | Cinematismo P2 | Facciata lato Sud | '800 | N.V. | 33 % | VERIFICATO |
| 42 | Cinematismo P3 | Facciata lato Sud | '800 | N.V. | 18 % | VERIFICATO |
| 43 | Cinematismo Q1 | Facciata lato ovest | '800 | - | - | VERIFICATO |
| 44 | Cinematismo Q2 | Facciata lato ovest | '800 | - | - | VERIFICATO |
| 45 | Cinematismo Q3 | Facciata lato ovest | '800 | - | - | VERIFICATO |
| 46 | Cinematismo Q4 | Facciata lato ovest | '800 | - | - | VERIFICATO |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | Pagina 420 di 439 |

| | | | | | | |
|----|----------------|---------------------|------|---|---|---|
| 47 | Cinematismo Q5 | Facciata lato ovest | '800 | - | - | VERIFICATO |
| 48 | Cinematismo R | Facciata lato est | '800 | - | - | VERIFICATO con rinforzo con intonaco armato |

7.4.43 Verifiche dei sistemi di trattenimento

7.4.43.1 Calcolo della resistenza a trazione degli inghisaggi nella muratura

Nella progettazione degli ancoraggi si è fatto riferimento alla resistenza a trazione di una barra filettata M12mm inghisata con resina epossidica in muratura in mattoni pieni e malta di calce, calcolata sulla base dei risultati delle prove di pull-out eseguite da Expin per conto del Comune di Vicenza ("Palazzo Chiericati - Indagini sulle strutture", EXPIN s.r.l., 24/01/2017)

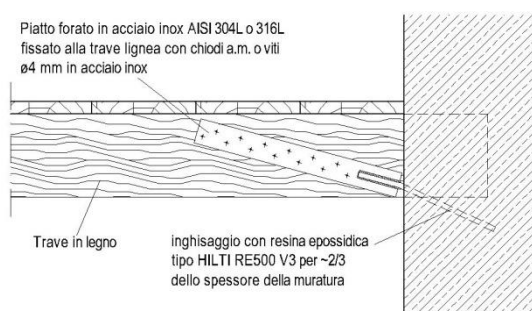
| Prova Pull-out | Carico massimo [kN] | Modalità di rottura |
|----------------|---------------------|-----------------------------------|
| P1 | 53.81 | Innesco rottura cuneo di muratura |
| P2 | 42.30 | Innesco rottura cuneo di muratura |

A favore di sicurezza si è considerato il minimo tra i valori di rottura, applicando ad esso il coefficiente di sicurezza del materiale $\gamma_m = 2$ previsto per la muratura per azioni sismiche.

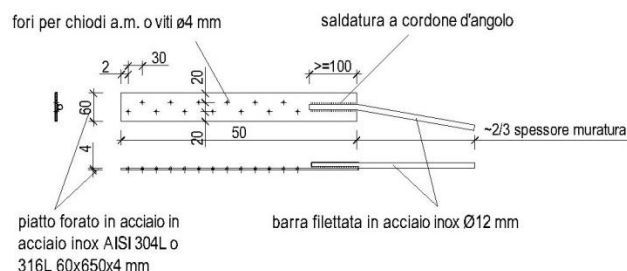
Resistenza a trazione di progetto di una barra filettata M12mm inghisata in resina epossidica (tipo T-Bond di Fischer o equivalente) per una lunghezza di circa 25cm: $42.30/2 = 21.15\text{kN}$

7.4.43.2 Calcolo del collegamento del piatto di ANCORAGGIO TRAVE/MURATURA

[e] - PARTICOLARE-TIPO ANCORAGGIO TRAVE LIGNEA ALLA MURATURA
scala 1:10



PIATTO FORATO IN ACCIAIO INOX AISI 304L O 316L



Si richiede che il collegamento piatto/trave riesca a garantire la trasmissione dello sforzo normale massimo impresso alla barra dalla muratura, calcolato precedentemente pari a 21.15kN

Il piatto di collegamento è fissato sul fianco della trave lignea per mezzo di 13 chiodi a.m. tipo anker o equivalenti, di seguito si riporta la verifica del collegamento.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 421 di 439 |

Caratteristiche del materiale

| | | | |
|---|--------------|-----------|-----|
| Tipo legno | | Massiccio | |
| Libreria | | EN 338 | |
| Classe di resistenza | | C20 | |
| Res. compr. perpendicolare alla fibratura | $f_{c,90,k}$ | 2.3 | MPa |
| Densità caratteristica | ρ_k | 330 | MPa |
| Classe di servizio | | Classe 2 | |
| Coefficiente di sicurezza parziale | | 1.50 | |

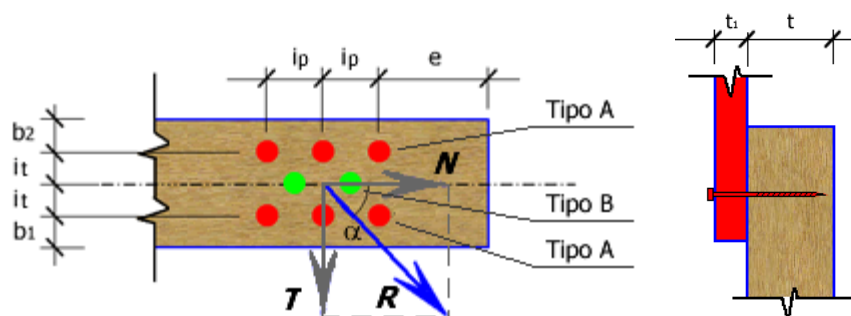
Caratteristiche del connettore

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----|-----|
| Preforatura | | NO | |
| Diametro del nucleo della filettatura | d | 4.0 | mm |
| Diametro del gambo liscio | d _l | 4.0 | mm |
| Diametro esterno della filettatura | d _e | 4.4 | mm |
| Lunghezza del tratto liscio | l _l | 10 | mm |
| Lunghezza del tratto filettato | l _f | 50 | mm |
| Resistenza a trazione | F _{uk} | 600 | MPa |

Geometria

| | | | |
|-----------------------------------|----------------|-----|----|
| FILA TIPO A | | | |
| Nr.di file parallele all'asse | N _p | 1 | |
| Nr.di file trasversali all'asse | N _t | 6 | |
| FILA TIPO B | | | |
| Nr.di file parallele all'asse | N _p | 1 | |
| Nr.di file trasversali all'asse | N _t | 7 | |
| Interasse direz. trasversale asse | i _t | 20 | mm |
| Distanza dall'estremità | e | 100 | mm |
| Distanza bordo | b ₁ | 40 | mm |
| Distanza bordo | b ₂ | 40 | mm |

Schema dell'unione:



| | | | |
|----------|---|-----|----|
| Spessore | t | 100 | mm |
|----------|---|-----|----|

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 422 di 439 |

| | | | |
|---|----|-----|----|
| Spessore | t1 | 4 | mm |
| Diametro del foro nella piastra | dp | 4.5 | mm |
| Contributo della resistenza all'estrazione del connettore | | SI | |

Descrizione del calcolo

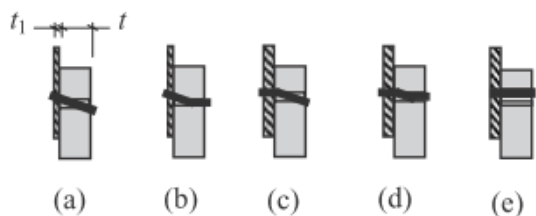
La resistenza caratteristica del singolo connettore F_{vRk} è data dalla minima resistenza dei possibili meccanismi di rottura. Per le unioni tale resistenza è data da:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 f_{h,k} t_1 d \quad (a) \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (b) \end{array} \right.$$

per le unioni con piastre di acciaio sottili e

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (c) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (d) \\ f_{h,k} t_1 d \quad (e) \end{array} \right.$$

per le unioni con piastre di acciaio spesse.



dove:

- t_1 e t_2 sono gli spessori degli elementi;
- $f_{h,k,1}$ e $f_{h,k,2}$ sono le resistenze caratteristiche al rifollamento;
- d è il diametro del mezzo di unione;
- $M_{y,Rk}$ è il momento caratteristico di snervamento del mezzo di unione;
- $F_{ax,Rk}$ è la resistenza caratteristica all'estrazione del mezzo di unione;
- β è rapporto tra le resistenze al rifollamento;

La resistenza caratteristica del singolo connettore è moltiplicata per il numero di connettori efficaci ed è ridotta per il coefficiente di sicurezza parziale γ_m ed il coefficiente correttivo k_{mod} che tiene conto della durata del carico e dell'umidità della struttura.

Per ciascuna verifica effettuata è stato calcolato il fattore di sicurezza F_s definito come il rapporto tra resistenza e sollecitazione di calcolo:

$$F_s = R_d / S_d$$

Verifica del nodo

Le resistenze caratteristiche dei singoli connettori F_{vRk} valgono:

| Combinazione | F_{vRk} | Tipo rottura |
|--------------|-----------|--------------|
|--------------|-----------|--------------|

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 423 di 439 |

| | | | |
|---|-------|----------|-----|
| 1 | sisma | 2 532.30 | a-e |
|---|-------|----------|-----|

Il numero di connettori efficaci per ciascuna fila, di Tipo A e Tipo B, parallela alla fibratura vale:

| | | | |
|---|--------------|----------|----------|
| | Combinazione | nr eff,A | nr eff,B |
| 1 | sisma | 6.00 | 7.00 |

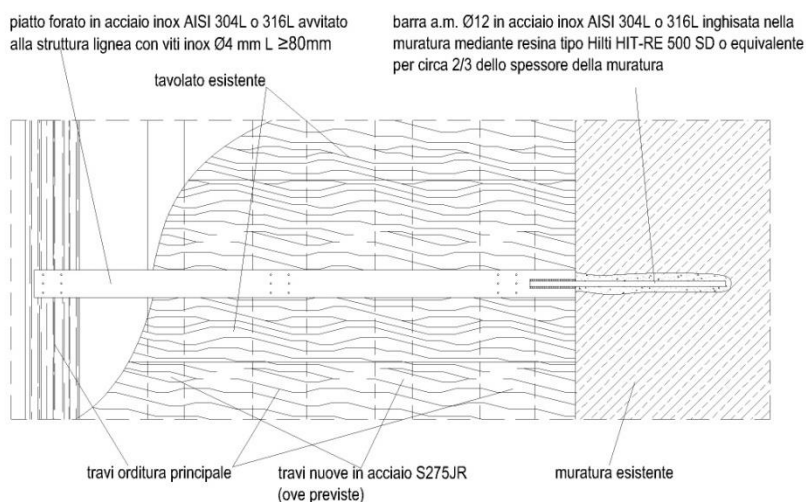
Nella tabella seguente è riportato l'esito della verifica della resistenza complessiva dell'unione.

| | | | | | | | | | | |
|---|--------------|------------|---------|---------|---------|--------------|-----------|------|------------|---------|
| | Combinazione | Durata | Nd [kN] | Td [kN] | Rd [kN] | α [°] | Fres [kN] | Fs | Verificato | Rottura |
| 1 | sisma | Istantanea | 21.15 | 0.00 | 21.15 | 0.00 | 21.95 | 1.04 | SI | a-e |

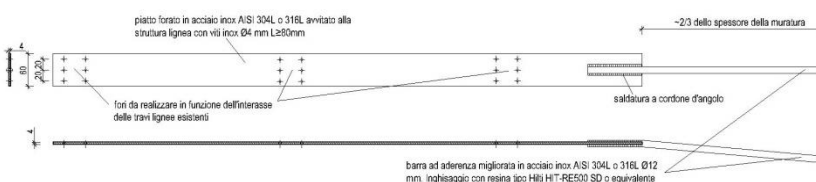
Le verifiche effettuate sono soddisfatte

7.4.43.3 Calcolo del collegamento del piatto di ANCORAGGIO Tavolato/MURATURA

[a] - PARTICOLARE-TIPO ANCORAGGIO DEL SOLAIO LIGNEO ALLA MURATURA PERIMETRALE
scala 1:10



DETTAGLIO ESECUTIVO DEL PIATTO FORATO
scala 1:5



Il collegamento piatto/trave tra il piatto di ancoraggio posizionato all'estradosso avviene attraverso tre gruppi di n°6 di viti Ø4mm cadauno.

Di seguito si riporta il calcolo della resistenza a taglio della connessione, lo sforzo di taglio agisce sulla trave lignea in direzione ortogonale alle fibre.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 424 di 439 |

Caratteristiche del materiale

| | | | |
|---|--------------|-----------|-----|
| Tipo legno | | Massiccio | |
| Libreria | | EN 338 | |
| Classe di resistenza | | C20 | |
| Res. compr. perpendicolare alla fibratura | $f_{c,90,k}$ | 2.3 | MPa |
| Densità caratteristica | ρ_k | 330 | MPa |
| Classe di servizio | | Classe 2 | |
| Coefficiente di sicurezza parziale | | 1.50 | |

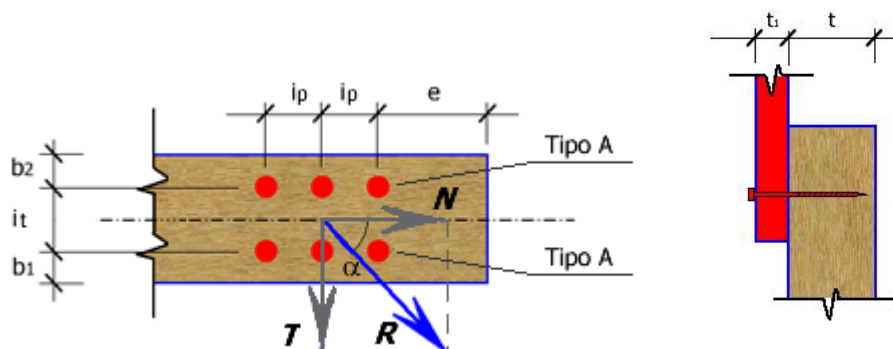
Caratteristiche del connettore

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----|-----|
| Preforatura | | NO | |
| Diametro del nucleo della filettatura | d | 2.3 | mm |
| Diametro del gambo liscio | d _l | 2.7 | mm |
| Diametro esterno della filettatura | d _e | 4.0 | mm |
| Lunghezza del tratto liscio | l _l | 40 | mm |
| Lunghezza del tratto filettato | l _f | 40 | mm |
| Resistenza a trazione | F _{uk} | 600 | MPa |

Geometria

| | | | |
|-----------------------------------|----------------|----|----|
| Nr.di file parallele all'asse | N _p | 2 | |
| Nr.di file trasversali all'asse | N _t | 3 | |
| Interasse direz. parallela asse | i _p | 40 | mm |
| Interasse direz. trasversale asse | i _t | 20 | mm |
| Distanza dall'estremità | e | 80 | mm |
| Distanza bordo | b ₁ | 20 | mm |
| Distanza bordo | b ₂ | 20 | mm |

Schema dell'unione:



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 425 di 439 |

| | | | |
|---|----|-----|----|
| Spessore | t | 100 | mm |
| Spessore | t1 | 4 | mm |
| Diametro del foro nella piastra | dp | 4.5 | mm |
| Contributo della resistenza all'estrazione del connettore | | SI | |

Descrizione del calcolo

La resistenza caratteristica del singolo connettore F_{vrk} è data dalla minima resistenza dei possibili meccanismi di rottura. Per le unioni tale resistenza è data da:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 f_{h,k} t_1 d \quad (a) \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (b) \end{array} \right.$$

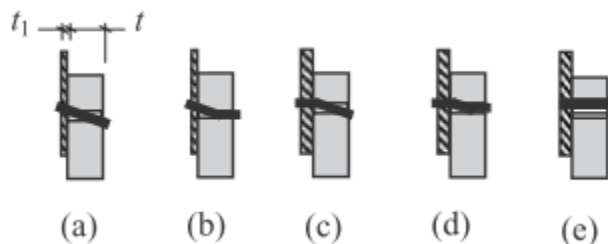
per le unioni con piastre di acciaio sottili e

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (c) \end{array} \right.$$

$$2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (d)$$

$$f_{h,k} t_1 d \quad (e)$$

per le unioni con piastre di acciaio spesse.



dove:

- t_1 e t_2 sono gli spessori degli elementi;
- $f_{h,k,1}$ e $f_{h,k,2}$ sono le resistenze caratteristiche al rifollamento;
- d è il diametro del mezzo di unione;
- $M_{y,Rk}$ è il momento caratteristico di snervamento del mezzo di unione;
- $F_{ax,Rk}$ è la resistenza caratteristica all'estrazione del mezzo di unione;
- β è rapporto tra le resistenze al rifollamento;

La resistenza caratteristica del singolo connettore è moltiplicata per il numero di connettori efficaci ed è ridotta per il coefficiente di sicurezza parziale γ_m ed il coefficiente correttivo k_{mod} che tiene conto della durata del carico e dell'umidità della struttura.

Per ciascuna verifica effettuata è stato calcolato il fattore di sicurezza F_s definito come il rapporto tra resistenza e sollecitazione di calcolo:

$$F_s = R_d / S_d$$

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 426 di 439 |

Verifica del nodo

Le resistenze caratteristiche dei singoli connettori FvRk valgono:

| | Combinazione | FvRk | Tipo rottura |
|---|--------------|--------|--------------|
| 1 | sisma | 941.00 | b |

Il numero di connettori efficaci per ciascuna fila parallela alla fibratura vale:

| | Combinazione | nr eff |
|---|--------------|--------|
| 1 | sisma | 3.00 |

Nella tabella seguente è riportato l'esito della verifica della resistenza complessiva dell'unione.

| | Combinazione | Durata | Nd [kN] | Td [kN] | Rd [kN] | α [°] | Fres [kN] | Fs | Verificato | Rottura |
|---|--------------|------------|---------|---------|---------|--------------|-------------|------|------------|---------|
| 1 | sisma | Istantanea | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 90.00 | 3.76 | 3.76 | SI | b |

La connessione di un gruppo di 6 viti ha una resistenza a taglio pari a 3.76kN, considerando i tre gruppi di viti, il piatto può trasferire a taglio una forza ortogonale complessiva alla trave pari a $3.76 \cdot 3 = 11.28$ kN.

7.4.43.4 Calcolo del collegamento della piastra di ANCORAGGIO tipo p

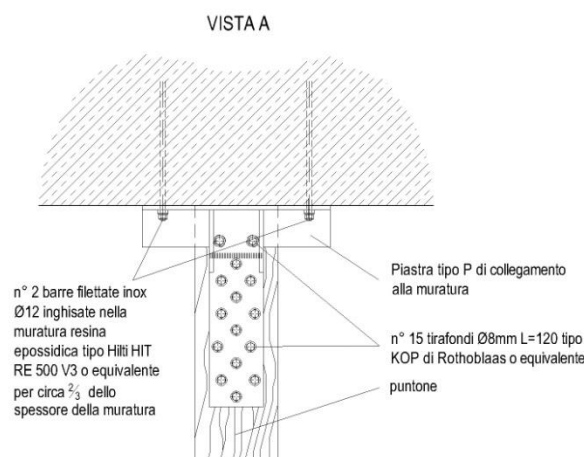
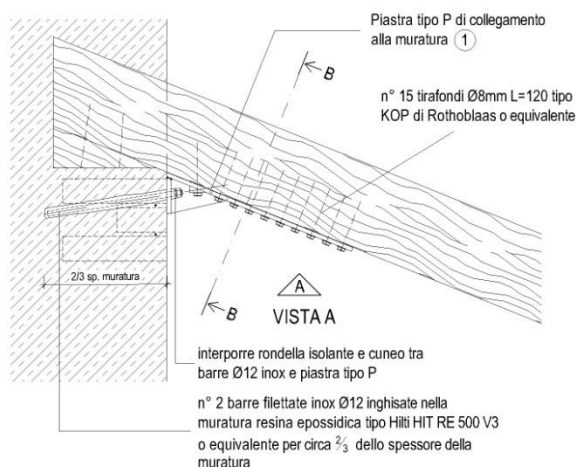
Si richiede che il collegamento piastra/trave riesca a garantire la trasmissione dello sforzo normale massimo impresso dalla muratura per elemento, calcolato precedentemente pari a 34.45 kN

La piastra di collegamento è fissata alla trave lignea per mezzo di 15 tirafondi Ø8mm tipo KOP di Rothoblaas o equivalente, di seguito si riporta la verifica del collegamento.

PIASTRA TIPO P

COLLEGAMENTO SOMMITALE TRAVI/SEMICAPRIATE ALLA MURATURA (PIASTRA TIPO P)

scala 1:10



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 427 di 439 |

Caratteristiche del materiale

| | | | |
|---|--------------|-----------|-----|
| Tipo legno | | Massiccio | |
| Libreria | | EN 338 | |
| Classe di resistenza | | C20 | |
| Res. compr. perpendicolare alla fibratura | $f_{c,90,k}$ | 2.3 | MPa |
| Densità caratteristica | ρ_k | 330 | MPa |
| Classe di servizio | | Classe 2 | |
| Coefficiente di sicurezza parziale | | 1.50 | |

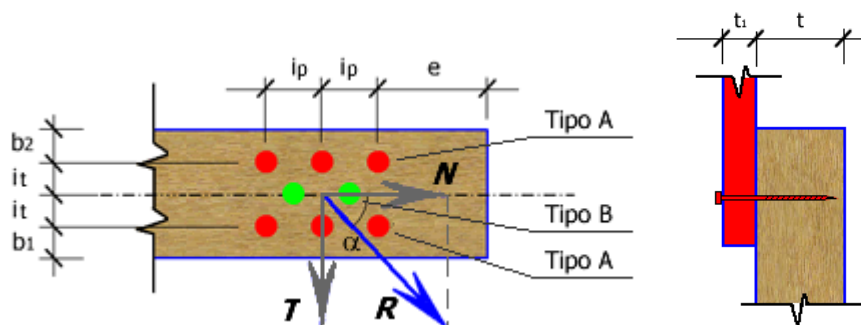
Caratteristiche del connettore

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----|-----|
| Preforatura | | SI | |
| Diametro del nucleo della filettatura | d | 5.6 | mm |
| Diametro del gambo liscio | d _l | 8.0 | mm |
| Diametro esterno della filettatura | d _e | 8.0 | mm |
| Lunghezza del tratto liscio | l _l | 72 | mm |
| Lunghezza del tratto filettato | l _f | 48 | mm |
| Resistenza a trazione | F _{uk} | 400 | MPa |

Geometria

| | | | |
|-----------------------------------|----------------|----|----|
| FILA TIPO A | | | |
| Nr.di file parallele all'asse | N _p | 2 | |
| Nr.di file trasversali all'asse | N _t | 5 | |
| FILA TIPO B | | | |
| Nr.di file parallele all'asse | N _p | 1 | |
| Nr.di file trasversali all'asse | N _t | 5 | |
| Interasse direz. parallela asse | i _p | 80 | mm |
| Interasse direz. trasversale asse | i _t | 40 | mm |
| Distanza dall'estremità | e | 80 | mm |
| Distanza bordo | b ₁ | 35 | mm |
| Distanza bordo | b ₂ | 35 | mm |

Schema dell'unione:



| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 428 di 439 |

| | | | |
|---|----|------|----|
| Spessore | t | 200 | mm |
| Spessore | t1 | 10 | mm |
| Diametro del foro nella piastra | dp | 11.0 | mm |
| Contributo della resistenza all'estrazione del connettore | | SI | |

Descrizione del calcolo

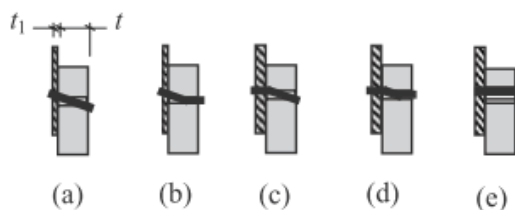
La resistenza caratteristica del singolo connettore $F_{v,Rk}$ è data dalla minima resistenza dei possibili meccanismi di rottura. Per le unioni tale resistenza è data da:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 f_{h,k} t_1 d \quad (a) \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (b) \end{array} \right.$$

per le unioni con piastre di acciaio sottili e

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (c) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (d) \\ f_{h,k} t_1 d \quad (e) \end{array} \right.$$

per le unioni con piastre di acciaio spesse.



dove:

- t_1 e t_2 sono gli spessori degli elementi;
- $f_{h,k,1}$ e $f_{h,k,2}$ sono le resistenze caratteristiche al rifollamento;
- d è il diametro del mezzo di unione;
- $M_{y,Rk}$ è il momento caratteristico di snervamento del mezzo di unione;
- $F_{ax,Rk}$ è la resistenza caratteristica all'estrazione del mezzo di unione;
- β è rapporto tra le resistenze al rifollamento;

La resistenza caratteristica del singolo connettore è moltiplicata per il numero di connettori efficaci ed è ridotta per il coefficiente di sicurezza parziale γ_m ed il coefficiente correttivo k_{mod} che tiene conto della durata del carico e dell'umidità della struttura.

Per ciascuna verifica effettuata è stato calcolato il fattore di sicurezza F_s definito come il rapporto tra resistenza e sollecitazione di calcolo:

$$F_s = R_d / S_d$$

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 429 di 439 |

Verifica del nodo

Le resistenze caratteristiche dei singoli connettori FvRk valgono:

| | Combinazione | FvRk | Tipo rottura |
|---|--------------|----------|--------------|
| 1 | sisma | 3 463.30 | b |

Il numero di connettori efficaci per ciascuna fila, di Tipo A e Tipo B, parallela alla fibratura vale:

| | Combinazione | nr eff,A | nr eff,B |
|---|--------------|----------|----------|
| 1 | sisma | 5.00 | 5.00 |

Nella tabella seguente è riportato l'esito della verifica della resistenza complessiva dell'unione.

| | Combinazione | Durata | Nd [kN] | Td [kN] | Rd [kN] | α [°] | Fres [kN] | Fs | Verificato | Rottura |
|---|--------------|------------|---------|---------|---------|--------------|-----------|------|------------|---------|
| 1 | sisma | Istantanea | 34.45 | 0.00 | 34.45 | 0.00 | 34.63 | 1.01 | SI | b |

Le verifiche effettuate sono soddisfatte

7.5 VALUTAZIONE COMPLESSIVA DELLA RISPOSTA SISMICA DEL FABBRICATO

L'analisi sismica globale delle strutture è stata condotta mediante analisi non lineare statica equivalente, detta anche analisi incrementale a collasso o push-over, eseguita mediante software in licenza 3muri versione 10.9.1.4, specifico per il calcolo e la verifica strutturale di edifici in muratura.

Il modello globale della struttura realizzato è quindi un modello a macroelementi tridimensionale costituito da setti murari che riproducono fedelmente le caratteristiche geometriche e meccaniche reali dell'edificio. I muri sono stati modellati tenendo conto dello spessore desunto dal rilievo geometrico e della posizione e dimensioni delle aperture così come previste nel progetto architettonico.

La modellazione a telaio equivalente avviene dunque con la creazione di maschi murari e fasce di piano, contigue alle aperture, e di nodi rigidi che rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce.

La concezione matematica che si nasconde nell'impiego dei macroelementi (maschi o fasce) che simulano il comportamento degli elementi murari, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento, in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà.

I nodi del modello sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 430 di 439 |

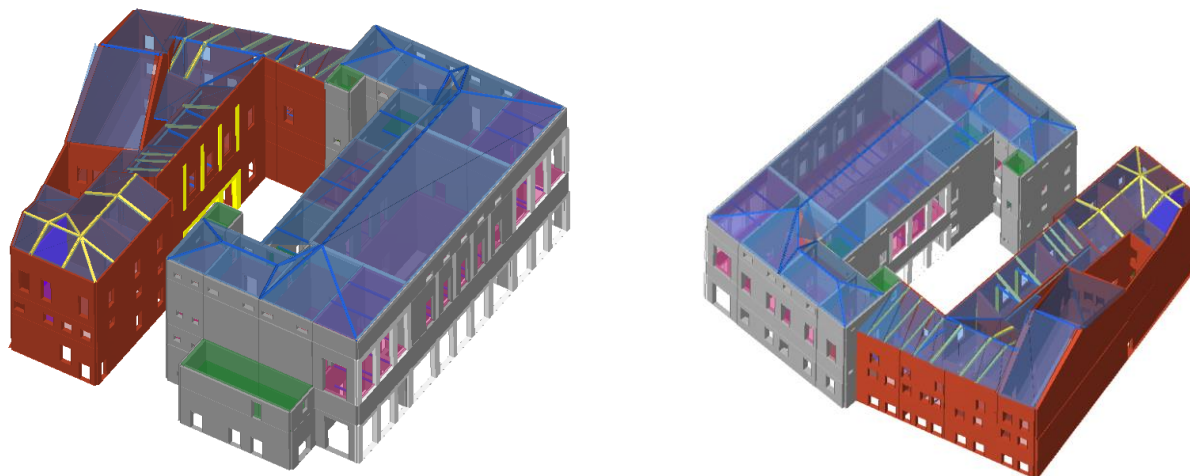


Figura 7.45: Modello tridimensionale dello stato di progetto

Gli orizzontamenti, modellati con elementi solaio a tre nodi connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio. Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidezza assiale, ma nessuna rigidezza flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

I carichi permanenti e accidentali sono stati applicati direttamente ai solai con i loro coefficienti di combinazione. Per eseguire la verifica sismica è stato introdotto nell'analisi lo spettro calcolato per la zona di Vicenza.

7.5.1 Analisi statica non lineare

L'analisi statica non lineare consiste nell'applicare alla struttura i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, un sistema di forze orizzontali distribuite, ad ogni livello della costruzione, proporzionalmente alle forze d'inerzia ed aventi risultante (taglio alla base) F_b . Tali forze sono scalate, mantenendo invariati i rapporti relativi tra le forze stesse, in modo da far crescere monotonamente lo spostamento orizzontale d_c di un punto di controllo coincidente con il centro di massa del piano superiore ritenuto rappresentativo del comportamento della struttura, fino al raggiungimento delle condizioni ultime. Il risultato dell'analisi consisterà in un diagramma riportante in ascissa lo spostamento orizzontale del punto di controllo, in ordinata la forza orizzontale totale applicata (taglio alla base).

Secondo le prescrizioni di normativa [D.M. 14 gennaio 2008 p. 7.3.4.1.], le condizioni di carico che devono essere esaminate sono di due tipi:

- 1) Distribuzione di forze proporzionale alle masse (*distribuzione uniforme, schema di carico*)

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 431 di 439 |

approssimabile al comportamento in fase non lineare):

$$F_i = F_b \cdot \frac{m_i}{\sum_{j=1}^N m_j};$$

- 2) Distribuzione di forze proporzionali al prodotto delle masse per la deformata corrispondente al primo modo di vibrare (*schema di carico approssimabile al primo modo di vibrare*):

$$F_i = F_b \cdot \frac{m_i \cdot \phi_i}{\sum_{j=1}^N m_j \cdot \phi_j} = F_b \cdot \frac{m_i \cdot z_i}{\sum_{j=1}^N m_j \cdot z_j}.$$

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa:

- Stato Limite Ultimo (SLV): $D_{\max} < D_u$

D_{\max} : spostamento massimo richiesto da normativa individuato dallo spettro elastico;

D_u : spostamento corrispondente ad una riduzione della forza non superiore al 20% del massimo;

- Stato Limite Danno (SLD): $D_{\max}^{SLD} < D_u$

D_{\max}^{SLD} : spostamento massimo richiesto da normativa individuato dallo spettro sismico definito per lo stato limite di danno;

D_u : spostamento minore tra quello corrispondente al raggiungimento della massima forza e quello per il quale lo spostamento relativo fra due piani consecutivi eccede quello massimo pari a $0,003 \cdot h$.

Inoltre, secondo la normativa O.P.C.M. 3362 dell'8 luglio 2004, si calcolano gli indicatori di rischio α_u ed α_e , così definiti:

| | | |
|------------|---|--|
| α_u | = | $PGA_{DS}/PGA_{10\%}$ (SLV) definito come indicatore del rischio di collasso; |
| α_e | = | $PGA_{DS}/PGA_{63\%}$ (SLD) definito come indicatore del rischio di inagibilità. |



SM Ingegneria S.r.l. - Prof. Ing. Claudio Modena

Sede operativa di Padova: Via G.A. Longhin, 23 - 35129 Padova (PD) - T (+39) 049.8070445 - F (+39) 049.7929724

E-mail: infopd@smingegneria.it - Web: www.smingegneria.it

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 432 di 439 |

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF). Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente. La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa .

La normativa definisce un'eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma. In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame. Per l'edificio in oggetto, non avendo simmetria in pianta, né lungo X né lungo Y, il numero di analisi svolte è pari a 8 per ogni distribuzione di forze scelta.

Si precisa che nei limiti del finanziamento stanziato per lo stralcio B dei lavori, le opere di consolidamento della muratura dell'ala ottocentesca sono state finalizzate al risanamento delle sole situazioni di degrado/lesione/carenza localizzata e non sono invece state estese in modo diffuso e sistematico all'intero edificio al fine di migliorare globalmente le caratteristiche di resistenza meccanica della muratura.

Per l'edificio ottocentesco non sono dunque stati introdotti nelle verifiche i coefficienti migliorativi della muratura applicabili in caso di interventi di iniezione, integrazione delle connessioni trasversali, ristilatura dei giunti di malta, intonaco armato.

Sono naturalmente state lasciate inalterate anche le caratteristiche della muratura dell'ala cinquecentesca, già restaurata e non oggetto di intervento nell'ambito del presente stralcio di lavori.

I risultati delle analisi, riportati in forma sintetica nelle tabelle successive, riportano il livello di sicurezza delle strutture rispetto alle azioni orizzontali agenti nel proprio piano.

Successivamente alla presentazione dei dati tabellari, viene proposta la visualizzazione grafica della più "onerosa" tra le analisi eseguite, con indicazione delle modalità di collasso strutturale in riferimento alla curva di capacità.

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 433 di 439 |

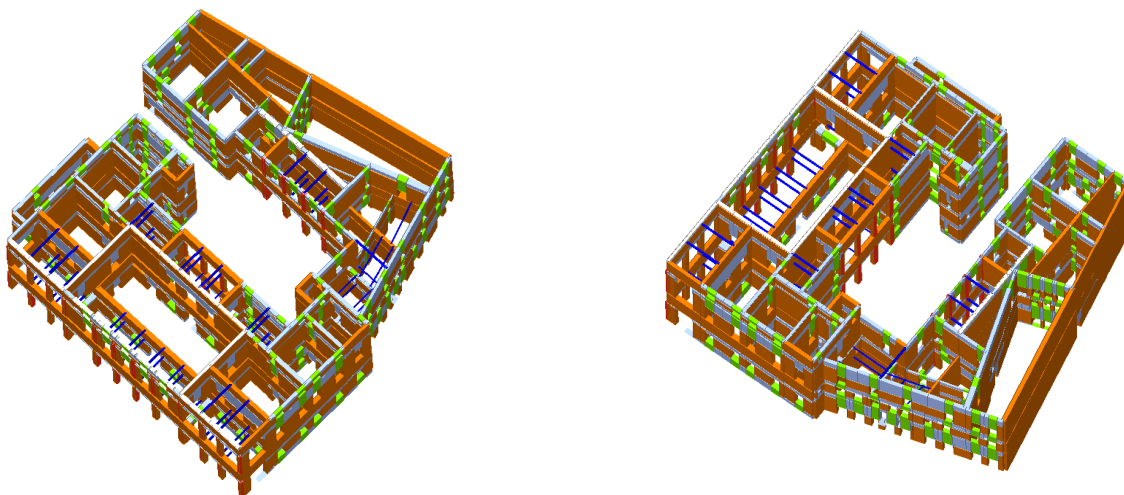


Figura 7.46: Mesh del telaio equivalente dello stato di progetto

Le sigle riportate nelle tabelle hanno i seguenti significati:

| | |
|------------------------|---|
| Dir. Sisma | <i>Direzione di incidenza dell'azione sismica;</i> |
| Distrib. | <i>Distribuzione dell'azione sismica (proporzionale alle masse o al 1° modo);</i> |
| Ecc. | <i>Eccentricità dell'azione sismica rispetto al centro di massa;</i> |
| D_{max} | <i>Richiesta di spostamento del sisma del punto di controllo;</i> |
| D_u | <i>Spostamento massimo consentito del punto di controllo SLV;</i> |
| D_d | <i>Spostamento massimo consentito del punto di controllo SLD;</i> |
| D_o | <i>Spostamento massimo consentito del punto di controllo SLO;</i> |
| q* | <i>Rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente (se >3 analisi non soddisfatta);</i> |
| Ver. | <i>Verifica soddisfatta o meno;</i> |

7.5.2 Risultati

Di seguito vengono riportati i risultati dell'analisi statica non lineare prendendo come nodo di riferimento per gli spostamenti il nodo n°299 del dell'ultimo livello.

| | | |
|---|--|-------------------|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | Pagina 434 di 439 |

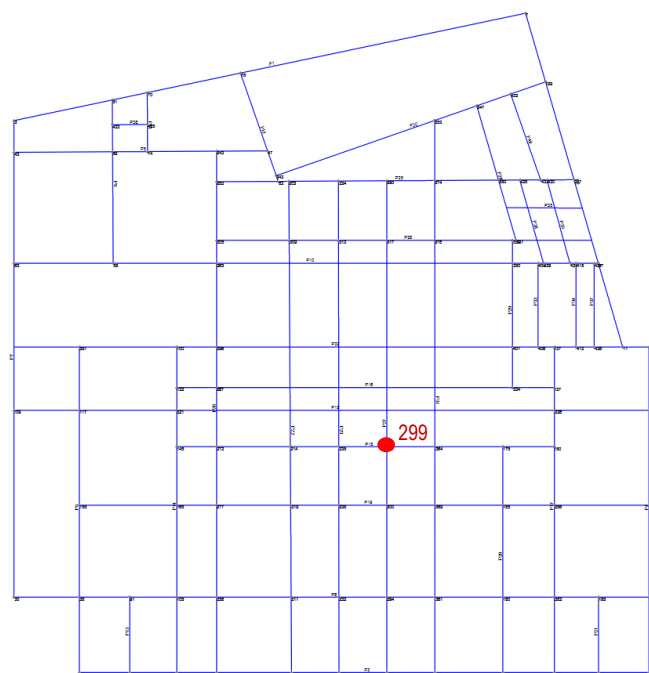


Figura 7.47: Posizione del nodo di riferimento

7.5.3 Schema di analisi globale

| N. | Dir. sisma | Car. sismico prop. | Ecc. [cm] | SLV | | | | SLD | | | SLO | | | α SLV | α SLD |
|----|------------|--------------------|-----------|-----------|---------|--------|------|-----------|---------|------|-----------|---------|------|--------------|--------------|
| | | | | Dmax [cm] | Du [cm] | q* SLU | ver. | Dmax [cm] | Dd [cm] | ver. | Dmax [cm] | Do [cm] | ver. | | |
| 1 | +X | Masse | 0,0 | 3,83 | 1,79 | 3,28 | No | 1,41 | 1,68 | Si | 1,06 | 1,68 | Si | 0,489 | 1,183 |
| 2 | +X | 1° modo | 0,0 | 4,58 | 13,84 | 4,40 | No | 1,71 | 11,73 | Si | 1,24 | 11,73 | Si | 0,681 | 1,825 |
| 3 | -X | Masse | 0,0 | 3,82 | 2,29 | 3,28 | No | 1,41 | 1,68 | Si | 1,05 | 1,68 | Si | 0,617 | 1,187 |
| 4 | -X | 1° modo | 0,0 | 4,56 | 14,80 | 4,35 | No | 1,70 | 13,73 | Si | 1,24 | 13,73 | Si | 0,689 | 1,844 |
| 5 | +Y | Masse | 0,0 | 0,28 | 1,88 | 0,23 | Si | 0,10 | 1,82 | Si | 0,08 | 1,82 | Si | 6,732 | 17,460 |
| 6 | +Y | 1° modo | 0,0 | 0,32 | 3,10 | 0,23 | Si | 0,12 | 1,88 | Si | 0,09 | 1,88 | Si | 9,666 | 15,685 |
| 7 | -Y | Masse | 0,0 | 0,29 | 1,97 | 0,23 | Si | 0,11 | 1,89 | Si | 0,08 | 1,89 | Si | 6,871 | 17,663 |
| 8 | -Y | 1° modo | 0,0 | 0,33 | 3,39 | 0,23 | Si | 0,12 | 3,10 | Si | 0,09 | 2,59 | Si | 10,406 | 25,476 |
| 9 | +X | Masse | 242,3 | 3,60 | 2,02 | 2,85 | No | 1,29 | 1,77 | Si | 0,97 | 1,77 | Si | 0,586 | 1,334 |
| 10 | +X | Masse | -242,3 | 4,05 | 2,35 | 4,01 | No | 1,52 | 1,57 | Si | 1,12 | 1,57 | Si | 0,591 | 1,032 |
| 11 | +X | 1° modo | 242,3 | 4,39 | 14,53 | 3,95 | No | 1,65 | 1,67 | Si | 1,20 | 1,67 | Si | 0,760 | 1,012 |
| 12 | +X | 1° modo | -242,3 | 4,81 | 15,83 | 4,85 | No | 1,80 | 13,67 | Si | 1,30 | 13,67 | Si | 0,619 | 1,658 |
| 13 | -X | Masse | 242,3 | 3,57 | 2,05 | 2,76 | No | 1,28 | 1,98 | Si | 0,96 | 1,98 | Si | 0,601 | 1,495 |
| 14 | -X | Masse | -242,3 | 4,06 | 2,58 | 3,76 | No | 1,53 | 2,01 | Si | 1,13 | 2,01 | Si | 0,644 | 1,315 |
| 15 | -X | 1° modo | 242,3 | 4,42 | 12,50 | 3,82 | No | 1,66 | 1,71 | Si | 1,21 | 1,71 | Si | 0,786 | 1,026 |
| 16 | -X | 1° modo | -242,3 | 4,75 | 16,61 | 4,83 | No | 1,77 | 15,51 | Si | 1,29 | 15,51 | Si | 0,621 | 1,665 |
| 17 | +Y | Masse | 233,3 | 0,28 | 1,88 | 0,26 | Si | 0,10 | 1,73 | Si | 0,08 | 1,73 | Si | 6,744 | 16,630 |
| 18 | +Y | Masse | -233,3 | 0,28 | 1,57 | 0,24 | Si | 0,10 | 1,50 | Si | 0,08 | 1,50 | Si | 5,651 | 14,468 |
| 19 | +Y | 1° modo | 233,3 | 0,32 | 2,48 | 0,25 | Si | 0,12 | 1,79 | Si | 0,09 | 1,79 | Si | 7,748 | 14,970 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------|--|
| RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | | | | | | | | | | | | | | |
| Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | | | | | | | | | | | | | Pagina 435 di 439 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|---------|--------|------|------|------|----|------|------|----|------|------|----|--------|--------|
| 20 | +Y | 1° modo | -233,3 | 0,32 | 3,13 | 0,24 | Si | 0,12 | 1,91 | Si | 0,09 | 1,84 | Si | 9,895 | 16,170 |
| 21 | -Y | Masse | 233,3 | 0,29 | 1,65 | 0,26 | Si | 0,11 | 1,65 | Si | 0,08 | 1,65 | Si | 5,762 | 15,437 |
| 22 | -Y | Masse | -233,3 | 0,28 | 2,00 | 0,24 | Si | 0,11 | 1,65 | Si | 0,08 | 1,65 | Si | 7,079 | 15,638 |
| 23 | -Y | 1° modo | 233,3 | 0,32 | 2,52 | 0,26 | Si | 0,12 | 1,86 | Si | 0,09 | 1,86 | Si | 7,766 | 15,326 |
| 24 | -Y | 1° modo | -233,3 | 0,33 | 3,29 | 0,22 | Si | 0,12 | 2,95 | Si | 0,09 | 2,30 | Si | 10,047 | 24,068 |

Tabella 3 Risultati analisi Push-Over - Nodo di riferimento n°299

Le analisi svolte mostrano come l'edificio, pur nei limiti dell'intervento, raggiunga nello stato di progetto un piccolo miglioramento del livello globale di sicurezza rispetto alla situazione dello stato di fatto, con valore di α SLV in direzione X pari a 0,49, incrementato del 4% rispetto al valore di stato di fatto, che risultava essere pari a 0,45 (cfr relazione ing. F. Reginato).

In seguito vengono proposti i grafici delle curve push-over e le immagini delle modalità di collasso delle analisi più gravose nelle due direzioni principali.

7.5.4 Analisi 1 – Direzione +X – Proporzionale alle masse – Eccentricità 0.00 cm

| N. | Dir. sisma | Car. sismico prop. | Ecc. | SLV | | | | SLD | | | SLO | | | | |
|----|------------|--------------------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|--------------|
| | | | | Dmax | Du | q* SLU | ver. | Dmax | Dd | ver. | Dmax | Do | ver. | α SLV | α SLD |
| | | | [cm] | [cm] | [cm] | | | [cm] | [cm] | | [cm] | [cm] | | | |
| 1 | +X | Masse | 0,0 | 3,83 | 1,79 | 3,28 | No | 1,41 | 1,68 | Si | 1,06 | 1,68 | Si | 0,489 | 1,183 |

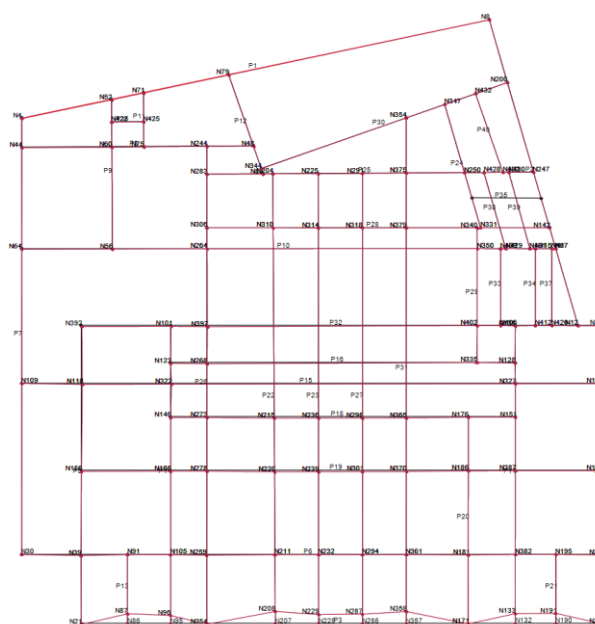


Figura 7.48: Deformata in pianta con evidenziata una delle pareti più sollecitate nella direzione X

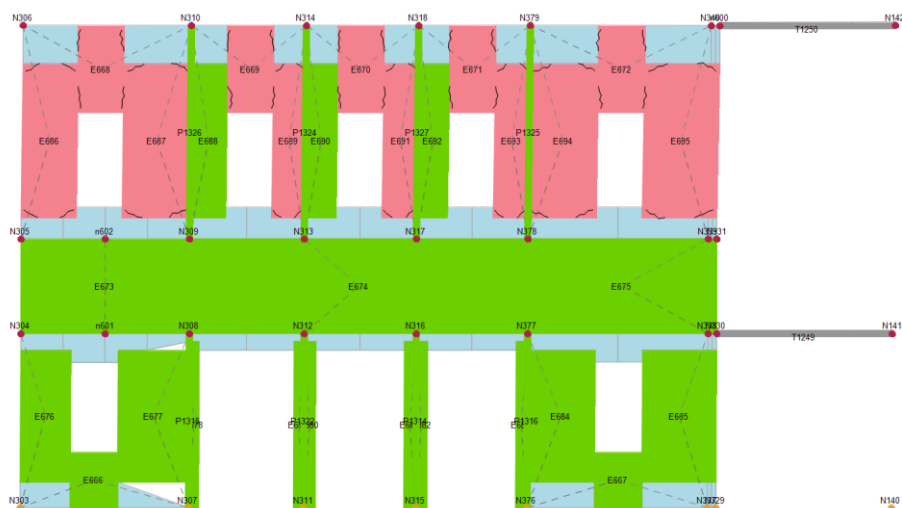


Figura 7.49: Danno allo stato limite di collasso incipiente (NC)

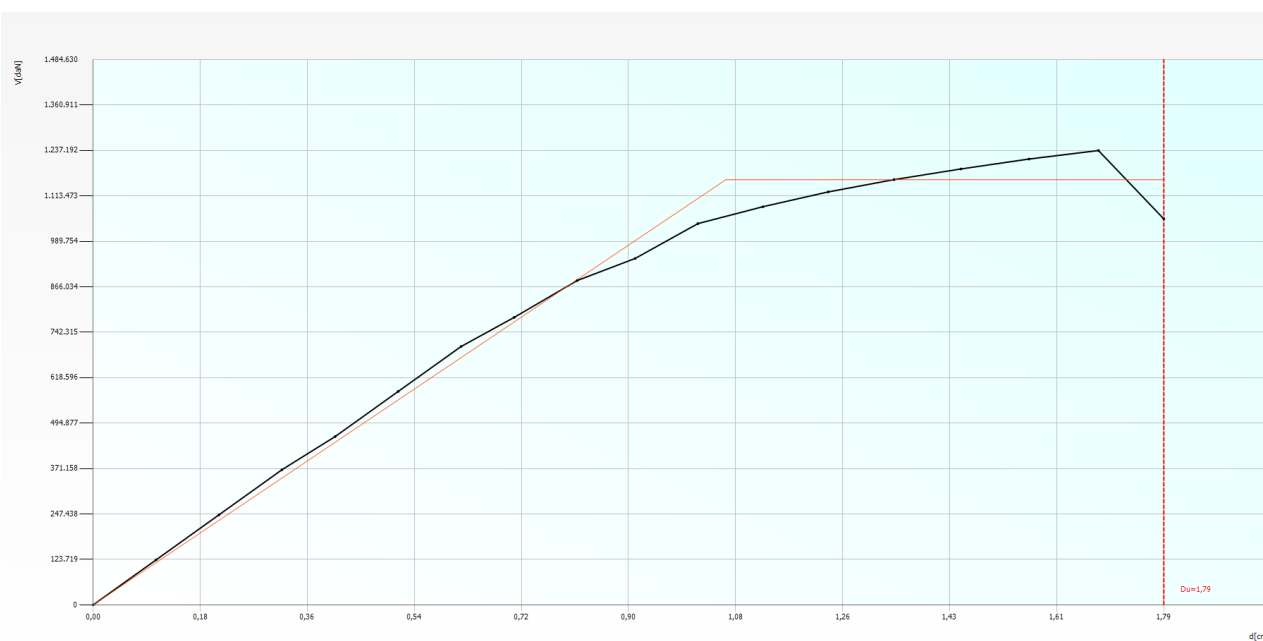


Figura 7.50: Curva di capacità dell'analisi n°1: l'asta verticale in rosso indica la richiesta sismica

| | | |
|--|---|-------------------|
| | RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DI PALAZZO CHIERICATI – ALA OTTOCENTESCA 2° LOTTO - STRALCIO B | |
| | Progetto esecutivo - Relazione di calcolo delle strutture | Pagina 437 di 439 |

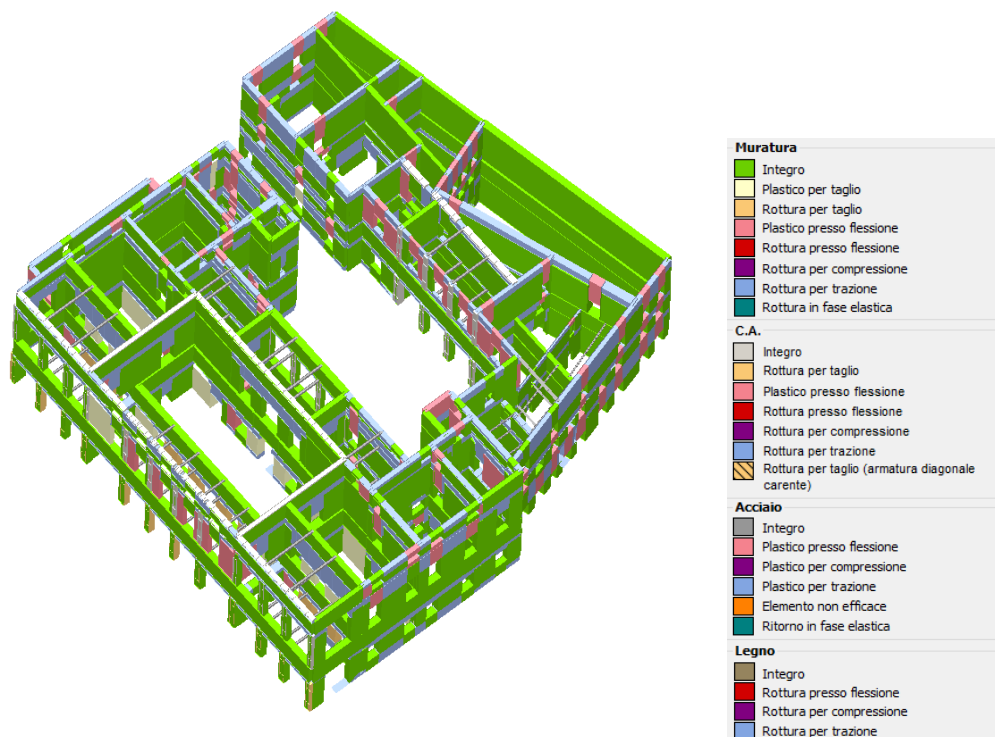


Figura 7.51: Vista assonometrica allo stato limite di collasso incipiente (NC) dell'analisi n°1

7.5.5 Analisi 18 – Direzione +Y – Proporzionale alle masse – Eccentricità -233,30 cm

| N. | Dir. sisma | Car. sismico prop. | Ecc. | SLV | | | | SLD | | | SLO | | | | |
|----|------------|--------------------|--------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|--------------|
| | | | | Dmax | Du | q* SLU | ver. | Dmax | Dd | ver. | Dmax | Do | ver. | α SLV | α SLD |
| | | | [cm] | [cm] | [cm] | | | [cm] | [cm] | | [cm] | [cm] | | | |
| 18 | +Y | Masse | -233,3 | 0,28 | 1,57 | 0,24 | Si | 0,10 | 1,50 | Si | 0,08 | 1,50 | Si | 5,651 | 14,468 |

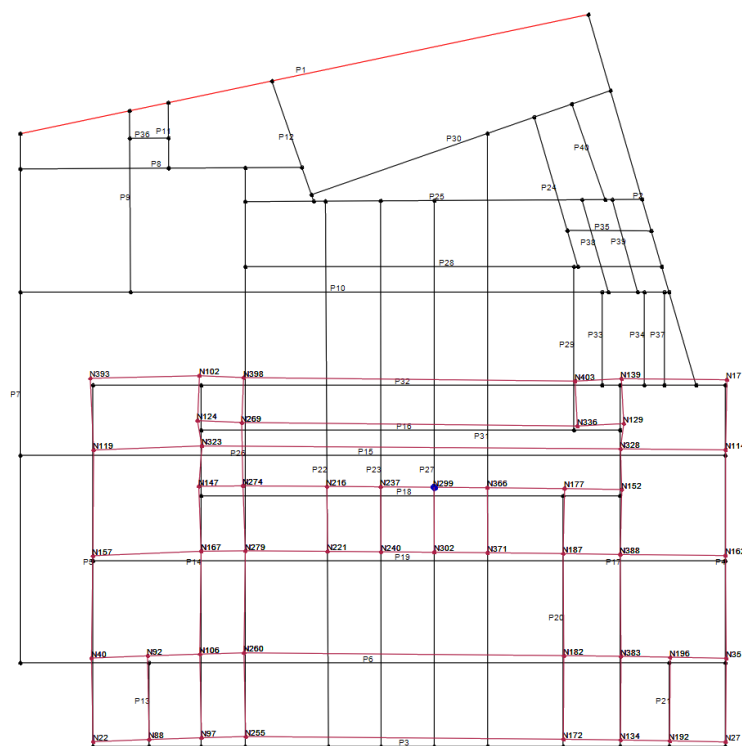


Figura 7.52: Deformata in pianta con evidenziata una delle pareti più sollecitate nella direzione Y

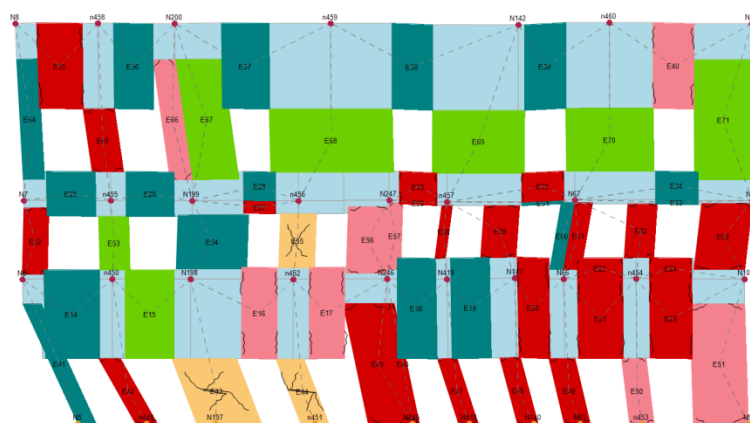


Figura 7.53: Danno allo stato limite di collasso incipiente (NC)

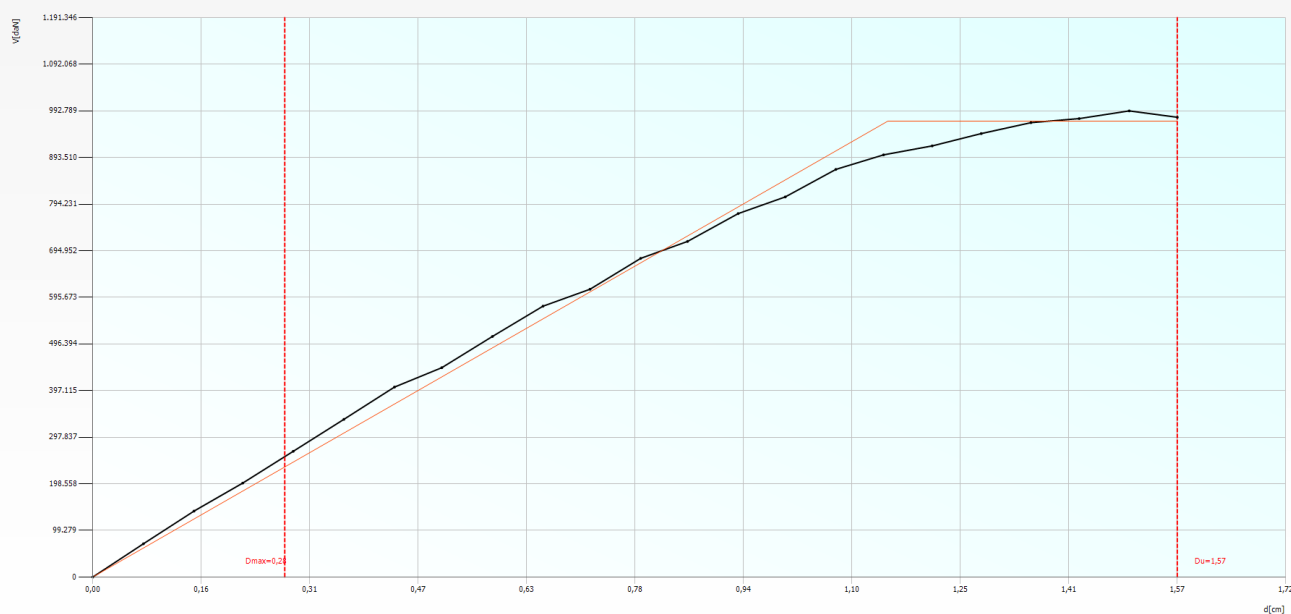


Figura 7.54: Curva di capacità dell'analisi n°18: l'asta verticale in rosso indica la richiesta sismica

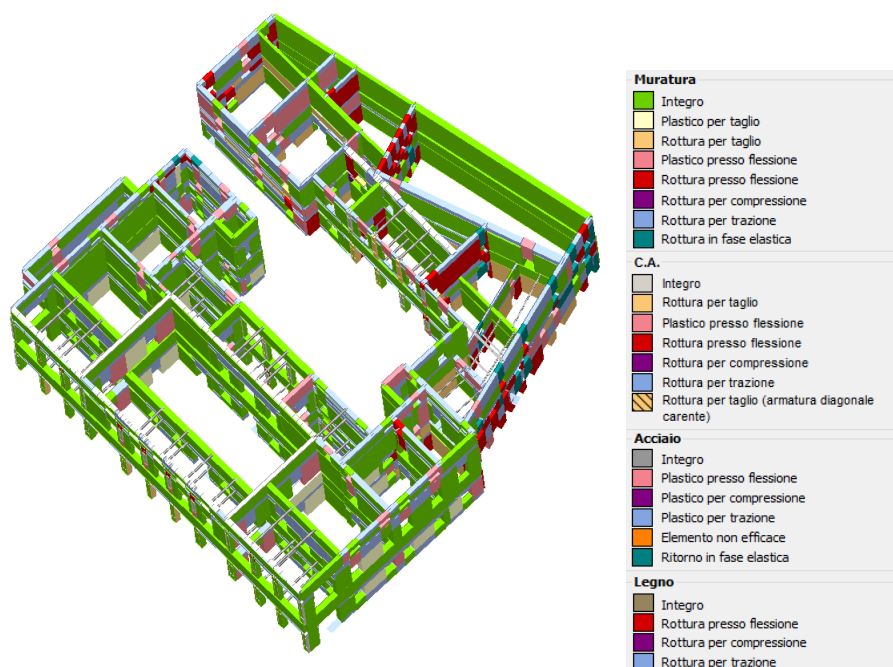


Figura 7.55: Vista assonometrica allo stato limite di collasso incipiente (NC) dell'analisi n°18

Padova, marzo 2017

Prof. Ing. Claudio Modena