REGIONE PIEMONTE

Comune di Cantalupa

Città Metropolitana di Torino

UFFICIO LAVORI PUBBLICI

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLE STRUTTURE (ai sensi del D.M. 17/1/2018) DEL PLESSO SCOLASTICO "S. PIGNATELLI"

SITO IN VIA DEL MONASTERO n. 9

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

ALL. **C**

Data:

Scala:

Rev:

Il Responsabile del Procedimento:
(Responsabile U.T. Lavori Pubblici)

Geom. Bruna COASSOLO

Il professionista capogruppo del R.T.P. e progettista delle strutture:

ing. Giuseppe RINALDIS

I professionisti mandanti del R.T.P.:

ing. Carmelo RINALDIS

arch. Erika BONINO

ing. Nicola CRITELLI

geol. Marco LAVEZZO

Adeguamento sismico scuola primaria "S. Pignatelli"

Indice

1. Introduzione 2
2. Riferimenti normativi.....2
3. Documentazione acquisita 3
4. Descrizione generale del plesso scolastico.....7
5. Descrizione delle strutture esistenti.....8
6. Scelte progettuali e descrizione degli interventi strutturali in progetto.....10
7. Criteri e metodi di analisi e verifica.....13
8. Analisi delle azioni e dei materiali 15
8.1. Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento.....15
8.2. Caratteristiche dei materiali 16
8.3. Azioni.....36
9. Risultati della valutazione della sicurezza allo stato di fatto 39
10. Analisi degli spostamenti a SLV tra i corpi di fabbrica e scelte sui giunti 67
11. Verifica dei setti antisismici in c.a.....72
12. Verifica degli elementi esistenti nella situazione di progetto 92
13. Verifica del dimensionamento degli interventi locali.....117
14. Valutazione delle tamponature perimetrali nei confronti del rischio d'espulsione...138

1. Introduzione

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle verifiche e dimensionamenti delle opere strutturali connesse al progetto esecutivo degli interventi di adeguamento sismico delle strutture del plesso scolastico "Silvia Pignatelli" a Cantalupa (TO), in cui hanno attualmente sede l'omonima scuola primaria e dell'infanzia.

L'incarico è stato conferito dal Comune di Cantalupa a seguito dell'effettuazione, ad opera di altro professionista, delle verifiche di vulnerabilità sismica del plesso e di uno studio di fattibilità tecnico-economica degli interventi necessari, approvato dal Comune stesso con propria Deliberazione G.C. n. 39 del 20/06/2018.

Nello specifico, le suddette valutazioni indicavano la necessità di adeguare le strutture nei confronti dell'azioni sismica nonché di risolvere alcune criticità puntuali.

Per l'esecuzione del presente progetto tuttavia, al fine di uniformare i dati di partenza, riferiti alle condizioni allo stato di fatto, si è reso necessario eseguire ex-novo la valutazione della sicurezza (statica e sismica) delle strutture esistenti, per poi dimensionare gli interventi adottati.

Nel presente documento si descrive quindi in via omogenea il processo progettuale che supporta, in via analitica, la scelta degli interventi.

2. Riferimenti normativi

La Normativa di riferimento per l'esecuzione delle verifiche tecniche è riportata di seguito:

- Legge n. 1086 del 5/11/1971 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica";
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni, in particolare Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri 3 Maggio 2005 n. 3431;
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";

- Regione Piemonte D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche";
- Regione Piemonte D.G.R. n. 4-3084 del 12 dicembre 2011 "Approvazione delle procedure di controllo [...] ";
- Regione Piemonte D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 "[...] Integrazione alle procedure attuative [...] approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084".
- D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 7 del 21/1/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 - Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5";
- Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti, CSLP, dicembre 2018;

3. Documentazione acquisita

Quale supporto all'espletamento dell'incarico il Committente ha messo a disposizione la sottoelencata documentazione:

- Progetto relativo alla prima edificazione del plesso scolastico (prot.n. 29230 del 29/7/1976), consistente nel corpo di fabbrica denominato "struttura 1" nel prosieguo della relazione, risalente al 1976 e a firma del progettista strutturale ing. Luigi Triveri, composto dalle seguenti tavole strutturali:

    - Dis. 1 armatura delle fondazioni;
    - Dis. 1 armatura dei muri delle fondazioni;
    - Dis. 1 pianta delle fondazioni;
    - Dis. 2 solaio sul sotterraneo (carpenteria);
    - Dis. 2 solaio sul sotterraneo (distinta armature);
    - Dis. 3 solaio di sottotetto (carpenteria);
    - Dis. 3 solaio di sottotetto (distinta armature);

  oltre a due tavole architettoniche (piano seminterrato e piano rialzato) e comprensivo di denuncia delle opere, relazione tecnica illustrativa, relazione di calcolo, relazione a strutture ultimate e certificato di collaudo statico;

- Progetto relativo al 1° ampliamento (prot.n. 3488 del 2/10/1980), consistente nella realizzazione della c.d. "struttura 2", datato 1980 e a firma dell'ing. Marcello Marinone, composto dalle seguenti tavole strutturali:

  - Dis. 1 fondazioni (carpenteria e distinte armature);
  - Dis. 2 pianta piano rialzato e sottotetto (carpenterie e distinte armature);

  oltre alle tavole architettoniche (piano rialzato, prospetti e sezioni) e comprensivo di denuncia delle opere, relazione tecnica illustrativa e di calcolo, certificato di collaudo statico;

- Progetto relativo al 2° ampliamento (prot.n. 4471 del 24/10/1983), ossia relativo alle c.d. "struttura 3" e "struttura 4", datato 1983 e a firma dell'ing. Edoardo Piarulli, composto dalle seguenti tavole strutturali:

  Per struttura 3:
  - Tav. unica fondazioni, piano rialzato e sottotetto (carpenteria e distinta armature);
  - Dis. 1 armatura dei muri delle fondazioni;
  - Dis. 1 pianta delle fondazioni;
  - Dis. 2 solaio sul sotterraneo (carpenteria);
  - Dis. 2 solaio sul sotterraneo (distinta armature);
  - Dis. 3 solaio di sottotetto (carpenteria);
  - Dis. 3 solaio di sottotetto (distinta armature);

  oltre a due tavole architettoniche (piano rialzato e sezione) e comprensivo di denuncia delle opere, relazione tecnica illustrativa e di calcolo, relazione a strutture ultimate (con annesso certificato prove di laboratorio) e certificato di collaudo statico;

  Per struttura 4:
  - Dis. 1 fondazioni (carpenteria e distinta armature);
  - Dis. 2 carpenterie (fondazioni, piano rialzato, piano sottotetto);
  - Dis. 3 distinta armature;

oltre a tre tavole architettoniche (piano rialzato, prospetti e sezione) e comprensivo di relazione tecnica illustrativa e di calcolo, relazione integrativa, relazione di verifica delle fondazioni;

- Progetto relativo al rifacimento delle coperture e installazione di impianto fotovoltaico (su struttura 1) (prot.n. 35370 del 13/05/2013), datato 2013 e a firma dell'ing. Paolo Crespo, composto dalle seguenti tavole strutturali:

  - All. 1s carpenterie esistenti;
  - All. 2s pianta copertura;
  - All. 3s sezioni e particolari;
  - All. 4s distinta armature;
  - All. 5s relazione di calcolo;
  - All. 5sb relazione di calcolo integrativa;
  - All. 6s indicatori di rischio della struttura attuale;
  - All. 6s-1 indicatori di rischio della struttura in progetto;
  - All. 6s-2 relazione geotecnica;
  - All. 7s piano di manutenzione;

  oltre a due tavole architettoniche (piano sottotetto e copertura, sezioni, prospetti) e comprensivo di denuncia delle opere, relazione tecnica illustrativa, certificato di collaudo statico;

- Progetto relativo allo studio di fattibilità degli interventi di adeguamento sismico del plesso scolastico (strutture 1-2-3-4), datato 2018 e a firma dell'ing. Paolo Fiorillo, approvato con Delibera G.C. n. 39 del 20/06/2018, composto dalle seguenti tavole strutturali:

  - Tav. S1 struttura 1 demolizioni (piante e sezioni);
  - Tav. S2 struttura 1 nuovi interventi (piante e sezioni);
  - Tav. S3 struttura 2 demolizioni (piante e sezioni);
  - Tav. S4 struttura 2 nuovi interventi (piante e sezioni);
  - Tav. S5 struttura 3 demolizioni (piante e sezioni);

- Tav. S6 struttura 3 nuovi interventi (piante e sezioni);
- Tav. S7 struttura 4 demolizioni (piante e sezioni);
- Tav. S8 struttura 4 nuovi interventi (piante e sezioni);

oltre a tre tavole architettoniche, relazione generale, relazione specialistica delle strutture, relazione geologica, relazione geotecnica, calcolo sommario della spesa, quadro economico, prime indicazioni sulla sicurezza;

- Rapporti conseguenti alla campagna d'indagini e prove conoscitive condotte sul fabbricato scolastico nel febbraio 2018, ad opera della Ditta 4EMME spa, identificati come prove da 7501-TO a 7507-TO, comprensive di rapporto su prova MASW;

- Tavola n. 1 del 1998 (prot. VVF del 19/7/1999), redatta dal P.I. Cesare Cais di Pinerolo, rappresentante un tracciato degli impianti antincendio nelle aree esterne;

- Tavole n. 1 e 2 del 1996 (progetto n. 11/071/96), redatte dal P.I. Giancarlo Zucchino di Torino, rappresentante gli impianti elettrici (illuminazione normale ed emergenza, F.M., rivelazione);

- Relazione riassuntiva della documentazione acquisita dal professionista che ha redatto lo studio di fattibilità (ing. Paolo Fiorillo di Pinerolo), datata 26/02/2018;

Dall'esame della documentazione sopra elencata, si è appurata la disponibilità di tutti gli esecutivi delle strutture, a meno degli elaborati relativi agli elementi di supporto delle coperture.

Le verifiche strutturali e la progettazione degli interventi sono stati pertanto impostati sulla base della documentazione sopraelencata, integrata dalle informazioni acquisite in situ durante le visite di sopralluogo.

4. Descrizione generale del plesso scolastico

Il complesso edilizio in cui ha sede la scuola materna e primaria "S. Pignatelli" è ubicato nella zona centrale del territorio comunale di Cantalupa, con accessi principali da via Monastero e un accesso secondario da via Roma n. 12.

La destinazione d'uso attuale dei fabbricati è rimasta coerente con quella della prima edificazione, ossia di edificio scolastico; anche i successivi interventi documentati, tutti relativi ad ampliamenti tramite aggiunta di nuovi corpi di fabbrica, mantengono immutato l'ambito di destinazione del complesso edilizio.

Dal punto di vista morfologico, il fabbricato scolastico è completamente isolato rispetto ad altri edifici limitrofi, che consistono in un edificio residenziale e in una palestra.

La prima costruzione del complesso scolastico risale agli anni 1976, quando fu realizzato il primo corpo di fabbrica (denominato "struttura 1" anche per gli scopi del presente progetto), ad un piano fuori terra oltre ad un livello sottotetto e ad un piano seminterrato.
Successivamente è avvenuta l'edificazione, in ordine cronologico, della struttura "2" (anno 1980), della "struttura 3" e della "struttura 4" (nel 1983). Sul plesso scolastico è stato realizzato un ultimo ampliamento nel 2005 (c.d. "struttura 5"), che è stato però escluso dal presente progetto, su indicazioni del Committente, in considerazione del fatto che è stato progettato secondo criteri antisismici più recenti.

In sintesi, considerando i corpi oggetto di interventi, la sagoma complessiva del fabbricato presenta una forma irregolare, inscrivibile in un rettangolo di lati 40 x 35 m circa, come si può facilmente evincere dagli elaborati grafici di corredo al progetto.

Per le finalità del presente progetto, non risulta che siano stati eseguiti altri interventi di primaria rilevanza strutturale oltre a quelli afferenti ai progetti sopra citati.

Per quanto concerne l'aspetto costruttivo, le strutture portanti sono tutte in calcestruzzo armato gettato in opera, ad eccezione delle parti lignee già descritte, e consistono in telai monodirezionali del tipo trave-pilastro a sostegno di solai in laterocemento, con blocchi di laterizio d'alleggerimento interposti a travetti in c.a. ordinario, con spessori e luci correnti.

Le fondazioni sono del tipo a plinti isolati centrali e fondazione continua su muro controterra per quanto riguarda la struttura 1, e a travi continue o travi parete per le restanti strutture.

Dal punto di vista distributivo invece, le aule sono tutte disposte al piano rialzato, dove si trovano anche i servizi igienici, una sala insegnanti e locali di servizio (portineria, locale di sgombero, atrio). Al livello seminterrato invece si trova un ampio salone "ludico", utilizzato anche come refettorio (originariamente invece risultava essere un'autorimessa), un locale per attività libere, la cucina e annessa dispensa, servizi igienici. Il livello di sottotetto è invece inutilizzato e lasciato al grezzo, accessibile tramite n. 3 botole dislocate nei corridoi in corrispondenza delle strutture 1, 3 e 4.

Le coperture, oggetto di rifacimento in un periodo recente (2013), sono del tipo a doppia falda e sono costituite da un manto in coppi sostenuto da orditura lignea (puntoni e piccola orditura), a sua volta sorretta da travi in c.a. su pilastri anch'essi in c.a.; fa eccezione soltanto la struttura "2", in cui la trave di colmo è in legno lamellare.

L'altezza interpiano del livello rialzato è uniforme tra i diversi corpi di fabbrica e risulta pari a 3.10 m circa, mentre al livello seminterrato l'altezza netta è pari a 2.96 m circa.

Le tamponature esterne sono state invece realizzate con murature in laterizio a doppia fodera e cassavuota, in parte intonacate e in parte in mattoni a vista tipo "paramano".

5. Descrizione delle strutture esistenti

L'organizzazione strutturale è sostanzialmente omogenea tra i corpi di fabbrica esaminati.

Infatti, tutte le strutture sono costituite da telai piani, formati da pilastri a sezione rettangolare o quadrata, con lato minimo pari a 30 cm, e da travi in spessore di solaio oppure fuori spessore, ribassate se appartenenti al solaio del piano rialzato oppure rialzate se realizzate a livello del sottotetto.
Tutti i corpi di fabbrica esaminati possiedono due livelli di solaio, tutti realizzati in laterocemento con travetti in c.a. gettati in opera e blocchi di laterizio interposti ad interasse pari a 50 cm, con funzione d'alleggerimento.

Nello specifico, il solaio del piano rialzato ha spessore pari a 24 cm (20+4) per struttura 1 e struttura 2 e pari a 20 cm (16+4) per struttura 3 e 4.
Il solaio del sottotetto ha invece uno spessore di 23/24 cm (18+5 oppure 20+4).
La struttura di copertura è invece realizzata con un'orditura di elementi lignei, tipo puntoni, non spingenti in quanto poggianti su travi di colmo o in falda.

Per quanto riguarda le fondazioni, le informazioni disponibili dalla documentazione acquisita e dai rilievi condotti in situ (cfr. Documentazione acquisita) indicano che per struttura 1 sono state realizzate a plinti isolati, per i pilastri centrali, e muri controterra perimetrali da 40 cm di spessore, mentre per le restanti strutture le fondazioni risultano collegate tramite cordolature.
Occorre a tal proposito specificare che, attraverso la campagna d'indagini e prove, le ispezioni condotte nelle porzioni accessibili dei vespai restituiscono un dato certo, mentre per le fondazioni di struttura 1, nella zona dove sono situati i locali seminterrati, le informazioni sono limitate a quanto illustrato negli elaborati dell'epoca.

In sede di progetto risultano le seguenti indicazioni sulle caratteristiche dei materiali posti alla base dei calcoli:

Struttura 1
Calcestruzzo Rbk = 20 N/mm^2
Acciaio tipo FeB32k

Struttura 2
Calcestruzzo Rbk = 25 N/mm^2
Acciaio tipo FeB44k

Struttura 3 e 4
Calcestruzzo* Rbk = 25 N/mm^2 * secondo relazione di calcolo
Acciaio tipo FeB44k

La campagna d'indagini e prove ha comunque permesso di acquisire un buon numero di spezzoni di armature e conseguentemente giungere ad un dato medio di resistenza dell'acciaio, confermando sostanzialmente le indicazioni progettuali.

6. Scelte progettuali e descrizione degli interventi strutturali in progetto

Nel contesto dell'incarico ricevuto, sulla scorta delle indicazioni del Committente (tra cui le linee esplicitate nello studio di fattibilità approvato), il plesso scolastico in esame dev'essere considerato come "strategico" ai fini della prevenzione del rischio sismico e le opere strutturali da prevedersi devono permettere di conseguire un livello prestazionale corrispondente all' "adeguamento sismico" delle strutture esistenti, con il raggiungimento di un coefficiente ζ_E pari a 1.00, inteso come il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

Gli interventi in progetto consistono dunque nella realizzazione di opere di adeguamento sismico delle strutture 1-2-3-4 del plesso scolastico, rappresentate a livello globale dall'inserimento di setti antisismici esterni alla sagoma del fabbricato, aventi la funzione di sopportare integralmente l'azione orizzontale dovuta al sisma, nel rapporto ζ_E sopra riportato e secondo le ipotesi di calcolo indicate nel seguito.
La scelta è legata, oltre a ragioni d'economicità, anche all'esigenza di minimizzare per quanto possibile gli interventi all'interno dell'edificio, per limitare le interferenze con le componenti edilizie ed impiantistiche già presenti.
Il posizionamento planimetrico dei setti è stato scelto con il criterio di minimizzare l'eccentricità tra il centro delle masse e il centro delle rigidezze, al fine di ridurre al minimo gli effetti secondari torsionali in condizioni sismiche, nonché con il criterio del minore impatto estetico sulla costruzione. La realizzazione dei setti antisismici produrrà anche una riduzione degli spostamenti attesi, a beneficio degli stati limite di danno (SLD / SLO).

Inoltre, sono stati previsti interventi locali (con la tecnica dell'incamiciatura metallica e degli inserti metallici in acciaio) volti al rinforzo di elementi esistenti che si sono rivelati critici nell'ambito delle analisi svolte, nonché interventi mirati all'eliminazione di anomalie costruttive (commistione tra elementi strutturali di corpi di fabbrica differenti, pilastri in falso, elementi pesanti privi di funzionalità statica).

Per mitigare il rischio di martellamento tra i corpi strutturali contigui, è stato previsto l'allargamento dei giunti esistenti, attualmente non adeguati secondo quanto è emerso dai calcoli degli spostamenti condotti ai sensi delle NTC 2018.

Per quanto concerne la vulnerabilità degli elementi non strutturali, è stato inoltre previsto un intervento di miglioramento del grado di vincolo delle tamponature perimetrali, per ridurre il rischio di ribaltamento fuori dal piano, mediante stesura di reti in materiale fibrorinforzato sulle facce delle specchiature murarie, da entrambi i lati, fissate reciprocamente e alle strutture portanti con idonei connettori, e inglobate in uno strato di intonaco strutturale, secondo la tecnica del FRCM (Fiber-reinforced cementitious matrix).
Analogamente, per prevenire il rischio di distacco e caduta di fondelli in laterizio dall'intradosso dei solai soprastanti i locali ad uso scolastico, in considerazione dell'età costruttiva degli elementi, è stata prevista la posa in opera di una rete in G-FRP, opportunamente tassellata ai travetti del solaio e inglobata in uno strato di intonaco strutturale.

In sintesi dunque, gli interventi previsti sono:

- Realizzazione di setti antisismici esterni in c.a., su fondazioni profonde in micropali, indipendenti dalle fondazioni esistenti;
- Incamiciatura metallica (con la tecnica del beton-plaqué) di pilastri non verificati alle azioni statiche e/o sismiche;
- Rinforzo di alcune travi in c.a. del sottotetto, mediante ringrosso della sezione all'estradosso, con inserimento di barre d'armatura addizionali e getto di betoncino;
- Riduzione delle sollecitazioni di flessione e di taglio in alcune travi non verificate, per mezzo di installazione di mensole in acciaio all'intradosso, con l'effetto di riduzione della luce netta d'inflessione;
- Inserimento di trave in acciaio tra il pilastro esistente a supporto della pensilina d'ingresso della scuola primaria (opportunamente ringrossato per simmetria con il pilastro antistante) e il pilastro dell'edificio, al fine di creare un collegamento trasversale delle strutture della pensilina con quelle dell'edificio;
- Eliminazione di un pilastro in falso al sottotetto di struttura 2 e realizzazione di una reticolare d'acciaio compensativa, vincolata a pilastri nascenti dal livello delle fondazioni;
- Eliminazione di un pilastro in falso al sottotetto di struttura 3, con contestuale demolizione della trave di colmo in c.a. e di cornicione residuo (verso la struttura non oggetto di valutazioni), a favore di una trave in legno lamellare, analoga a quella già esistente sotto il colmo di struttura 2;

- Realizzazione di un pilastro in struttura 2, previsto nel progetto dell'epoca ma non riscontrato sul posto, al fine di migliorare la connessione con le strutture del sottotetto e scaricare parzialmente una trave del sottotetto stesso;
- Realizzazione di un altro pilastro in struttura 2, in allineamento con la trave di colmo, al fine di sostenere lo stesso colmo riportando fino in fondazione le relative sollecitazioni, con contestuale eliminazione di un setto in c.a. realizzato in falso (adiacente alla struttura non oggetto di valutazioni);
- Demolizione della trave in c.a. a sostegno di parte della copertura di struttura 4 (verso struttura 1) e dei relativi tre pilastri di sostegno, in quanto realizzati in prosecuzione dei pilastri di struttura 1 e non di struttura 4 e quindi comportanti una commistione non razionale nel percorso di scarico delle sollecitazioni;
- Per il precedente intervento, realizzazione di pilastri in posizione opportuna (su struttura 4) e di trave in acciaio di sostegno della porzione di copertura;
- Demolizione di alcuni tratti di cornicione esistente, privo di funzione statica e controproducente nella risposta delle strutture alle azioni sismiche;
- Rinforzo di alcune travi di copertura della struttura 1, la cui capacità di resistenza si è mostrata insufficiente in condizioni sismiche, per mezzo di placcaggio su ambedue le facce verticali con profili in acciaio;
- Installazione di controventi in acciaio nel sottotetto di struttura 1, nelle posizioni indicate in progetto, al fine di contenere le sollecitazioni e gli spostamenti degli elementi esistenti;
- Creazione o allargamento, in funzione della situazione allo stato di fatto, di giunti tra i corpi adiacenti, fino ad uno spessore compatibile con la somma degli spostamenti attesi per ciascuna delle strutture confinanti;
- Realizzazione di rinforzo antiribaltamento delle murature perimetrali;
- Posa di presidio antisfondellamento all'intradosso dei solai del livello rialzato e sottotetto, al fine di prevenire il possibile rischio di distacco e caduta di fondelli di laterizio, stante l'età del fabbricato e la luce di alcuni campi di solaio;

I dettagli e i particolari costruttivi di ciascun intervento sono riportati nelle tavole grafiche, a cui si rimanda.

Nel seguito vengono prima richiamati i principali risultati ottenuti nella valutazione della sicurezza (statica e sismica) e successivamente illustrate le verifiche degli interventi previsti in progetto.

7. Criteri e metodi di analisi e verifica

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi in progetto è stata condotta nei confronti dello Stato Limite Ultimo, rispetto alla condizione SLV (di cui al §8.3 delle NTC). Poiché si tratta di un edificio scolastico, sono state condotte comunque le verifiche a SLU per le azioni statiche, e agli Stati Limite di Esercizio per le azioni sismiche (SLD e SLO).

<u>Combinazione delle azioni</u>

Per la verifica allo Stato Limite Ultimo (SLU): $\sum \gamma_{G,j}\, G_{k,j} + \gamma_{Q,1}\, Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i}\, \psi_{0,i}\, Q_{k,i}$

Per la verifica allo Stato Limite di Esercizio (SLE):

- Combinazione rara: $\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i}\, Q_{k,i}$
- Combinazione frequente: $\sum G_{k,j} + \psi_{1,i} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$
- Combinazione quasi permanente: $\sum G_{k,j} + \psi_{2,i} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$

Per la verifica sismica (SLV): $\sum G_{k,j} + \sum_{i>1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i} + E$

I coefficienti ψ sono coerenti con la categoria d'edificio C di cui alla tab. 2.5.I delle NTC.

I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono derivati dalle NTC - Tabella 2.6.I e sono pari a:

γ_{G1} = 1.3
γ_{G2} = 1.5
γ_{Q} = 1.5

La verifica del fabbricato in oggetto è stata condotta in ottemperanza alle prescrizioni del D.M. 17/1/2018 (NTC), sulla base della conoscenza della struttura e dei materiali derivante dalla documentazione progettuale e dalla campagna di prove acquisite, dai rilievi integrativi appositamente condotti e dalle ulteriori verifiche.

In funzione del quadro conoscitivo acquisito, coerentemente con gli indirizzi del Committente (cfr. studio di fattibilità), la conoscenza delle strutture dei fabbricati in esame può ritenersi di livello "Esaustiva" (ovvero **LC3**) e il relativo Fattore di Confidenza FC adottato è pari a 1.00 (Circolare NTC C.8.5.4.2).

Metodo di analisi e verifica:

Per la valutazione delle azioni sismiche e il dimensionamento dei nuovi elementi sismoresistenti, le strutture sono state analizzate con il metodo dell'analisi dinamica modale con spettro di risposta, con le azioni sismiche fornite dalle NTC e i parametri relativi agli edifici esistenti.

Il processo di verifica dello stato di fatto e di dimensionamento dei necessari interventi in ambito statico e sismico è stato articolato come segue:

a) Modellazione tridimensionale delle strutture con l'ausilio di un software ad elementi finiti (nello specifico, SAP2000 v. 20 della CSI America), con i carichi derivanti dall'apposita analisi e nelle combinazioni di Norma per le azioni di tipo statico e sismico;
b) Esportazione dei risultati in un altro software, c.d. post-processore (nello specifico, VIS v. 11), inserimento dei parametri meccanici distinti per ciascuna struttura e delle armature in ciascun elemento principale, desunte dalle distinte dei progetti dell'epoca e dalle integrazioni conseguenti ai riscontri effettuati con la campagna d'indagini e prove;
c) Verifica di resistenza delle strutture allo stato di fatto soggette alle sole azioni statiche, in combinazione SLU, al fine di identificare gli elementi eventualmente non verificati già in condizioni statiche, e successivamente verifica anche alle azioni sismiche (SLV). Queste verifiche rappresentano la base della valutazione della sicurezza (statica e sismica) delle strutture allo stato di fatto (v. **Allegato A**);
d) Integrazione dei modelli strutturali FEM, con la modellazione degli elementi di nuova realizzazione (ad es. i setti antisismici esterni) e l'introduzione di cerniere alle estremità dei pilastri, in modo da considerare la struttura esistente come secondaria (non partecipante alla resistenza sismica) e imputare così tutta l'azione sismica di progetto ai soli setti esterni. La validità dell'assunzione suddetta è stata verificata calcolando il contributo alla rigidezza totale offerta dai setti esterni e la resistenza

dei pilastri esistenti nei confronti dei carichi gravitazionali quando soggetti agli spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto allo SLC, in accordo con quanto prescritto al par. 7.2.3 delle NTC.
I dati, risultati e schemi grafici sono riportati in **Allegato B.**

Già a partire dallo stato di fatto, le diverse strutture costituenti il plesso scolastico e oggetto d'incarico (struttura 1, 2, 3, 4) sono state modellate separatamente, in considerazione dei giunti strutturali presenti (o da creare in fase progettuale).

Nella modellazione dei solai non sono stati utilizzati elementi bidimensionali (shell), ma è stato considerato il piano alla quota dell'impalcato come "rigido" attraverso l'imposizione di un vincolo di tipo "*diaframma*" a tutti in nodi del piano, mentre i carichi sono stati ripartiti sulle travi su cui i solai poggiano. Il contributo in massa dei carichi permanenti e variabili e degli elementi non strutturali, così come delle coperture leggere, è stato considerato nell'analisi modale mediante la conversione degli stessi carichi in masse sismiche, nella combinazione proposta dalla Normativa.

8. Analisi delle azioni e dei materiali

Come anticipato, le verifiche sono state condotte in ottemperanza alle prescrizioni della vigente normativa in materia, ossia il D.M. 17/01/2018 (indicato anche come "NTC"), mentre per l'identificazione delle azioni sismiche e delle tipologie di costruzione si è fatto riferimento alla normativa regionale in vigore, che individua il territorio del comune di Cantalupa come appartenente alla **zona sismica 3S**.

8.1. Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento

La scelta della vita nominale e della classe d'uso dell'edificio è stata condotta in coerenza con le indicazioni del Committente, secondo le quali il plesso scolastico rientra tra le opere con livelli di prestazioni elevati (NTC Tabella 2.4.I), per cui la vita nominale è assunta pari a V_N = 100 anni.
In termini di classe d'uso, essendo destinato ad attività scolastica e sempre secondo quanto indicato dal Committente, al plesso scolastico è stato assegnato un carattere **strategico** ai fini della prevenzione del rischio sismico, secondo la definizione della

vigente normativa regionale in materia (D.G.R. 65-7656 del 21/05/2014 e s.m.i. - Allegato 1), e pertanto dev'essere classificato in ***Classe IV***.
Il periodo di riferimento su cui valutare le azioni sismiche è pertanto pari a **V_R = 200 anni**.

Riepilogo

Costruzione di tipo	tipo 2
Vita nominale dell'opera	V_N = 100 anni
Classe d'uso	classe IV (fattore 2)
Periodo di riferimento	V_R = 200 anni

8.2. Caratteristiche dei materiali

Per quanto concerne le caratteristiche dei materiali esistenti e di nuovo impiego si riportano nel seguito i procedimenti utilizzati per la loro determinazione e i valori di sintesi.

Materiali degli **elementi esistenti**:

Per quanto concerne le caratteristiche dei materiali esistenti, sulla base dei dati delle prove effettuate su ciascuna delle quattro strutture oggetto di adeguamento si sono adottati i valori di riferimento per le analisi strutturali, secondo le seguenti considerazioni.

Stima della resistenza del calcestruzzo in situ

Sono stati elaborati i dati grezzi provenienti dalle prove eseguite sulle carote estratte da travi e pilastri delle quattro strutture in oggetto, mediante due formulazioni disponibili in letteratura *(la prima, tratta da "La stima della resistenza del calcestruzzo in-situ [...]", autori A. Masi, M. Vona, pubblicato su Progettazione sismica, e la seconda tratta dalle linee guida CSLP del 2017)*.

I certificati di riferimento sono:

- Certificato n. 11457 del 22/03/2018, su n. 33 carote di calcestruzzo estratte dalle strutture 1-2-3;
- Certificato n. 3771 del 09/04/2018, su n. 11 carote di calcestruzzo estratte dalla struttura 4;
- Certificato n. 11570 del 16/04/2018, su n. 18 carote di calcestruzzo estratte dalle strutture 1-2-3-4.

tutti rilasciati dal Laboratorio 4EMME Service spa di Bolzano.

Sono quindi disponibili dati su un totale di 62 carote.

La disponibilità di prove differenziate per tipologia di elemento (trave / pilastro) ha indotto la scelta di mantenere distinti anche i valori medi "finali" che verranno utilizzati nelle analisi statiche e sismiche (previa applicazione dei fattori di confidenza e dei coefficienti parziali di sicurezza). Si è inoltre eseguito un controllo sommario, per via analitica, della coerenza tra la resistenza in situ attuale del calcestruzzo e quella prescritta in sede di progetto. Per poter correlare i valori riscontrati nelle prove, che sono medi, con la suddetta resistenza prescritta in progetto, che è invece espressa in termini caratteristici, in via di prima approssimazione si può procedere determinando la resistenza $R_{ck,is}$ secondo la procedura di "valutazione conformità" (Linee guida CSLP 2017 in accordo alla UNI 13791), come richiamato dalle NTC al par. 11.2.6, e confrontandola con la resistenza R_{ck} di progetto.

Tenute in conto le approssimazioni insite nella procedura, dovute all'assenza di una popolazione di dati sufficiente a caratterizzare i valori in situ dal punto di vista statistico (qual è il dato caratteristico della resistenza) e a tenere conto delle dispersioni dei risultati, talvolta molto marcate, il procedimento sopra espresso consente comunque di apprezzare qualitativamente gli eventuali scostamenti tra i parametri e fornire un segnale di necessità di approfondimento, soprattutto per quanto concerne la sicurezza statica delle strutture.

STRUTTURA 1

Calcestruzzo delle travi

VALORI GREZZI	
Campione n.	**R_{car} di rottura**
	[N/mm2]
C11	19.0
C45	17.2
C46	22.8
C47	24.8
C48	24.3
C49	22.1
C50	21.5
C51	10.9
C52	20.6
C53	17.7
C27	35.6
C26	22.9
C25	21.7
C24	49.9
C23	14.5

Nota: carote con rapporto h/d = 1, quindi i valori sono da considerarsi equivalenti a resistenze cubiche.

$R_{car,m}$ [N/mm^2]	**23.03**
$f_{car,m}$ [N/mm^2]	**19.11**

ELABORAZIONI						
MASI					**LINEE GUIDA CSLP 2017**	
D/H	Fl/d	Fd	Rc,is		Fd	Rc,is
0.981	0.806	1.20	18.38		1.09	20.71
1.010	0.797	1.20	16.45		1.09	18.75
1.010	0.797	1.10	19.99		1.09	24.85
0.991	0.803	1.10	21.91		1.08	26.78
0.991	0.803	1.10	21.47		1.08	26.24
1.029	0.791	1.10	19.22		1.09	24.09
1.029	0.791	1.10	18.70		1.09	23.44
1.010	0.797	1.20	10.42		1.10	11.99
1.000	0.800	1.10	18.13		1.09	22.45
1.019	0.794	1.20	16.86		1.09	19.29
1.010	0.797	1.10	31.21		1.04	37.02
1.000	0.800	1.10	20.15		1.09	24.96
0.991	0.803	1.10	19.17		1.09	23.65
1.019	0.794	1.10	43.57		1.00	49.90
0.981	0.806	1.20	14.02		1.10	15.95

$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**20.64**	$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**24.67**
$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**17.13**	$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**20.48**

MEDIA ELABORAZIONI	
$R_{c,is}$ [N/mm^2]	$f_{c,is}$ [N/mm^2]
22.66	**18.80**

Dal momento che la media delle elaborazioni dei dati sopra esposte è sostanzialmente identica alla media aritmetica dei valori "grezzi" risultanti dai certificati di prova, si utilizzerà quest'ultima come resistenza media del materiale (su cui verranno applicati il fattore di confidenza e i coefficienti parziali di sicurezza – cfr. tabelle finali di sintesi che seguono).

Valutazione $R_{ck,is}$ (Linee guida CSLP 2017):

k	5	
$R_{car,m} - k$	18.03	[N/mm^2]
$R_{car,min} + 4$	14.90	[N/mm^2]
$R_{ck,is}^1$	**14.90**	[N/mm^2]
$R_{ck,is}$	**18.03**	[N/mm^2]

Si nota che il valore $R_{ck,is}^1$ è eccessivamente condizionato da $R_{car,min}$ di una singola carota (C51) e, ai fini della procedura qualitativa condotta, si può ritenere più significativo il valore $R_{ck,is}$ ottenuto da $R_{car,m-k}$.

Calcestruzzo dei pilastri

VALORI GREZZI	
Campione n.	**R_{car} di rottura**
	[N/mm2]
C13	9.2
C12	7.4
C7	12.7
C6	9.7
C5	10.2
C8	22.0
C16	16.0
C15	15.8
C2	17.3
C1	15.8
C54	14.1
C22	13.5
C21	13.0
C20	13.7
C19	13.3
C18	10.0
C17	11.2

Nota: carote con rapporto h/d = 1

$R_{car,m}$ [N/mm^2]	**13.23**
$f_{car,m}$ [N/mm^2]	**10.98**

ELABORAZIONI						
MASI					**LINEE GUIDA CSLP 2017**	
D/H	Fl/d	Fd	Rc,is		Fd	Rc,is
1.010	0.797	1.20	8.80		1.10	10.12
1.010	0.797	1.20	7.08		1.10	8.14
1.010	0.797	1.20	12.15		1.10	13.97
0.981	0.806	1.20	9.38		1.10	10.67
1.000	0.800	1.20	9.79		1.10	11.22
0.972	0.809	1.10	19.58		1.09	23.98
1.000	0.800	1.20	15.36		1.09	17.44
1.010	0.797	1.20	15.11		1.09	17.22
1.000	0.800	1.20	16.61		1.09	18.86
1.000	0.800	1.20	15.17		1.09	17.22
1.000	0.800	1.20	13.54		1.10	15.51
1.000	0.800	1.20	12.96		1.10	14.85
0.991	0.803	1.20	12.53		1.10	14.30
0.981	0.806	1.20	13.25		1.10	15.07
1.010	0.797	1.20	12.72		1.10	14.63
1.029	0.791	1.20	9.49		1.10	11.00
0.981	0.806	1.20	10.83		1.10	12.32

$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**12.61**	$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**14.50**
$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**10.46**	$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**12.04**

MEDIA ELABORAZIONI	
$R_{c,is}$ [N/mm^2]	$f_{c,is}$ [N/mm^2]
13.55	**11.25**

Anche in questo caso, la media delle elaborazioni è sostanzialmente equivalente alla media dei dati non elaborati.

Valutazione $R_{ck,is}$ (Linee guida CSLP 2017):

k	5	
$R_{car,m}$ – k	8.23	[N/mm^2]
$R_{car,min}$ + 4	11.40	[N/mm^2]
$R_{ck,is}$	**8.23**	[N/mm^2]

STRUTTURA 2

Calcestruzzo delle travi

VALORI GREZZI	
Campione n.	**R_{car} di rottura**
	[N/mm2]
C56	33.2
C58	45.7
C32	35.0
C55	32.4

Nota: carote con rapporto h/d = 1

$R_{car,m}$ [N/mm^2]	**36.58**
$f_{car,m}$ [N/mm^2]	**30.36**

ELABORAZIONI						
MASI					**LINEE GUIDA CSLP 2017**	
D/H	Fl/d	Fd	Rc,is		Fd	Rc,is
1.000	0.800	1.10	29.22		1.05	34.86
1.010	0.797	1.10	40.06		1.00	45.70
0.972	0.809	1.10	31.15		1.04	36.40
1.019	0.794	1.10	28.29		1.05	34.02

$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**32.18**	$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**37.75**
$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**26.71**	$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**31.33**

MEDIA ELABORAZIONI	
$R_{c,is}$ [N/mm^2]	$f_{c,is}$ [N/mm^2]
34.97	**29.02**

Valutazione $R_{ck,is}$ (Linee guida CSLP 2017):

k	7	
$R_{car,m} - k$	29.58	[N/mm²]
$R_{car,min} + 4$	36.40	[N/mm²]
$R_{ck,is}$	**29.58**	[N/mm²]

Calcestruzzo dei pilastri

VALORI GREZZI	
Campione n.	**R_{car} di rottura**
	[N/mm2]
C9	35.8
C3	35.1
C33	35.0
C31	22.3

Nota: carote con rapporto h/d = 1

$R_{car,m}$ [N/mm²]	**32.05**
$f_{car,m}$ [N/mm²]	**26.60**

ELABORAZIONI						
MASI					**LINEE GUIDA CSLP 2017**	
D/H	Fl/d	Fd	Rc,is		Fd	Rc,is
0.991	0.803	1.10	31.62		1.04	37.23
1.019	0.794	1.10	30.65		1.04	36.50
1.010	0.797	1.10	30.68		1.04	36.40
1.010	0.797	1.10	19.55		1.09	24.31

$R_{c,is}$ [N/mm²]	**28.13**	$R_{c,is}$ [N/mm²]	**33.61**
$f_{c,is}$ [N/mm²]	**23.34**	$f_{c,is}$ [N/mm²]	**27.90**

MEDIA ELABORAZIONI	
$R_{c,is}$ [N/mm²]	$f_{c,is}$ [N/mm²]
30.87	**25.62**

Valutazione $R_{ck,is}$ (Linee guida CSLP 2017):

k	7	
$R_{car,m} - k$	25.05	[N/mm²]
$R_{car,min} + 4$	26.30	[N/mm²]
$R_{ck,is}$	**25.05**	[N/mm²]

STRUTTURA 3

Calcestruzzo delle travi

VALORI GREZZI	
Campione n.	**R_{car} di rottura**
	[N/mm2]
C57	31.2
C59	30.4
C30	19.0
C62	26.2
C29	12.2

Nota: carote con rapporto h/d = 1

$R_{car,m}$ [N/mm^2]	**23.80**
$f_{car,m}$ [N/mm^2]	**19.75**

ELABORAZIONI						
MASI					**LINEE GUIDA CSLP 2017**	
D/H	Fl/d	Fd	Rc,is		Fd	Rc,is
1.029	0.791	1.10	27.14		1.06	33.07
1.010	0.797	1.10	26.65		1.06	32.22
1.000	0.800	1.20	18.24		1.09	20.71
1.010	0.797	1.10	22.97		1.08	28.30
0.991	0.803	1.20	11.76		1.10	13.42

$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**21.35**	$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**25.54**
$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**17.72**	$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**21.20**

MEDIA ELABORAZIONI	
$R_{c,is}$ [N/mm^2]	$f_{c,is}$ [N/mm^2]
23.45	**19.46**

Anche in questo caso, la media delle elaborazioni è sostanzialmente equivalente alla media dei dati non elaborati.

Valutazione $R_{ck,is}$ (Linee guida CSLP 2017):

k	7	
$R_{car,m} - k$	16.80	[N/mm^2]
$R_{car,min} + 4$	16.20	[N/mm^2]
$R_{ck,is}$	**16.20**	[N/mm^2]

Si osserva che, oltre alla scarsa popolazione di dati disponibili, il valore $R_{ck,is}$ è eccessivamente condizionato da $R_{car,min}$ di una singola carota (C29) afferente alla trave di colmo; escludendo tale valore, si otterrebbe una resistenza $R_{ck,is}$ pari a 19.70 N/mm^2.

Calcestruzzo dei pilastri

VALORI GREZZI	
Campione n.	**R_{car} di rottura**
	[N/mm2]
C10	40.5
C4	25.1
C28	12.5

Nota: carote con rapporto h/d = 1

$R_{car,m}$ [N/mm^2]	**26.03**
$f_{car,m}$ [N/mm^2]	**21.61**

ELABORAZIONI						
MASI					**LINEE GUIDA CSLP 2017**	
D/H	Fl/d	Fd	Rc,is		Fd	Rc,is
0.991	0.803	1.10	35.78		1.00	40.50
0.991	0.803	1.10	22.17		1.08	27.11
1.000	0.800	1.20	12.00		1.10	13.75

$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**23.32**	$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**27.12**
$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**19.35**	$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**22.51**

MEDIA ELABORAZIONI	
$R_{c,is}$ [N/mm^2]	$f_{c,is}$ [N/mm^2]
25.22	**20.93**

Valutazione $R_{ck,is}$ (Linee guida CSLP 2017):

k	7	
$R_{car,m} - k$	19.03	[N/mm^2]
$R_{car,min} + 4$	16.50	[N/mm^2]
$R_{ck,is}$	**16.50**	[N/mm^2]

Anche in questo caso si osserva che il valore $R_{ck,is}$ è eccessivamente condizionato da $R_{car,min}$ di una singola carota (C28) afferente ad un pilastro al sottotetto; escludendo tale valore, si otterrebbe una resistenza $R_{ck,is}$ pari a 25.80 N/mm^2.

STRUTTURA 4

Calcestruzzo delle travi

VALORI GREZZI	
Campione n.	**R_{car} di rottura**
	[N/mm2]
C43	18.2
C44	39.6
C37	13.9
C61	18.5
C35	10.8
C36	12.7

Nota: carote con rapporto h/d = 1

$R_{car,m}$ [N/mm^2]	**18.95**
$f_{car,m}$ [N/mm^2]	**15.73**

ELABORAZIONI						
MASI					**LINEE GUIDA CSLP 2017**	
D/H	Fl/d	Fd	Rc,is		Fd	Rc,is
1.000	0.800	1.20	17.47		1.09	19.84
1.000	0.800	1.10	34.85		1.00	39.60
1.000	0.800	1.20	13.34		1.10	15.29
1.029	0.791	1.20	17.55		1.09	20.17
1.000	0.800	1.20	10.37		1.10	11.88
1.000	0.800	1.20	12.19		1.10	13.97

$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**17.63**	$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**20.12**
$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**14.63**	$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**16.70**

MEDIA ELABORAZIONI	
$R_{c,is}$ [N/mm^2]	$f_{c,is}$ [N/mm^2]
18.87	**15.66**

Valutazione $R_{ck,is}$ (Linee guida CSLP 2017):

k	7	
$R_{car,m} - k$	11.95	[N/mm^2]
$R_{car,min} + 4$	14.80	[N/mm^2]
$R_{ck,is}$	**11.95**	[N/mm^2]

Calcestruzzo dei pilastri

VALORI GREZZI	
Campione n.	**R_{car} di rottura**
	[N/mm2]
C41	11.4
C60	25.6
C39	19.9
C40	21.1
C34	9.4
C38	12.9

Nota: carote con rapporto h/d = 1

$R_{car,m}$ [N/mm^2]	**16.72**
$f_{car,m}$ [N/mm^2]	**13.87**

ELABORAZIONI						
MASI					**LINEE GUIDA CSLP 2017**	
D/H	Fl/d	Fd	Rc,is		Fd	Rc,is
1.000	0.800	1.20	10.94		1.10	12.54
0.991	0.803	1.10	22.61		1.08	27.65
1.000	0.800	1.20	19.10		1.09	21.69
1.000	0.800	1.10	18.57		1.09	23.00
1.000	0.800	1.20	9.02		1.10	10.34
1.000	0.800	1.20	12.38		1.10	14.19

$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**15.44**	$R_{c,is}$ [N/mm^2]	**18.23**
$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**12.81**	$f_{c,is}$ [N/mm^2]	**15.13**

MEDIA ELABORAZIONI	
$R_{c,is}$ [N/mm^2]	$f_{c,is}$ [N/mm^2]
16.84	**13.97**

Valutazione $R_{ck,is}$ (Linee guida CSLP 2017):

k	7	
$R_{car,m} - k$	9.72	[N/mm^2]
$R_{car,min} + 4$	13.40	[N/mm^2]
$R_{ck,is}$	**9.72**	[N/mm^2]

Stima della resistenza dell'acciaio in situ

Anche per quanto concerne le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura, si è fatto ricorso ai dati derivanti dalle prove condotte (cfr. Capitolo 3), conducendo anche un confronto qualitativo con le caratteristiche prestazionali pertinenti alla classe d'acciaio indicata nei progetti dell'epoca di ciascun corpo di fabbrica.
I certificati di riferimento sono:

- Certificato n. 11458 del 22/03/2018, su n. 12 spezzoni di barre d'acciaio prelevati dalle strutture 1-2-3;
- Certificato n. 11571 del 16/04/2018, su n. 7 spezzoni di barre d'acciaio prelevati dalle strutture 1-2-3-4.

anch'essi rilasciati dal Laboratorio 4EMME Service spa di Bolzano.
Sono quindi disponibili dati su un totale di 19 spezzoni di barre d'armatura.

Il valore di resistenza media in situ può essere ricavato attraverso la media aritmetica dei risultati delle prove di trazione riportati nei certificati sopra richiamati. Si riepilogano i risultati per le diverse strutture esaminate.

STRUTTURA 1

Acciaio delle travi

Valori:	349,5 N/mm^2	F8
Valori:	320,6 N/mm^2	F3
Valori:	362,0 N/mm^2	F8
Media:	344,0 N/mm^2	

Acciaio dei pilastri

Valori:	317,7 N/mm^2	F9
Valori:	317,2 N/mm^2	F7
Valori:	403,1 N/mm^2	F2
Valori:	384,3 N/mm^2	F1
Valori:	432,0 N/mm^2	F11
Valori:	468,9 N/mm^2	F10
Media:	387,2 N/mm^2	

STRUTTURA 2

Acciaio delle travi

Valori:	434,2 N/mm^2	F18
Valori:	449,2 N/mm^2	F19
Media:	441,7 N/mm^2	

Acciaio dei pilastri

Valori:	449,9 N/mm^2	F4
Media:	449,9 N/mm^2	

STRUTTURA 3

Acciaio delle travi

Valori:	440,0 N/mm^2	F17
Valori:	476,1 N/mm^2	F5
Media:	459,6 N/mm^2	

Acciaio dei pilastri

Valori:	521,2 N/mm^2	F6
Media:	521,2 N/mm^2	

STRUTTURA 4

Acciaio delle travi

Valori:	432,8 N/mm^2	F15
Valori:	445,3 N/mm^2	F16
Valori:	474,0 N/mm^2	F14
Media:	450,7 N/mm^2	

Acciaio dei pilastri

Valori:	468,4 N/mm^2	F13
Media:	468,4 N/mm^2	

Tabelle di riepilogo delle caratteristiche dei materiali esistenti

Secondo quanto sopra, i valori posti alla base delle verifiche per gli elementi esistenti, affetti dal fattore di confidenza FC pertinente al livello di conoscenza raggiunto (**LC3**) e, dove richiesto, anche dai coefficienti parziali sulle resistenze (come previsto dal cap. 8 delle NTC), sono riportati nelle seguenti tabelle:

STRUTTURA 1

CALCESTRUZZO TRAVI (dichiarato Rck 20 in progetto)			
$R_{c,is\ medio}$	**23.02**	N/mm2	
$f_{c,is\ medio}$	**19.11**	N/mm2	
fc di verifica	**19.11**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fcd di verifica	**12.74**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
$f_{ct,m}$	1.50	N/mm2	(NTC [11.2.3a])
fbd di verifica	**2.25**	**N/mm2**	
Ec	27348	N/mm2	
Gc	11890	N/mm2	
γ_c, FC	**1.50**		

CALCESTRUZZO PILASTRI (dichiarato Rck 20 in progetto)			
$R_{c,is\ medio}$	**13.37**	N/mm2	
$f_{c,is\ medio}$	**11.10**	N/mm2	
fc di verifica	**11.10**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fcd di verifica	**7.40**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
$f_{ct,m}$	1.04	N/mm2	(NTC [11.2.3a])
fbd di verifica	**1.57**	**N/mm2**	
Ec	20842	N/mm2	
Gc	9062	N/mm2	
γ_c, FC	**1.50**		

Dall'analisi dei risultati e delle elaborazioni condotte, e in particolare dalla verifica di compatibilità (pur nelle ipotesi di approssimazione specificate), si osservano alcune criticità specialmente nella resistenza del calcestruzzo attuale dei pilastri, che appare decisamente inferiore al valore previsto in progetto (R_{ck} 20 N/mm^2).

Si ribadisce che la mancata compatibilità è intesa come un confronto qualitativo tra il valore dichiarato in progetto e quello medio ricavato dalle prove sui materiali, non potendosi effettuare un confronto numerico diretto poiché il valore di progetto è espresso in termini caratteristici mentre quello delle prove è un valore medio e in assenza di dati sufficienti ad un'elaborazione di tipo statistico.

ACCIAIO TRAVI (dichiarato FeB32 in progetto)			
$f_{y\ medio}$	**344.0**	N/mm2	
$f_{t\ medio}$	**523.5**	N/mm2	
fy di verifica	**344**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fyd di verifica	**299**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
ft di verifica	**523**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
ftd di verifica	**455**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
Es	210000	N/mm2	
Gs	91304	N/mm2	
$\gamma_{s,\ FC}$	**1.15**		

ACCIAIO PILASTRI (dichiarato FeB32 in progetto)			
$f_{y\ medio}$	**387.2**	N/mm2	
$f_{t\ medio}$	**564.9**	N/mm2	
fy di verifica	**387**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fyd di verifica	**337**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
ft di verifica	**565**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
ftd di verifica	**491**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
Es	210000	N/mm2	
Gs	91304	N/mm2	
$\gamma_{s,\ FC}$	**1.15**		

La resistenza ricavata per l'acciaio d'armatura appare compatibile con quella della classe di acciaio indicata nel progetto dell'epoca.

STRUTTURA 2

CALCESTRUZZO TRAVI (dichiarato Rck 25 in progetto)			
$R_{c,is\ medio}$	**36.57**	N/mm2	
$f_{c,is\ medio}$	**30.35**	N/mm2	
fc di verifica	**30.35**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fcd di verifica	**20.24**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
fct,m	2.04	N/mm2	(NTC [11.2.3a])
fbd di verifica	**3.07**	**N/mm2**	
Ec	34470	N/mm2	
Gc	14987	N/mm2	
$\gamma_{c,\ FC}$	**1.50**		

CALCESTRUZZO PILASTRI (dichiarato Rck 25 in progetto)			
$R_{c,is\ medio}$	**31.05**	N/mm2	
$f_{c,is\ medio}$	**25.77**	N/mm2	
fc di verifica	**25.77**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fcd di verifica	**17.18**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
fct,m	1.83	N/mm2	(NTC [11.2.3a])
fbd di verifica	**2.75**	**N/mm2**	
Ec	31762	N/mm2	
Gc	13809	N/mm2	
$\gamma_{c,\ FC}$	**1.50**		

La resistenza ricavata dalle prove sui campioni di calcestruzzo, sia per le travi sia per i pilastri, appare compatibile con quella prescritta nel progetto dell'epoca.

ACCIAIO TRAVI (dichiarato FeB44 in progetto)			
$f_{y\ medio}$	441.7	N/mm2	
$f_{t\ medio}$	686.8	N/mm2	
fy di verifica	**442**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fyd di verifica	**384**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
ft di verifica	**687**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
ftd di verifica	**597**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
Es	210000	N/mm2	
Gs	91304	N/mm2	
$\gamma_{s,\ FC}$	1.15		

ACCIAIO PILASTRI (dichiarato FeB44 in progetto)			
$f_{y\ medio}$	449.9	N/mm2	
$f_{t\ medio}$	707.5	N/mm2	
fy di verifica	**450**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fyd di verifica	**391**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
ft di verifica	**708**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
ftd di verifica	**615**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
Es	210000	N/mm2	
Gs	91304	N/mm2	
$\gamma_{s,\ FC}$	1.15		

La resistenza ricavata per l'acciaio d'armatura appare compatibile con quella della classe di acciaio indicata nel progetto dell'epoca.

STRUTTURA 3

CALCESTRUZZO TRAVI (dichiarato Rck 25 in progetto)			
$R_{c,is\ medio}$	21.87	N/mm2	
$f_{c,is\ medio}$	**18.15**	N/mm2	
fc di verifica	**18.15**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fcd di verifica	**12.10**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
$f_{ct,m}$	1.45	N/mm2	(NTC [11.2.3a])
fbd di verifica	**2.18**	**N/mm2**	
Ec	26656	N/mm2	
Gc	11590	N/mm2	
$\gamma_{c,\ FC}$	1.50		

CALCESTRUZZO PILASTRI (dichiarato Rck 25 in progetto)			
$R_{c,is\ medio}$	**26.04**	N/mm2	
$f_{c,is\ medio}$	**21.61**	N/mm2	
fc di verifica	**21.61**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fcd di verifica	**14.41**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
$f_{ct,m}$	1.63	N/mm2	(NTC [11.2.3a])
fbd di verifica	**2.44**	**N/mm2**	
Ec	29087	N/mm2	
Gc	12646	N/mm2	
$\gamma_{c,\ FC}$	**1.50**		

Si osserva uno scostamento tra la resistenza attuale del calcestruzzo delle travi e dei pilastri rispetto a quella prevista in progetto (R_{ck} 25 N/mm^2).

ACCIAIO TRAVI (dichiarato FeB44 in progetto)			
$f_{y\ medio}$	**459.6**	N/mm2	
$f_{t\ medio}$	**706.2**	N/mm2	
fy di verifica	**460**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fyd di verifica	**400**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
ft di verifica	**706**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
ftd di verifica	**614**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
Es	210000	N/mm2	
Gs	91304	N/mm2	
$\gamma_{s,\ FC}$	**1.15**		

ACCIAIO PILASTRI (dichiarato FeB44 in progetto)			
$f_{y\ medio}$	**521.2**	N/mm2	
$f_{t\ medio}$	**788.8**	N/mm2	
fy di verifica	**521**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fyd di verifica	**453**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
ft di verifica	**789**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
ftd di verifica	**686**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
Es	210000	N/mm2	
Gs	91304	N/mm2	
$\gamma_{s,\ FC}$	**1.15**		

La resistenza ricavata per l'acciaio d'armatura appare compatibile con quella della classe di acciaio indicata nel progetto dell'epoca.

STRUTTURA 4

CALCESTRUZZO TRAVI (dichiarato Rck 25 in progetto)			
$R_{c,is\ medio}$	**18.95**	N/mm2	
$f_{c,is\ medio}$	**15.73**	N/mm2	
fc di verifica	**15.73**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fcd di verifica	**10.49**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
$f_{ct,m}$	1.32	N/mm2	(NTC [11.2.3a])
fbd di verifica	**1.98**	**N/mm2**	
Ec	24813	N/mm2	
Gc	10788	N/mm2	
γ_c, FC	**1.50**		

CALCESTRUZZO PILASTRI (dichiarato Rck 25 in progetto)			
$R_{c,is\ medio}$	**16.72**	N/mm2	
$f_{c,is\ medio}$	**13.88**	N/mm2	
fc di verifica	**13.88**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fcd di verifica	**9.25**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
$f_{ct,m}$	1.21	N/mm2	(NTC [11.2.3a])
fbd di verifica	**1.82**	**N/mm2**	
Ec	23307	N/mm2	
Gc	10134	N/mm2	
γ_c, FC	**1.50**		

Si osservano alcune criticità nella resistenza del calcestruzzo attuale delle travi e dei pilastri, che appare inferiore al valore previsto in progetto (R_{ck} 25 N/mm^2).

ACCIAIO TRAVI (dichiarato FeB44 in progetto)			
$f_{y\ medio}$	**450.7**	N/mm2	
$f_{t\ medio}$	**682.7**	N/mm2	
fy di verifica	**451**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fyd di verifica	**392**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
ft di verifica	**683**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
ftd di verifica	**594**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
Es	210000	N/mm2	
Gs	91304	N/mm2	
γ_s, FC	**1.15**		

ACCIAIO PILASTRI (dichiarato FeB44 in progetto)			
$f_{y\ medio}$	**468.4**	N/mm2	
$f_{t\ medio}$	**686.3**	N/mm2	
fy di verifica	**468**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
fyd di verifica	**407**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
ft di verifica	**686**	**N/mm2**	(per mecc. duttili)
ftd di verifica	**597**	**N/mm2**	(per mecc. fragili)
Es	210000	N/mm2	
Gs	91304	N/mm2	
γ_s, FC	**1.15**		

La resistenza ricavata per l'acciaio d'armatura appare compatibile con quella della classe di acciaio indicata nel progetto dell'epoca.

Terreno

Al terreno di sottosuolo del sito in esame viene attribuita la *classe "B"*, sulla base delle risultanze esposte nella relazione geotecnica-sismica allegata al presente progetto (cfr. Allegato B2 del progetto esecutivo), redatta dal dott.geol. Marco LAVEZZO di Chieri (TO).

Materiali per i **nuovi elementi/lavorazioni**:

Le caratteristiche dei materiali di nuovo impiego per gli interventi strutturali previsti in progetto dovranno rispettare le prescrizioni delle NTC e garantire le seguenti caratteristiche minime:

Calcestruzzo:

Consistenza:	S4
Diametro max aggregati:	25mm
Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206):	**XC2** (fondazioni), **XC4** (setti)
Copriferro minimo (C_{min}):	30 mm (setti) 40 mm (fondazioni)

CALCESTRUZZO PER NUOVE OPERE			
		FONDAZIONI	**SETTI**
Classe	-	**C32/40**	**C32/40**
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione minima f_{ck}	N/mm^2	**25**	**32**
Modulo elastico normale (Ecm)	N/mm^2	31476	33346
Modulo elastico tangenziale (Gcm)	N/mm^2	13685	14498
Coefficiente di Poisson ν	-	0.15	0.15
Peso specifico calcestruzzo armato γ	kN/m^3	25	25
f_{cd}	N/mm^2	**14.17**	**18.13**

Legame costitutivo utilizzato:

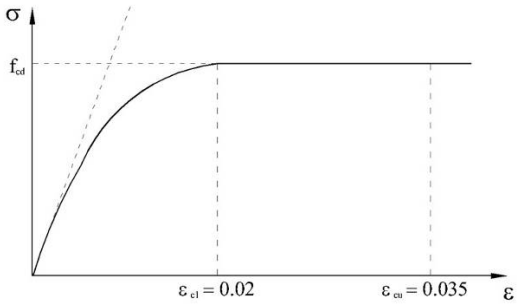


Figura 1 - Legame costitutivo del calcestruzzo

Acciaio per armature c.a. ordinario:

ACCIAIO in barre tipo B450C		
Tipo	-	**B450C**
Tensione caratteristica a snervamento f_{yk}	N/mm^2	**450**
Modulo elastico normale di verifica (Esm)	N/mm^2	210000
Modulo elastico tangenziale di verifica (Gsm)	N/mm^2	91304
Coefficiente di Poisson ν	-	0.15
Peso specifico	kN/m^3	78.5
f_{yd}	N/mm^2	**391**

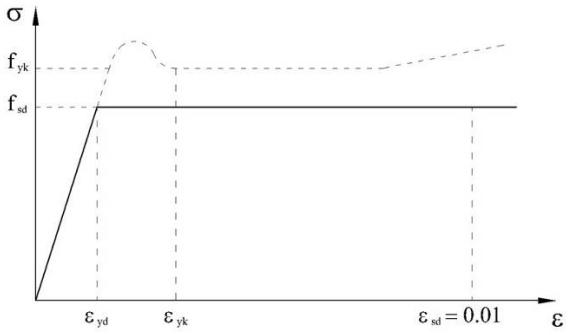


Figura 2 - Legame costitutivo dell'acciaio per armatura lenta

Acciaio da carpenteria:

Tipo: **S275JR** saldabile
Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} \geq 430$ N/mm^2
Tensione caratteristica a snervamento $f_{yk} \geq 275$ N/mm^2
Modulo di elasticità normale medio $E_{sm} = 210000$ N/mm^2
Modulo di elasticità tangenziale medio $G_{sm} = 80769$ N/mm^2

Tipo: **S355JR** saldabile (*solo per elementi specifici indicati in progetto*)
Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} \geq 510$ N/mm^2
Tensione caratteristica a snervamento $f_{yk} \geq 355$ N/mm^2
Modulo di elasticità normale medio $E_{sm} = 210000$ N/mm^2
Modulo di elasticità tangenziale medio $G_{sm} = 80769$ N/mm^2

Collegamenti bullonati:

Classe bullone tipo (**UNI 898:2013**): 8.8
Tensione caratteristica a rottura $f_{tb} \geq 800$ N/mm^2
Tensione caratteristica a snervamento $f_{yb} \geq 640$ N/mm^2

Legno lamellare:

Tipo: **Lamellare GL24h** (secondo **EN 1194**)	
Resistenza caratteristica a flessione	$f_{m,k} \geq 24$ N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{t,k} \geq 16.5$ N/mm^2
	$f_{t,90,k} \geq 0.4$ N/mm^2
Resistenza caratteristica a compressione	$f_{c,k} \geq 24.0$ N/mm^2
	$f_{c,90,k} \geq 2.7$ N/mm^2
Resistenza caratteristica a taglio	$f_{v,k} \geq 2.7$ N/mm^2
Modulo di elasticità normale medio	$E_{0,m} = 11600$ N/mm^2

Malta strutturale per riempimenti e incamiciature:

Il getto di riempimento di alcuni particolari costruttivi e di ringrosso di sezioni esistenti ai fini del loro rinforzo, secondo i particolari illustrati nelle tavole di progetto, dovrà essere eseguito con materiale avente resistenza minima R3 secondo UNI EN 1504 parte 3 e conforme ai principi generali della parte 9, secondo la destinazione d'uso.

Reti in G-FRP per interventi antiribaltamento di murature

Tipo materiale:	**G-FRP** (Glass-Fiber Reinforced Polymer)
Costituenti:	fibra di vetro alcalino resistente
	Resina termoindurente
Area singola barra	A = 10 mm^2
Numero barre / m	10
Resistenza a trazione min singola barra	$f_m = 3500$ N
Deformazione a rottura	$\varepsilon_u = 1.5\%$
Modulo di elasticità a trazione medio	$E_{sm} = 23000$ N/mm^2

I prodotti da impiegarsi per il miglioramento antiribaltamento delle murature in laterizio dovranno essere conformi alla "*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti*", rilasciata dal CSLP nel dicembre 2018.

Tutti i materiali di impiego strutturale dovranno essere sottoposti alle procedure di accettazione previste dalle NTC e, ove esistenti e/o applicabili, dalle Linee Guida emanate dal CSLP.

8.3. Azioni

Le tabelle seguenti riassumono i valori di carichi e sovraccarichi utilizzati nelle analisi.

STRUTTURA 1

Codice	**A**		
Tipo	Solaio aule (su liv. seminterrato)		
$G_{k,1}$	**3.00**	kN/m2	(perm.proprio laterocem. **20+4**)
$G_{k,2}$	**3.60**	kN/m2	(perm.portati + tramezzi (1.20 kN/m2))
$q_{k,1}$	**3.00**	kN/m2	(cat. C scuole per NTC2018)
	9.60	**kN/m2**	

Codice	**C**		
Tipo	Solaio liv. sottotetto		
$G_{k,1}$	**3.00**	kN/m2	(perm.proprio laterocem. **20+4**)
$G_{k,2}$	**1.00**	kN/m2	(perm.portati)
$q_{k,1}$	**0.50**	kN/m2	(cat. H coperture non praticabili per NTC2018)
	4.50	**kN/m2**	

Codice	**D**		
Tipo	Solaio di copertura		
$G_{k,1}$	**0.40**	kN/m2	(orditura lignea)
$G_{k,2}$	**0.60**	kN/m2	(perm.portati)
$q_{k,1}$	**1.55**	kN/m2	(neve)
	2.55	**kN/m2**	

STRUTTURA 2

Codice	**A**		
Tipo	Solaio aule (su liv. seminterrato)		
$G_{k,1}$	**3.00**	kN/m2	(perm.proprio laterocem. **20+4**)
$G_{k,2}$	**3.60**	kN/m2	(perm.portati + tramezzi (1.20 kN/m2))
$q_{k,1}$	**3.00**	kN/m2	(cat. C scuole per NTC2018)
	9.60	**kN/m2**	

Codice	**C**		
Tipo	Solaio liv. sottotetto		
$G_{k,1}$	**3.00**	kN/m2	(perm.proprio laterocem. **20+4**)
$G_{k,2}$	**1.00**	kN/m2	(perm.portati)
$q_{k,1}$	**0.50**	kN/m2	(cat. H coperture non praticabili per NTC2018)
	4.50	**kN/m2**	

Codice	**D**		
Tipo	Solaio di copertura		
$G_{k,1}$	**0.40**	kN/m2	(orditura lignea)
$G_{k,2}$	**0.60**	kN/m2	(perm.portati)
$q_{k,1}$	**1.55**	kN/m2	(neve)
	2.55	**kN/m2**	

STRUTTURA 3

Codice	**A**		
Tipo	Solaio aule (su liv. seminterrato)		
$G_{k,1}$	**2.50**	kN/m2	(perm.proprio laterocem. **16+4**)
$G_{k,2}$	**3.60**	kN/m2	(perm.portati + tramezzi (1.20 kN/m2))
$q_{k,1}$	**3.00**	kN/m2	(cat. C scuole per NTC2018)
	9.10	**kN/m2**	

Codice	**C**		
Tipo	Solaio liv. sottotetto		
$G_{k,1}$	**2.80**	kN/m2	(perm.proprio laterocem. **18+5**)
$G_{k,2}$	**1.00**	kN/m2	(perm.portati)
$q_{k,1}$	**0.50**	kN/m2	(cat. H coperture non praticabili per NTC2018)
	4.30	**kN/m2**	

Codice	**D**		
Tipo	Solaio di copertura		
$G_{k,1}$	**0.40**	kN/m2	(orditura lignea)
$G_{k,2}$	**0.60**	kN/m2	(perm.portati)
$q_{k,1}$	**1.55**	kN/m2	(neve)
	2.55	**kN/m2**	

STRUTTURA 4

Codice	**A**		
Tipo	Solaio aule (su liv. seminterrato)		
$G_{k,1}$	**2.50**	kN/m2	(perm.proprio laterocem. **16+4**)
$G_{k,2}$	**3.60**	kN/m2	(perm.portati + tramezzi (1.20 kN/m2))
$q_{k,1}$	**3.00**	kN/m2	(cat. C scuole per NTC2018)
	9.10	**kN/m2**	

Codice	**C**		
Tipo	Solaio liv. sottotetto		
$G_{k,1}$	**2.80**	kN/m2	(perm.proprio laterocem. **18+5**)
$G_{k,2}$	**1.00**	kN/m2	(perm.portati)
$q_{k,1}$	**0.50**	kN/m2	(cat. H coperture non praticabili per NTC2018)
	4.30	**kN/m2**	

Codice	**D**		
Tipo	Solaio di copertura		
$G_{k,1}$	**0.40**	kN/m2	(orditura lignea)
$G_{k,2}$	**0.60**	kN/m2	(perm.portati)
$q_{k,1}$	**1.55**	kN/m2	(neve)
	2.55	**kN/m2**	

Nota: secondo quanto chiarito al p.to C3.1.4 della Circolare NTC 2018, per le costruzioni scolastiche si applicano i valori dei sovraccarichi riportati nelle vigenti NTC (DM 17/01/2018) e non quelli riportati nel D.M. 18/12/1975.

Carico vento:

Calcolo del carico vento (NTC)

Vb	**25**	m/2	(Piemonte)
qref	390.63	N/m2	
Zmin	8	m	(Cantalupa)
Z	**8.8**	m	altezza edificio
kr	0.22		(Cantalupa)
z0	0.3		(Cantalupa)
ct	1		
Zce	8.8	m	
ce	1.697		
cp	0.8		(sopravento verticale)
cd	1		(cautelativo)
p	**0.53**	kN/m2	

Ai fini del presente progetto, data l'altezza modesta della costruzione, la pressione del vento si può ritenere trascurabile.

Carico della neve sulle coperture:

Calcolo del carico neve (NTC)

as	**447**	m	(Cantalupa)
qsk	1.91	kN/m2	
Ce	**1**		
Ct	**1**		
u1	**0.8**		
qs	**1.53**	kN/m2	

Si è adottato un carico neve pari a 1.55 kN/m^2

Sisma:

Macrozonazione sismica:	**zona 3S**
Comportamento strutturale:	**comportamento non dissipativo**
Fattore di comportamento q utilizzato:	**1.5**

9. Risultati della valutazione della sicurezza allo stato di fatto

Come anticipato nel cap. 7, a seguito della costruzione dei quattro modelli strutturali si è proceduto innanzitutto a verificare la presenza di eventuali criticità allo stato di fatto, sia per quanto concerne l’aspetto statico che sismico. I rapporti sui risultati di verifica, nei confronti dello S.L.U. per i meccanismi di pressoflessione e di taglio, sono riportati nell’**Allegato A** alla presente relazione, per ciascuna delle strutture esaminate.

Verifiche statiche allo stato di fatto in combinazione S.L.U.

Si riportano i risultati in via grafica derivanti dalle analisi sopra richiamate, estratti dal software VIS, per i meccanismi di PMM (pressoflessione) e V (taglio).

Si specifica che per alcuni elementi di tipo “cordolo”, appartenenti ai muri in c.a. di fondazione, la mancata verifica è puramente fittizia in quanto gli elementi sono costruttivamente inglobati nei muri stessi.

STRUTTURA 1

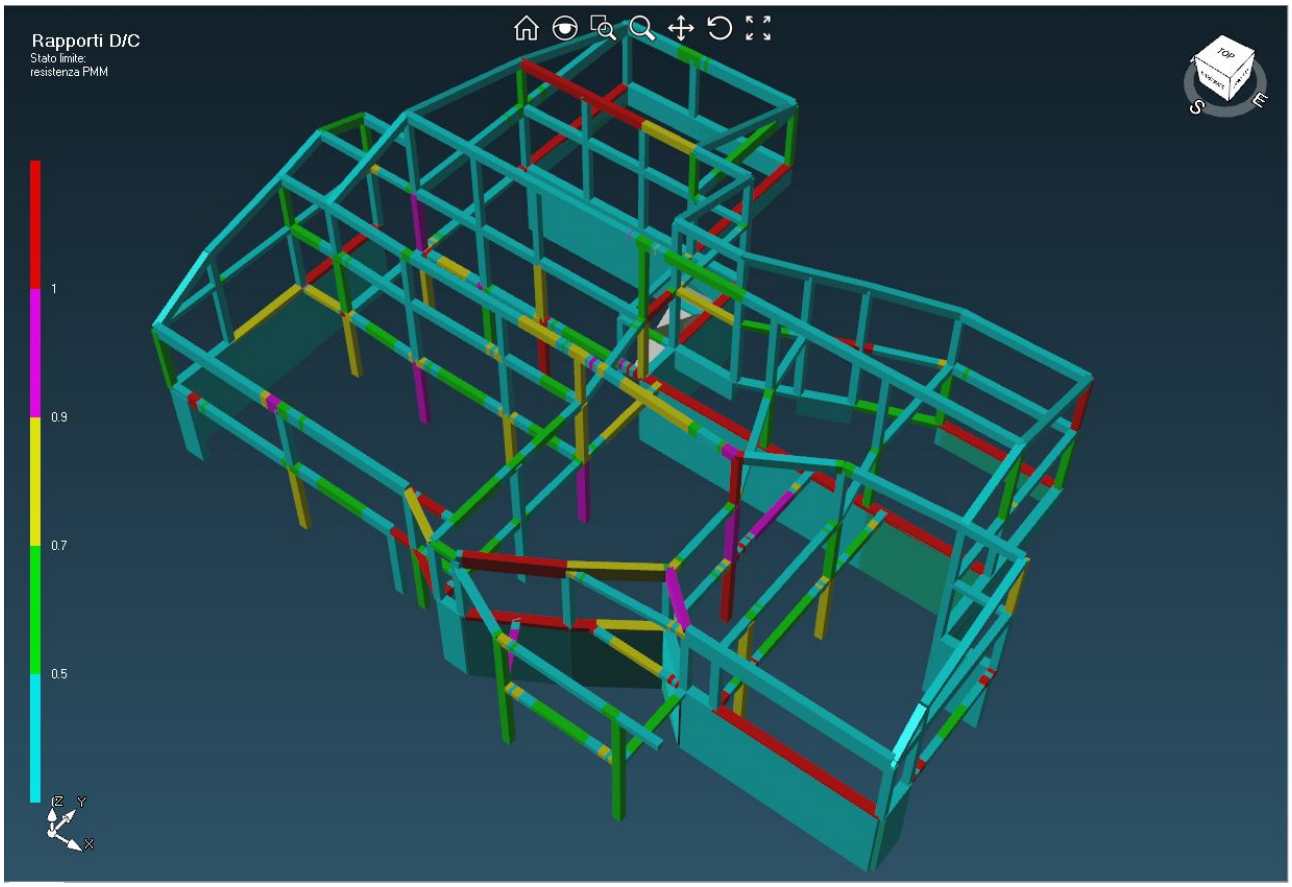


Figura 3 - Risultati PMM per struttura 1 allo stato di fatto (SLU)

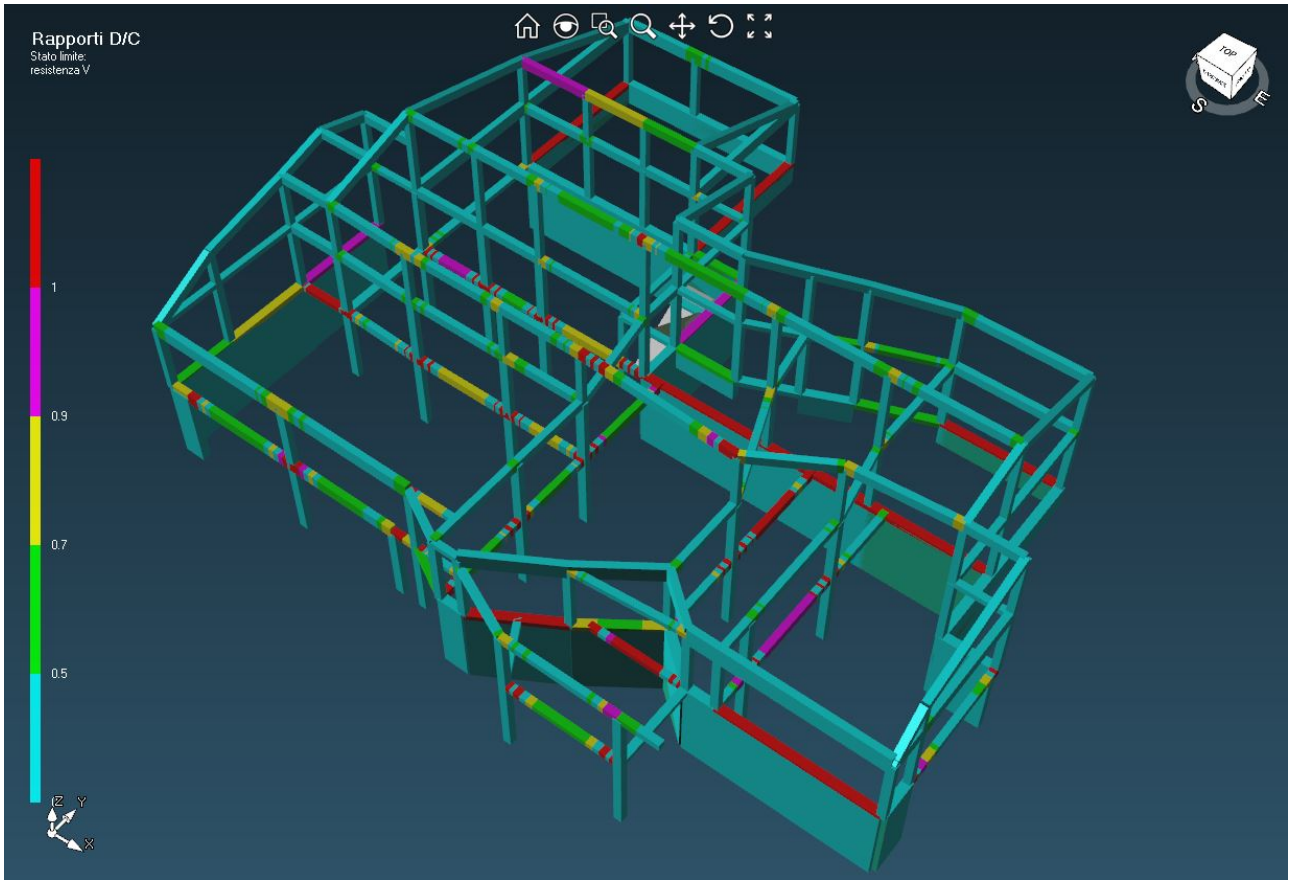


Figura 4 - Risultati V per struttura 1 allo stato di fatto (SLU)

Si riportano inoltre i risultati numerici delle verifiche (estratti dall’**Allegato A**), evidenziando per brevità solamente gli elementi non verificati per ciascun meccanismo analizzato.

Verifica PMM pilastri (SLU)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
1P_36_S-T	SLU_STATIC	-147.494	13.092	-33.178	3.142	0.838	0.844	1.547
1P_36_-1-0	SLU_STATIC	-766.551	42.158	15.331	10.179	0.707	0.646	1.105
1P_40_-1-0	SLU_STATIC	-644.998	12.900	33.004	6.158	0.671	0.707	1.045
1P_15_S-T	SLU_STATIC	-56.684	15.830	13.019	3.142	0.843	0.850	1.019

Verifica PMM travi (SLU)

Trave	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As sup. [cm²]	As inf. [cm²]	D/C
1_T11_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-99.712	4.712	12.566	2.034
1_T4_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-17.957	1.571	1.571	1.878
1_T15_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-134.649	7.037	6.032	1.853
1_T103_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-32.768	3.110	2.262	1.827
1_T14_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-37.721	3.581	7.634	1.820
1_T24_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-72.294	7.603	7.634	1.716

1_T28_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-11.015	1.005	4.021	1.689
1_T106_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-55.362	1.571	4.084	1.601
1_T5_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-39.760	4.650	3.079	1.504
1_T1_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-177.817	9.205	10.179	1.455
1_T26-44_T	SLU_STATIC	-13.539	0.627	-27.053	1.571	2.262	1.453
1_T19_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-24.680	1.571	14.106	1.443
1_T23_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-58.515	4.115	7.634	1.362
1_T121_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-8.790	1.005	3.079	1.350
1_T44-45_T	SLU_STATIC	-9.501	0.574	-23.763	1.571	2.262	1.300
1_T3_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-17.166	2.262	1.571	1.288
1_T145_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-20.633	1.571	3.393	1.210
1_T118_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-11.293	1.571	3.079	1.179
1_T20_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-27.480	2.262	1.571	1.140
1_T36-37_T	SLU_STATIC	-11.905	6.760	-56.207	4.650	4.021	1.125
1_T117_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-19.589	3.110	3.079	1.093
1_T21_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-51.563	4.712	12.566	1.054
1_T145_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-29.882	2.702	3.393	1.045
1_T9bis_0	SLU_STATIC	0.000	0.000	-49.333	8.639	8.765	1.027

Verifica V pilastri (SLU)

(tutti gli elementi risultano verificati)

Verifica V travi (SLU)

Trave	Direzione 2						
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
1_T9bis_0	SLU_STATIC	146.263	0.050	2.059	0.0000	0.0503	0.000
1_T15_0	SLU_STATIC	-189.588	0.038	2.019	0.0000	0.0377	0.000
1_T19_0	SLU_STATIC	-242.839	0.050	1.965	0.0000	0.0503	0.000
1_T24_0	SLU_STATIC	102.009	0.038	1.914	0.0000	0.0377	0.000
1_T11_0	SLU_STATIC	231.065	0.050	1.846	0.0000	0.0503	0.000
1_T5_0	SLU_STATIC	-98.020	0.038	1.840	0.0000	0.0377	0.000
1_T10_0	SLU_STATIC	119.550	0.050	1.717	0.0000	0.0503	0.000
1_T7_0	SLU_STATIC	-200.760	0.050	1.611	0.0000	0.0503	0.000
	SLU_STATIC	200.541	0.050	1.609	0.0000	0.0503	0.000
1_T21_0	SLU_STATIC	199.011	0.050	1.590	0.0000	0.0503	0.000
1_T17_0	SLU_STATIC	-140.841	0.038	1.517	0.0000	0.0377	0.000
1_T6_0	SLU_STATIC	183.963	0.050	1.470	0.0000	0.0503	0.000
1_T8_0	SLU_STATIC	-175.867	0.050	1.439	0.0000	0.0503	0.000
1_T35-36_T	SLU_STATIC	-95.971	0.028	1.375	-0.7990	0.0283	0.016
1_T26_0	SLU_STATIC	-72.081	0.038	1.353	0.0000	0.0377	0.000
1_T18_0	SLU_STATIC	163.377	0.050	1.305	0.0000	0.0503	0.000
1_T3bis_0	SLU_STATIC	-67.399	0.038	1.265	0.0000	0.0377	0.000
1_T17_0	SLU_STATIC	116.813	0.038	1.259	0.0000	0.0377	0.000
1_T3_0	SLU_STATIC	67.000	0.038	1.257	0.0000	0.0377	0.000
1_T1_0	SLU_STATIC	187.082	0.050	1.177	0.0000	0.0503	0.000
1_T16_0	SLU_STATIC	106.191	0.038	1.144	0.0000	0.0377	0.000
1_T23_0	SLU_STATIC	137.844	0.050	1.101	0.0000	0.0503	0.000

1_T2_0	SLU_STATIC	175.083	0.050	1.101	0.0000	0.0503	0.000
1_T22_0	SLU_STATIC	-134.778	0.050	1.092	0.0000	0.0503	0.000
1_T103_S	SLU_STATIC	-55.067	0.038	1.033	0.0000	0.0377	0.000
1_T40-41_T	SLU_STATIC	71.418	0.028	1.014	0.4515	0.0283	0.009

STRUTTURA 2

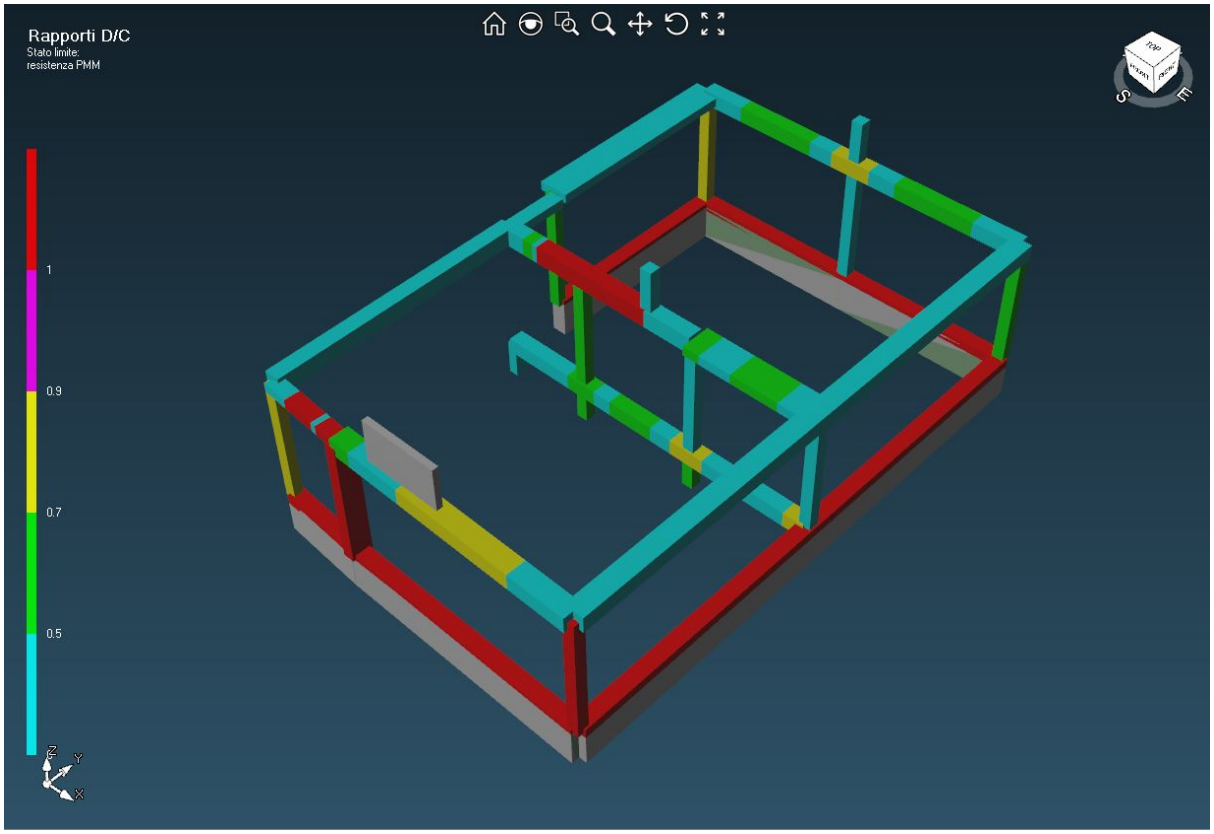


Figura 5 - Risultati PMM per struttura 2 allo stato di fatto (SLU)

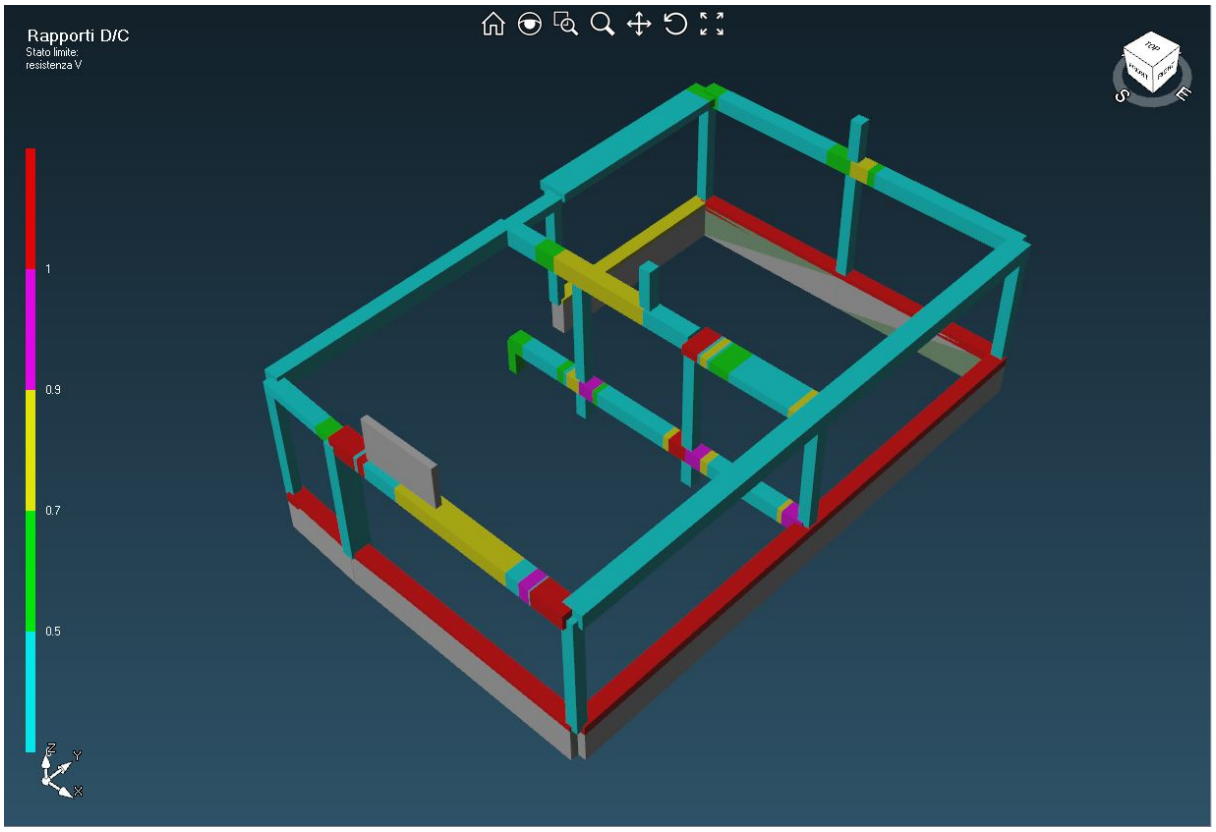


Figura 6 - Risultati V per struttura 2 allo stato di fatto (SLU)

Verifica PMM pilastri (SLU)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
2P_6_0-S	SLU_STATIC	-231.242	16.431	87.470	6.786	0.995	0.761	1.743
2P_4_0-S	SLU_STATIC	-178.453	18.759	-58.379	6.158	0.812	0.842	1.309

Verifica PMM travi (SLU)

Trave	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As sup. [cm²]	As inf. [cm²]	D/C
2_T105_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-234.872	1.005	10.650	13.615
2_T104b_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-204.516	1.005	10.650	11.855
2_T102_S	SLU_STATIC	0.000	0.000	-14.867	1.005	3.393	1.628

Verifica V pilastri (SLU)

(tutti gli elementi risultano verificati)

Verifica V travi (SLU)

Trave	Direzione 2						
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
2_T101b_S	SLU_STATIC	-173.713	0.028	1.920	-7.949E-15	2.827E-02	0.000
	SLU_STATIC	-157.951	0.028	1.746	-7.949E-15	2.827E-02	0.000
	SLU_STATIC	-142.190	0.028	1.572	-7.949E-15	2.827E-02	0.000
2_T101a_S	SLU_STATIC	125.905	0.028	1.392	9.465E-16	2.827E-02	0.000
	SLU_STATIC	108.155	0.028	1.195	9.465E-16	2.827E-02	0.000
2_T103_S	SLU_STATIC	-88.981	0.040	1.086	1.488E-15	4.021E-02	0.000
2_T2_0	SLU_STATIC	165.371	0.050	1.027	9.579E-19	5.027E-02	0.000

STRUTTURA 3

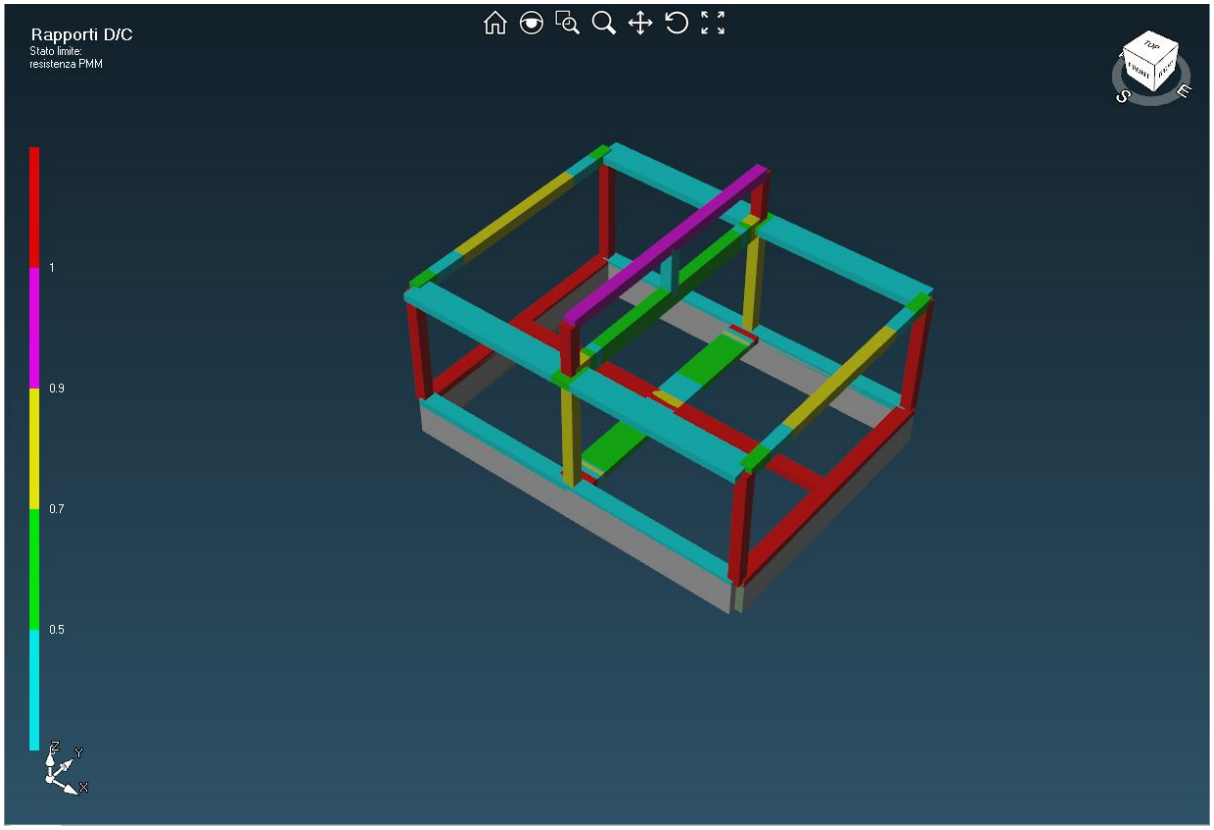


Figura 7 - Risultati PMM per struttura 3 allo stato di fatto (SLU)

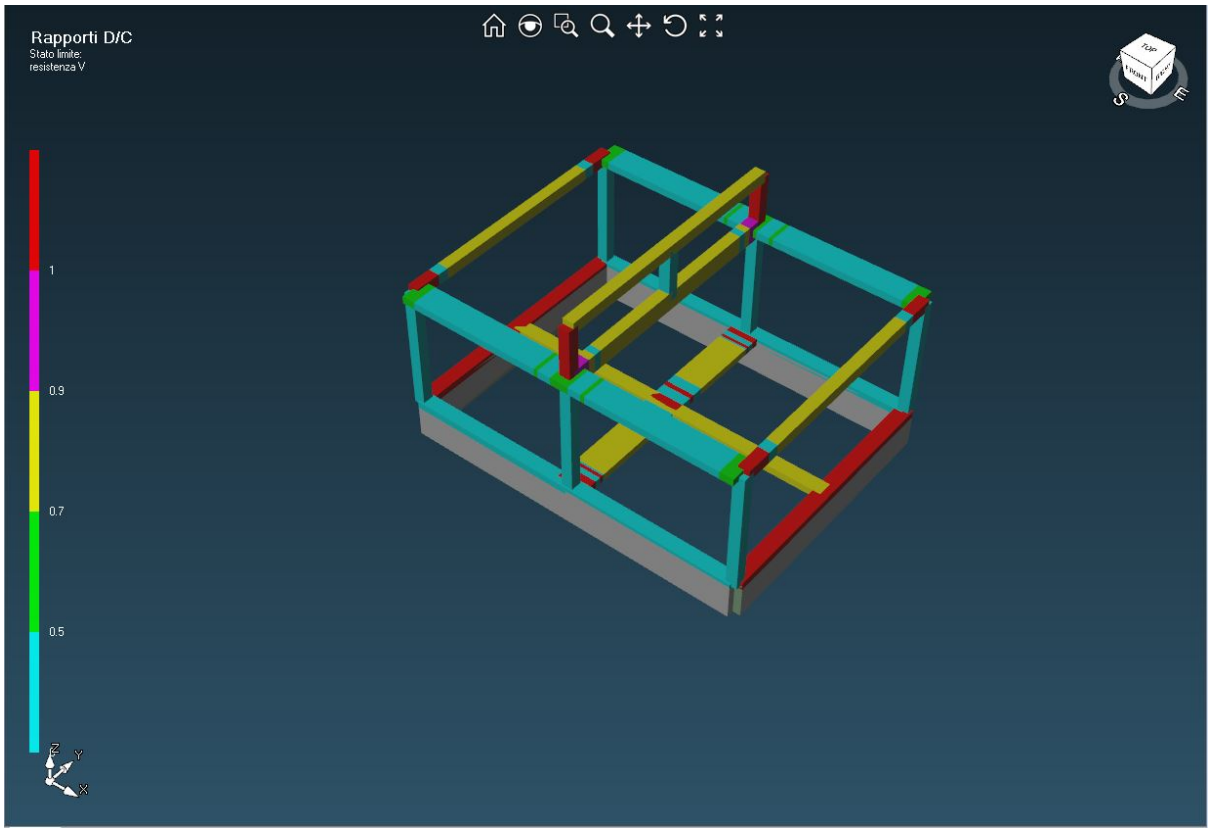


Figura 8 - Risultati V per struttura 3 allo stato di fatto (SLU)

Verifica PMM pilastri (SLU)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
3P_6_S-T	SLU_STATIC	-63.712	-70.752	-1.274	3.142	0.970	0.868	3.435
3P_3_S-T	SLU_STATIC	-63.693	70.626	1.274	3.142	0.970	0.868	3.428
3P_5_0-S	SLU_STATIC	-119.469	78.238	-16.356	4.524	0.927	0.938	2.508
3P_4_0-S	SLU_STATIC	-119.467	-78.230	-16.360	4.524	0.927	0.938	2.508
3P_1_0-S	SLU_STATIC	-119.457	78.213	16.358	4.524	0.927	0.938	2.508
3P_2_0-S	SLU_STATIC	-119.454	-78.207	16.359	4.524	0.927	0.938	2.507

Verifica PMM travi (SLU)

Trave	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As sup. [cm²]	As inf. [cm²]	D/C
3_TAbis_0	SLU_STATIC	2.61E-20	-3.47E-22	-6.26E+01	6.16E+00	6.16E+00	1.741
3_TA_0	SLU_STATIC	-2.95E-20	5.93E-22	-6.26E+01	6.16E+00	6.16E+00	1.740
3_T6-7_0	SLU_STATIC	0.00E+00	-3.42E-21	-5.35E+01	5.62E+00	3.08E+00	1.549
3_T7-3_0	SLU_STATIC	0.00E+00	-1.67E-21	-5.31E+01	5.62E+00	3.08E+00	1.538

Verifica V pilastri (SLU)

(tutti gli elementi risultano verificati)

Verifica V travi (SLU)

Pilastro		Direzione 2			Direzione 3		
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
3P_3_S-T	SLU_STATIC	8.51E-05	2.83E-02	0.000	110.879	0.028	1.425
3P_6_S-T	SLU_STATIC	-8.49E-05	2.83E-02	0.000	-111.053	0.028	1.427

STRUTTURA 4

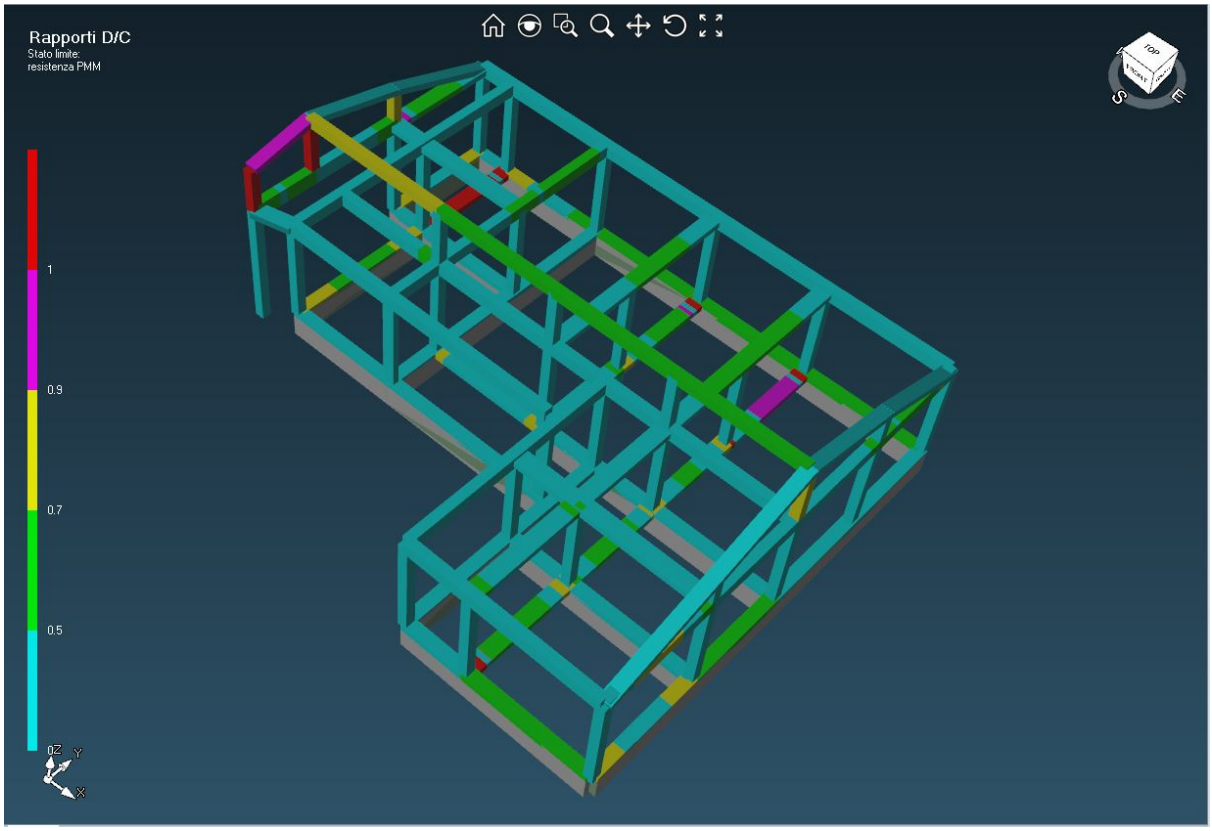


Figura 9 - Risultati PMM per struttura 4 allo stato di fatto (SLU)

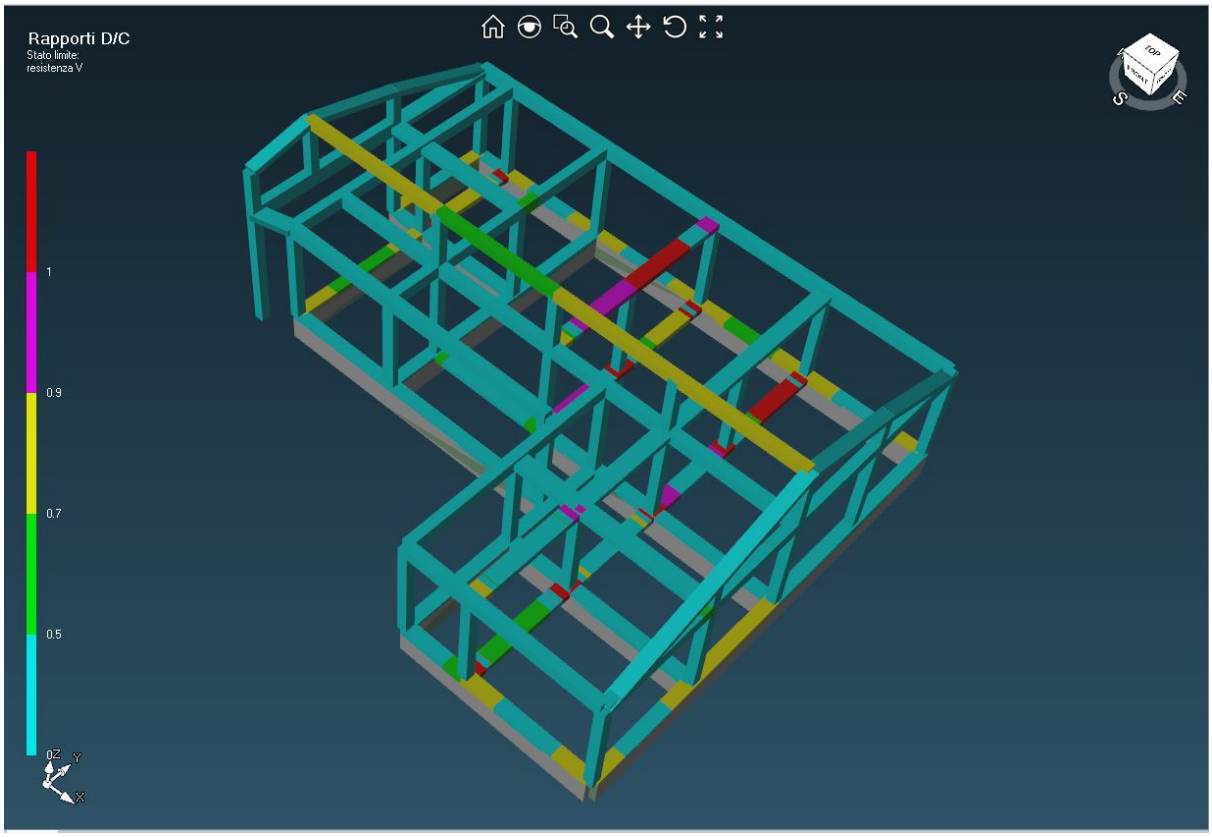


Figura 10 - Risultati V per struttura 4 allo stato di fatto (SLU)

Verifica PMM pilastri (SLU)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
4P_25_S-T	SLU_STATIC	-28.272	-29.274	1.250	3.141	0.960	0.835	1.603
4P_PF_S-T	SLU_STATIC	-30.647	7.269	25.066	3.141	0.959	0.740	1.265

Verifica PMM travi (SLU)

Trave	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As sup. [cm²]	As inf. [cm²]	D/C
4_T111_0	SLU_STATIC	0	-1.954E-19	-5.183E+01	6.032E+00	4.021E+00	1.496
4_T105_0	SLU_STATIC	0	-1.954E-19	-5.182E+01	6.032E+00	4.021E+00	1.495
4_T107_0	SLU_STATIC	0	-1.031E-18	-4.004E+01	5.027E+00	4.021E+00	1.392
	SLU_STATIC	0	-9.611E-19	-9.178E+00	1.005E+00	6.032E+00	1.251
4_T115_0	SLU_STATIC	0	-8.348E-20	-3.254E+01	5.027E+00	4.021E+00	1.113
	SLU_STATIC	0	-1.954E-19	-3.234E+01	5.027E+00	4.021E+00	1.107

Verifica V pilastri (SLU)

(tutti gli elementi risultano verificati)

Verifica V travi (SLU)

Trave	Direzione 2						
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
4_T111_0	SLU_STATIC	93.898	0.038	1.660	3.25261E-20	0.037699111	0.000
4_T105_0	SLU_STATIC	93.893	0.038	1.660	3.25261E-20	0.037699111	0.000
	SLU_STATIC	-92.641	0.038	1.638	3.25261E-20	0.037699111	0.000
4_T111*_0	SLU_STATIC	78.155	0.038	1.382	4.22839E-19	0.037699111	0.000
4_T105*_0	SLU_STATIC	77.976	0.038	1.379	4.22839E-19	0.037699111	0.000
	SLU_STATIC	-77.107	0.038	1.363	4.22839E-19	0.037699111	0.000
4_T107_0	SLU_STATIC	73.172	0.038	1.331	-1.40946E-19	0.037699111	0.000
	SLU_STATIC	-73.074	0.038	1.329	-1.40946E-19	0.037699111	0.000
	SLU_STATIC	-65.993	0.038	1.167	3.25261E-20	0.037699111	0.000
4_T106_0	SLU_STATIC	-64.437	0.038	1.166	1.6263E-19	0.037699111	0.000
	SLU_STATIC	64.428	0.038	1.166	1.6263E-19	0.037699111	0.000
4_T211_S	SLU_STATIC	-47.911	0.028	1.130	-7.63278E-18	0.028274334	0.000
4_T115_0	SLU_STATIC	-59.396	0.038	1.050	3.25261E-20	0.037699111	0.000
	SLU_STATIC	59.284	0.038	1.048	3.25261E-20	0.037699111	0.000

Verifiche sismiche allo stato di fatto in combinazione S.L.V.

Analogamente alla combinazione statica, si riportano i risultati in via grafica derivanti dalle analisi in combinazione sismica (SLV) per i meccanismi di PMM e V.

STRUTTURA 1

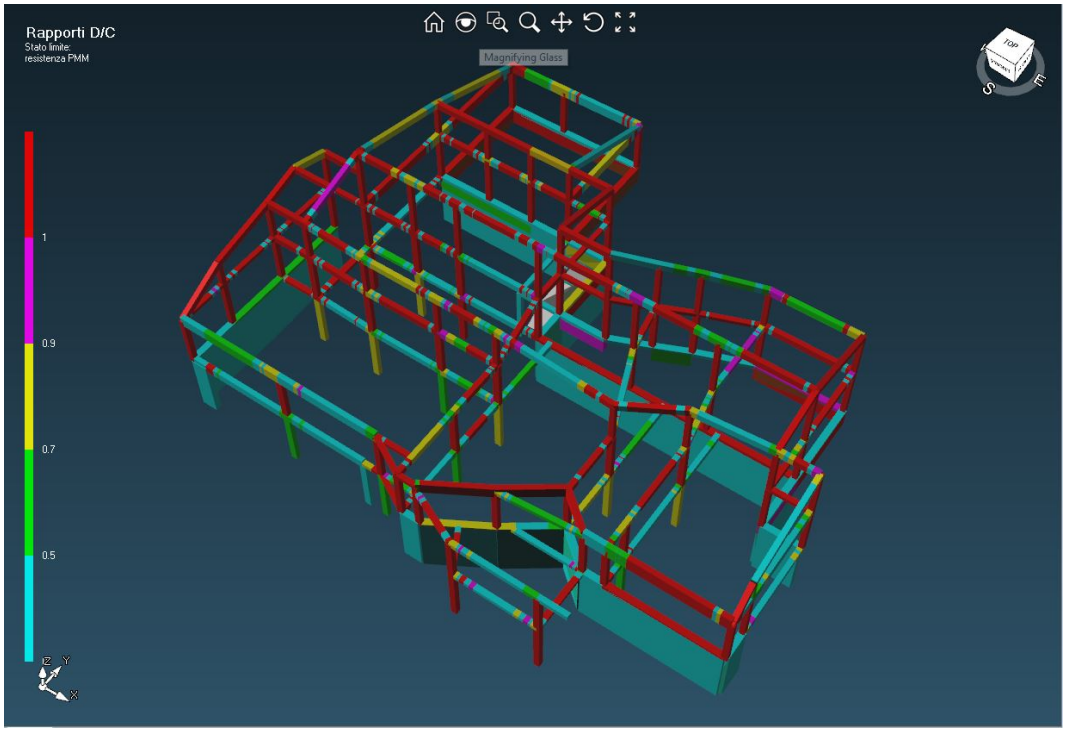


Figura 11 - Risultati PMM per struttura 1 allo stato di fatto (SLV)

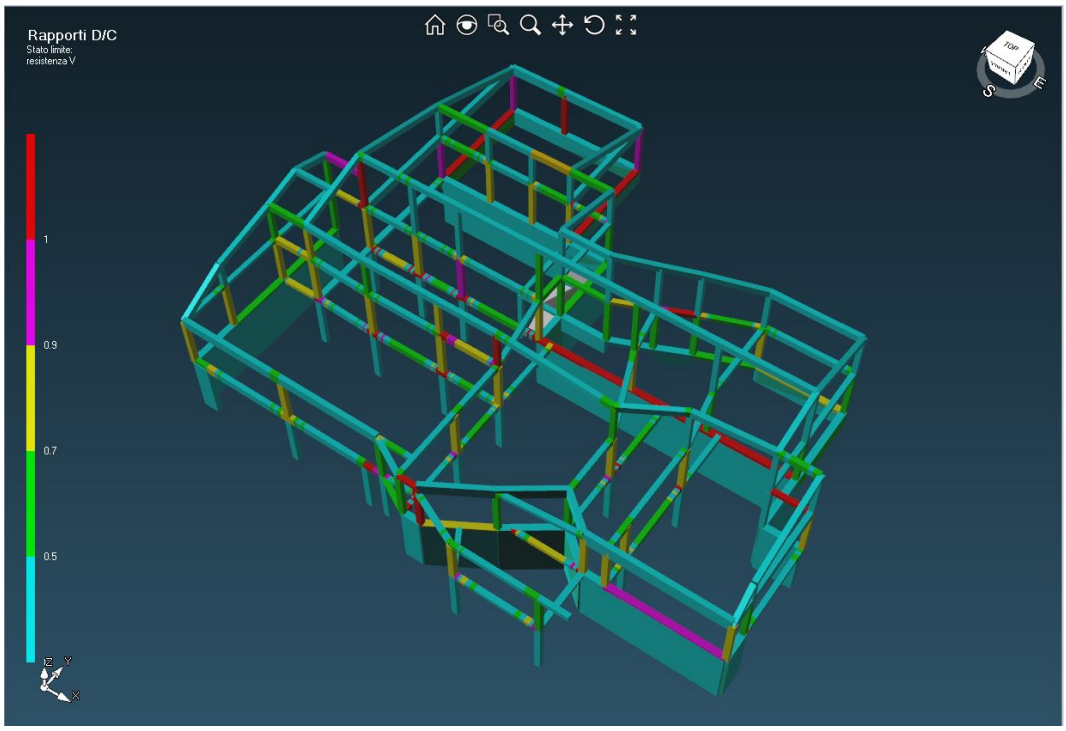


Figura 12 - Risultati V per struttura 1 allo stato di fatto (SLV)

Verifica PMM pilastri (SLV)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
1P_35_S-T	V+E_ENV_SLV	-45.651	128.045	26.787	3.142	0.797	0.886	9.259
1P_41_S-T	V+E_ENV_SLV	-55.082	111.236	37.687	3.142	0.763	0.859	7.945
1P_42_S-T	V+E_ENV_SLV	-47.246	100.550	-17.995	3.142	0.784	0.884	7.159
1P_34_S-T	V+E_ENV_SLV	-31.551	86.145	39.041	3.142	0.764	1.000	6.289
1P_27_S-T	V+E_ENV_SLV	37.273	-9.895	54.239	3.142	0.827	0.837	4.429
1P_40_S-T	V+E_ENV_SLV	-37.206	-57.464	-38.240	3.142	0.722	1.000	4.211
1P_36_S-T	V+E_ENV_SLV	-17.690	-57.261	18.822	3.142	0.838	0.844	4.185
1P_38_S-T	V+E_ENV_SLV	19.271	-3.645	52.703	3.142	0.757	0.749	4.130
1P_25_0-S	V+E_ENV_SLV	-21.814	92.967	-83.610	6.158	0.820	0.751	3.936
1P_43_S-T	V+E_ENV_SLV	-43.562	-54.508	-14.796	3.142	0.802	0.888	3.733
1P_23_0-S	V+E_ENV_SLV	-61.971	80.919	86.833	6.158	0.820	0.781	3.719
1P_32_S-T	V+E_ENV_SLV	-13.075	20.429	48.615	3.142	0.732	0.892	3.583
1P_24_0-S	V+E_ENV_SLV	-128.144	49.315	-116.754	6.158	0.730	1.000	3.529
1P_26_0-S	V+E_ENV_SLV	-143.555	94.334	-70.513	6.158	0.813	0.871	3.462
1P_37_S-T	V+E_ENV_SLV	0.933	43.571	9.305	3.142	0.818	0.829	3.300
1P_22_0-S	V+E_ENV_SLV	-117.263	-59.774	94.252	6.158	0.818	0.840	3.233
1P_1_0-S	V+E_ENV_SLV	-11.224	-85.215	-58.261	6.158	0.835	0.623	3.149
1P_28_S-T	V+E_ENV_SLV	0.843	13.757	40.545	3.142	0.769	0.793	3.086
1P_39_S-T	V+E_ENV_SLV	-18.678	-8.924	-43.050	3.142	0.704	1.000	3.083
1P_38_0-S	V+E_ENV_SLV	-83.122	-92.372	-68.487	6.158	0.883	0.870	3.070
1P_10_0-S	V+E_ENV_SLV	50.085	-49.676	81.184	6.158	0.762	0.670	3.070
1P_8_0-S	V+E_ENV_SLV	3.331	-50.729	82.844	6.158	0.632	0.712	2.987
1P_28_0-S	V+E_ENV_SLV	-18.339	-82.571	-53.015	6.158	0.909	0.844	2.962
1P_41_0-S	V+E_ENV_SLV	-150.102	-87.016	-55.940	6.158	0.803	0.813	2.947
1P_16_S-T	V+E_ENV_SLV	-17.672	39.455	-24.250	3.142	0.781	0.872	2.913
1P_29_0-S	V+E_ENV_SLV	2.205	-84.383	-36.970	6.158	0.899	1.000	2.868
1P_9_0-S	V+E_ENV_SLV	-28.238	-49.275	81.705	6.158	0.647	0.666	2.848
1P_33_S-T	V+E_ENV_SLV	-40.705	8.758	42.488	3.142	0.770	0.989	2.841
1P_27_0-S	V+E_ENV_SLV	16.942	78.832	-44.314	6.158	0.953	0.970	2.834
1P_34_0-S	V+E_ENV_SLV	-138.312	60.482	-93.397	6.158	0.843	1.000	2.821
1P_40_0-S	V+E_ENV_SLV	-134.711	-45.421	110.407	6.158	0.853	1.000	2.816
1P_31_0-S	V+E_ENV_SLV	-57.368	-89.688	37.890	6.158	1.000	0.726	2.729
1P_20_0-S	V+E_ENV_SLV	-14.967	-67.557	54.460	6.158	0.805	0.877	2.698
1P_15_0-S	V+E_ENV_SLV	-69.612	60.320	63.377	6.158	0.916	0.902	2.697
1P_15_S-T	V+E_ENV_SLV	-11.444	-19.549	-36.268	3.142	0.843	0.850	2.680
1P_16_0-S	V+E_ENV_SLV	-109.397	47.251	-80.921	6.158	0.875	0.911	2.675
1P_32_0-S	V+E_ENV_SLV	-86.409	-41.570	-100.707	6.158	0.842	0.971	2.663
1P_7_0-S	V+E_ENV_SLV	-87.132	-65.247	58.780	6.158	0.661	0.678	2.657
1P_4_0-S	V+E_ENV_SLV	-3.774	-51.369	68.153	6.158	0.789	0.767	2.648
1P_5_0-S	V+E_ENV_SLV	-40.690	43.843	-78.410	6.158	0.696	0.788	2.645
1P_35_0-S	V+E_ENV_SLV	-123.119	-52.437	91.370	6.158	0.892	0.792	2.620
1P_21_0-S	V+E_ENV_SLV	-41.068	56.780	60.413	6.158	0.954	0.906	2.600
1P_12_0-S	V+E_ENV_SLV	-32.498	70.937	48.755	6.158	0.808	0.889	2.598
1P_44_0-S	V+E_ENV_SLV	-158.072	31.936	94.019	6.158	0.812	1.000	2.586
1P_45_0-S	V+E_ENV_SLV	-111.741	-41.583	71.830	6.158	1.000	0.767	2.534
1P_18_0-S	V+E_ENV_SLV	-43.972	43.174	72.992	6.158	0.849	0.836	2.500

1P_11_0-S	V+E_ENV_SLV	-99.055	-69.179	48.706	6.158	0.697	1.000	2.474
1P_42_0-S	V+E_ENV_SLV	-157.231	75.866	-45.685	6.158	0.884	0.885	2.466
1P_19_0-S	V+E_ENV_SLV	-31.466	34.239	73.913	6.158	0.872	0.955	2.421
1P_39_0-S	V+E_ENV_SLV	-116.620	-28.331	-99.385	6.158	0.858	1.000	2.383
1P_A1_0-S	V+E_ENV_SLV	-61.154	23.047	79.483	6.158	0.913	0.963	2.333
1P_6_0-S	V+E_ENV_SLV	-119.021	42.530	69.362	6.158	0.711	0.721	2.303
1P_13_0-S	V+E_ENV_SLV	-22.047	-55.971	-46.194	6.158	0.882	0.889	2.246
1P_17_0-S	V+E_ENV_SLV	-59.632	29.975	-72.251	6.158	0.873	0.921	2.234
1P_36_0-S	V+E_ENV_SLV	-158.757	-83.706	36.903	6.158	0.981	0.830	2.233
1P_18_S-T	V+E_ENV_SLV	-14.681	-31.033	-9.440	3.142	0.739	0.755	2.220
1P_12_S-T	V+E_ENV_SLV	12.762	-8.392	-27.658	3.142	0.801	0.789	2.213
1P_43_0-S	V+E_ENV_SLV	-160.771	-68.493	-40.749	6.158	0.888	0.907	2.195
1P_30_0-S	V+E_ENV_SLV	-58.941	-62.766	-18.690	6.158	0.999	0.745	2.191
1P_13_S-T	V+E_ENV_SLV	-20.235	15.792	-30.771	3.142	0.775	0.794	2.181
1P_29_S-T	V+E_ENV_SLV	33.251	-24.509	10.924	3.142	1.000	0.841	2.170
1P_14_0-S	V+E_ENV_SLV	-124.773	-63.850	40.185	6.158	0.826	0.961	2.124
1P_37_0-S	V+E_ENV_SLV	-113.191	74.759	-32.222	6.158	0.985	0.824	2.067
1P_2_0-S	V+E_ENV_SLV	-179.945	29.411	91.876	6.158	0.744	1.000	2.061
1P_33_0-S	V+E_ENV_SLV	-171.165	-21.568	-95.833	6.158	0.848	0.993	2.056
1P_A2_0-S	V+E_ENV_SLV	-68.133	-36.586	67.981	6.158	0.892	0.984	2.055
1P_3_0-S	V+E_ENV_SLV	-99.089	-27.474	-65.152	6.158	0.759	0.954	1.906
1P_14_S-T	V+E_ENV_SLV	-18.526	19.226	-24.894	3.142	0.874	0.716	1.857
1P_44_S-T	V+E_ENV_SLV	-33.755	8.749	-26.999	3.142	0.728	1.000	1.751
1P_45_S-T	V+E_ENV_SLV	-28.313	4.524	-26.317	3.142	0.700	1.000	1.729
1P_22_S-T	V+E_ENV_SLV	-15.097	10.755	-23.134	3.142	0.730	0.828	1.634
1P_17_S-T	V+E_ENV_SLV	-19.303	-22.790	-12.574	3.142	0.766	0.842	1.594
1P_26_S-T	V+E_ENV_SLV	-17.682	4.536	21.433	3.142	0.813	0.751	1.459
1P_19_S-T	V+E_ENV_SLV	1.815	5.353	16.382	3.142	0.757	0.888	1.260
1P_A1_-1-0	V+E_ENV_SLV	-138.467	27.125	42.461	6.158	0.692	0.696	1.196
1P_21_S-T	V+E_ENV_SLV	-13.743	16.026	11.358	3.142	0.838	0.891	1.163
1P_A2_-1-0	V+E_ENV_SLV	-111.968	23.577	-40.268	6.158	0.699	0.696	1.116
1P_40_-1-0	V+E_ENV_SLV	-424.115	27.391	44.642	6.158	0.671	0.707	1.107
1P_38_-1-0	V+E_ENV_SLV	-234.066	53.194	36.193	10.179	0.692	0.687	1.080
1P_20_S-T	V+E_ENV_SLV	-3.921	6.829	14.235	3.142	0.820	0.774	1.052

Verifica PMM travi (SLV)

Trave	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As sup. [cm²]	As inf. [cm²]	D/C
1_T113_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-51.865	1.571	2.262	5.418
1_T135_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-60.607	1.005	5.089	5.220
1_T114_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-58.466	1.005	3.581	5.183
1_T37-38_T	V+E_ENV_SLV	25.324	-8.600	-82.803	1.571	4.021	5.124
1_T128_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-31.237	1.005	4.210	4.788
1_T136_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-51.409	1.005	4.021	4.557
1_T118_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-43.150	1.571	3.079	4.504
1_T120_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-41.739	1.571	2.262	4.360
1_T29-1_T	V+E_ENV_SLV	83.788	22.144	-58.852	1.571	4.021	4.327
1_T116_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-71.462	1.571	7.634	4.194
1_T148_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-46.657	1.005	5.561	4.140

1_T133_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-46.170	1.005	5.089	3.995
1_T141_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-44.311	1.005	3.079	3.930
1_T139_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-44.286	1.005	5.089	3.924
1_T132_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-90.196	2.262	4.021	3.742
1_T119_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-35.870	1.571	2.262	3.734
1_T129_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-23.351	1.005	3.079	3.532
1_T145_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-60.146	1.571	3.393	3.528
1_T122_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-21.701	1.005	4.618	3.338
1_T143_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-37.843	1.005	6.629	3.267
1_T32-33_T	V+E_ENV_SLV	13.424	-55.246	-16.125	1.571	3.079	3.222
1_T146_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-35.558	1.005	9.111	3.150
1_T38-39_T	V+E_ENV_SLV	61.244	56.462	-38.125	1.571	4.021	3.125
1_T128_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-39.486	2.136	3.079	3.122
1_T145_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-86.631	2.702	3.393	3.030
1_T121_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-19.720	1.005	3.079	3.028
1_T108_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-100.414	1.571	3.267	2.901
1_T116_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-49.077	1.571	10.179	2.879
1_T28-32_T	V+E_ENV_SLV	2.876	22.809	-47.550	1.571	2.262	2.874
1_T148_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-31.382	1.005	7.100	2.780
1_T131_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-17.794	1.005	3.393	2.731
1_T38-39_T	V+E_ENV_SLV	61.244	66.464	51.038	4.650	4.021	2.664
1_T144_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-44.971	1.571	12.064	2.640
1_T133_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-29.921	1.005	10.179	2.579
1_T32-33_T	V+E_ENV_SLV	13.424	-66.210	18.061	4.650	3.079	2.571
1_T121_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-16.653	1.005	3.079	2.557
1_T141_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-80.978	3.016	3.079	2.546
1_T13-14_T	V+E_ENV_SLV	13.316	51.008	-27.533	1.571	4.021	2.538
1_T127_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-65.837	1.571	5.561	2.489
1_T143_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	79.110	10.587	3.079	2.487
1_T35-36_T	V+E_ENV_SLV	28.308	13.983	-37.378	1.571	4.021	2.484
1_T13_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-17.025	1.005	4.021	2.479
1_T105_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-32.751	2.262	3.079	2.457
1_T25_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-15.997	1.005	9.111	2.445
1_T131_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-30.258	2.136	2.262	2.393
1_T134_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-26.634	1.005	7.634	2.360
1_T45-22_T	V+E_ENV_SLV	2.520	-34.392	-13.927	1.571	2.262	2.360
1_T38-39_T	V+E_ENV_SLV	61.244	46.664	-23.748	1.571	5.561	2.358
1_T43-14_T	V+E_ENV_SLV	8.551	-47.862	-23.412	1.571	4.021	2.353
1_T22-21_T	V+E_ENV_SLV	8.345	33.272	-16.202	1.571	2.262	2.342
1_T122_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-15.069	1.005	4.618	2.318
1_T143_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	73.217	6.566	3.079	2.302
1_T119_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	29.698	3.142	2.262	2.259
1_T118_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-40.210	3.142	3.079	2.222
1_T145_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-62.134	2.702	3.393	2.179
1_T110_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-82.414	1.571	9.111	2.157
1_T125_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-56.063	1.571	4.021	2.141
1_T147_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-23.466	1.005	11.718	2.080
1_T117_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-36.650	3.110	3.079	2.044
	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-19.416	1.571	4.618	2.025
1_T104_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-26.963	2.262	3.079	2.023

1_T4_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-18.886	1.571	1.571	1.975
1_T149_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	33.644	4.021	1.571	1.955
1_T106_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-67.389	1.571	4.084	1.948
1_T136_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-22.099	1.005	9.173	1.938
1_T129_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-36.093	3.267	3.079	1.926
1_T135_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-99.319	5.027	5.089	1.918
1_T122_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-43.957	4.084	3.079	1.895
1_T138_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-32.677	1.571	15.708	1.893
1_T14-15_T	V+E_ENV_SLV	0.798	-39.050	-23.235	1.571	4.021	1.892
1_T36-37_T	V+E_ENV_SLV	23.615	15.098	-86.882	4.650	4.021	1.888
1_T129_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-12.491	1.005	5.341	1.881
1_T146_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-59.576	3.016	5.089	1.878
1_T117_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-33.268	3.110	3.079	1.856
1_T144_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-68.709	3.581	8.042	1.838
1_T134_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-58.152	3.016	7.634	1.831
1_T43-14_T	V+E_ENV_SLV	8.551	-54.395	23.680	5.592	4.021	1.830
1_T35-36_T	V+E_ENV_SLV	28.308	14.478	-25.978	1.571	4.021	1.820
1_T143_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-57.388	3.016	6.629	1.819
1_T3_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-24.060	2.262	1.571	1.805
1_T124_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-31.090	1.005	8.042	1.800
1_T127_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-47.165	1.571	7.100	1.782
1_T126_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-46.785	1.571	6.032	1.768
1_T136_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-46.802	2.545	4.021	1.742
1_T43-14_T	V+E_ENV_SLV	8.551	-41.387	-14.141	1.571	6.032	1.740
1_T124_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-29.916	1.005	8.042	1.732
1_T32-33_T	V+E_ENV_SLV	13.424	-44.310	-6.284	1.571	6.158	1.725
1_T111_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	44.879	2.262	1.571	1.716
1_T121_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-11.109	1.005	6.158	1.700
1_TC_T	V+E_ENV_SLV	19.704	-32.660	-14.900	1.571	4.021	1.699
1_T127_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-86.825	3.110	4.021	1.693
1_T146_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-88.347	5.027	5.089	1.690
1_T26-44_T	V+E_ENV_SLV	5.620	-21.119	-26.488	1.571	2.262	1.690
1_T103_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-30.295	3.110	2.262	1.689
1_T148_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	70.675	4.084	4.021	1.681
1_T122_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-38.875	4.084	3.079	1.676
1_T38-32_T	V+E_ENV_SLV	72.554	-46.712	6.277	5.592	4.021	1.675
1_T115_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-18.889	1.005	12.064	1.675
1_T139_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-44.963	2.545	5.089	1.672
1_T136_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-86.367	5.027	4.021	1.651
1_T40-41_T	V+E_ENV_SLV	49.759	31.720	15.321	3.110	4.021	1.647
1_T19_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-27.874	1.571	14.106	1.630
1_T27-28a_T	V+E_ENV_SLV	27.899	-30.671	-6.276	1.571	4.021	1.623
1_T35-36_T	V+E_ENV_SLV	28.308	11.570	-22.580	1.571	6.032	1.616
1_T130_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-10.446	1.005	4.524	1.601
1_CM14_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-41.324	4.524	4.524	1.593
1_T123_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-41.679	1.571	4.021	1.577
1_T38-39_T	V+E_ENV_SLV	61.244	37.233	-11.336	1.571	7.100	1.560
1_T28-29_T	V+E_ENV_SLV	45.655	-7.498	-18.524	1.571	4.021	1.556
1_T20-19_T	V+E_ENV_SLV	8.520	5.593	-24.832	1.571	4.021	1.551
1_T14_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-15.410	1.571	12.189	1.547

1_T137_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	48.939	8.105	3.079	1.545
1_T11_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-75.417	4.712	12.566	1.539
1_T14_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-31.137	3.581	7.634	1.502
1_T40-41_T	V+E_ENV_SLV	49.759	33.731	-31.327	3.581	4.021	1.490
1_T130_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-18.420	2.136	3.393	1.472
1_T125_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-83.771	3.581	4.021	1.463
1_T42-43_T	V+E_ENV_SLV	15.642	-32.984	2.178	3.581	4.021	1.462
1_T137_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-16.829	1.005	3.079	1.454
1_T41-42_T	V+E_ENV_SLV	36.435	-34.665	-24.006	3.581	4.021	1.453
1_T27_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-9.735	1.005	6.158	1.450
1_T127_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-110.129	4.650	4.021	1.447
1_T131_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	19.138	4.398	2.262	1.436
1_T44-45_T	V+E_ENV_SLV	1.867	20.048	-20.302	1.571	2.262	1.427
1_T103_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-13.620	1.571	3.801	1.421
1_T132_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	59.586	7.351	4.021	1.418
1_T123_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-37.373	1.571	6.032	1.413
1_T5_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-37.271	4.650	3.079	1.410
1_T154_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-17.475	1.571	12.064	1.407
1_T39-40_T	V+E_ENV_SLV	60.007	-31.297	12.778	3.581	5.561	1.405
1_T38-32_T	V+E_ENV_SLV	65.500	37.201	13.052	5.592	4.021	1.404
1_T11-10_T	V+E_ENV_SLV	33.811	-25.009	-9.146	1.571	4.021	1.399
1_T137_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-43.942	3.016	3.079	1.395
1_T116_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-95.729	6.660	5.089	1.391
1_T16_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-15.873	1.005	10.179	1.379
1_T142_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-15.531	1.005	6.032	1.376
1_T138_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-67.121	4.712	9.425	1.375
1_T13_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-9.406	1.005	7.100	1.364
1_T116_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-93.426	6.660	5.089	1.358
1_T20-21_T	V+E_ENV_SLV	15.678	25.739	-18.110	1.571	4.021	1.355
1_T15_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-98.327	7.037	6.032	1.353
	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-15.178	1.005	6.032	1.345
1_T115_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-41.968	3.016	8.042	1.327
1_T139_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-14.958	1.005	10.179	1.325
1_T6_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-41.932	3.016	7.634	1.325
1_T41-42_T	V+E_ENV_SLV	36.435	-32.038	-13.729	1.571	8.042	1.325
1_T144_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-49.427	3.581	8.042	1.322
1_T150_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-22.532	1.571	16.808	1.310
1_T146_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-68.458	5.027	5.089	1.309
1_T140_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-14.668	1.005	6.629	1.300
1_T133_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-81.010	6.095	5.089	1.296
1_T103_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	17.225	3.110	2.262	1.292
1_T11_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-145.758	10.996	12.566	1.291
1_T121_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-29.916	4.084	3.079	1.290
1_T115_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-40.771	3.016	8.042	1.289
1_T139_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-80.569	6.095	5.089	1.276
1_T141_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-14.339	1.005	5.089	1.270
1_T142_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-34.113	2.545	4.021	1.267
1_T39-40_T	V+E_ENV_SLV	60.007	28.270	-9.111	1.571	7.100	1.266
1_T26-38_T	V+E_ENV_SLV	90.412	32.232	1.419	5.592	4.021	1.259
1_T13-12_T	V+E_ENV_SLV	7.791	9.830	-19.856	1.571	8.042	1.257

1_T5_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-33.086	4.650	3.079	1.252
1_T134_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-97.500	7.571	7.634	1.249
1_T16-15_T	V+E_ENV_SLV	2.616	-8.423	-20.397	1.571	5.561	1.235
1_T36-37_T	V+E_ENV_SLV	26.887	-17.562	-54.440	4.650	4.021	1.234
1_T126_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	81.324	3.581	4.021	1.233
1_T154_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-32.936	3.581	12.064	1.232
1_T144_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-96.553	7.603	6.032	1.232
1_T129_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-22.786	3.267	3.079	1.225
1_T6_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-13.818	1.005	12.189	1.225
1_T137_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	38.716	16.650	3.079	1.223
1_T130_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-30.207	4.398	2.262	1.215
1_T40-41_T	V+E_ENV_SLV	49.759	-30.606	-8.309	1.571	8.042	1.214
1_T28_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-7.914	1.005	4.021	1.213
1_T146_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-38.336	3.016	5.089	1.209
1_T9bis_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-57.679	8.639	8.765	1.200
1_T6_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-92.655	7.571	7.634	1.187
1_T43-14_T	V+E_ENV_SLV	8.551	35.594	-6.387	1.571	8.042	1.187
1_T121_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-27.386	4.084	3.079	1.181
1_T40-41_T	V+E_ENV_SLV	49.759	-32.887	-18.914	3.581	6.032	1.176
1_T124_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-58.356	3.016	6.032	1.175
1_T126_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	77.512	5.592	4.021	1.174
1_T129_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-35.953	5.529	3.079	1.170
1_T20_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-28.189	2.262	1.571	1.169
1_T142_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-55.438	4.555	4.021	1.168
1_T5_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-11.266	1.571	3.079	1.155
1_T33-34_T	V+E_ENV_SLV	13.770	26.612	16.785	3.110	4.021	1.151
1_T39-40_T	V+E_ENV_SLV	60.007	36.364	13.516	8.671	4.021	1.147
1_T150_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-48.845	4.115	9.173	1.143
1_T41-42_T	V+E_ENV_SLV	36.435	30.118	4.883	5.592	4.021	1.138
1_T126_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-30.058	1.571	8.042	1.136
1_T33-34_T	V+E_ENV_SLV	13.770	24.897	-10.819	1.571	5.561	1.127
1_T107_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-38.944	1.571	4.084	1.124
1_T123_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-66.129	3.581	4.021	1.124
1_T103_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	14.914	1.571	2.262	1.119
1_T34-35_T	V+E_ENV_SLV	28.100	-18.933	-13.812	1.571	7.100	1.115
1_T42-43_T	V+E_ENV_SLV	15.642	-30.148	-11.927	1.571	8.042	1.115
1_T38-39_T	V+E_ENV_SLV	61.244	-17.922	14.896	3.581	4.021	1.108
1_T140_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-41.070	3.550	3.079	1.108
1_T24_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-46.084	7.603	7.634	1.094
1_T13_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-25.774	4.084	4.021	1.094
1_T141_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	35.421	6.566	3.079	1.093
1_T40-41_T	V+E_ENV_SLV	49.759	29.464	17.370	3.110	6.032	1.090
1_T14_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-49.379	8.137	7.634	1.088
1_T154_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-60.581	7.603	6.032	1.087
1_T133_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-61.292	5.561	5.089	1.076
1_T11_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-18.296	1.571	18.850	1.075
1_T16-15_T	V+E_ENV_SLV	2.616	10.279	-17.494	1.571	5.561	1.069
1_T26_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-28.511	4.712	9.425	1.066
1_T1_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-130.119	9.205	10.179	1.065
1_T40-41_T	V+E_ENV_SLV	49.759	34.437	11.465	8.671	4.021	1.057

1_T130_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-32.507	5.529	2.262	1.053
1_T123_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	69.274	3.581	4.021	1.050
1_T154_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-58.225	7.603	6.032	1.044
1_T15_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-54.351	5.027	6.032	1.042
1_T35-36_T	V+E_ENV_SLV	28.308	18.889	-73.022	7.603	4.021	1.041
1_T11_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-50.926	4.712	12.566	1.039
1_T21_0	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-50.830	4.712	12.566	1.039
1_T137_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	32.797	13.572	3.079	1.037
1_T35-36_T	V+E_ENV_SLV	28.308	-12.996	-54.193	5.592	4.021	1.036
1_T110_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	126.087	5.592	5.089	1.027
1_T151_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	33.156	9.205	3.079	1.024
1_T36-37_T	V+E_ENV_SLV	25.251	7.808	-12.877	1.571	7.100	1.020
1_T107_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-64.221	3.110	4.084	1.016
1_T127_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-59.548	3.581	5.561	1.012
1_T144_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-78.972	7.603	6.032	1.008
1_T148_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-37.150	3.550	7.100	1.004
1_T136_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-83.313	8.105	4.021	1.004
1_T147_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-89.013	8.639	9.173	1.001

Verifica V pilastri (SLV)

Pilastro	Direzione 2						
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
1P_38_S-T	V+E_ENV_SLV	-68.610	0.028	1.187	-8.631	0.028	0.149
1P_5_0-S	V+E_ENV_SLV	-77.777	0.028	1.135	26.283	0.028	0.455
1P_24_0-S	V+E_ENV_SLV	-76.951	0.028	1.123	27.237	0.028	0.471

Verifica V travi (SLV)

Trave	Direzione 2				Direzione 3		
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
1_T105_S	V+E_ENV_SLV	-85.837	0.038	1.611	0.000	0.038	0.000
1_T9bis_0	V+E_ENV_SLV	107.290	0.050	1.510	0.000	0.050	0.000
1_T15_0	V+E_ENV_SLV	-131.149	0.038	1.397	0.000	0.038	0.000
1_T10_0	V+E_ENV_SLV	95.005	0.050	1.365	0.000	0.050	0.000
1_T5_0	V+E_ENV_SLV	-70.422	0.038	1.322	0.000	0.038	0.000
1_T19_0	V+E_ENV_SLV	-154.907	0.050	1.253	0.000	0.050	0.000
1_T11_0	V+E_ENV_SLV	154.831	0.050	1.237	0.000	0.050	0.000
1_T3_0	V+E_ENV_SLV	65.187	0.038	1.223	0.000	0.038	0.000
1_T24_0	V+E_ENV_SLV	64.766	0.038	1.216	0.000	0.038	0.000
1_T7_0	V+E_ENV_SLV	-140.144	0.050	1.124	0.000	0.050	0.000
	V+E_ENV_SLV	139.774	0.050	1.122	0.000	0.050	0.000
1_T8_0	V+E_ENV_SLV	-136.886	0.050	1.120	0.000	0.050	0.000
1_T6_0	V+E_ENV_SLV	139.612	0.050	1.115	0.000	0.050	0.000
1_T135_S	V+E_ENV_SLV	-102.591	0.038	1.115	0.000	0.038	0.000
1_T113_S	V+E_ENV_SLV	59.353	0.038	1.114	0.000	0.038	0.000
1_T118_S	V+E_ENV_SLV	58.131	0.038	1.091	0.000	0.038	0.000
1_T21_0	V+E_ENV_SLV	133.972	0.050	1.070	0.000	0.050	0.000
1_T128_S	V+E_ENV_SLV	-55.438	0.038	1.040	0.000	0.038	0.000
1_T122_S	V+E_ENV_SLV	-54.678	0.038	1.026	0.000	0.038	0.000

STRUTTURA 2

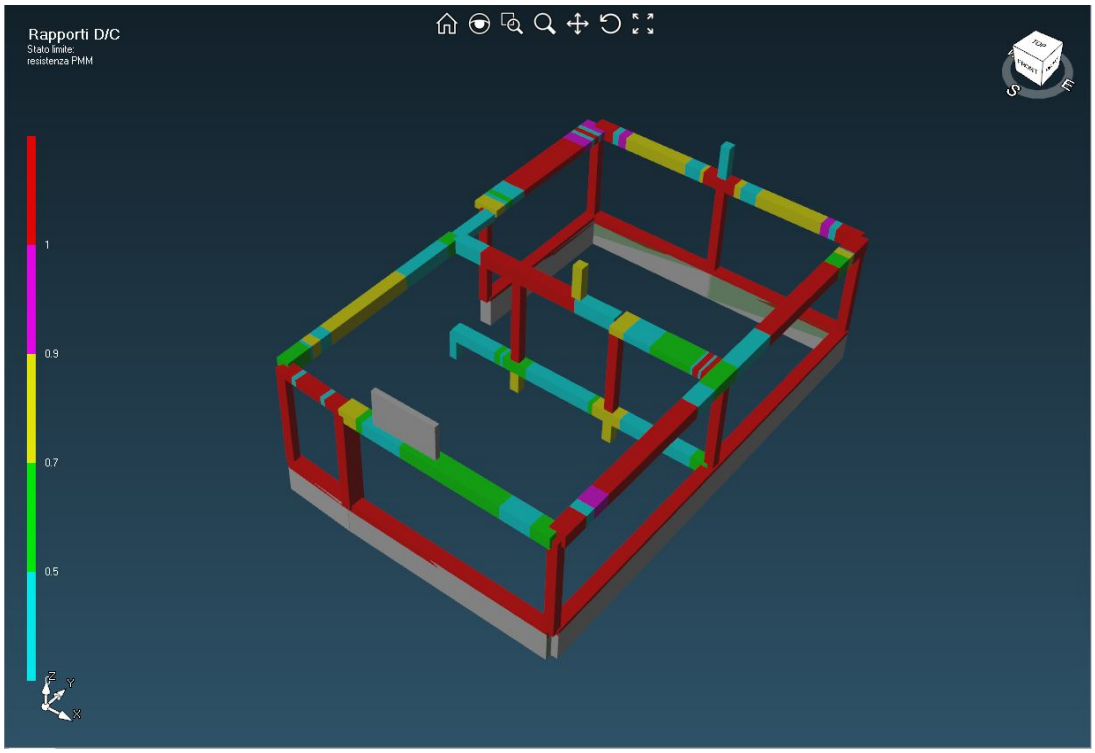


Figura 13 - Risultati PMM per struttura 2 allo stato di fatto (SLV)

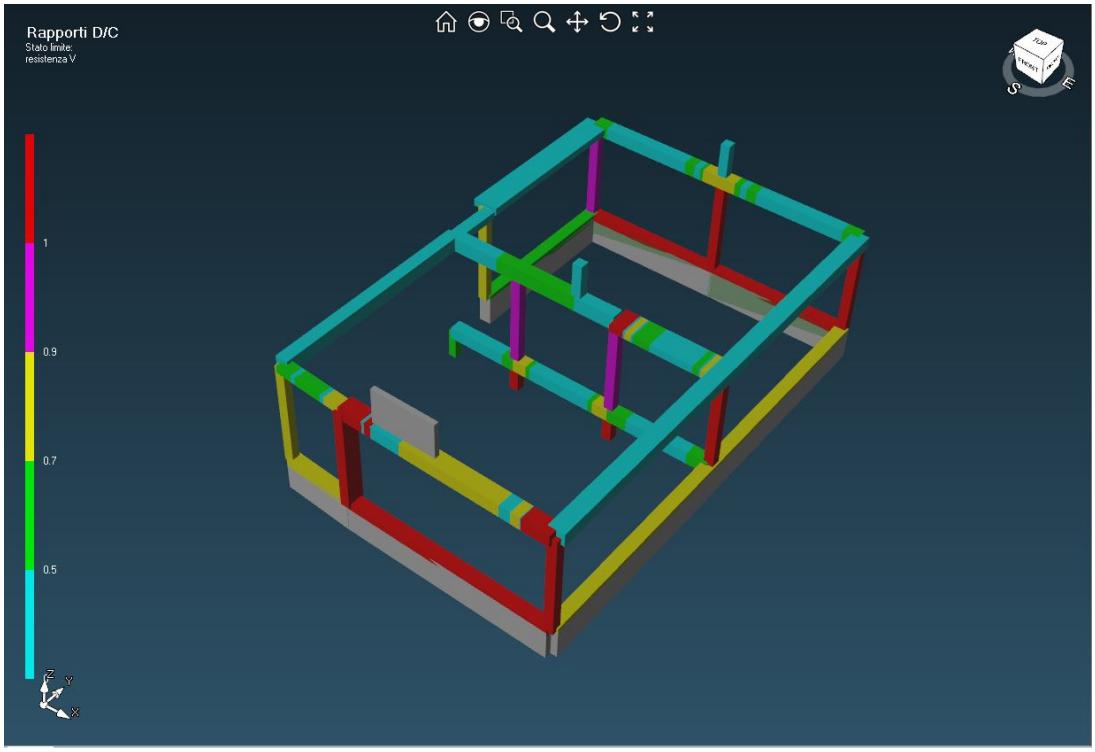


Figura 14 - Risultati V per struttura 2 allo stato di fatto (SLV)

Verifica PMM pilastri (SLV)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
2P_6_0-S	V+E_ENV_SLV	-140.784	299.439	-139.092	6.786	0.995	0.761	4.805
2P_4b_0-S	V+E_ENV_SLV	-44.684	90.027	84.564	6.158	0.815	0.846	3.182
2P_5_0-S	V+E_ENV_SLV	-91.871	97.980	70.569	6.158	0.751	0.774	3.109
2P_4c_0-S	V+E_ENV_SLV	-44.368	79.238	-85.667	6.158	0.815	0.886	3.009
2P_4_0-S	V+E_ENV_SLV	-86.099	-86.652	77.570	6.158	0.812	0.842	2.927
2P_5b_0-S	V+E_ENV_SLV	-157.784	60.114	-91.326	6.158	0.821	1.000	2.651
2P_3_0-S	V+E_ENV_SLV	-8.066	-55.566	47.612	6.158	0.814	0.811	2.377
2P_2b_0-S	V+E_ENV_SLV	-95.718	51.978	-75.702	6.158	0.676	1.000	2.309
2P_3b_0-S	V+E_ENV_SLV	-5.293	-53.872	-40.876	6.158	1.000	0.832	2.272
2P_2_0-S	V+E_ENV_SLV	-155.072	57.651	71.988	6.158	0.664	1.000	2.177

Verifica PMM travi (SLV)

Trave	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As sup. [cm²]	As inf. [cm²]	D/C
2_T104b_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-199.310	1.005	10.650	11.553
2_T105_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-175.729	1.005	10.650	10.187
2_T107_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-34.345	1.005	10.053	2.158
2_T102_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-58.621	3.707	2.262	2.088
2_T110_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-22.380	1.005	12.064	1.963
2_T108_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	-26.962	1.005	8.639	1.657
2_T106b_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	71.345	5.215	3.393	1.531
2_T106a_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	70.375	5.215	3.393	1.510
2_T103_S	V+E_ENV_SLV	0.000	0.000	42.560	5.623	4.618	1.164

Verifica V pilastri (SLV)

Pilastro		Direzione 2			Direzione 3		
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
2P_6_0-S	V+E_ENV_SLV	-92.235	0.023	1.178	-104.345	0.023	1.008
2P_5b_0-S	V+E_ENV_SLV	-58.032	0.023	1.079	26.356	0.023	0.490
2P_4_0-S	V+E_ENV_SLV	54.313	0.023	1.010	-51.182	0.023	0.952

Verifica V travi (SLV)

Trave		Direzione 2			Direzione 3		
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
2_T101b_S	V+E_ENV_SLV	-123.303	0.028	1.363	0.000	0.028	0.000
	V+E_ENV_SLV	-112.212	0.028	1.240	0.000	0.028	0.000
2_T101a_S	V+E_ENV_SLV	103.807	0.028	1.147	0.000	0.028	0.000
2_T103_S	V+E_ENV_SLV	-85.193	0.040	1.039	0.000	0.040	0.000

STRUTTURA 3

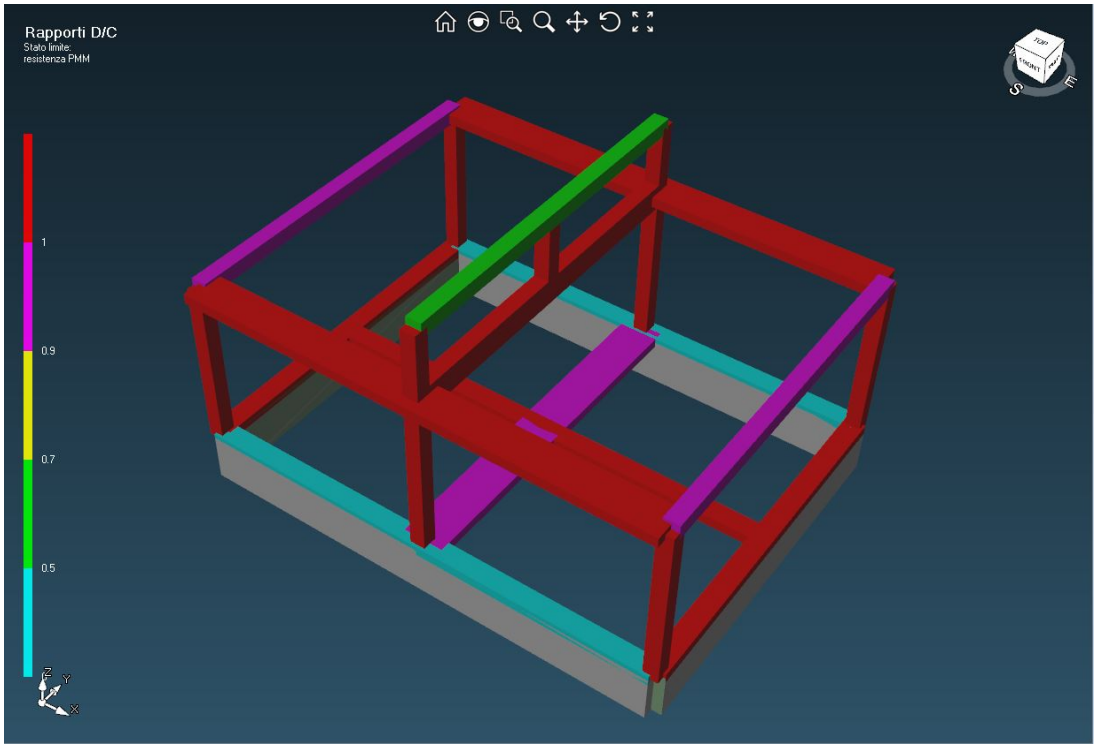


Figura 15 - Risultati PMM per struttura 3 allo stato di fatto (SLV)

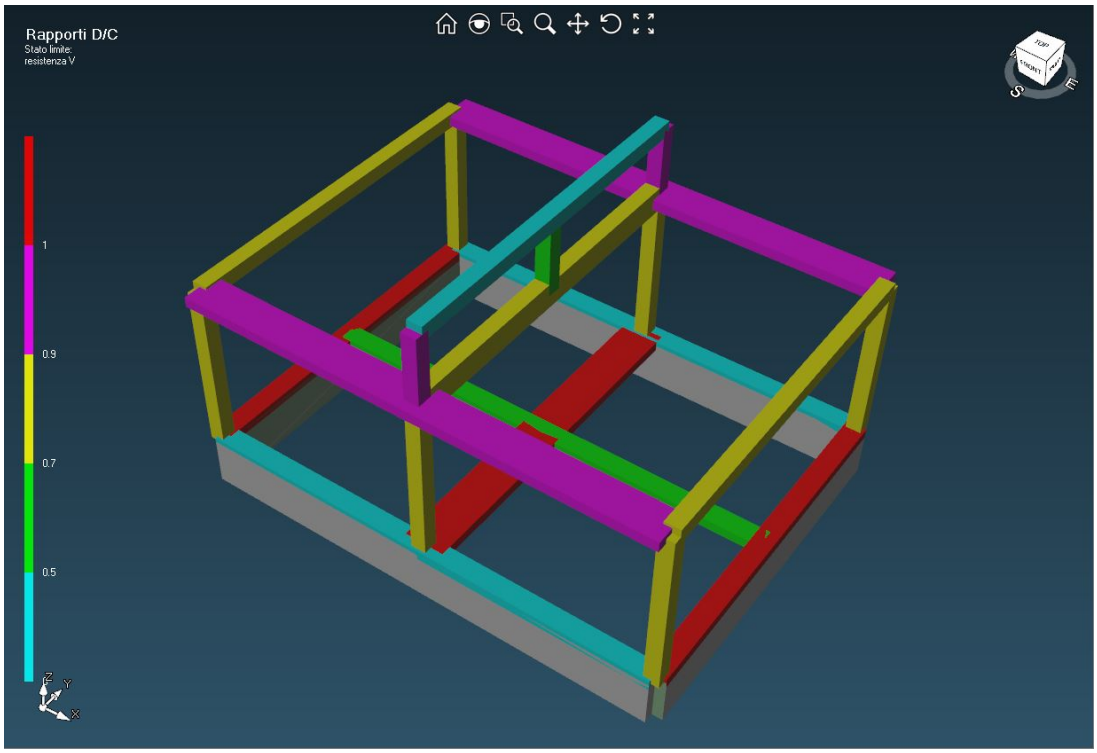


Figura 16 - Risultati V per struttura 3 allo stato di fatto (SLV)

Verifica PMM pilastri (SLV)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
3P_6_0-S	V+E_ENV_SLV	-128.463	-97.706	-83.058	3.142	0.921	0.846	5.031
3P_3_0-S	V+E_ENV_SLV	-128.485	97.705	-83.059	3.142	0.921	0.845	5.031
3P_5_0-S	V+E_ENV_SLV	-54.272	-89.155	80.124	4.524	0.927	0.938	3.633
3P_4_0-S	V+E_ENV_SLV	-54.269	89.147	80.126	4.524	0.927	0.938	3.633
3P_1_0-S	V+E_ENV_SLV	-54.263	-89.135	-80.126	4.524	0.927	0.938	3.632
3P_2_0-S	V+E_ENV_SLV	-54.263	89.126	-80.129	4.524	0.927	0.938	3.632
3P_6_S-T	V+E_ENV_SLV	-24.859	-58.983	12.391	3.142	0.970	0.868	3.088
3P_3_S-T	V+E_ENV_SLV	-24.883	58.928	12.386	3.142	0.970	0.868	3.085
3P_7_S-T	V+E_ENV_SLV	2.923	31.912	-9.297	3.142	1.000	0.772	1.787

Verifica PMM travi (SLV)

Trave	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As sup. [cm²]	As inf. [cm²]	D/C
3_T6-3b_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	4.587E-14	-47.350	1.005	10.776	2.530
3_T6-3a_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.889E-14	-47.265	1.005	10.776	2.525
3_T5-6_S	V+E_ENV_SLV	-5.006E-16	-1.843E-17	33.490	6.660	2.262	2.209
3_T3-2_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.430E-14	33.489	6.660	2.262	2.209
3_T6-1_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.432E-14	33.487	6.660	2.262	2.209
3_T4-3_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-7.942E-14	33.486	6.660	2.262	2.209
3_T3-2_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.432E-14	23.012	7.791	2.262	1.517
3_T4-3_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.947E-14	23.011	7.791	2.262	1.517
3_T6-1_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.430E-14	23.009	7.791	2.262	1.517
3_T5-6_S	V+E_ENV_SLV	-5.006E-16	-7.882E-17	23.008	7.791	2.262	1.516
	V+E_ENV_SLV	-5.006E-16	-5.619E-17	-20.806	2.136	5.655	1.475
3_T3-2_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.431E-14	-20.807	2.136	5.655	1.448
3_T6-1_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.430E-14	-20.806	2.136	5.655	1.448
3_T4-3_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.861E-14	-20.806	2.136	5.655	1.448
3_T5-6_S	V+E_ENV_SLV	-5.006E-16	-6.750E-17	-37.317	4.398	4.524	1.407
3_T6-1_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.430E-14	-37.317	4.398	4.524	1.403
3_T3-2_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.431E-14	-37.318	4.398	4.524	1.401
3_T4-3_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-4.404E-14	-37.316	4.398	4.524	1.401
3_T6-1_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.431E-14	-35.036	4.398	4.524	1.306
3_T5-6_S	V+E_ENV_SLV	-5.006E-16	-1.016E-17	-35.034	4.398	4.524	1.306
3_T3-2_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.430E-14	-35.037	4.398	4.524	1.302
3_T4-3_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.399E-14	-35.036	4.398	4.524	1.302
3_T6-3a_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.889E-14	-86.350	4.084	4.618	1.184
3_T6-3b_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.448E-14	-86.340	4.084	4.618	1.184
3_TAbis_0	V+E_ENV_SLV	3.271E-21	-1.597E-17	-39.329	6.158	6.158	1.094
3_TA_0	V+E_ENV_SLV	-2.805E-20	-1.200E-18	-39.315	6.158	6.158	1.094
3_T6-3a_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.889E-14	-130.067	7.163	4.618	1.028
3_T6-3b_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.309E-14	-129.936	7.163	4.618	1.027

Verifica V pilastri (SLV)

(tutti gli elementi risultano verificati)

Verifica V travi (SLV)

Trave		Direzione 2			Direzione 3		
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
3_T6-7_0	V+E_ENV_SLV	-64.361	0.023	1.232	-7.378E-17	0.0226	0.000
	V+E_ENV_SLV	64.161	0.023	1.228	-7.378E-17	0.0226	0.000
3_T7-3_0	V+E_ENV_SLV	64.143	0.023	1.227	-7.648E-17	0.0226	0.000
	V+E_ENV_SLV	-64.025	0.023	1.225	-7.648E-17	0.0226	0.000

STRUTTURA 4

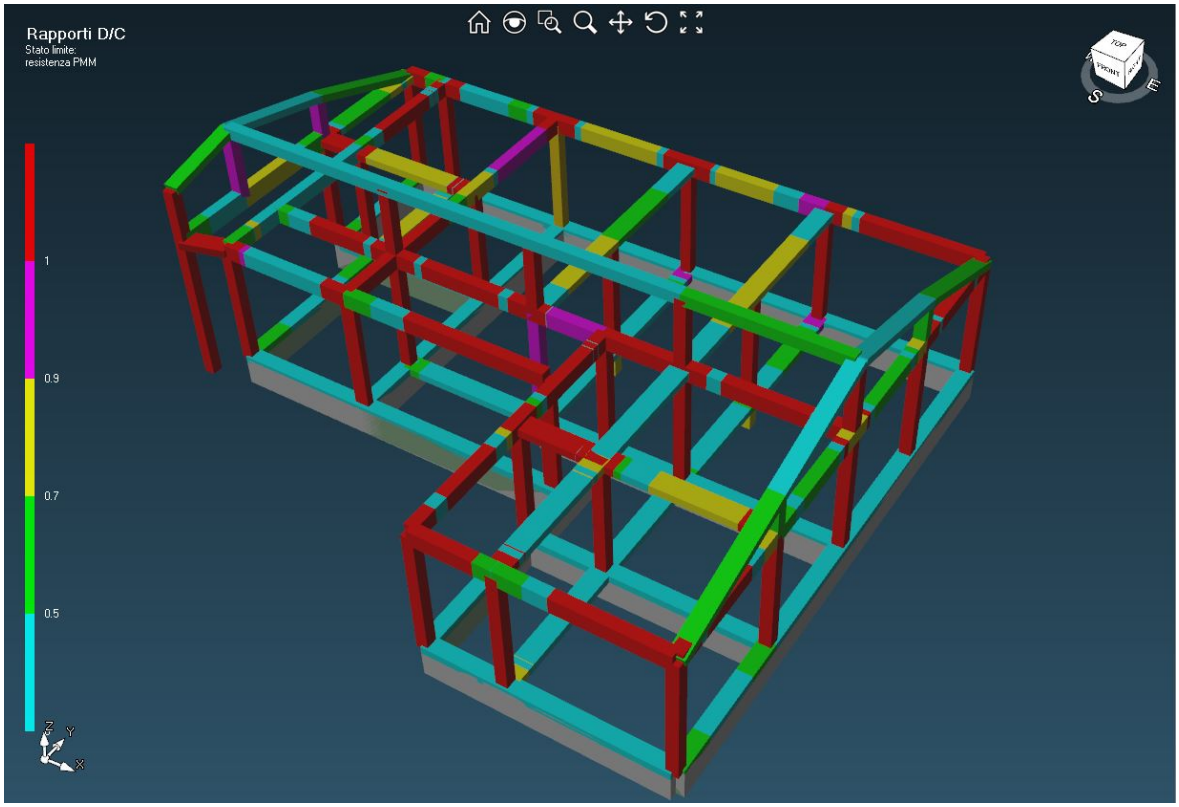


Figura 17 - Risultati PMM per struttura 4 allo stato di fatto (SLV)

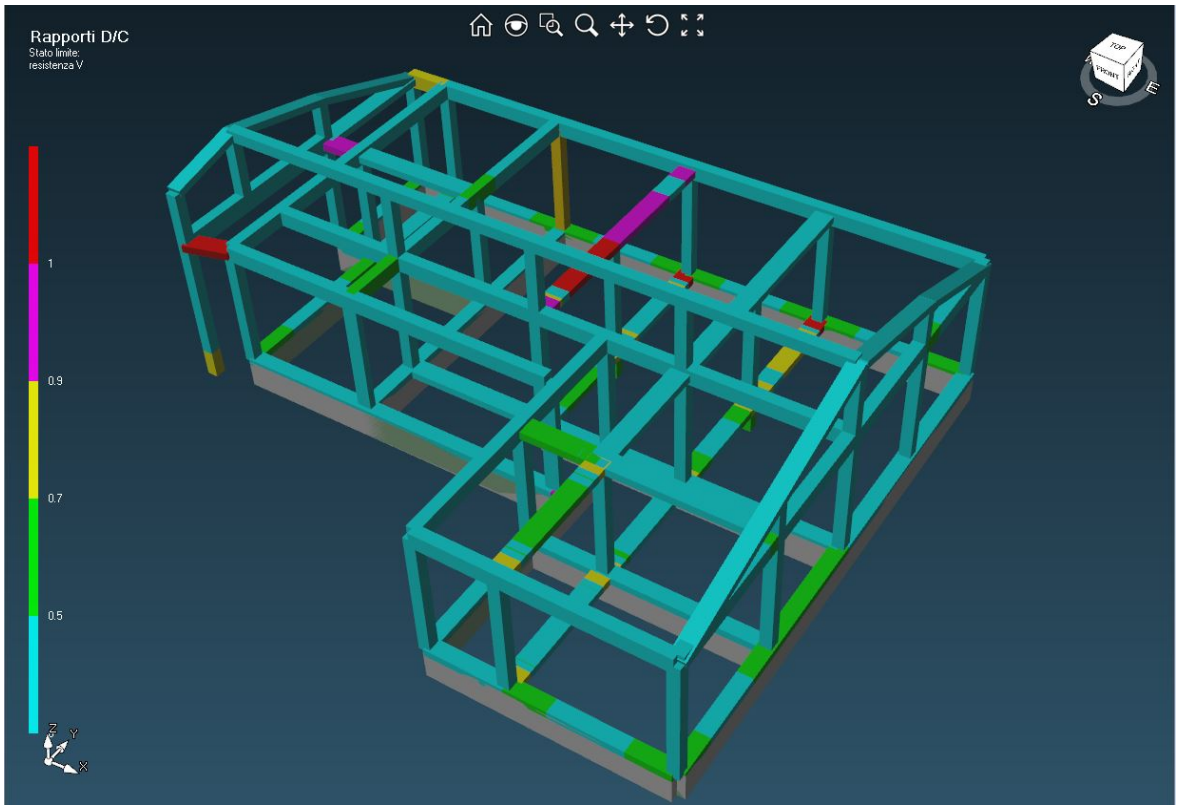


Figura 18 - Risultati V per struttura 4 allo stato di fatto (SLV)

Verifica PMM pilastri (SLV)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
4P_15_S-T	V+E_ENV_SLV	-36.042	-44.927	22.770	3.142	0.790	0.979	2.588
4P_18_S-T	V+E_ENV_SLV	-39.187	40.222	16.650	3.142	0.823	0.853	2.250
4P_7_S-T	V+E_ENV_SLV	-41.903	34.124	-25.886	3.142	0.794	0.962	2.013
4P_1_0-S	V+E_ENV_SLV	-14.079	53.102	44.947	6.158	0.845	0.819	1.953
4P_20_0-S	V+E_ENV_SLV	20.119	40.222	-51.907	6.158	0.692	0.830	1.888
4P_16_0-S	V+E_ENV_SLV	-44.778	43.497	-50.070	6.158	0.770	0.837	1.831
4P_5_0-S	V+E_ENV_SLV	-22.009	-53.511	37.677	6.158	0.845	0.827	1.818
4P_23_0-S	V+E_ENV_SLV	36.453	37.403	-48.938	6.158	0.720	0.899	1.795
4P_3_0-S	V+E_ENV_SLV	-69.774	-54.773	38.135	6.158	0.904	0.821	1.794
4P_21_0-S	V+E_ENV_SLV	-35.226	44.809	-46.093	6.158	0.785	0.775	1.786
4P_22_0-S	V+E_ENV_SLV	-26.469	-44.887	43.441	6.158	0.803	0.850	1.744
4P_4_0-S	V+E_ENV_SLV	-77.495	56.373	33.951	6.158	0.957	0.853	1.736
4P_10_0-S	V+E_ENV_SLV	-11.035	-41.012	-45.965	6.158	0.699	0.826	1.732
4P_11_0-S	V+E_ENV_SLV	-15.728	50.054	-36.489	6.158	0.875	0.760	1.730
4P_9_0-S	V+E_ENV_SLV	-38.775	-43.924	-43.861	6.158	0.733	0.916	1.720
4P_2_0-S	V+E_ENV_SLV	-66.226	-56.394	32.175	6.158	1.000	0.845	1.718
4P_12_0-S	V+E_ENV_SLV	15.374	-44.232	-39.620	6.158	0.776	0.837	1.704
4P_24_0-S	V+E_ENV_SLV	-20.355	44.208	-40.386	6.158	0.878	0.862	1.675
4P_8_0-S	V+E_ENV_SLV	-56.678	45.363	-38.737	6.158	0.833	0.849	1.630
4P_17_0-S	V+E_ENV_SLV	-78.051	-47.307	37.046	6.158	0.922	0.757	1.614
4P_18_0-S	V+E_ENV_SLV	-82.744	-42.832	-41.158	6.158	0.855	0.776	1.601
4P_19_0-S	V+E_ENV_SLV	5.956	-19.114	-65.832	9.236	0.831	0.669	1.410
4P_25_S-T	V+E_ENV_SLV	-14.162	-23.051	3.339	3.142	0.961	0.835	1.329
4P_25_0-S	V+E_ENV_SLV	-10.003	-36.412	28.811	6.158	0.961	0.860	1.302
4P_25_-1-0	V+E_ENV_SLV	-9.997	-36.353	28.811	6.158	0.707	0.707	1.300
4P_6_0-S	V+E_ENV_SLV	-55.409	44.617	-51.259	10.179	0.773	0.915	1.282
4P_27_0-S	V+E_ENV_SLV	-69.313	-40.778	-25.543	6.158	1.000	0.902	1.262
4P_26_0-S	V+E_ENV_SLV	-67.071	-38.812	-25.151	6.158	1.000	0.902	1.217
4P_14_0-S	V+E_ENV_SLV	-55.958	41.638	-49.453	10.179	0.773	0.915	1.216
4P_13_0-S	V+E_ENV_SLV	-9.925	-13.169	57.393	9.236	0.786	1.000	1.132
4P_7_0-S	V+E_ENV_SLV	-95.039	-38.930	-43.114	10.179	0.796	0.882	1.074
4P_3_S-T	V+E_ENV_SLV	-16.458	7.123	-18.249	3.142	0.891	0.843	1.029

Verifica PMM travi (SLV)

Trave	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As sup. [cm²]	As inf. [cm²]	D/C
4_T231_S	V+E_ENV_SLV	-2.157E-12	-9.657E-14	-23.237	1.005	2.011	3.331
4_T208_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.202E-15	47.325	2.011	1.005	3.311
4_T201_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.665E-14	41.380	2.011	1.005	2.895
4_T230_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.675E-15	40.511	2.011	1.005	2.834
4_T209_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.256E-15	40.369	2.011	1.005	2.824
4_T201_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-4.909E-14	39.189	1.508	1.005	2.745
4_T215_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-3.612E-15	38.491	3.644	1.005	2.700
4_T204_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.112E-15	38.040	1.508	1.005	2.665
	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.256E-15	37.890	2.011	1.005	2.651
4_T213_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.777E-14	-37.397	1.005	2.011	2.616
4_T209_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.112E-15	35.301	1.508	1.005	2.474
4_T215_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.076E-15	35.079	2.639	1.005	2.461
4_T230_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.580E-15	33.580	1.508	1.005	2.353
4_T224_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-4.585E-14	-28.980	2.011	2.011	2.290
4_T233_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.980E-16	-32.765	1.005	2.325	2.277
4_T223_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.580E-15	-32.536	1.005	1.571	2.267
4_T230_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.427E-15	30.981	3.016	1.005	2.166
4_T212_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.076E-15	36.057	1.005	1.288	2.028
4_T223_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.675E-15	41.871	2.293	1.571	1.932
4_T212_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-3.612E-15	33.972	2.293	1.288	1.910
4_T208_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.042E-15	39.460	1.508	1.508	1.881
4_T225_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.634E-14	12.752	2.011	1.005	1.828
4_T207_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.489E-15	-12.824	1.005	3.079	1.804
4_T227_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.823E-14	25.692	3.016	1.005	1.797
4_T214_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.343E-14	-49.653	2.011	2.011	1.789
4_T208_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.953E-15	-25.521	1.005	2.011	1.785
4_T227_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.866E-15	24.720	2.011	1.005	1.729
4_T237_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.580E-15	-24.813	1.005	1.571	1.728
4_T230_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.394E-15	23.899	2.513	1.005	1.673
4_T234_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.119E-14	-20.229	2.011	2.011	1.604
4_T230_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.491E-15	-22.835	1.005	2.011	1.597
4_T227_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-3.041E-15	22.521	1.508	1.005	1.578
4_T224_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-3.243E-13	19.384	3.016	2.011	1.558
4_T227_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.603E-14	22.150	2.513	1.005	1.551
4_T235_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.505E-14	10.671	2.011	1.005	1.530
4_T219_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.517E-14	-41.957	2.011	2.011	1.512
4_T233_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.281E-16	-21.405	1.005	4.650	1.482
4_T237_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.675E-15	31.680	2.293	1.571	1.464
4_T223_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.491E-15	-20.463	1.005	2.859	1.424
4_T226_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.660E-15	-19.911	1.005	2.011	1.393
4_T208_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.895E-15	19.726	3.016	1.005	1.379
4_T221_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.823E-14	19.109	3.016	1.005	1.337
4_T220_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.636E-14	19.052	4.021	1.005	1.332
4_T232_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.001E-14	19.016	3.581	1.005	1.330
4_T229_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-7.112E-14	36.743	2.513	2.011	1.325
4_T232_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.553E-14	18.830	6.912	1.005	1.317

4_T231_S	V+E_ENV_SLV	-2.157E-12	-1.635E-13	-16.383	2.011	2.011	1.299
4_T226_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.732E-15	-27.192	1.508	1.005	1.295
4_T236_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.698E-15	35.501	2.293	2.011	1.279
4_T226_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.969E-15	-35.141	2.011	1.005	1.265
4_T221_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.866E-15	17.767	4.021	1.005	1.242
4_T234_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.412E-13	15.639	3.016	2.011	1.240
4_T221_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.603E-14	17.597	2.011	1.005	1.233
4_T228_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-4.262E-14	34.177	3.016	2.011	1.232
4_T204_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.690E-16	34.111	1.005	2.011	1.228
4_T222_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.806E-15	17.523	3.016	1.005	1.226
4_T201_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-4.153E-14	33.598	1.005	2.011	1.210
4_T220_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.413E-14	17.237	3.016	1.005	1.208
4_T227_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.157E-15	-17.242	1.005	2.011	1.206
4_T220_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.837E-15	16.714	2.513	1.005	1.170
4_T225_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.510E-14	11.205	1.508	1.508	1.151
4_T207_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.766E-16	-27.294	4.084	3.079	1.139
4_T209_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.690E-16	-15.899	1.005	2.011	1.112
4_T235_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-5.071E-14	-10.757	1.508	1.508	1.111
4_T201_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-4.619E-15	-45.358	3.016	1.005	1.106
4_T225_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-1.878E-14	7.592	2.011	1.005	1.088
4_T232_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.329E-14	15.087	6.409	1.005	1.055
4_T209_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.742E-16	15.047	3.016	1.005	1.052
4_T237_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.491E-15	-15.072	1.005	2.859	1.048
4_T203_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.042E-15	14.912	2.513	1.005	1.043
4_T215_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.715E-15	28.775	2.639	2.011	1.041
4_T217_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.128E-16	-20.258	3.299	1.288	1.026
4_T233_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.823E-16	31.894	3.330	2.325	1.020
4_T202_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.450E-15	14.552	2.513	1.005	1.018
4_T229_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-6.698E-15	-28.064	2.011	2.011	1.011
4_T235_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-2.121E-14	7.077	3.016	1.005	1.009
4_T223_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	-9.427E-15	21.759	3.801	1.571	1.004
4_T220_S	V+E_ENV_SLV	0.000E+00	3.543E-15	14.339	2.011	1.005	1.003

Verifica V pilastri (SLV)

(tutti gli elementi risultano verificati)

Verifica V travi (SLV)

Trave		Direzione 2			Direzione 3		
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
4_T231_S	V+E_ENV_SLV	45.380	0.028	1.070	1.725E-13	0.028	0.000
4_T211a_S	V+E_ENV_SLV	44.582	0.028	1.051	-1.896E-14	0.028	0.000
4_T105_0	V+E_ENV_SLV	58.589	0.038	1.036	-1.713E-17	0.038	0.000
4_T111_0	V+E_ENV_SLV	58.513	0.038	1.035	-1.713E-17	0.038	0.000

Vista l'intenzione da parte del Committente di procedere ad un adeguamento sismico, già espressa con l'approvazione dello studio di fattibilità (redatto da altro professionista), e confermato che si riscontrano criticità dal punto di vista statico e sismico, si procede direttamente alla definizione degli interventi di adeguamento, prescindendo dalla valutazione numerica degli indici di rischio.

Verifiche sismiche allo stato di fatto in combinazione S.L.D. / S.L.O.

La verifica allo SLD/SLO è stata invece condotta manualmente, confrontando lo spostamento interpiano con quello limite, come segue.

STRUTTURA 1

Verifica per il pilastro P23 tra piano rialzato e piano sottotetto (h interpiano = 3.35 m), che mostra lo spostamento massimo.

$d_{max,SLD}$	= 12.0 mm	< 16.8 mm (= 0.005 h)	verificata
$d_{max,SLO}$	= 9.3 mm	< 11.2 mm (= 2/3 * 0.005 h)	verificata

STRUTTURA 2

Verifica per il pilastro P4b tra piano rialzato e piano sottotetto (h interpiano = 3.35 m).

$d_{max,SLD}$	= 6.1 mm	< 16.8 mm (= 0.005 h)	verificata
$d_{max,SLO}$	= 4.9 mm	< 11.2 mm (= 2/3 * 0.005 h)	verificata

STRUTTURA 3

Verifica per il pilastro P5 tra piano rialzato e piano sottotetto (h interpiano = 3.35 m).

$d_{max,SLD}$	= 7.0 mm	< 16.8 mm (= 0.005 h)	verificata
$d_{max,SLO}$	= 5.6 mm	< 11.2 mm (= 2/3 * 0.005 h)	verificata

STRUTTURA 4

Verifica per il pilastro P3 tra piano rialzato e piano sottotetto (h interpiano = 3.35 m).

$d_{max,SLD}$	= 4.6 mm	< 16.8 mm (= 0.005 h)	verificata
$d_{max,SLO}$	= 3.7 mm	< 11.2 mm (= 2/3 * 0.005 h)	verificata

10. Analisi degli spostamenti a SLV tra i corpi di fabbrica e scelte sui giunti

Si riporta la valutazione degli spostamenti massimi a SLV, calcolati secondo la formulazione proposta al par. 7.3.3.3 delle NTC, per ciascuna coppia di corpi strutturali mutuamente confrontanti, al fine di stimare la larghezza minima del giunto necessaria alla completa separazione strutturale e valutare di conseguenza la necessità di adeguare la situazione riscontrata allo stato di fatto.

Si confronta la somma degli spostamenti calcolati per due nodi adiacenti, ciascuno appartenente ad uno dei due corpi strutturali a cavallo del giunto, con l'ampiezza del giunto di dilatazione allo stato di fatto.

Nel caso di indisponibilità di un modello della struttura, si utilizzeranno i valori di prima approssimazione, indicati al p.to 7.2.2 delle NTC.

<u>Giunto tra struttura 1 e struttura 4:</u>

Si confronta la somma degli spostamenti calcolati per due nodi adiacenti che mostrano maggiore spostamento, a livello del piano sottotetto, ciascuno appartenente ad uno dei due corpi strutturali a cavallo del giunto, con l'ampiezza del giunto di dilatazione, assunta secondo i riscontri della campagna di prove (4EMME).

	STR "1"			***STR "4"***		***SOMMA $U_{tot,q}$***	
	P25 - liv. sottotetto			***P22 - liv. sottotetto***			
Uy	0.0165		Uy	0.0059			
U,q		**0.0250**	**U,q**		**0.0090**	**0.0340**	[m]

dove $U_{tot,q}$ corrisponde al valore U_{tot} moltiplicato per il fattore di comportamento q adottato nelle analisi (pari ad 1.5).

Con questa procedura quindi, che tiene in conto le ipotesi fatte sul modello, la somma degli spostamenti attesi è pari a 3.4 cm circa, mentre lo spessore del giunto strutturale esistente è assunto, per quanto detto in precedenza, pari a 2-3 cm: si può quindi concludere che esso sia generalmente **NON adeguato** in caso di sisma.

Verso i servizi igienici invece, il confronto si opera sui seguenti elementi:

	STR "1"			***STR "4"***		***SOMMA $U_{tot,q}$***	
	P23 - liv. sottotetto			***P13 - liv. sottotetto***			
Ux	0.0193		Ux	0.0059			
U,q		**0.0290**	**U,q**		**0.0090**	**0.0380**	[m]

Anche in questo caso la somma degli spostamenti attesi, pari a 3.8 cm circa, è superiore allo spessore del giunto strutturale esistente, che pertanto sia assume come **NON adeguato** in caso di sisma.

Giunto tra struttura 1 e struttura 2:

	STR "1"			***STR "2"***		***SOMMA $U_{tot,q}$***	
	P15 - liv. sottotetto			***P3 - liv. sottotetto***			
Ux	0.0164		Ux	0.0076			
U,q		**0.0249**	**U,q**		**0.0114**	**0.0360**	[m]

La somma degli spostamenti attesi, pari a 3.6 cm circa, è superiore allo spessore del giunto strutturale esistente (praticamente inesistente), che pertanto sia assume come **NON adeguato** in caso di sisma.

Giunto tra struttura 1 e struttura non oggetto di interventi:

Per la struttura 1, di cui si dispone del modello di calcolo, si ricava:

	STR "1"		
	P12 - liv. sottotetto		
Ux	0.0142		
U,q		**0.0213**	[m]

Per la struttura non oggetto d'intervento, utilizzando il procedimento approssimato previsto al par. 7.2.1 delle NTC si ricava:

U_x = 1/100 * h * (a_g*S)/(0.5*g) = 1/100 * 3.35 * 0.397/0.5 = 0.0265 cm

in cui si è considerata l'altezza dal piano di fondazione.

Lo spostamento combinato risulta pari a 0.0213 + 0.0265 = 0.0478 cm.

In questo caso la somma degli spostamenti attesi, pari a 4.8 cm circa, è compatibile con il giunto esistente tra i pilastri, mentre non lo è considerando il giunto a livello del cornicione.

Giunto tra struttura 2 e struttura non oggetto d'interventi:

Per la struttura 2, di cui si dispone del modello di calcolo, si ricava:

	STR "4"	
	P4 - liv. sottotetto	
Uy	0.0095	
U,q	**0.0142**	[m]

Per la struttura non oggetto d'intervento, utilizzando il procedimento approssimato previsto al par. 7.2.1 delle NTC si ricava:

U_x = 1/100 * h * (a_g*S)/(0.5*g) = 1/100 * 3.35 * 0.397/0.5 = 0.0265 cm

in cui si è considerata l'altezza dal piano di fondazione.

Lo spostamento combinato risulta pari a 0.0142 + 0.0265 = 0.0407 cm.

La somma degli spostamenti attesi è pari a 4.1 cm circa, mentre lo spessore del giunto strutturale esistente è assunto, per quanto detto in precedenza, pari a 3 cm: si può quindi concludere che esso sia generalmente **NON adeguato** in caso di sisma.

Giunto tra struttura 2 e struttura 3:

	STR "2"			***STR "3"***		***SOMMA $U_{tot,q}$***	
	P5b - liv. sottotetto			***P6 - liv. sottotetto***			
Uy	0.0095		Uy	0.0095			
U,q		**0.0142**	**U,q**		**0.0142**	**0.0284**	[m]

La somma degli spostamenti attesi, pari a 2.8 cm circa, è superiore allo spessore del giunto strutturale esistente (praticamente inesistente), che pertanto sia assume come **NON adeguato** in caso di sisma.

Giunto tra struttura 3 e struttura non oggetto d'interventi:

Per la struttura 3, di cui si dispone del modello di calcolo, si ricava:

	STR "3"	
	P3 - liv. sottotetto	
Uy	0.0095	
U,q	**0.0142**	[m]

Per la struttura non oggetto d'intervento, utilizzando il procedimento approssimato previsto al par. 7.2.1 delle NTC si ricava:

U_x = 1/100 * h * (a_g*S)/(0.5*g) = 1/100 * 3.35 * 0.397/0.5 = 0.0265 cm

in cui si è considerata l'altezza dal piano di fondazione.

Lo spostamento combinato risulta pari a 0.0142 + 0.0265 = 0.0407 cm.

La somma degli spostamenti attesi è pari a 4.1 cm circa, mentre lo spessore del giunto strutturale esistente è assunto, per quanto detto in precedenza, pari a 2-3 cm: si può quindi concludere che esso sia generalmente **NON adeguato** in caso di sisma.

<u>Giunto tra struttura 4 e struttura non oggetto d'interventi:</u>

Per la struttura 4, di cui si dispone del modello di calcolo, si ricava:

	STR "4"		
	P1 - liv. sottotetto		
Ux	0.0068		
U,q		**0.0102**	[m]

Per la struttura non oggetto d'intervento, utilizzando il procedimento approssimato previsto al par. 7.2.1 delle NTC si ricava:

U_x = 1/100 * h * (a_g*S)/(0.5*g) = 1/100 * 3.35 * 0.397/0.5 = 0.0265 cm

in cui si è considerata l'altezza dal piano di fondazione.

Lo spostamento combinato risulta pari a 0.0102 + 0.0265 = 0.0367 cm.

In questo caso la somma degli spostamenti attesi, pari a 3.7 cm circa, è compatibile con il giunto esistente tra i pilastri, mentre non lo è considerando il giunto a livello del cornicione (circa 2 cm).

<u>Scelte di adeguamento dei giunti esistenti</u>

Sulla scorta dei rilievi acquisiti, di quelli integrativi condotti espressamente per l'incarico ricevuto e a seguito delle analisi sopra esposte, nonché della previsione di localizzazione

dei setti antisismici esterni, si sono adottate le seguenti scelte progettuali afferenti al trattamento dei giunti esistenti:

- Generalmente è stato previsto un intervento di allargamento dei giunti esistenti (oppure di creazione di nuovi giunti nelle posizioni in cui allo stato di fatto le strutture risultano sostanzialmente accostate), per raggiungere uno spessore compatibile con la somma degli spostamenti attesi a SLV per gli elementi strutturali di volta in volta confrontanti. Questo permette di regolarizzare la risposta sismica, poiché si suddivide il fabbricato in corpi strutturali più semplici e di forma più regolare; in tal senso, vengono giustificate le ipotesi di modellazione strutturale a corpi indipendenti;

- Soltanto per il giunto tra le strutture 2 e 3 si è adottata una scelta differente, ossia quella di collegare le due strutture (eliminando il giunto esistente, peraltro non adeguato allo stato attuale). La scelta è motivata dai seguenti fattori:

- Le piante di entrambe le strutture sono molto regolari (rettangoli) e presentano medesima larghezza (circa 10 m);
- Anche in elevazione si riscontra una buona regolarità e omogeneità costruttiva tra i due corpi;
- Le dimensioni in pianta della struttura 3 sono molto modeste (circa 10x7m) e non permetterebbero la realizzazione di setti antisismici esclusivi per questa struttura, sia per ragioni di ingombri sia per antieconomicità;
- Viceversa, risulta conveniente realizzare setti esterni che collegano entrambe le strutture.

Per questo motivo, la modellazione di queste due strutture, nella configurazione di progetto, è avvenuta a strutture unite, denominate "2-3".

11. Verifica dei setti antisismici in c.a.

I setti in c.a. previsti in progetto sono disposti nelle posizioni indicate nelle tavole grafiche e hanno la funzione di assorbire la totalità dell'azione sismica orizzontale attesa per la costruzione in esame. Si è infatti assunto che gli elementi esistenti si comportino come secondari ai fini della resistenza e rigidezza complessiva in ambito sismico; tale assunzione verrà dimostrata nel prosieguo della relazione.
Le verifiche sono state condotte nei confronti delle sollecitazioni a pressoflessione e a taglio, in combinazione sismica. Nel caso di sezioni composte, si è provveduto in prima analisi ad un predimensionamento, considerando la scomposizione in sezioni semplici rettangolari, dopodiché si è proceduto alla verifica della sezione effettiva. I diagrammi dei domini PMM sono stati ricavati utilizzando il software VcaSLU, prof. Gelfi.

I dati delle sollecitazioni e l'esplicitazione delle verifiche per ogni setto sono riportati nell'**Allegato C**.

Verifica delle fondazioni dei setti in c.a.

Si riportano nel seguito le verifiche del sistema di fondazione.

a) Verifica delle fondazioni profonde (micropali)
Per il dimensionamento dei micropali si utilizza la formulazione classica di Bustamante-Doix, di cui si riportano nel seguito i principali abachi d'applicazione.

$$Q_{lim} = Q_P + Q_S$$

$Q_P = 0{,}15\ Q_S$ (o trascurata) $\qquad Q_S = \pi\ d_S\ L_S\ s \qquad d_S = \alpha\ d$

Terreno	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	1,5 V_S
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	1,5 V_S
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	1,5 V_S
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V_S
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V_S
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V_S
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: (1,5 - 2)V_S; IGU: 1,5 V_S
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: 2V_S; IGU: 1,5V_S
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: (2,5 - 3)V_S; IGU: (1,5-2)V_S
Marne	1,8	1,1 - 1,2	(1,5 - 2)V_S per strati compatti
Calcari marnosi	1,8	1,1 - 1,2	(2 - 6)V_S o più per strati fratturati
Calcari alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(1,1-1,5)V_S per strati poco fratturati 2V_S o più per strati fratturati

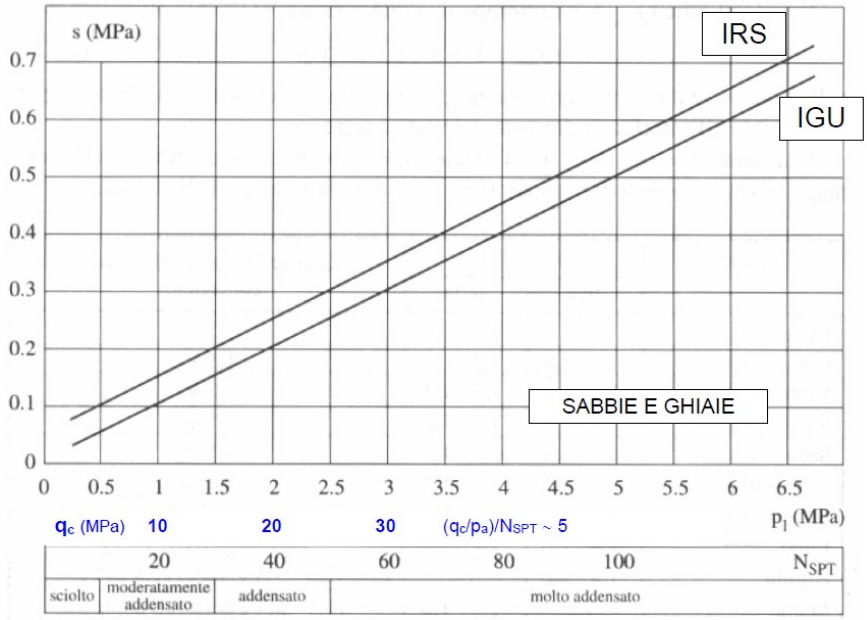


Tabella 6.4.II – *Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.*

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.

carichi ASSIALI

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

Nel caso in esame, si riporta quindi la verifica dei micropali progettati per il sostegno dei setti antisismici, utilizzando i dati geotecnici desunti dalla relazione geologica e geotecnica-sismica facente parte del progetto esecutivo.

Si sono adottate le ipotesi di:

- plinto infinitamente rigido (spostamenti uguali per tutti i micropali, in testa);
- interazione fra pali in gruppo trascurabile.

Per fornire la resistenza necessaria anche alle azioni taglianti indotte dal sisma, si è optato per una disposizione "a cavalletto", trascurando il contributo di resistenza alle azioni orizzontali del tubo.

Si riporta il procedimento per il calcolo delle resistenze di un singolo micropalo, tenendo conto che in progetto le diverse configurazioni sono differenziate in funzione della lunghezza e dell'inclinazione rispetto alla verticale.

Calcolo della resistenza a compressione e a trazione di un micropalo

(secondo Bustamante e Doix)

STRATO 1 (da -2.50 a -20.00 rispetto a p.c.)			*secondo relazione geologica e geotecnica*
Dp	220	mm	diametro foro di perforazione
alfa	1.15		vedi valori tabella, per IGU (iniezione globale unitaria), più cautelativa
Ds	253	mm	
s	0.15	N/mm2	vedi abachi, in funzione del tipo di terreno e dei valori Nspt
Lpalo	6000	mm	lunghezza micropalo che attraversa lo strato di terreno intercettato
γ_{R3} comp.	1.15		vedi NTC tab. 6.4.II - pali trivellati (approccio A1+M1+R3)
γ_{R3} traz.	1.25		vedi NTC tab. 6.4.II - pali trivellati (approccio A1+M1+R3)
ξ	1.70		fattore di correlazione - vedi NTC tab. 6.4.IV
inclinazione	25	deg	inclinazione micropali rispetto alla verticale
	0.4363	rad	
N_{Rd},comp.	**381**	**kN**	**Resistenza a compressione**
N_{Rd},traz.	**351**	**kN**	**Resistenza a trazione**
V_{Rd}	**155**	**kN**	**Resistenza a taglio**
interasse min	660	mm	interasse minimo tra pali (raccomandazione di progetto)

CALCOLO RESISTENZA SEZIONALE DEL MICROPALO (LATO ACCIAIO)

ϕ_{ext}	139.7	mm	diametro esterno micropalo
sp	5.6	mm	spessore micropalo
ϕ_{medio}	136.9	mm	diametro medio micropalo
As	2408	mm2	area corona circolare micropalo
fyd	355	N/mm2	S355
γ_{M0}	1.05		
N_{Rd},acciaio	**814**	**kN**	**Resistenza micropalo (lato acciaio)**
		OK	Verifica Nrd,s > Nrd, comp e Nrd,traz

Nel calcolo della resistenza a taglio Vrd è stato cautelativamente trascurato il contributo della punta del palo.

Con analoga procedura si ottengono i valori di resistenza a compressione, trazione e taglio delle altre configurazioni di micropali previsti in progetto.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati:

MICROPALI L = 6m; i = 25°

N_{Rd},comp.	**381**	**kN**
N_{Rd},traz.	**351**	**kN**
V_{Rd}	**155**	**kN**

MICROPALI L = 8m; i = 15°

N_{Rd},comp.	**542**	**kN**
N_{Rd},traz.	**499**	**kN**
V_{Rd}	**126**	**kN**

MICROPALI L = 8m; i = 25°

N_{Rd},comp.	**508**	**kN**
N_{Rd},traz.	**468**	**kN**
V_{Rd}	**206**	**kN**

MICROPALI L = 9m; i = 25°

N_{Rd},comp.	**572**	**kN**
N_{Rd},traz.	**526**	**kN**
V_{Rd}	**232**	**kN**

Determinata la resistenza offerta dal singolo micropalo, si procede con la verifica della resistenza del sistema di fondazione dei setti antisismici, nei confronti delle sollecitazioni dei setti in c.a. riportate nell'**Allegato C**.

Osservando che, per le ipotesi fatte, la resistenza laterale del micropalo è nettamente inferiore a quella assiale, e tenuto conto dei valori elevati della sollecitazione tagliante che deriva dai setti antisismici, risulta dimensionante proprio la verifica a taglio di ciascun gruppo di micropali.

Ad esempio, per il setto S1-1 si ottiene:

$M_{sd,E}$ = 586 kNm

$V_{sd,E}$ = 213 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*213 = 320 kN (incremento del taglio per formula 7.4.14 NTC 2018)

Dato che la retta d'applicazione del taglio (coincidente con il baricentro della sezione del setto) è eccentrica rispetto al baricentro della fondazione, si osserva che, nell'ipotesi di comportamento elastico, la fila più prossima al setto è la più caricata e che la fila più esterna contribuisce a riequilibrare il momento torcente indotto dall'eccentricità di cui sopra, mobilitando una resistenza a taglio in direzione ortogonale a quella del taglio sollecitante.

Per i casi di progetto in cui si ha un disassamento tra setto e plinto, l'imputazione sulla fila più prossima al setto di un'aliquota pari al 100% del taglio sollecitante si è comunque dimostrata a favore di sicurezza, secondo specifiche simulazioni.

Reazione sulla fila più prossima al setto (con ipotesi quota 100% del tagliante):

$R_a = V_{sd,E,incr}$ = 320 kN

Si dispongono micropali da 8m e inclinazione 25° per la fila più interna (rispetto alla posizione del setto) e 6m e 25° per la fila più esterna.

In relazione alla disposizione planimetrica dei micropali, si ottiene:

V_{Rd} = 2*206 = 412 kN > 320

M_{Rd} = 2*(468*1.1+351*1.1) = 1802 kNm > 586

Le verifiche sono soddisfatte.

Secondo la medesima procedura, sono state condotte le verifiche per le altre fondazioni in progetto; si riporta nel seguito soltanto la sintesi delle calcolazioni effettuate.

<u>Fondazione setto S1-2 / S1-3:</u>

Sono state concettualmente considerate fondazioni rettangolari separatamente per il setto S1-2 e S1-3, ciascuna soggetta alle sollecitazioni del pertinente setto, a favore di sicurezza.

S1-2:

n. 6 micropali da 8m e inclinazione 25° (fila interna)

$M_{sd,E}$ = 2396 kNm

$V_{sd,E}$ = 763 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*763 = 1144 kN

V_{Rd} = 6*206 = 1236 kN > 1144

M_{Rd} = 2*(2*468*1.7) = 3182 kNm > 2396

S1-3:

n. 4 micropali da 8m e inclinazione 25° (fila interna coincidente con fila esterna)

$M_{sd,E}$ = 2870 kNm

$V_{sd,E}$ = 893 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*893 = 1340 kN

V_{Rd} = 4*206 = 824 kN > 670 (=1340/2) per retta d'azione in mezzeria delle due file

M_{Rd} = 2*(2*468*1.4+2*468*0.7) = 3930 kNm > 2870

<u>Fondazione setto S1-4:</u>

n. 5 micropali da 8m e inclinazione 25° (fila interna)

$M_{sd,E}$ = 1940 kNm

$V_{sd,E}$ = 633 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*633 = 950 kN

V_{Rd} = 5*206 = 1030 kN > 950

M_{Rd} = 2*(2*468*1.4) = 2620 kNm > 1940

<u>Fondazione setto S1-5:</u>

n. 3 micropali da 8m e inclinazione 25° (fila interna coincidente con fila esterna)

$M_{sd,E}$ = 1864 kNm

$V_{sd,E}$ = 609 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*609 = 913 kN

V_{Rd} = 3*206 = 618 kN > 457 (=913/2) per retta d'azione in mezzeria delle due file

M_{Rd} = 2*(2*468*1.2) = 2246 kNm > 1864

Fondazione setto S1-6:

Si considerano le sollecitazioni massime calcolate per ciascuna direzione.

S1-6:

n. 4 micropali da 6m e inclinazione 25° (1° fila interna)

n. 2 micropali da 6m e inclinazione 25° (2° fila interna)

$M_{sd,E}$ = 1813 kNm

$V_{sd,E}$ = 568 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*568 = 852 kN

La ripartizione dell'azione tagliante lungo le due file più interne, con equilibrio di corpo rigido in funzione della distanza delle stesse dal centro di taglio della sezione composta ad L, risulta come segue:

$V_{sd,E,\ incr\ FILA\ 1}$ = (0.45/0.70)*852 = 547 kN

$V_{sd,E,\ incr\ FILA\ 2}$ = (0.25/0.70)*852 = 305 kN

$V_{Rd,\ FILA\ 1}$ = 4*155 = 620 kN > 547

$V_{Rd,\ FILA\ 2}$ = 2*155 = 310 kN > 305

M_{Rd} = 2*(2*351*147) = 1965 kNm > 1813

Fondazione setto S23-1 (e S23-2):

Sono state concettualmente considerate fondazioni rettangolari separatamente per il setto S1-2 e S1-3, ciascuna soggetta alle sollecitazioni del pertinente setto, a favore di sicurezza.

S23-1 – direzione X:

n. 2 micropali da 8m e inclinazione 25° + n. 2 micropali da 6 m e 25° (1° e 2° fila interna)

$M_{sd,E}$ = 1286 kNm

$V_{sd,E}$ = 469 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*469 = 703 kN

V_{Rd} = 2*206 = 412 kN > 352 (= 703 / 2) per retta d'azione in mezzeria delle due file

M_{Rd} = 4*(468*0.7) + 2*(468*0.7) = 1965 kNm > 1286

S23-1 – direzione Y:

n. 4 micropali da 8m e inclinazione 25° (fila interna)

$M_{sd,E}$ = 1047 kNm

$V_{sd,E}$ = 461 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*461 = 691 kN

V_{Rd} = 4*206 = 824 kN > 691

M_{Rd} = 2*(2*468*1.5) = 2808 kNm > 1047

<u>Fondazione setto S4-1:</u>

n. 4 micropali da 9m e inclinazione 25° (fila interna)

$M_{sd,E}$ = 1266 kNm

$V_{sd,E}$ = 618 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*618 = 927 kN

V_{Rd} = 4*232 = 928 kN > 927

M_{Rd} = 2*(526*1.45) = 1525 kNm > 1266

<u>Fondazione setto S4-2:</u>

n. 3 micropali da 8m e inclinazione 15° (fila interna coincidente con fila esterna)

$M_{sd,E}$ = 950 kNm

$V_{sd,E}$ = 462 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*462 = 693 kN

V_{Rd} = 2*126 = 378 kN > 346 (=693/2) per retta d'azione in mezzeria delle due file

M_{Rd} = 2*(2*499*0.95) = 1896 kNm > 950

<u>Fondazione setto S4-3:</u>

n. 4 micropali da 9m e inclinazione 25° (fila interna)

$M_{sd,E}$ = 869 kNm

$V_{sd,E}$ = 580 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*580 = 870 kN

V_{Rd} = 4*232 = 928 kN > 870

M_{Rd} = 2*(526*1.4) = 1473 kNm > 869

Fondazione setto S4-4:

n. 4 micropali da 8m e inclinazione 25° (fila interna)

$M_{sd,E}$ = 740 kNm

$V_{sd,E}$ = 486 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*486 = 729 kN

V_{Rd} = 4*206 = 824 kN > 729

M_{Rd} = 2*(468*1.3) = 1217 kNm > 740

b) Dimensionamento delle armature dei plinti di testa

Si progettano plinti di testa di tipo tozzo, per poter applicare la teoria esposta in letteratura (ad es. Lancellotta, Calavera: Fondazioni).

Il plinto si considera tozzo se la sua altezza h è superiore a v/1.5, dove v è la lunghezza della mensola, in entrambe le direzioni.

Visto che le sollecitazioni derivanti dai setti comportano un'elevata eccentricità (per momenti flettenti molto superiori agli sforzi normali), il dimensionamento può avvenire considerando uno schema a mensola.

Le sollecitazioni saranno prese uguali alla resistenza massima che il micropalo può offrire, a favore di sicurezza.

STRUTTURA 1

Plinto del setto S1-1

Geometria

Direzione 1			*Direzione 2*		
L1	280	cm	L2	150	cm
L2	150	cm	L1	280	cm
h	100	cm	h	100	cm
copriferro	4	cm	copriferro	4	cm
d	96	cm	d	96	cm
lato setto (a1)	120	cm	lato setto (a2)	25	cm
lungh. Mensola (v1)	80	cm	lungh. Mensola (v2)	125	cm
PLINTO E'	**TOZZO**		PLINTO E'	**TOZZO**	

Si riporta la tabella di dimensionamento delle armature.

Rispetto alla sezione virtuale d'incastro (nello schema idealizzato a mensola), la sollecitazione è dovuta a $N_{rd,comp}$ dei micropali che vengono intercettati nella lunghezza della mensola stessa, moltiplicata per la distanza dalla sezione d'incastro, per ciascuna direzione considerata.

Nel caso del setto S1-1, si ha:

M_d = (508+381)*0.5m = 444 kNm direzione 1

M_d = (381+381)*0.95m = 724 kNm direzione 2

Direzione 1			Φ	16
Msd,mensola	444	kNm	n	10
As,req,1	**1314**	**mm2**	**As**	2010

Direzione 2			Φ	16
Msd,mensola	724	kNm	n	12
As,req,2	**2143**	**mm2**	**As**	2412

dove:

$A_{s,req} = M_d / (0.9*d*f_{yd})$ = 559000 / 391 = 1430 mm^2

Si riporta nel seguito la sintesi delle calcolazioni condotte per i restanti plinti, in analogia con quanto sopra esposto.

Plinto del setto S1-2

Direzione 1			*Direzione 2*		
L1	410	cm	L2	180	cm
L2	180	cm	L1	410	cm
h	120	cm	h	120	cm
copriferro	4	cm	copriferro	4	cm
d	116	cm	d	116	cm
lato setto (a1)	200	cm	lato setto (a2)	25	cm
lungh. Mensola (v1)	105	cm	lungh. Mensola (v2)	155	cm
PLINTO E'	**TOZZO**		PLINTO E'	**TOZZO**	

Direzione 1			Φ	22
Msd,mensola	2260	kNm	n	14
As,req,1	**5536**	**mm2**	**As**	5319

Direzione 2			Φ	18
Msd,mensola	1898	kNm	n	20
As,req,2	**4650**	**mm2**	**As**	5087

Plinto del setto S1-3

Direzione 1		
L1	340	cm
L2	150	cm
h	120	cm
copriferro	4	cm
d	116	cm
lato setto (a1)	200	cm
lungh. Mensola (v1)	140	cm

PLINTO E' **TOZZO**

Direzione 1			Φ	22
Msd,mensola	1524	kN	n	10
As,req,1	**3733**	**mm2**	**As**	3799

Direzione 2			Φ	16
Msd,mensola	650	kNm	n	12
As,req,2	**1592**	**mm2**	**As**	2412

Plinto del setto S1-4

Direzione 1			*Direzione 2*		
L1	340	cm	L2	150	cm
L2	150	cm	L1	340	cm
h	100	cm	h	100	cm
copriferro	4	cm	copriferro	4	cm
d	96	cm	d	96	cm
lato setto (a1)	200	cm	lato setto (a2)	25	cm
lungh. Mensola (v1)	70	cm	lungh. Mensola (v2)	125	cm

PLINTO E' **TOZZO** PLINTO E' **TOZZO**

Direzione 1			Φ	22
Msd,mensola	1320	kNm	n	12
As,req,1	**3907**	**mm2**	**As**	4559

Direzione 2			Φ	20
Msd,mensola	1454	kNm	n	14
As,req,2	**4304**	**mm2**	**As**	4396

Plinto del setto S1-5

Direzione 1			*Direzione 2*		
L1	340	cm	L2	150	cm
L2	150	cm	L1	340	cm
h	100	cm	h	100	cm
copriferro	4	cm	copriferro	4	cm
d	96	cm	d	96	cm
lato setto (a1)	200	cm	lato setto (a2)	25	cm
lungh. Mensola (v1)	70	cm	lungh. Mensola (v2)	125	cm
PLINTO E'	**TOZZO**		PLINTO E'	**TOZZO**	

Direzione 1			Φ	18
Msd,mensola	711	kNm	n	10
As,req,1	**2105**	**mm2**	**As**	2543

Direzione 2			Φ	16
Msd,mensola	503	kNm	n	12
As,req,2	**1489**	**mm2**	**As**	2412

Plinto del setto S1-6

Direzione 1			*Direzione 2*		
L1	340	cm	L2	150	cm
L2	150	cm	L1	340	cm
h	100	cm	h	100	cm
copriferro	4	cm	copriferro	4	cm
d	96	cm	d	96	cm
lato setto (a1)	200	cm	lato setto (a2)	25	cm
lungh. Mensola (v1)	70	cm	lungh. Mensola (v2)	125	cm
PLINTO E'	**TOZZO**		PLINTO E'	**TOZZO**	

Direzione 1			Φ	22
Msd,mensola	1448	kNm	n	12
As,req,1	**4286**	**mm2**	**As**	4559

Direzione 2			Φ	22
Msd,mensola	1448	kNm	n	12
As,req,2	**4286**	**mm2**	**As**	4559

STRUTTURA 2-3

Plinto del setto S23-1 (e S23-2)

Direzione 1		
L1	360	cm
L2	200	cm
h	80	cm
copriferro	4	cm
d	76	cm
lato setto (a1)	200	cm
lungh. Mensola (v1)	80	cm

PLINTO E' **TOZZO**

Direzione 1			Φ	18
Msd,mensola	444	kN	n	10
As,req,1	**1660**	**mm2**	**As**	2543

Direzione 1		
L1	200	cm
L2	360	cm
h	80	cm
copriferro	4	cm
d	76	cm
lato setto (a1)	125	cm
lungh. Mensola (v1)	75	cm

PLINTO E' **TOZZO**

Direzione 1			Φ	16
Msd,mensola	800	kN	n	16
As,req,1	**2991**	**mm2**	**As**	3215

STRUTTURA 4

Plinto del setto S4-1

Direzione 1			*Direzione 2*		
L1	350	cm	L2	150	cm
L2	150	cm	L1	350	cm
h	80	cm	h	80	cm
copriferro	4	cm	copriferro	4	cm
d	76	cm	d	76	cm
lato setto (a1)	150	cm	lato setto (a2)	25	cm
lungh. Mensola (v1)	100	cm	lungh. Mensola (v2)	125	cm

PLINTO E' **TOZZO** PLINTO E' **SNELLO**

Direzione 1				
Msd,mensola	614	kNm	Φ	18
As,req,1	**2296**	**mm2**	n	10
			As	2543

Direzione 2				
Msd,mensola	667	kNm	Φ	16
As,req,2	**2494**	**mm2**	n	14
			As	2813

Plinto del setto S4-2

Direzione 1			*Direzione 2*		
L1	250	cm	L2	150	cm
L2	150	cm	L1	250	cm
h	80	cm	h	80	cm
copriferro	4	cm	copriferro	4	cm
d	76	cm	d	76	cm
lato setto (a1)	150	cm	lato setto (a2)	25	cm
lungh. Mensola (v1)	100	cm	lungh. Mensola (v2)	62.5	cm

PLINTO E' **TOZZO** PLINTO E' **TOZZO**

Direzione 1				
Msd,mensola	759	kNm	Φ	20
As,req,1	**2838**	**mm2**	n	10
			As	3140

Direzione 2				
Msd,mensola	528	kNm	Φ	16
As,req,2	**1974**	**mm2**	n	10
			As	2010

Plinto del setto S4-3

Direzione 1			*Direzione 2*		
L1	340	cm	L2	150	cm
L2	150	cm	L1	340	cm
h	80	cm	h	80	cm
copriferro	4	cm	copriferro	4	cm
d	76	cm	d	76	cm
lato setto (a1)	120	cm	lato setto (a2)	25	cm
lungh. Mensola (v1)	110	cm	lungh. Mensola (v2)	125	cm

PLINTO E' **TOZZO** PLINTO E' **SNELLO**

Direzione 1				
Msd,mensola	754	kNm	Φ	20
As,req,1	**2819**	**mm2**	n	10
			As	3140

Direzione 2				
Msd,mensola	526	kNm	Φ	16
As,req,2	**1967**	**mm2**	n	14
			As	2813

Plinto del setto S4-4

Direzione 1			*Direzione 2*		
L1	320	cm	L2	150	cm
L2	150	cm	L1	320	cm
h	80	cm	h	80	cm
copriferro	4	cm	copriferro	4	cm
d	76	cm	d	76	cm
lato setto (a1)	120	cm	lato setto (a2)	25	cm
lungh. Mensola (v1)	100	cm	lungh. Mensola (v2)	125	cm

PLINTO E' **TOZZO** PLINTO E' **SNELLO**

Direzione 1				
Msd,mensola	573	kNm	Φ	18
As,req,1	**2143**	**mm2**	n	10
			As	2543

Direzione 2				
Msd,mensola	667	kNm	Φ	16
As,req,2	**2494**	**mm2**	n	14
			As	2813

Verifica delle piastre di collegamento tra i setti e le strutture esistenti

La progettazione degli ancoraggi è effettuata secondo la EOTA TR045 "Design of metal anchors under seismic action" e CEN/TS 1992-4, 2009.

Secondo la tabella 5.1 della TR045, considerata la classe d'uso "strategica" delle strutture in esame, la conseguente categoria di prestazione sismica è quella corrispondente alla sigla C2.
Si effettua il dimensionamento senza tenere conto della possibilità di deformazione plastica del connettore, ossia in assenza di duttilità, in coerenza con il metodo di analisi utilizzato per l'analisi sismica (con fattore di comportamento per strutture non dissipative).

Si utilizza un valore medio di progetto derivante dai dati tecnici di ancoranti disponibili sul mercato e certificati per l'utilizzo in classe sismica C2.

$V_{rd,seis}$ = 85 kN (per ancoraggio chimico di barra M24 in classe 8.8)
$N_{rd,seis}$ = 35 kN

Per i setti ortogonali alle pareti

Per i setti disposti ortogonalmente alle pareti del fabbricato, il dimensionamento degli ancoranti è stato svolto come descritto nel seguito.

Setto S1-3

$V_{sd,E}$ = 893 kN
$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*893 = 1340 kN

Per il fissaggio delle piastre in acciaio sul nuovo setto si dispongono n. 4+4 barre M24 in classe 8.8.

Per ciascun lato del setto, le barre che si oppongono all'azione tagliante possono sviluppare, sotto azioni sismiche, la resistenza $V_{rd,totale}$:

$V_{rd,totale} = 8*V_{rd,seis}$ = 8*85 = 680 kN > 670 (= 1340 / 2)

Per quanto concerne i fissaggi tra le piastre e le strutture esistenti, realizzate mediante barre filettate M24 in classe 8.8 in installazione passante, la resistenza da considerarsi è quella a trazione delle barre stesse, che vale:

Resistenza a trazione del bullone

Ft,Rd	203.33	kN

Per il setto in esame si dispongono n. 4+4 barre M24 in classe 8.8.

Pertanto, le barre che si oppongono all'azione tagliante possono sviluppare la resistenza $F_{t,Rd,totale}$:

$F_{t,Rd,totale}$ = 8*203 = 1624 kN > 1340

Setto S1-5

$V_{sd,E}$ = 609 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*609 = 913 kN

Per il fissaggio delle piastre in acciaio sul nuovo setto si dispongono n. 3+3 barre M24 in classe 8.8.

Per ciascun lato del setto, le barre che si oppongono all'azione tagliante possono sviluppare, sotto azioni sismiche, la resistenza $V_{rd,totale}$:

$V_{rd,totale}$ = 6*$V_{rd,seis}$ = 6*85 = 510 kN > 456 (= 913 / 2)

Per la verifica delle connessioni sulle strutture esistenti, valgono le verifiche di cui al setto precedente.

Setto S4-2

$V_{sd,E}$ = 462 kN

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1.5*462 = 693 kN

Per il fissaggio delle piastre in acciaio sul nuovo setto si dispongono n. 3+3 barre M24 in classe 8.8.

Per ciascun lato del setto, le barre che si oppongono all'azione tagliante possono sviluppare, sotto azioni sismiche, la resistenza $V_{rd,totale}$:

$V_{rd,totale} = 6*V_{rd,seis} = 6*85 = 510$ kN > 346 (= 693 / 2)

Per quanto concerne i fissaggi tra le piastre e le strutture esistenti, data l'eccentricità tra il piano medio del setto (lungo cui passa l'azione tagliante) e i due piani su cui giacciono i fissaggi sulle strutture esistenti, la ripartizione del taglio totale avviene come segue:

$V_{rd,asse\ 1}$ = 693 * 3 / 4 = 520 kN
$V_{rd,asse\ 2}$ = 693 * 1 / 4 = 173 kN

Per il fissaggio di queste piastre si dispongono n. 4+4 barre M24 in classe 8.8.

Per ciascun lato, le barre che si oppongono all'azione tagliante possono sviluppare, sotto azioni sismiche, la resistenza $V_{rd,totale}$:
$V_{rd,totale} = 8*V_{rd,seis} = 8*85 = 680$ kN > 520

Verifica delle piastre di collegamento e dei principali parametri di resistenza

fyk	275	N/mm2	
ftk	430	N/mm2	
gamma, m2	1.25		
fub	800	mm2	
d	24	mm	diam.bullone
Ares	353	mm2	
d0	25	mm	diam.foro
d2	36	mm	diam.dado
dm	30	mm	diam.giacitura
t	10	mm	spessore piastra

Resistenza a trazione del bullone

Ft,Rd	203.33	kN

Resistenza a taglio del bullone

coeffic.classe	0.6	
Fv,Rd	135.55	kN

Resistenza a rifollamento della piastra

k	2.50

alfa	1.00	
Fb,Rd	206.40	kN

Dai parametri sopra riportati si evince che la resistenza a taglio in condizioni sismiche, $V_{rd,seis}$, è quella di valore minore e quindi dimensionante per i collegamenti progettati.

Per i setti paralleli alle pareti

Per i setti disposti invece parallelamente alle pareti del fabbricato, il dimensionamento degli ancoranti è stato svolto come segue.

E' stato effettuato un dimensionamento del numero di ancoraggi necessari per ciascun setto, confrontando il taglio sollecitante con la resistenza del singolo ancorante, già esplicitata in precedenza.
Si utilizzano piastre di spessore 20mm, in modo da soddisfare sempre la verifica a rifollamento e da consentire una maggiore ampiezza della zona di saldatura dei ganci.

Ad esempio, per il setto S1-1 si ottiene:
$V_{sd,E,\ incr}$ = 320 kN
$V_{rd,seis}$ = 85 kN (per ancoraggio chimico di barra M24 in classe 8.8)

n = $V_{sd,E,\ incr}$ / $V_{rd,seis}$ = 3.76 arrotondato a 4

Per ragioni di simmetria e di riduzione degli interassi tra i singoli fissaggi, si dispongono n. 10 ancoranti M24 in classe 8.8.

Per il setto S1-2 invece, maggiormente sollecitato a taglio, si ottiene:
$V_{sd,E,\ incr}$ = 1144 kN
$V_{rd,seis}$ = 85 kN (per ancoraggio chimico di barra M24 in classe 8.8)

n = $V_{sd,E,\ incr}$ / $V_{rd,seis}$ = 13.46 arrotondato a 14

Per ragioni di simmetria e di riduzione degli interassi tra i singoli fissaggi, si dispongono n. 20 ancoranti M24 in classe 8.8.

Analoga procedura è stata svolta per il dimensionamento dei fissaggi delle altre piastre.

Verifica dei ganci

Si esplicita la verifica dei ganci saldati alle piastre di collegamento, che verranno annegati nel getto dei nuovi setti. Trattasi di barre in acciaio zincato di diametro 24mm, conformate con pieghi a 45° per massimizzare la resistenza nei confronti dell'azione tagliante attesa in caso di sisma.

Si riporta la verifica per il setto S1-2, che risulta maggiormente sollecitato a taglio.

$V_{sd,E,\ incr}$ = 1144 kN

Dati iniziali:

gamma, m2	1.25	
fub	800	mm2
d	24	mm
Ares	353	mm2
d0	25	mm
d2	36	mm

Resistenza a taglio dello spezzone di barra:

coeffic.classe	0.6	
Fv,Rd	135.55	kN

Resistenza a trazione / compressione dello spezzone di barra:

Ft,Rd	203.33	kN

Per la geometria del gancio, l'azione tagliante si scompone in due forze, la prima parallela alla direzione del gancio e la seconda perpendicolare:

$V_{sd,E,gancio}$ = 1144*cos(45°) = 809 kN

$N_{sd,E,gancio}$ = 1144*cos(45°) = 809 kN

Per il caso in esame, il numero di spezzoni inclinati necessari risulta:

n = $V_{sd,E,gancio}$ / $F_{V,Rd}$ = 809 / 135 = 6

Si dispongono n. 3 ganci formati ciascuno da due spezzoni di barre M24, per un totale di n. 6 elementi resistenti. Per continuità degli sforzi, i due spezzoni sono collegati, risultando in un gancio a C.

Analogamente sono stati dimensionati i ganci per le altre piastre.

12. Verifica degli elementi esistenti nella situazione di progetto

Si riportano i risultati sui pilastri esistenti a seguito dell'introduzione, nel modello di calcolo, dei setti antisismici, in combinazione sismica (SLV) e per i meccanismi di PMM e V.

STRUTTURA 1

Verifica PMM pilastri (SLV)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
1P_35_S-T	V+E_ENV_SLV	-22.647	-66.863	9.218	3.142	0.797	0.886	4.831
1P_16_S-T	V+E_ENV_SLV	3.144	-17.344	50.721	3.142	0.781	0.872	3.880
1P_15_S-T	V+E_ENV_SLV	-15.477	37.950	48.832	3.142	0.843	0.850	3.786
1P_41_S-T	V+E_ENV_SLV	-54.426	50.082	16.772	3.142	0.763	0.859	3.320
1P_18_S-T	V+E_ENV_SLV	-15.226	38.563	-32.786	3.142	0.739	0.755	3.038
1P_17_S-T	V+E_ENV_SLV	-7.088	13.662	37.448	3.142	0.766	0.842	2.781
1P_36_S-T	V+E_ENV_SLV	-46.190	-40.143	17.054	3.142	0.838	0.844	2.659
1P_34_S-T	V+E_ENV_SLV	-3.878	-33.239	7.475	3.142	0.764	1.000	2.477
1P_37_S-T	V+E_ENV_SLV	-4.031	33.097	2.234	3.142	0.818	0.829	2.448
1P_19_S-T	V+E_ENV_SLV	9.248	11.424	-30.004	3.142	0.757	0.888	2.365
1P_42_S-T	V+E_ENV_SLV	-6.323	29.528	-10.346	3.142	0.784	0.884	2.185
1P_20_S-T	V+E_ENV_SLV	7.968	11.582	-27.559	3.142	0.820	0.774	2.171
1P_14_S-T	V+E_ENV_SLV	-27.221	-26.616	2.931	3.142	0.874	0.716	1.757
1P_13_S-T	V+E_ENV_SLV	-40.585	-25.546	-4.057	3.142	0.775	0.794	1.560
1P_43_S-T	V+E_ENV_SLV	49.856	-12.691	-6.249	3.142	0.802	0.888	1.424
1P_21_S-T	V+E_ENV_SLV	-10.169	-17.667	-5.694	3.142	0.838	0.891	1.248
1P_32_S-T	V+E_ENV_SLV	-35.355	-11.662	-15.379	3.142	0.732	0.892	1.015

Risultano non verificati unicamente i sopraelencati pilastri del sottotetto, che sono oggetto di consolidamento specifico con incamiciatura metallica.

Verifica V pilastri (SLV)

Pilastro		Direzione 2			Direzione 3		
	Combinazione	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C	V [kN]	Aw [cm²/cm]	D/C
1P_5_0-S	V+E_ENV_SLV	-79.723	0.028	1.164	-27.544	0.028	0.477

STRUTTURA 23

Verifica PMM pilastri (SLV)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
2P_5b_S-T	V+E_ENV_SLV	-18.137	-28.178	-4.539	4.524	0.902	1.000	1.152

Il pilastro è oggetto di consolidamento specifico con incamiciatura metallica.

Verifica V pilastri (SLV)

Tutti i pilastri risultano verificati.

STRUTTURA 4

Verifica PMM pilastri (SLV)

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
4P_15_S-T	V+E_ENV_SLV	-36.167	-57.784	22.087	3.142	0.790	0.979	3.368
4P_18_S-T	V+E_ENV_SLV	-40.228	46.350	20.616	3.142	0.823	0.853	2.634
4P_7_S-T	V+E_ENV_SLV	-41.249	43.655	-25.956	3.142	0.794	0.962	2.519
4P_25_S-T	V+E_ENV_SLV	-14.197	-17.930	7.608	3.142	0.961	0.835	1.027

Risultano non verificati unicamente i sopraelencati pilastri del sottotetto, che sono oggetto di consolidamento specifico con incamiciatura metallica.

Verifica V pilastri (SLV)

Tutti i pilastri risultano verificati.

Verifiche a SLD / SLO nella condizione di progetto

Si riassumono nelle tabelle seguenti le verifiche agli stati limite di danno (SLD) e di operatività (SLO) per le strutture considerate.

STRUTTURA 1

SLD

Livello 0

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
5	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0001
6	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
7	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0001	-0.0002
120	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
121	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0008
122	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0009
123	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0010
124	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0010
125	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0014
126	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0012
127	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0011
128	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0007
129	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0013
130	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0004
131	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0006
132	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0005
133	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0004
134	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0010
135	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0014
136	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0010
156	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
157	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
158	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
159	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
160	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
161	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
162	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
163	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
164	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
165	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
166	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
167	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
168	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000

169	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	0.0000
170	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0001
171	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	0.0000
172	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
173	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	0.0000
174	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	0.0000
175	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	0.0000
176	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0001
177	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
178	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
179	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
180	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
181	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
182	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
183	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
184	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
185	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
186	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
187	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	0.0000
284	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0005
287	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0008
290	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0072
291	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0004
292	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0014
293	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0001	0.0000	-0.0019

Livello S

TABLE: Joint Displacements						
Joint	**OutputCase**	**CaseType**	**StepType**	**U1**	**U2**	**U3**
Text	Text	Text	Text	m	m	m
217	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0021	-0.0012
218	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0021	-0.0012
219	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0021	-0.0013
220	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0021	-0.0013
221	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0021	-0.0018
222	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0022	-0.0016
223	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0023	-0.0014
224	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0023	-0.0010
225	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0021	-0.0018
227	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0022	-0.0010
228	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0028	0.0023	-0.0007
229	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0028	0.0028	-0.0006
230	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0027	-0.0013
231	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0025	-0.0018
232	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0024	0.0027	-0.0013
252	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0022	0.0021	-0.0005
253	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0022	0.0021	-0.0006

254	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0022	0.0021	-0.0004
255	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0022	0.0022	-0.0005
256	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0022	0.0023	-0.0002
257	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0023	-0.0007
258	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0023	-0.0001
259	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0021	0.0022	-0.0003
260	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0021	0.0021	-0.0004
261	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0021	0.0021	-0.0002
262	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0021	-0.0002
263	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0021	-0.0003
264	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0021	-0.0002
265	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0021	-0.0003
266	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0028	0.0023	-0.0002
267	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0028	0.0023	-0.0002
268	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0025	-0.0004
269	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0026	-0.0001
270	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0027	-0.0002
271	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0030	0.0000
272	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0030	-0.0005
273	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0024	0.0030	-0.0003
274	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0024	0.0029	-0.0003
275	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0029	-0.0004
276	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0027	-0.0004
277	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0025	-0.0004
278	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0024	-0.0002
279	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0022	0.0027	-0.0003
280	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0022	0.0025	-0.0002
281	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0022	0.0029	-0.0002
282	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0024	-0.0001
283	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0024	-0.0004
301	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0023	-0.0017

Verifica SLD

	U1 [m]	*U2 [m]*
Δε MAX	0.0028	0.0030
h interpiano	3.35	
Δε LIM	0.0168	0.0168
verifica Δε MAX < Δε LIM	OK	OK
rapporto Δε MAX / Δε LIM	0.168	0.178

SLO

Livello 0

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
5	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
6	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
7	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0001	-0.0002
120	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
121	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0008
122	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0009
123	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0010
124	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0010
125	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0014
126	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0013
127	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0011
128	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0008
129	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0013
130	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0004
131	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0006
132	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0005
133	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0004
134	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0010
135	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0014
136	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0010
156	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
157	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
158	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
159	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
160	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
161	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
162	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
163	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
164	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
165	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
166	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
167	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
168	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
169	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
170	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
171	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
172	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
173	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
174	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
175	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
176	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001

177	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
178	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
179	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
180	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
181	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
182	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
183	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
184	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
185	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
186	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
187	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
284	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0005
287	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0008
290	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0072
291	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0004
292	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0014
293	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0019

Livello S

TABLE: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
217	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0017	-0.0012
218	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0017	-0.0012
219	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0017	-0.0014
220	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0017	-0.0014
221	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0017	-0.0018
222	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0018	-0.0016
223	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0018	-0.0015
224	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0018	-0.0010
225	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0017	-0.0018
227	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0018	-0.0010
228	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0018	-0.0007
229	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0022	-0.0006
230	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0022	-0.0013
231	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0020	-0.0018
232	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0022	-0.0013
252	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0017	0.0017	-0.0005
253	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0017	0.0017	-0.0006
254	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0017	0.0017	-0.0004
255	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0017	0.0018	-0.0005
256	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0017	0.0018	-0.0002
257	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0018	-0.0007
258	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0018	0.0018	-0.0002
259	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0017	0.0018	-0.0003
260	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0017	0.0017	-0.0004

261	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0017	0.0017	-0.0002
262	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0017	-0.0002
263	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0017	-0.0003
264	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0017	-0.0002
265	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0017	-0.0003
266	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0018	-0.0002
267	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0019	-0.0002
268	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0020	-0.0004
269	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0021	-0.0001
270	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0022	-0.0002
271	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0024	0.0000
272	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0024	-0.0005
273	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0024	-0.0003
274	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0023	-0.0003
275	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0023	-0.0004
276	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0021	-0.0004
277	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0020	-0.0005
278	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0018	0.0020	-0.0002
279	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0018	0.0021	-0.0003
280	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0018	0.0020	-0.0002
281	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0018	0.0023	-0.0003
282	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0018	0.0019	-0.0001
283	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0020	-0.0004
301	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0018	-0.0018

Verifica SLO

	U1 [m]	***U2 [m]***	
Δε MAX	0.0022	0.0024	
h interpiano	3.35		
Δε LIM	0.0112	0.0112	*(= 2/3*0.005*h)*
verifica Δε MAX < Δε LIM	OK	OK	
rapporto Δε MAX / Δε LIM	0.200	0.215	

STRUTTURA 23

SLD

Livello 0

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
137	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
138	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
139	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0002
140	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0003
141	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
142	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
143	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
144	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
145	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
146	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
147	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
148	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
149	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
150	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
151	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
152	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
153	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
154	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
288	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
289	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000

Livello S

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
233	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0042	0.0009	-0.0001
234	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0042	0.0011	-0.0001
235	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0029	0.0009	-0.0005
236	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0029	0.0009	-0.0006
237	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0029	0.0011	-0.0003
238	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0029	0.0011	-0.0003
239	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0017	0.0008	-0.0004
240	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0017	0.0011	-0.0002
241	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0017	0.0011	-0.0001
242	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0016	0.0011	-0.0002
243	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0016	0.0008	-0.0004
244	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0016	0.0011	-0.0002
245	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0011	0.0008	-0.0164

246	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0006	0.0008	-0.0004
247	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0006	0.0011	-0.0002
248	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0006	0.0011	-0.0002
249	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0042	0.0011	-0.0002
250	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0011	-0.0001

Verifica SLD

	U1 [m]	*U2 [m]*	
Δε MAX	0.0042	0.0011	
h interpiano	3.35		
Δε LIM	0.0168	0.0168	*(= 0.005*h)*
verifica Δε MAX < Δε LIM	OK	OK	
rapporto Δε MAX / Δε LIM	0.251	0.064	

SLO

Livello 0

TABLE: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
137	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
138	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
139	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0002
140	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0003
141	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
142	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
143	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
144	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
145	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
146	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
147	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
148	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
149	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
150	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
151	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
152	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
153	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
154	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
288	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
289	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000

Livello S

TABLE: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
233	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0034	0.0008	-0.0001

234	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0033	0.0009	-0.0001
235	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0024	0.0008	-0.0005
236	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0024	0.0007	-0.0006
237	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0024	0.0009	-0.0003
238	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0024	0.0009	-0.0003
239	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0014	0.0007	-0.0004
240	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0014	0.0009	-0.0002
241	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0014	0.0009	-0.0002
242	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0013	0.0009	-0.0002
243	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0013	0.0007	-0.0004
244	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0013	0.0009	-0.0002
245	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0008	0.0007	-0.0164
246	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0005	0.0007	-0.0004
247	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0005	0.0009	-0.0002
248	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0005	0.0009	-0.0002
249	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0034	0.0009	-0.0002
250	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0009	-0.0001

Verifica SLO

	U1 [m]	***U2 [m]***	
Δε MAX	0.0034	0.0009	
h interpiano	3.35		
Δε LIM	0.0112	0.0112	*(= 2/3*0.005*h)*
verifica Δε MAX < Δε LIM	OK	OK	
rapporto Δε MAX / Δε LIM	0.302	0.078	

STRUTTURA 4

SLD

Livello 0

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
95	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
96	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
97	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
98	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
99	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
100	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
101	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
102	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
103	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
104	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
105	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
106	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
107	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
108	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
109	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
110	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
111	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
112	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
113	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
114	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
115	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
117	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
118	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
119	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
155	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
190	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
286	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000

Livello S

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
28	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0025	-0.0011
191	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0025	-0.0001
192	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0024	-0.0001
193	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0022	-0.0002
194	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0020	-0.0002
195	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0018	-0.0002

196	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0023	0.0017	-0.0001
197	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0024	0.0022	-0.0003
198	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0024	0.0025	-0.0002
199	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0024	0.0024	-0.0002
200	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0024	-0.0001
201	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0022	-0.0001
202	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0020	-0.0003
203	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0019	-0.0001
204	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0018	-0.0003
205	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0017	-0.0003
206	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0024	0.0017	-0.0003
207	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0024	0.0018	-0.0004
208	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0024	0.0020	-0.0004
209	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0017	-0.0003
210	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0018	-0.0002
211	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0027	0.0019	-0.0001
212	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0025	-0.0002
213	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0029	0.0019	0.0000
214	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0029	0.0018	-0.0002
215	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0029	0.0017	-0.0001
251	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0022	-0.0003
285	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0026	0.0019	-0.0001
303	V+E_ENV_SLD	Combination	Max	0.0025	0.0024	-0.0015

Verifica SLD

	U1 [m]	***U2 [m]***
Δε MAX	0.0029	0.0025
h interpiano	3.35	
Δε LIM	0.0168	0.0168
verifica Δε MAX < Δε LIM	OK	OK
rapporto Δε MAX / Δε LIM	0.172	0.146

SLO

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
95	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
96	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
97	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
98	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
99	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
100	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
101	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
102	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
103	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
104	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
105	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
106	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
107	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
108	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
109	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
110	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
111	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
112	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	-0.0001
113	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
114	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
115	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
117	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
118	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
119	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
155	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
190	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000
286	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0000	0.0000	0.0000

Livello S

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	m	m	m
28	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0020	-0.0011
191	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0020	-0.0001
192	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0019	-0.0001
193	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0018	-0.0002
194	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0016	-0.0002
195	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0015	-0.0002
196	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0014	-0.0001
197	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0018	-0.0003
198	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0020	-0.0002

199	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0019	-0.0002
200	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0019	-0.0001
201	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0018	-0.0001
202	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0016	-0.0003
203	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0015	-0.0001
204	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0015	-0.0003
205	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0014	-0.0003
206	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0014	-0.0003
207	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0015	-0.0004
208	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0019	0.0016	-0.0004
209	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0014	-0.0003
210	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0015	-0.0002
211	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0022	0.0015	-0.0001
212	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0020	-0.0002
213	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0023	0.0015	0.0000
214	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0023	0.0015	-0.0002
215	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0023	0.0014	-0.0001
251	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0018	-0.0003
285	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0021	0.0016	-0.0001
303	V+E_ENV_SLO	Combination	Max	0.0020	0.0019	-0.0015

Verifica SLO

	U1 [m]	*U2 [m]*	
Δε MAX	0.0023	0.0020	
h interpiano	3.35		
Δε LIM	0.0112	0.0112	*(= 2/3*0.005*h)*
verifica Δε MAX < Δε LIM	OK	OK	
rapporto Δε MAX / Δε LIM	0.207	0.176	

Dimostrazione assunzione elementi secondari

Come anticipato nelle premesse, è stata effettuata una verifica per confermare l'ammissibilità dell'assunzione progettuale circa gli elementi strutturali esistenti, considerati appunto come secondari e non partecipanti alla resistenza alle azioni sismiche.

Dal punto di vista operativo, per ciascuna struttura è stato creato un modello fittizio in cui gli elementi esistenti, al pari dei nuovi setti antisismici, contribuiscono alla resistenza al sisma (eliminando dunque le cerniere precedentemente imposte), ed è stata calcolata l'incidenza della resistenza dei setti sulla resistenza totale.

STRUTTURA 1

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2 (X)	V3 (Y)
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN
1P_1_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	22.4	6.5	6.9
1P_4_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	6.4	7.6	5.1
1P_5_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	3.1	15.2	6.7
1P_6_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	5.0	9.7	5.6
1P_7_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	8.3	7.1	8.7
1P_8_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	8.2	10.0	8.9
1P_9_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	6.6	10.0	6.4
1P_10_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	40.5	9.3	6.7
1P_11_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	25.2	5.2	9.4
1P_12_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	19.9	4.9	8.9
1P_13_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	33.7	4.9	7.0
1P_14_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	13.7	3.3	9.0
1P_15_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	36.8	6.1	6.0
1P_16_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	101.5	7.1	5.4
1P_17_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	17.4	8.7	7.2
1P_18_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	16.6	7.1	5.7
1P_19_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	25.7	7.1	5.9
1P_2_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	2.5	1.3	1.2
1P_20_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	29.3	5.6	7.0
1P_21_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	12.3	4.3	4.4
1P_22_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	14.7	7.3	5.6
1P_23_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	16.9	5.5	7.5
1P_24_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	1.6	7.8	3.9
1P_25_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	13.8	5.6	7.5
1P_26_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	9.5	5.2	8.5
1P_27_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	10.6	3.8	5.8
1P_28_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	17.3	5.6	6.7
1P_29_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	14.2	2.8	7.0

1P_3_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	3.4	1.1	1.0
1P_41_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	22.3	5.1	8.5
1P_42_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	83.4	3.6	8.3
1P_43_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	111.0	3.3	8.1
1P_44_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	44.6	7.3	3.2
1P_45_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	35.8	5.7	3.8
1P_30_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	12.9	2.6	0.5
1P_31_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	12.2	1.9	0.7
1P_32_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	12.8	1.6	1.1
1P_33_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	5.3	0.9	2.7
1P_34_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	94.9	1.2	3.9
1P_35_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	103.8	2.0	0.8
1P_36_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	8.9	1.8	0.9
1P_37_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	49.6	2.0	0.9
1P_38_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	3.9	1.1	2.6
1P_39_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	59.5	2.1	1.7
1P_3b_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	2.8	0.8	0.5
1P_40_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	65.5	1.7	1.7
1P_A1_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	5.3	3.0	2.1
1P_A2_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	13.7	2.4	2.2
1P_20b_-1-0					0.6	0.1	0.0
1P_S1_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	164.8	8.8
1P_S2_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	583.6	61.3
1P_S3_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	54.8	624.1
1P_S4_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	12.4	487.8
1P_S5_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	469.1	12.9
1P_S6_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	424.2	454.6
				Totale (pilastri + setti)		**1944.8**	**1889.1**
				Totale (solo setti)		**1708.8**	**1649.4**
				Incidenza percentuale dei setti sul totale		**88%**	**87%**
				Aliquota pilastri		**12%**	**13%**

Dall'analisi del tagliante alla base, si osserva che il contributo alla rigidezza dato dai setti antisismici è preponderante rispetto alla rigidezza complessiva, infatti:

$K_{setti,X}$ = 1708.8 / 1944.8 = 88 %

$K_{setti,Y}$ = 1889.1 / 1649.4 = 87 %

Si evince che la rigidezza residua, fornita dagli elementi preesistenti, è inferiore al 15% sul totale, come richiesto dalla Normativa per supportare l'assunzione effettuata.

STRUTTURA 2-3

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	**Station**	**OutputCase**	**CaseType**	**StepType**	**P**	**V2 (X)**	**V3 (Y)**
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN
2P_3_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	8.2	8.5	2.4
2P_4_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	7.0	11.6	2.8
2P_5_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	5.3	7.8	4.6
2P_6_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	14.8	21.9	5.5
3P_1_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	2.5	4.2	2.6
3P_2_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	2.3	2.4	2.6
3P_3_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	7.6	1.7	1.8
3P_4_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	2.4	2.4	2.6
3P_5_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	2.4	4.2	2.6
3P_6_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	7.6	3.4	1.8
2P_1_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	16.5	2.1	5.4
2P_2_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	6.0	3.2	5.3
2P_3b_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	2.0	3.3	2.5
2P_4b_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	4.9	5.5	2.7
2P_4c_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	5.3	5.3	2.0
2P_5b_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.5	6.3	6.0
2P_6a_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	16.3	13.2	3.2
3P_7_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	0.7	1.1
2P_2b_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	1.4	4.4	4.3
23P_S23-1_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	396.8	358.2
23P_S23-2_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	396.8	362.0
				Totale (pilastri + setti)		**905.9**	**781.9**
				Totale (solo setti)		**793.7**	**720.1**
				Incidenza percentuale dei setti sul totale		**88%**	**92%**
				Aliquota pilastri		**12%**	**8%**
				(risultano entrambe inferiori al 15%)			

Anche in questo caso la rigidezza residua, fornita dagli elementi preesistenti, è inferiore al 15% sul totale, come richiesto dalla Normativa per supportare l'assunzione effettuata.

STRUTTURA 4

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	**Station**	**OutputCase**	**CaseType**	**StepType**	**P**	**V2 (X)**	**V3 (Y)**
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN
4P_1_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	8.6	4.2	4.1
4P_2_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	3.4	2.0	4.7
4P_3_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	18.6	3.5	4.6
4P_4_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	4.2	3.1	4.7
4P_5_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	7.2	5.5	4.1
4P_6_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	3.0	5.7	3.3
4P_7_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	1.7	5.0	6.7
4P_8_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	4.2	5.7	4.3
4P_9_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	4.1	7.1	3.6
4P_10_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	5.8	6.6	5.0
4P_11_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	8.0	5.2	5.3
4P_12_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	8.6	6.3	4.4
4P_13_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	3.5	7.4	1.2
4P_14_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	2.2	5.4	3.6
4P_15_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	7.3	4.8	11.0
4P_16_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	4.0	5.5	5.0
4P_17_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	8.9	4.0	5.9
4P_18_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	10.7	4.4	6.2
4P_19_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	16.7	8.8	2.3
4P_20_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	12.4	5.7	5.3
4P_21_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	13.5	5.8	6.4
4P_22_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	11.2	6.4	5.3
4P_23_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	16.7	5.1	4.8
4P_24_0-S	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	20.6	3.1	6.3
4P_25_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	22.1	9.3	9.3
4P_26_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	7.8	8.2	7.9
4P_27_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	4.3	8.3	7.4
4P_S1_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	444.7	68.3
4P_S2_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	61.9	366.3
4P_S3_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	404.5	41.3
4P_S4_-1-0	0	E_ENV_SLV	Combination	Max	0.0	51.6	369.0
				Totale (pilastri + setti)		**1114.8**	**987.7**
				Totale (solo setti)		**962.6**	**844.9**
				Incidenza percentuale dei setti sul totale		**86%**	**86%**
				Aliquota pilastri		**14%**	**14%**

(risultano entrambe inferiori al 15%)

Occorre inoltre verificare, in ottemperanza al par. 7.2.3 delle NTC, che gli elementi considerati secondari possano mantenere una resistenza sufficiente nei confronti dei carichi gravitazionali, quando soggetti a spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto, in combinazione SLC.
Poiché è stata condotta un'analisi di tipo lineare, gli spostamenti dovranno essere valutati in accordo al par. 7.3.3.3, che consente di calcolare gli spostamenti a SLC moltiplicando per 1.25 i corrispondenti spostamenti a SLV.

Per effettuare questi controlli è stata inserita, nel modello di calcolo di ciascuna struttura, una combinazione di carico apposita, nella quale si è considerato il contributo dell'azione gravitazionale e l'azione sismica (combinazione E_ENV_SLV) moltiplicata per 1.25.
Le sollecitazioni derivanti dalla suddetta combinazione sono state passate al post-processore VIS, su cui sono state eseguite le verifiche a PMM per gli elementi secondari (ossia i pilastri delle strutture esistenti); gli esiti positivi delle verifiche implicano la legittimità dell'assunzione fatta sugli elementi secondari.

Nel seguito si riportano le sintesi delle tabelle estratte dal software VIS, per ciascuna struttura.

STRUTTURA 1

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
1P_35_S-T	V+E_ENV_SLC	-6.214	-84.023	6.962	3.142	0.797	0.886	6.256
1P_16_S-T	V+E_ENV_SLC	6.313	-21.140	81.125	3.142	0.781	0.872	6.197
1P_15_S-T	V+E_ENV_SLC	-7.016	41.507	76.645	3.142	0.843	0.850	5.810
1P_34_S-T	V+E_ENV_SLC	11.765	-74.809	9.023	3.142	0.764	1.000	5.735
1P_17_S-T	V+E_ENV_SLC	-5.752	19.791	60.788	3.142	0.766	0.842	4.560
1P_18_S-T	V+E_ENV_SLC	-11.719	46.540	-53.084	3.142	0.739	0.755	4.276
1P_41_S-T	V+E_ENV_SLC	-38.598	60.324	13.245	3.142	0.763	0.859	4.210
1P_19_S-T	V+E_ENV_SLC	12.856	19.476	-47.831	3.142	0.757	0.888	3.757
1P_36_S-T	V+E_ENV_SLC	-45.913	-49.397	15.678	3.142	0.838	0.844	3.335
1P_20_S-T	V+E_ENV_SLC	16.248	16.080	41.763	3.142	0.820	0.774	3.323
1P_42_S-T	V+E_ENV_SLC	5.364	39.604	-8.370	3.142	0.784	0.884	3.040
1P_37_S-T	V+E_ENV_SLC	1.438	36.758	-5.502	3.142	0.818	0.829	2.782
1P_33_S-T	V+E_ENV_SLC	-46.117	-33.537	-12.015	3.142	0.770	0.989	2.146
1P_13_S-T	V+E_ENV_SLC	-31.536	-31.465	-3.226	3.142	0.775	0.794	2.082
1P_21_S-T	V+E_ENV_SLC	-6.106	-26.801	-5.792	3.142	0.838	0.891	1.970
1P_14_S-T	V+E_ENV_SLC	-18.699	27.428	-5.845	3.142	0.874	0.716	1.903
1P_43_S-T	V+E_ENV_SLC	81.263	12.254	3.796	3.142	0.802	0.888	1.673
1P_40_S-T	V+E_ENV_SLC	4.482	20.153	-5.675	3.142	0.722	1.000	1.567
1P_38_0-S	V+E_ENV_SLC	-139.404	-30.192	-32.367	6.158	0.883	0.870	1.103

1P_35_0-S	V+E_ENV_SLC	-59.557	27.463	-30.453	6.158	0.892	0.792	1.083
1P_32_S-T	V+E_ENV_SLC	-29.646	9.826	16.174	3.142	0.732	0.892	1.042
1P_16_0-S	V+E_ENV_SLC	-22.479	-26.253	19.687	6.158	0.875	0.911	1.026
1P_15_0-S	V+E_ENV_SLC	-53.715	-27.325	-20.895	6.158	0.916	0.902	0.999
1P_28_S-T	V+E_ENV_SLC	-19.116	4.356	15.145	3.142	0.769	0.793	0.978
1P_33_0-S	V+E_ENV_SLC	-168.100	30.340	26.962	6.158	0.848	0.993	0.977
1P_17_0-S	V+E_ENV_SLC	-52.395	-20.447	26.702	6.158	0.873	0.921	0.977
1P_41_0-S	V+E_ENV_SLC	-165.675	-27.501	-24.547	6.158	0.803	0.813	0.977
1P_A1_0-S	V+E_ENV_SLC	-84.449	-17.302	-37.197	6.158	0.913	0.963	0.968
1P_23_0-S	V+E_ENV_SLC	-82.049	-29.269	-19.007	6.158	0.820	0.781	0.960
1P_36_0-S	V+E_ENV_SLC	-175.182	-45.952	10.703	6.158	0.981	0.830	0.951
1P_27_S-T	V+E_ENV_SLC	-13.980	-6.650	13.815	3.142	0.827	0.837	0.935
1P_1_0-S	V+E_ENV_SLC	-54.196	14.611	27.339	6.158	0.835	0.623	0.923
1P_5_0-S	V+E_ENV_SLC	-69.063	14.451	-31.449	6.158	0.696	0.788	0.917
1P_38_S-T	V+E_ENV_SLC	-21.993	-3.309	14.684	3.142	0.757	0.749	0.914
1P_10_0-S	V+E_ENV_SLC	20.125	15.406	-23.119	6.158	0.762	0.670	0.908
1P_40_0-S	V+E_ENV_SLC	-86.846	7.279	-44.349	6.158	0.853	1.000	0.902
1P_12_0-S	V+E_ENV_SLC	-62.594	-33.246	-11.137	6.158	0.808	0.889	0.895
1P_A2_0-S	V+E_ENV_SLC	-73.064	-13.252	34.854	6.158	0.892	0.984	0.889
1P_37_0-S	V+E_ENV_SLC	-77.552	35.494	-9.218	6.158	0.985	0.824	0.854
1P_22_S-T	V+E_ENV_SLC	-22.049	-13.790	4.140	3.142	0.730	0.828	0.852
1P_11_S-T	V+E_ENV_SLC	16.835	-6.907	9.028	3.142	1.000	0.684	0.851
1P_8_0-S	V+E_ENV_SLC	-44.694	-17.475	21.288	6.158	0.632	0.712	0.804
1P_42_0-S	V+E_ENV_SLC	-70.032	-27.173	13.371	6.158	0.884	0.885	0.800
1P_25_0-S	V+E_ENV_SLC	-59.025	-26.009	13.639	6.158	0.820	0.751	0.794
1P_12_S-T	V+E_ENV_SLC	-0.499	10.468	-1.839	3.142	0.801	0.789	0.785
1P_40_-1-0	V+E_ENV_SLC	-460.054	-9.201	26.913	6.158	0.671	0.707	0.774
1P_9_0-S	V+E_ENV_SLC	-62.868	16.035	22.271	6.158	0.647	0.666	0.768
1P_4_0-S	V+E_ENV_SLC	-40.154	20.693	-14.946	6.158	0.789	0.767	0.760
1P_35_-1-0	V+E_ENV_SLC	-570.398	11.408	-21.717	10.179	0.673	0.628	0.737
1P_32_0-S	V+E_ENV_SLC	-133.704	-10.261	-37.479	6.158	0.842	0.971	0.735
1P_11_0-S	V+E_ENV_SLC	-115.627	-24.969	14.492	6.158	0.697	1.000	0.734
1P_19_0-S	V+E_ENV_SLC	-14.944	16.755	-16.587	6.158	0.872	0.955	0.731
1P_34_-1-0	V+E_ENV_SLC#4	-567.218	16.118	11.344	10.179	0.653	0.707	0.730
1P_43_0-S	V+E_ENV_SLC	-308.090	26.758	7.599	6.158	0.888	0.907	0.712
1P_36_-1-0	V+E_ENV_SLC	-465.534	30.014	-9.311	10.179	0.707	0.646	0.708
1P_7_0-S	V+E_ENV_SLC	-110.501	19.923	-16.662	6.158	0.661	0.678	0.689
1P_22_0-S	V+E_ENV_SLC	-127.943	20.338	-15.998	6.158	0.818	0.840	0.687
1P_39_S-T	V+E_ENV_SLC	8.872	7.780	-3.745	3.142	0.704	1.000	0.674
1P_18_0-S	V+E_ENV_SLC	-53.003	-15.151	18.020	6.158	0.849	0.836	0.672
1P_20_0-S	V+E_ENV_SLC	-26.484	15.233	-15.582	6.158	0.805	0.877	0.658
1P_6_0-S	V+E_ENV_SLC	-107.068	-13.370	22.028	6.158	0.711	0.721	0.656
1P_26_0-S	V+E_ENV_SLC	-197.859	18.238	17.814	6.158	0.813	0.871	0.649
1P_28_0-S	V+E_ENV_SLC	-91.740	-16.199	-15.137	6.158	0.909	0.844	0.596
1P_33_-1-0	V+E_ENV_SLC	-451.342	13.256	9.027	10.179	0.655	0.704	0.584
1P_13_0-S	V+E_ENV_SLC	-68.719	-17.444	-12.526	6.158	0.882	0.889	0.580
1P_38_-1-0	V+E_ENV_SLC	-289.650	19.214	22.938	10.179	0.692	0.687	0.579
1P_24_0-S	V+E_ENV_SLC	-130.028	-12.766	19.570	6.158	0.730	1.000	0.577
1P_21_0-S	V+E_ENV_SLC	-53.520	-16.425	-12.468	6.158	0.954	0.906	0.574
1P_30_0-S	V+E_ENV_SLC	-78.868	18.493	13.371	6.158	0.999	0.745	0.573

1P_26_S-T	V+E_ENV_SLC	-35.925	-2.354	-11.585	3.142	0.813	0.751	0.572
1P_14_0-S	V+E_ENV_SLC	-128.258	-21.798	-10.175	6.158	0.826	0.961	0.569
1P_37_-1-0	V+E_ENV_SLC	-419.290	-17.766	8.707	10.179	0.707	0.645	0.562
1P_27_0-S	V+E_ENV_SLC	-62.908	17.109	-11.761	6.158	0.953	0.970	0.561
1P_39_0-S	V+E_ENV_SLC	-76.116	-6.983	27.620	6.158	0.858	1.000	0.551
1P_29_0-S	V+E_ENV_SLC	-37.979	-16.580	-10.561	6.158	0.899	1.000	0.548
1P_2_-1-0	V+E_ENV_SLC	-437.336	-8.747	-8.747	10.179	0.635	0.707	0.530
1P_39_-1-0	V+E_ENV_SLC	-399.640	-7.993	-17.228	10.179	0.683	0.707	0.529
1P_44_0-S	V+E_ENV_SLC	-224.011	9.582	17.142	6.158	0.812	1.000	0.529
1P_3_0-S	V+E_ENV_SLC	-103.974	5.575	-23.585	6.158	0.759	0.954	0.525
1P_2_0-S	V+E_ENV_SLC	-177.629	-3.553	-31.000	6.158	0.744	1.000	0.515
1P_45_S-T	V+E_ENV_SLC	-9.622	-7.741	-3.385	3.142	0.700	1.000	0.507
1P_A1_-1-0	V+E_ENV_SLC	-155.075	11.296	21.501	6.158	0.692	0.696	0.503
1P_A2_-1-0	V+E_ENV_SLC	-124.799	8.568	-22.969	6.158	0.699	0.696	0.499
1P_32_-1-0	V+E_ENV_SLC	-350.120	-7.002	19.974	10.179	0.666	0.689	0.497
1P_31_-1-0	V+E_ENV_SLC	-305.019	22.669	6.445	10.179	0.707	0.619	0.491
1P_45_0-S	V+E_ENV_SLC	-180.076	-11.617	12.573	6.158	1.000	0.767	0.468
1P_29_S-T	V+E_ENV_SLC	-0.787	-5.935	4.241	3.142	1.000	0.841	0.461
1P_3_-1-0	V+E_ENV_SLC	-186.614	4.083	13.687	6.158	0.649	0.695	0.397
1P_30_-1-0	V+E_ENV_SLC	-270.195	-5.404	-11.704	10.179	0.707	0.627	0.358
1P_44_S-T	V+E_ENV_SLC	-13.617	-4.959	4.587	3.142	0.728	1.000	0.349
1P_3b_-1-0	V+E_ENV_SLC	-145.016	-2.900	-25.180	10.179	0.611	0.707	0.339
1P_20b_-1-0	V+E_ENV_SLC	-30.864	6.438	2.132	4.524	0.660	0.677	0.229

Si segnala che i pilastri aventi un rapporto D/C maggiore dell'unità sono quelli che sono stati oggetto di consolidamento; non essendo però possibile inserire il rinforzo direttamente nel software, per la tipologia d'intervento prevista (incamiciatura in acciaio), rimangono indicati come non verificati, anche se in realtà lo sono, come si dimostra nell'esempio che segue.

Pilastro con rapporto D/C massimo:

P35 da liv. rialzato a liv. sottotetto (dim. 30x30 cm)

N = 6.2 kN

M2 = 84.2 kNm

M3 = 6.9 kNm

In progetto è stata prevista un'incamiciatura metallica (beton-plaqué), le cui verifiche sono riportate nel successivo capitolo.

Si anticipa qui che il momento resistente del pilastro rinforzato è pari a:

$M_{R,incamic}$ = 135.1 kNm > 84.2 verificata

STRUTTURA 2-3

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
3P_6_S-T	V+E_ENV_SLC	-20.221	-34.001	-12.905	3.142	0.970	0.903	1.760
3P_3_S-T	V+E_ENV_SLC	-20.221	-33.965	-12.909	3.142	0.970	0.903	1.758
3P_6_0-S	V+E_ENV_SLC	-135.945	45.990	5.235	3.142	0.921	0.846	1.645
3P_5_0-S	V+E_ENV_SLC	-66.190	49.361	-18.248	4.524	0.927	0.938	1.642
3P_1_0-S	V+E_ENV_SLC	-66.074	49.329	18.308	4.524	0.927	0.938	1.642
3P_3_0-S	V+E_ENV_SLC	-135.916	-45.953	-3.732	3.142	0.921	0.845	1.636
3P_2_0-S	V+E_ENV_SLC	-66.322	-49.375	15.238	4.524	0.927	0.938	1.635
3P_4_0-S	V+E_ENV_SLC	-66.172	-49.276	-15.284	4.524	0.927	0.938	1.632
2P_5b_S-T	V+E_ENV_SLC	-18.581	-36.325	-7.433	4.524	0.902	1.000	1.514
2P_6_0-S	V+E_ENV_SLC	-35.335	-26.780	48.605	6.786	0.995	0.761	1.319
2P_4_0-S	V+E_ENV_SLC	-65.340	13.770	-37.010	6.158	0.812	0.842	0.987
2P_4b_0-S	V+E_ENV_SLC	-63.690	-14.953	-24.476	6.158	0.815	0.846	0.647
2P_4c_0-S	V+E_ENV_SLC	-63.361	-15.742	23.211	6.158	0.815	0.886	0.633
2P_3_0-S	V+E_ENV_SLC	-40.525	-8.343	-22.551	6.158	0.814	0.811	0.627
2P_5_0-S	V+E_ENV_SLC	-104.457	10.037	-29.129	6.158	0.751	0.774	0.624
2P_P6a_S-T	V+E_ENV_SLC	-18.428	-32.759	-13.360	12.315	0.851	0.994	0.597
2P_3b_0-S	V+E_ENV_SLC	-16.832	14.809	6.508	6.158	1.000	0.832	0.553
2P_6a_0-S	V+E_ENV_SLC	-101.582	-12.806	35.383	12.315	0.851	0.994	0.542
2P_5b_0-S	V+E_ENV_SLC	-151.619	-25.437	12.925	6.158	0.821	1.000	0.524
2P_2_0-S	V+E_ENV_SLC	-111.488	-6.623	23.570	6.158	0.664	1.000	0.441
2P_1_0-S	V+E_ENV_SLC	-50.646	-12.291	14.183	9.236	0.812	0.671	0.411
2P_2b_0-S	V+E_ENV_SLC	-144.587	-5.401	20.387	6.158	0.676	1.000	0.342
2P_2b_-1-0	V+E_ENV_SLC	-373.145	-7.463	-7.463	6.158	0.895	1.000	0.341
2P_2_-1-0	V+E_ENV_SLC	-326.830	-6.537	10.496	6.158	0.882	1.000	0.324
2P_1_-1-0	V+E_ENV_SLC	-151.049	7.312	9.381	9.236	1.000	0.881	0.248
3P_7_-1-0	V+E_ENV_SLC	-160.369	-3.207	-3.207	6.158	0.983	0.960	0.165

Valgono le medesime considerazioni esposte per struttura 1, poiché i pilastri che manifestano una mancata verifica (rapporto D/C maggiore di 1) sono quelli che verranno incamiciati con elementi metallici e la cui resistenza post-intervento consentirà di superare le verifiche presentate. Infatti:

Pilastro con rapporto D/C massimo:

P6 da liv. rialzato a liv. sottotetto (dim. 30x30 cm) appartenente a struttura 3

N = 20.2 kN

M2 = 34.1 kNm

M3 = 12.9 kNm

Il momento resistente del pilastro rinforzato è pari a:

$M_{R,incamic}$ = 135.1 kNm > 34.1 verificata

STRUTTURA 4

Pilastro	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	As [cm²]	β maj	β min	D/C
4P_15_S-T	V+E_ENV_SLC	-36.398	-76.237	39.635	3.142	0.790	0.979	4.568
4P_18_S-T	V+E_ENV_SLC	-40.616	-57.544	38.045	3.142	0.823	0.853	3.455
4P_7_S-T	V+E_ENV_SLC	-40.557	50.727	-43.435	3.142	0.794	0.962	3.201
4P_3_S-T	V+E_ENV_SLC	-15.720	-4.680	29.783	3.142	0.891	0.843	1.737
4P_PF_S-T	V+E_ENV_SLC	0.623	11.061	20.988	3.142	0.960	0.740	1.267
4P_25_S-T	V+E_ENV_SLC	-13.650	-20.568	13.389	3.142	0.961	0.835	1.237
4P_24_S-T	V+E_ENV_SLC	-9.769	8.725	-12.532	3.142	0.963	0.868	0.754
4P_4_S-T	V+E_ENV_SLC	-7.974	4.255	11.224	3.142	0.989	0.892	0.647
4P_22_0-S	V+E_ENV_SLC	-23.996	17.869	-14.315	6.158	0.803	0.850	0.622
4P_15_0-S	V+E_ENV_SLC	-69.268	34.420	-10.939	10.179	0.784	0.930	0.594
4P_9_0-S	V+E_ENV_SLC	-45.482	14.819	16.435	6.158	0.733	0.916	0.582
4P_21_0-S	V+E_ENV_SLC	-54.089	-15.488	13.253	6.158	0.785	0.775	0.523
4P_2_S-T	V+E_ENV_SLC	-7.464	-2.499	9.194	3.142	1.000	0.881	0.520
4P_20_0-S	V+E_ENV_SLC	-18.845	-13.973	12.636	6.158	0.692	0.830	0.515
4P_5_0-S	V+E_ENV_SLC	-36.227	13.954	-13.365	6.158	0.845	0.827	0.512
4P_12_0-S	V+E_ENV_SLC	-10.914	-11.705	-14.161	6.158	0.776	0.837	0.508
4P_16_0-S	V+E_ENV_SLC	-49.424	-16.139	11.331	6.158	0.770	0.837	0.502
4P_23_0-S	V+E_ENV_SLC	-12.677	14.240	-11.362	6.158	0.720	0.899	0.501
4P_10_0-S	V+E_ENV_SLC	-19.336	-11.176	14.184	6.158	0.699	0.826	0.489
4P_11_0-S	V+E_ENV_SLC	-29.245	11.460	-12.504	6.158	0.875	0.760	0.451
4P_1_0-S	V+E_ENV_SLC	-30.697	-13.090	-10.264	6.158	0.845	0.819	0.438
4P_25_0-S	V+E_ENV_SLC	-23.084	15.953	-6.176	6.158	0.961	0.860	0.434
4P_8_0-S	V+E_ENV_SLC	-67.015	10.638	-14.036	6.158	0.833	0.849	0.432
4P_19_0-S	V+E_ENV_SLC	-11.976	5.535	21.637	9.236	0.831	0.669	0.432
4P_24_0-S	V+E_ENV_SLC	-52.366	15.130	8.550	6.158	0.878	0.862	0.426
4P_17_0-S	V+E_ENV_SLC	-75.813	-13.114	11.104	6.158	0.922	0.757	0.416
4P_18_0-S	V+E_ENV_SLC	-97.862	-14.048	-10.663	6.158	0.855	0.776	0.413
4P_6_0-S	V+E_ENV_SLC	-56.183	-18.206	12.456	10.179	0.773	0.915	0.392
4P_14_0-S	V+E_ENV_SLC	-54.562	-18.789	-11.130	10.179	0.773	0.915	0.383
4P_13_0-S	V+E_ENV_SLC	-18.816	-3.466	21.388	9.236	0.786	1.000	0.383
4P_26_-1-0	V+E_ENV_SLC	-198.471	11.713	-6.051	6.158	1.000	0.981	0.379
4P_27_-1-0	V+E_ENV_SLC	-192.836	11.245	-6.137	6.158	1.000	0.981	0.369
4P_25_-1-0	V+E_ENV_SLC	-30.610	-12.301	7.325	6.158	1.000	1.000	0.364
4P_7_0-S	V+E_ENV_SLC	-97.571	18.221	10.659	10.179	0.796	0.882	0.356
4P_4_0-S	V+E_ENV_SLC	-85.050	10.543	10.648	6.158	0.957	0.853	0.351
4P_3_0-S	V+E_ENV_SLC	-117.302	-9.980	10.586	6.158	0.904	0.821	0.344
4P_26_0-S	V+E_ENV_SLC	-65.830	-11.788	7.356	6.158	1.000	0.902	0.327
4P_27_0-S	V+E_ENV_SLC	-68.942	-11.441	-7.524	6.158	1.000	0.902	0.321
4P_2_0-S	V+E_ENV_SLC	-78.313	-10.324	7.612	6.158	1.000	0.845	0.297

Valgono anche qui le medesime considerazioni già esposte. Infatti:

Pilastro con rapporto D/C massimo:
P15 da liv. sottotetto a liv. copertura (dim. 25x25 cm)

N = 36.4 kN
M2 = 76.2 kNm
M3 = 39.6 kNm

Il momento resistente del pilastro rinforzato, avente sezione inziale 25x25 cm, vale:
$M_{R,incamic}$ = C*125/2 + 2*S_y*105 + 2*S_a*125 =
(0.85*9.25*250*125)*125/2 + 2*(275*690*2)*125 = 110.2 kNm > 76.2

Dal momento che si è dimostrata la validità dell'assunzione di cui sopra, le opere antisismiche, dimensionate per l'azione attesa in situ, consentono di ritenere implicitamente soddisfatta la verifica globale post-intervento, raggiungendo la condizione di adeguamento sismico. I risultati del modello di calcolo, nella suddetta situazione, sono riportati nell'**Allegato C**.

13. Verifica del dimensionamento degli interventi locali

Si illustrano i dettagli delle verifiche svolte a corredo del dimensionamento degli interventi strutturali previsti in progetto, riportando dapprima gli interventi locali atti a risolvere le criticità statiche o costruttive per poi relazionare sugli interventi antisismici.

Verifica dei pilastri rinforzati con incamiciatura metallica (beton-plaqué)

Per i pilastri non verificati nei confronti delle azioni statiche (combinazione SLU) è stato previsto in progetto un intervento di incamiciatura metallica, dimensionato secondo le verifiche che seguono.

L'intervento si attua mediante il placcaggio della sezione esistente del pilastro in calcestruzzo con profili metallici di acciaio, del tipo ad L 60x6mm, calastrellati, e successivo getto di ricoprimento ed omogeneizzazione con malta cementizia specifica per ripristini strutturali. Le specifiche ed i dettagli costruttivi sono riportati nelle tavole grafiche.

Considerando l'effetto della sola incamiciatura in acciaio, in assenza del rivestimento cementizio, gli incrementi di resistenza a taglio e a confinamento del nucleo del pilastro sono descritti come segue, esemplificando il caso di un pilastro 30x30 cm appartenente al livello sottotetto di struttura 1.

La resistenza aggiuntiva a taglio, offerta dalla camicia in acciaio, è calcolata secondo la formula 11.8 dell'OPCM 3274/03 e risulta pari a:

Resistenza a taglio aggiuntiva per pilastro 30x30 cm

tj	6	mm	(spessore calastrelli)
b	60	mm	(larghezza calastrelli)
s	300	mm	(interasse calastrelli)
d	280	mm	(altezza utile sezione cls)
fyw	275	N/mm2	(acciaio S275)
Vj	92400	N	
	92.4	**kN**	

Quindi la resistenza a taglio complessiva della sezione del pilastro in esempio, con il contributo dell'incamiciatura metallica, risulta pari a:

$V_{Rd,tot} = V_{Rd,pre\text{-}int} + V_j = 57.8 + 92.4 = 150.2$ kN

Si assume una resistenza pari a 150 kN.

Per quanto concerne invece l'incremento di resistenza a compressione, per effetto del confinamento sul calcestruzzo esistente offerta dalla camicia in acciaio, si ricava (secondo la formula 11.9 dell'OPCM 3274/03):

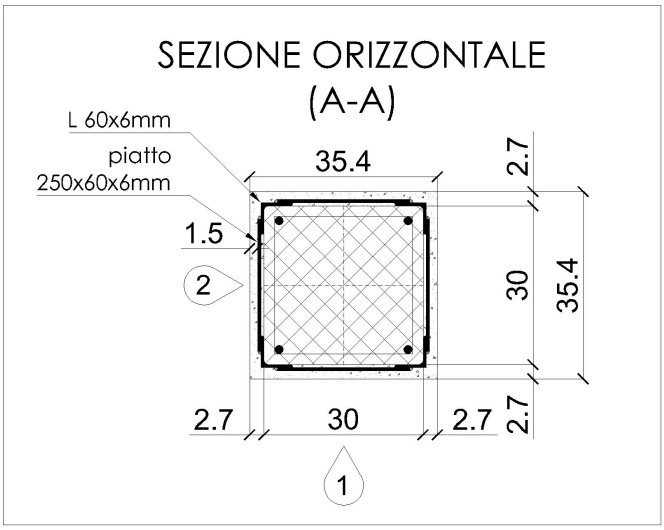
Resistenza del calcestruzzo confinato

b	300	mm	(base sezione cls)
h	300	mm	(altezza sezione cls)
ts	6	mm	(calastrelli)
h bande	60	mm	(calastrelli)
As	360	mm2	
s	**300**	mm	(interasse calastrelli)
psi s	0.016		
s'	240	mm	
Lato angolari	60	mm	
spess. angolari	6	mm	
R	30	mm	
alfa n	0.573		
alfa s	0.360		
fy	275	N/mm2	(acciaio S275)
fc	11.10	N/mm2	
fcc	**13.73**	**N/mm2**	(resist.calcestruzzo confinato)
	1.24	**incremento per confinamento**	

Per il solo effetto di confinamento, l'incamiciatura in acciaio prevista in progetto comporterebbe un incremento della resistenza del calcestruzzo, nel caso in esempio, pari al 24%.

Considerando invece la sezione incamiciata come una sezione composta acciaio-calcestruzzo, in quanto i profili metallici di placcaggio sono ricoperti da uno strato di malta cementizia specifica per ripristini strutturali, si ottiene:

Sezione tipo dell'intervento sul pilastro in c.a.



Verifica della resistenza a compressione pura:

(si riporta l'esempio del pilastro P36 di sezione 30x30cm a livello sottotetto di struttura 1)

Placcaggio con n. 4 angolari L60x6 mm

Armatura preesistente: n. 4ϕ10 mm

Area angolare metallico = 690 mm^2

Sforzo normale max agente: $N_{sd,max,SLU}$ = 154 kN (combinazione statica)

Resistenza a compressione:

$N_{pl,Rd}$ = (4*690*275)/1.05 + 0.8*(260x260)*0.85*7.40 = 1063 kN >> 154 kN

ottenuta utilizzando la formula 4.3.21 delle NTC e assumendo la sezione del nucleo di calcestruzzo confinato e il valore della resistenza a compressione del calcestruzzo in campo fragile (7.40 N/mm^2, pari a 11.10 / 1.5). Si è inoltre trascurato il contributo della malta strutturale di rivestimento e dell'acciaio d'armatura esistente nel pilastro.

Le condizioni di applicabilità del metodo proposto dalle NTC sono soddisfatte, infatti:

Verifica applicabilità per sezioni composte

Secondo 4.3.5.1 NTC

A angolare singolo	690	mm2	
Aa	2760	mm2	
fyw	275	N/mm2	
gamma a	1.05		
Lato pilastro esist.	300	mm	
Ac	90000	mm2	
fc,LC,fragile	7.4	N/mm2	
As	312	mm2	
fy,LC,fragile	337	N/mm2	
Npl,RD	1494001	N	
delta	**0.484**		**>0.2 e <0.9 OK**
Npl,Rk	1394101	N	
Ec,FC	20842	N/mm2	
Es,FC	210000	N/mm2	
Ea	210000	N/mm2	
Jc	675000000	mm4	
Js	4492800	mm4	
Ja	54881280	mm4	
EJeff,II	1.75525E+13	Nmm2	
l	2650	mm	
beta	1		
l0	2650	mm	
Ncr, Eulero	24668682	N	
lambda	0.238		**< 2 OK**

Verifica della resistenza a flessione pura:

Si ipotizza uno stress-block rettangolare per il calcestruzzo, si trascura la resistenza a trazione del calcestruzzo e dell'armatura del pilastro esistente e si ipotizza la plasticizzazione dei placcaggi.

Il momento resistente plastico della sezione composta è pari a:

$C = 0.85*f_{cd}*B*y/2$; $S_a = f_{ad}*A_a$; $S_y = f_{yd}*A_y$

$M_{pl,Rd} = C*125/2 + 2*S_y*105 + 2*S_a*125 =$

$= (0.85*7.40*300*150)*150/2 + 2*(275*690*2)*150 = 135.1$ kNm > 66.7

in cui 66.7 kNm è il valore del momento flettente massimo riscontrato sul pilastro al livello del sottotetto, soggetto alla combinazione sismica a SLV delle azioni (cfr. **Allegato A**).

Con analoga procedura si effettuano le verifiche per i pilastri di sezione diversa 35x35cm e 30x40cm oggetto di incamiciatura.

Verifica della trave in acciaio di sostegno di parte della copertura di struttura 4

Profilo HEA 160

Si riporta la verifica della resistenza a flessione e a taglio del profilo metallico previsto per il sostegno di una parte della copertura di struttura 4, su cui sono previsti interventi per la correzione dell'appoggio attualmente realizzato.

Profilo tipo HEA 160 S355

sezione classe 1

$A = 38.77$ cm^2

$P = 30.44$ daN/m

$W_{pl} = 243.5$ cm^3

$J_x = 1673$ cm^4

$A_v = 13.20$ cm^2

Si adotta uno schema statico di trave a campata singola su appoggi, con luce di calcolo pari a 5.59 m, corrispondente alla misura maggiore sul corpo di fabbrica considerato. L'interasse tra i supporti consecutivi, coincidente con la fascia di solaio caricata, è pari a 1.00 m.

Carichi:

Gk,1 (peso proprio solaio)	**0.40**	**kN/m2**
Gk,2 (perman.portati)	**0.60**	**kN/m2**
qk,1 (variabile copertura)	**1.55**	**kN/m2**

Il carico uniformemente distribuito (fattorizzato) su una larghezza di influenza pari a 1 m del puntone in legno è pari a:

q_{slu} = (0.40*1.3+0.6*1.5+1.55*1.5)*1 = 3.74 kN/m

Il carico uniformemente distribuito (fattorizzato) su una larghezza di influenza pari a 0.5 m del puntone in legno (puntoni estremi) è pari a:

q_{slu} = (0.40*1.3+0.6*1.5+1.55*1.5)*0.5 = 1.87 kN/m

Le reazioni puntuali dei puntoni in legno sul profilo HEA 160 sono rispettivamente:

(larg. Influenza 1 m): R = 14.41 kN

(larg. Influenza 0.5 m): R = 7.02 kN

La reazione di ciascun puntone va successivamente a caricare il profilo in acciaio; si riportano i valori delle sollecitazioni ottenute sul profilo di lunghezza pari a 5.59 m:

Momento flettente massimo di calcolo: $M_{sd,max,SLU}$ = 53.85 kNm

Momento flettente resistente: $M_{c,Rd,SLU}$ = (W_{pl} x f_{yk}) / 1.05 = 82.33 kNm > 53.85

La verifica a flessione è soddisfatta.

Taglio massimo di calcolo: $V_{sd,max,SLU}$ = 36.02 kN

Taglio resistente (nel piano dell'anima):

$V_{c,Rd,SLU}$ = (1320 x 355) / (1.73 x 1.05) = 257.96 kN > 36.02

La verifica a taglio è soddisfatta.

A favore di sicurezza si effettua anche la verifica nei confronti dell'instabilità flesso-torsionale del profilo, secondo la procedura descritta al par. 4.2.4.1.3.2 delle NTC.

Il momento resistente di progetto per instabilità è espresso dalla formula [4.2.49] sotto riportata:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

Per il profilo in questione vengono utilizzati i seguenti dati:

fyk	355	N/mm2	
gamma, m1	1.05		
Wpl,y	243.5	cm3	HEA160
	243500	mm3	
alfa,LT	0.34		(tab. 4.2.VII)
kc	0.94		(tab. 4.2.VIII)
f	0.972		
beta	1		
K csi	0.94		
lambda,LT,0	0.4		
Mcr	74.95	KNm	
lambda,LT	1.077		
teta,LT	1.050		
csi,LT	0.652		
csi,LT,mod	**0.669**		**valore di riferimento**
Mb,Rd	54.12	KNm	

Per la determinazione del momento critico si è fatto riferimento alla formulazione dell'EC 1993-1-1 Appendice F.

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_T}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g)^2} - C_2 z_g \right\}$$

in cui:

I_z = 615.6 cm^4

I_t = 12.19 cm^4

I_W= 31410 cm^6

E = 210000 N/mm^2

G = 80769 N/mm^2

L = 5590 mm

C_1 = 1.132

C_2 = 0.459

z_g = 75 mm

Si verifica che $M_{sd,max,SLU}$ / $M_{B,Rd}$ = 0.995 < 1

La verifica è soddisfatta.

Verifica della reticolare in acciaio di sostegno di una parte della trave di colmo di struttura 2

Per il calcolo delle sollecitazioni sulla reticolare si è fatto ricorso ad un modello ad elementi finiti, realizzato in SAP2000, che ha restituito le seguenti sollecitazioni.

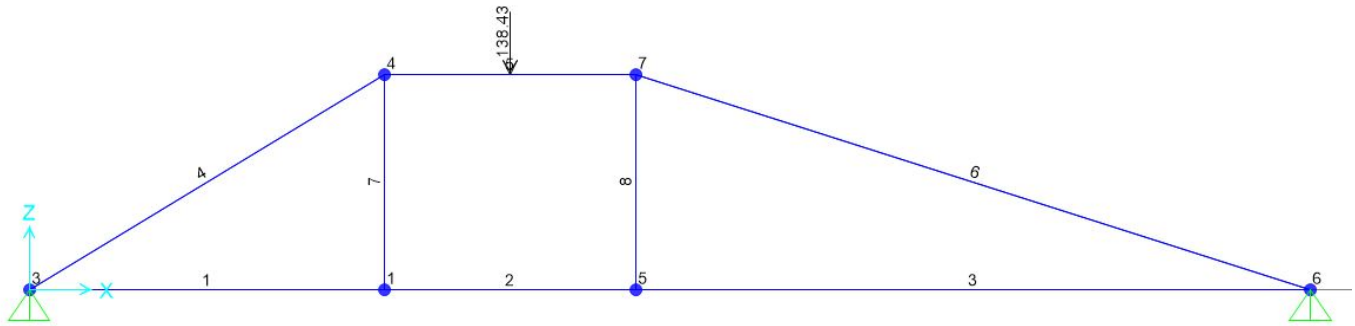


TABLE: Element Forces - Frames								
Frame	**Station**	**CaseType**	**P**	**V2**	**V3**	**T**	**M2**	**M3**
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	0.000	LinStatic	-2.70E-14	4.77	0	0	0	4.44E-16
1	0.416	LinStatic	-2.70E-14	4.85	0	0	0	-2.00
1	0.831	LinStatic	-2.70E-14	4.92	0	0	0	-4.03
2	0.000	LinStatic	-1.70E-14	-17.48	0	0	0	-4.03
2	0.295	LinStatic	-1.70E-14	-17.42	0	0	0	1.12
2	0.590	LinStatic	-1.70E-14	-17.4	0	0	0	6.25
3	0.000	LinStatic	2.05E-14	3.81	0	0	0	6.25
3	0.395	LinStatic	2.05E-14	3.88	0	0	0	4.73
3	0.790	LinStatic	2.05E-14	3.96	0	0	0	3.18
3	1.185	LinStatic	2.05E-14	4.03	0	0	0	1.61
3	1.580	LinStatic	2.05E-14	4.10	0	0	0	-1.25E-16
4	0.000	LinStatic	-178.23	-0.08	0	0	0	0
4	0.485	LinStatic	-178.19	4.76E-18	0	0	0	0.02
4	0.970	LinStatic	-178.14	0.08	0	0	0	-3.23E-18
5	0.000	LinStatic	-152.69	-69.27	0	0	0	0
5	0.295	LinStatic	-152.69	-69.22	0	0	0	20.43
5	0.295	LinStatic	-152.69	69.22	0	0	0	20.43
5	0.590	LinStatic	-152.69	69.27	0	0	0	-9.90E-15
6	0.000	LinStatic	-160.11	-0.14	0	0	0	0
6	0.829	LinStatic	-160.15	6.9E-18	0	0	0	0.06
6	1.657	LinStatic	-160.20	0.14	0	0	0	-1.03E-17
7	0.000	LinStatic	22.49	-2.00E-17	0	0	0	0
7	0.250	LinStatic	22.45	0	0	0	0	2.50E-18
7	0.500	LinStatic	22.40	2.00E-17	0	0	0	0

8	0.000	LinStatic	-21.09	7.99E-17	0	0	0	0
8	0.250	LinStatic	-21.14	0	0	0	0	-9.98E-18
8	0.500	LinStatic	-21.18	-7.99E-17	0	0	0	0

Nel seguito si illustrano le principali verifiche condotte sugli elementi costituenti la reticolare e sui collegamenti.

Profilo inferiore: HEA120 S355
Diagonali: doppio L80x80x8mm S355
Montanti: doppio L80x80x8mm S355
Corrente superiore: doppio L80x80x8mm S355

Le caratteristiche dei profili utilizzati sono di seguito riportate:

Profilo tipo L80x80x8mm S355
sezione classe 2
A = 12.30 cm^2
P = 9.63 daN/m

Profilo tipo HEA 120 S355
sezione classe 1
A = 25.3 cm^2
P = 19.90 daN/m
W_{pl} = 119.5 cm^3
J_x = 606.2 cm^4

I profili angolari sono stati scelti con riguardo alla massività minima per la quale ne risulta certificabile la resistenza al fuoco con requisito minimo R60, mediante l'applicazione di vernici intumescenti.

I vincoli nodali sono stati modellati come cerniere; di fatto, la trave inferiore è sollecitata a flessione e taglio, mentre gli elementi di sostegno (diagonali, montanti e corrente superiore) lo sono prevalentemente a sforzo normale.

Trave inferiore:

Momento flettente massimo di calcolo: $M_{sd,max,SLU}$ = 6.25 kNm

Momento flettente resistente: $M_{c,Rd,SLU} = (W_{pl} \times f_{yk}) / 1.05$ = 40.40 kNm > 6.25

La verifica a flessione è soddisfatta.

Taglio massimo di calcolo: $V_{sd,max,SLU}$ = -17.42 kN

Taglio resistente (nel piano dell'anima):

$V_{c,Rd,SLU}$ = (845 x 355) / (1.73 x 1.05) = 165.06 kN > 17.42

La verifica a taglio è soddisfatta.

Come fatto in precedenza, si effettua anche in questo caso la verifica nei confronti dell'instabilità flesso-torsionale del profilo, secondo la procedura descritta al par. 4.2.4.1.3.2 delle NTC.

Il momento resistente di progetto per instabilità è espresso dalla formula [4.2.49] sotto riportata:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

Per il profilo in questione vengono utilizzati i seguenti dati:

fyk	355	N/mm2	
gamma, m1	1.05		
Wpl,y	119	cm3	HEA120
	119000	mm3	
alfa,LT	0.34		(tab. 4.2.VII)
kc	0.94		(tab. 4.2.VIII)
f	0.97		
beta	1		
K csi	1		
lambda,LT,0	0.4		
Mcr	57.305	KNm	
lambda,LT	0.860		
teta,LT	0.856		
csi,LT	0.783		
csi,LT,mod	**0.807**		**valore di riferimento**
Mb,Rd	32.60	KNm	

Per la determinazione del momento critico si è fatto riferimento alla formulazione dell'EC 1993-1-1 Appendice F.

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_T}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g)^2} - C_2 z_g \right\}$$

in cui:

I_z = 231 cm^4

I_t = 12.19 cm^4

I_W= 6000 cm^6

E = 210000 N/mm^2

G = 80769 N/mm^2

L = 3000 mm

C_1 = 1.132

C_2 = 0.459

z_g = 75 mm

Si verifica che $M_{sd,max,SLU}$ / $M_{B,Rd}$ = 0.184 < 1

La verifica è soddisfatta.

<u>Diagonale:</u>

Trazione massima di calcolo: $N_{sd,max,SLU}$ = 178.23 kN

A_{tot} = 2*A = 2*12.30 = 24.60 cm^2

Trazione resistente della sezione lorda: $N_{pl,Rd}$ = (A_{tot} x f_{yk}) / 1.05 = 831.71 kN > 178.23

Trazione resistente della sezione netta: $N_{u,Rd}$ = 0.9*A_{net} x f_{tk} / 1.25 = 503.80 kN > 178.23

dove A_{net} = A_{tot} – (4*2)*(1.7*0.8) = 24.60 – 10.88 = 13.72 cm^2, essendo previsto un collegamento con n. 4 bulloni M16 cl. 8.8.

La verifica a trazione è soddisfatta.

<u>Corrente superiore:</u>

Trazione massima di calcolo: $N_{sd,max,SLU}$ = 152.68 kN

Trazione resistente della sezione lorda: $N_{pl,Rd}$ = A_{tot} x f_{yk} / 1.05 = 831.71 kN > 152.68

Trazione resistente della sezione netta: $N_{u,Rd}$ = 0.9A_{net} x f_{tk} / 1.25 = 503.80 kN > 152.68

La verifica a trazione è soddisfatta.

Montante:

Compressione massima di calcolo: $|N_{sd,max,SLU}|$ = 22.49 kN

Compressione resistente: $N_{c,Rd,SLU} = (A_{tot} \times f_{yk}) / 1.05$ = 831.71 kN > 22.49

La verifica a compressione è soddisfatta.

La verifica nei confronti della stabilità dell'asta compressa viene condotta come per un'asta semplice, poiché gli interassi delle imbottiture soddisfano i requisiti di cui al par. C4.2.4.1.3.1.5 della Circolare:

$N_{CR} = \pi^2 * EJ / l_0^2$ = 3184592 N

dove l_0 = l/1 = 500 mm

J = 2*722500 = 1445000 mm^4

Si verifica che $|N_{sd,max,SLU}|$ = 22.49 kN < 0.04 N_{CR} (= 127.38 kN), pertanto ai sensi del par. 4.2.4.1.3.1 gli effetti dovuti all'instabilità in compressione possono essere trascurati.

Verifica collegamenti

- *Verifica del nodo di collegamento tra diagonale e la trave inferiore*

Il collegamento è effettuato tramite n. 4 bulloni M16 di classe 8.8 (secondo UNI 898-1:2013), su fazzoletto di spessore 12mm, come meglio illustrato nelle tavole grafiche.

Nel seguito si riportano i dati utili alla determinazione delle varie resistenze dell'unione, secondo le formule riportate nel cap. 4.2.8.1.1 delle NTC.

fyk	355	N/mm2	
ftk	510	N/mm2	
gamma, m2	1.25		
fub	800	mm2	
d	16	mm	diam.bullone
Anom	201	mm2	
Ares	157	mm2	

d0	17	mm	diam.foro
d2	24	mm	diam.dado
dm	20	mm	diam.giacitura
t	12	mm	spessore piastra

Posizione fori [mm]		
	Minimo	Progetto
e1	20.4	30
e2	20.4	40
p1	37.4	50

Resistenza a taglio del bullone

coeffic.classe	0.6	
Fv,Rd	60.29	kN

Resistenza a rifollamento della piastra

k	2.50	
alfa	0.59	
Fb,Rd	115.20	kN

Verifica a taglio del bullone:

Il taglio agente sul collegamento è pari a:

$V_{sd,max,SLU}$ = 178.23 KN

$F_{V,Ed} = V_{sd,max,SLU} / 4$ = 178.23 / 4 = 44.55 kN < 60.29 verifica soddisfatta

Verifica a rifollamento della lamiera:

$F_{b,Ed} = V_{sd,max,SLU} / 4$ = 178.23 / 4 = 44.55 kN < 115.20 verifica soddisfatta

La stessa verifica vale per il collegamento all'estremità opposta del diagonale, avente medesima geometria.

Si omette la verifica relativa al collegamento tra il corrente superiore e il fazzoletto, poiché caratterizzato dalla stessa geometria di collegamento ma da una sollecitazione di trazione inferiore.

Verifica della saldatura tra il fazzoletto del diagonale e la trave superiore

La saldatura è prevista a cordone d'angolo continuo, su tutta la lunghezza di contatto tra fazzoletto e ala inferiore della trave, su entrambi i lati. L'altezza di gola prevista è indicata nella seguente tabella e dovrà essere in ogni caso conforme alle indicazioni CNR 10011-88 par. 9.2.9.

Verifica dei cordoni di saldatura

fyk	355	N/mm2
ftk	510	N/mm2
gamma, m2	1.25	

t	12	mm	spessore piastra
a	8.48	mm	altezza di gola
l	240	mm	lunghezza cordone
n	2		numero cordoni
beta	0.8		

Il diagonale forma un angolo di circa 31° rispetto al piano orizzontale, quindi la scomposizione della forza di trazione sulle due componenti ortogonali risulta come segue:

$T_{X,sd,max,SLU}$ = T*cos(31°) = 178.23 * 0.857 = 152.77 kN

$T_{Y,sd,max,SLU}$ = T*sen(31°) = 178.23 * 0.515 = 91.79 kN

La tensione tangenziale vale:

$\tau_{//} = T_{X,sd,max,SLU}$ / (2*l*a) = 152770 / (2*240*8.48) = 37.51 N/mm^2

La tensione perpendicolare invece vale:

$\sigma_{perp} = T_{Y,sd,max,SLU}$ / (2*l*a) = 91790 / (2*240*8.48) = 22.54 N/mm^2

Resistenza al taglio: $f_{tk} / (\beta * \gamma_{M2})$ = 510 N/mm^2

Secondo la condizione di resistenza per sollecitazioni composte (formula 4.2.81 NTC), si ricava che:

$$[\sigma_{\perp}^{2} + 3(\tau_{\perp}^{2} + \tau_{||}^{2})]^{0,5} \leq f_{tk} / (\beta\, \gamma_{M2})$$

68.78 N/mm^2 < 510 N/mm^2 verificata

- *Verifica del nodo di collegamento tra montante e trave inferiore*

fyk	355	N/mm2	
ftk	510	N/mm2	
gamma, m2	1.25		
fub	800	mm2	
d	16	mm	diam.bullone
Anom	201	mm2	
Ares	157	mm2	

d0	17	mm	diam.foro
d2	24	mm	diam.dado
dm	20	mm	diam.giacitura
t	12	mm	spessore piastra

Posizione fori [mm]		
	Minimo	Progetto
e1	20.4	30
e2	20.4	40
p1	37.4	50

Resistenza a taglio del bullone

coeffic.classe	0.6	
Fv,Rd	60.29	kN

Resistenza a rifollamento della piastra

k	2.50	
alfa	0.59	
Fb,Rd	115.20	kN

Verifica a taglio del bullone:

Il taglio agente sul collegamento è pari a:

$V_{sd,max,SLU}$ = 22.49 KN

$F_{V,Ed} = V_{sd,max,SLU} / 2$ = 22.49 / 2 = 11.25 kN < 60.29 verifica soddisfatta

Verifica a rifollamento della lamiera:

$F_{b,Ed} = V_{sd,max,SLU} / 2$ = 22.49 / 2 = 11.25 kN < 115.20 verifica soddisfatta

Verifica della saldatura tra il fazzoletto del montante e la trave inferiore

La saldatura è prevista a cordone d'angolo continuo, su tutta la lunghezza di contatto tra fazzoletto e ala inferiore della trave, su entrambi i lati. L'altezza di gola prevista è indicata nella seguente tabella e dovrà essere in ogni caso conforme alle indicazioni CNR 10011-88 par. 9.2.9.

Verifica dei cordoni di saldatura

fyk	355	N/mm2	
ftk	510	N/mm2	
gamma, m2	1.25		
t	12	mm	spessore piastra
a	8.48	mm	altezza di gola
l	180	mm	lunghezza cordone
n	2		numero cordoni
beta	0.8		

La forza assiale vale:

$T_{Y,sd,max,SLU} = N_{sd,max,SLU}$ = 22.49 kN

La tensione perpendicolare vale:

$\sigma_{perp} = T_{Y,sd,max,SLU} / (2*l*a) = 22490 / (2*180*8.48) = 7.36$ N/mm^2

Resistenza al taglio: $f_{tk} / (\beta * \gamma_{M2}) = 510$ N/mm^2

Secondo la condizione di resistenza per sollecitazioni composte (formula 4.2.81 NTC), si ricava che:

$$[\sigma_{\perp}^{2} + 3(\tau_{\perp}^{2} + \tau_{||}^{2})]^{0,5} \leq f_{tk} / (\beta \gamma_{M2})$$

7.36 N/mm^2 < 510 N/mm^2 verificata

Verifica della nuova trave di colmo di struttura 3 in legno lamellare

Materiale	GL24h
Sezione	30 x 44 cm
Luce in proiezione	L = 6.73 m
Peso proprio trave	w0 = 1.18 kN/m
Larghezza di competenza della trave	Lc = 4.9 m

Carico lineare totale a S.L.U.
q = (1.18)*1.30 + [(0.4)*1.3+(0.60+1.55)*1.5] *4.9= 19.89 kN/m

Verifiche allo stato limite ultimo (SLU)

Momento flettente sollecitante massimo di calcolo:
$M_{sd,SLU} = q*L^2/8 = 112.28$ kNm

Tensione massima di calcolo per flessione:
$\sigma_{m,y,d} = 6*M_{sd,SLU}/(bh^2) = 11.5$ N/mm^2

Tensione resistente massima di calcolo per flessione (par. 4.4.6 NTC 2018):
$f_{m,y,d} = 24 * 0.80 / 1.45 = 13.24$ N/mm^2

$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0.86 < 1$ verifica soddisfatta

Taglio sollecitante massimo di calcolo:
$V_{sd,SLU} = q*L/2 = 66.92$ kN

Tensione massima di calcolo per taglio:
$\tau_{m,d} = 1.5*V_{sd,SLU}/(bh) = 0.76$ N/mm^2

Tensione resistente massima di calcolo per taglio (par. 4.4.8 NTC 2018):
$f_{v,d} = 2.7 * 0.80 / 1.45 = 1.48$ N/mm^2

$\tau_{m,d} / f_{v,d} = 0.51 < 1$ verifica soddisfatta

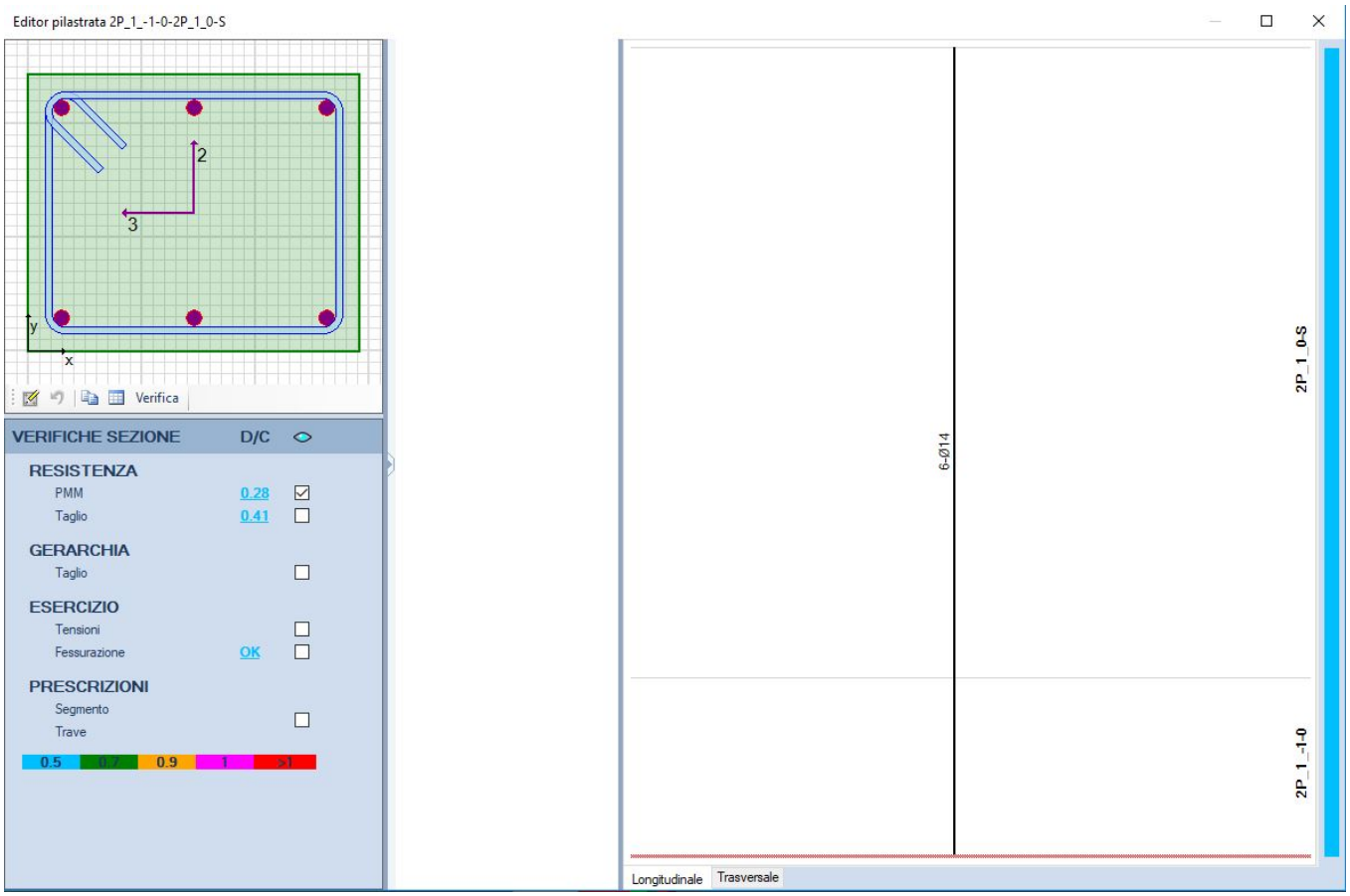
Verifica dei nuovi pilastri P1 e P6a in struttura 2

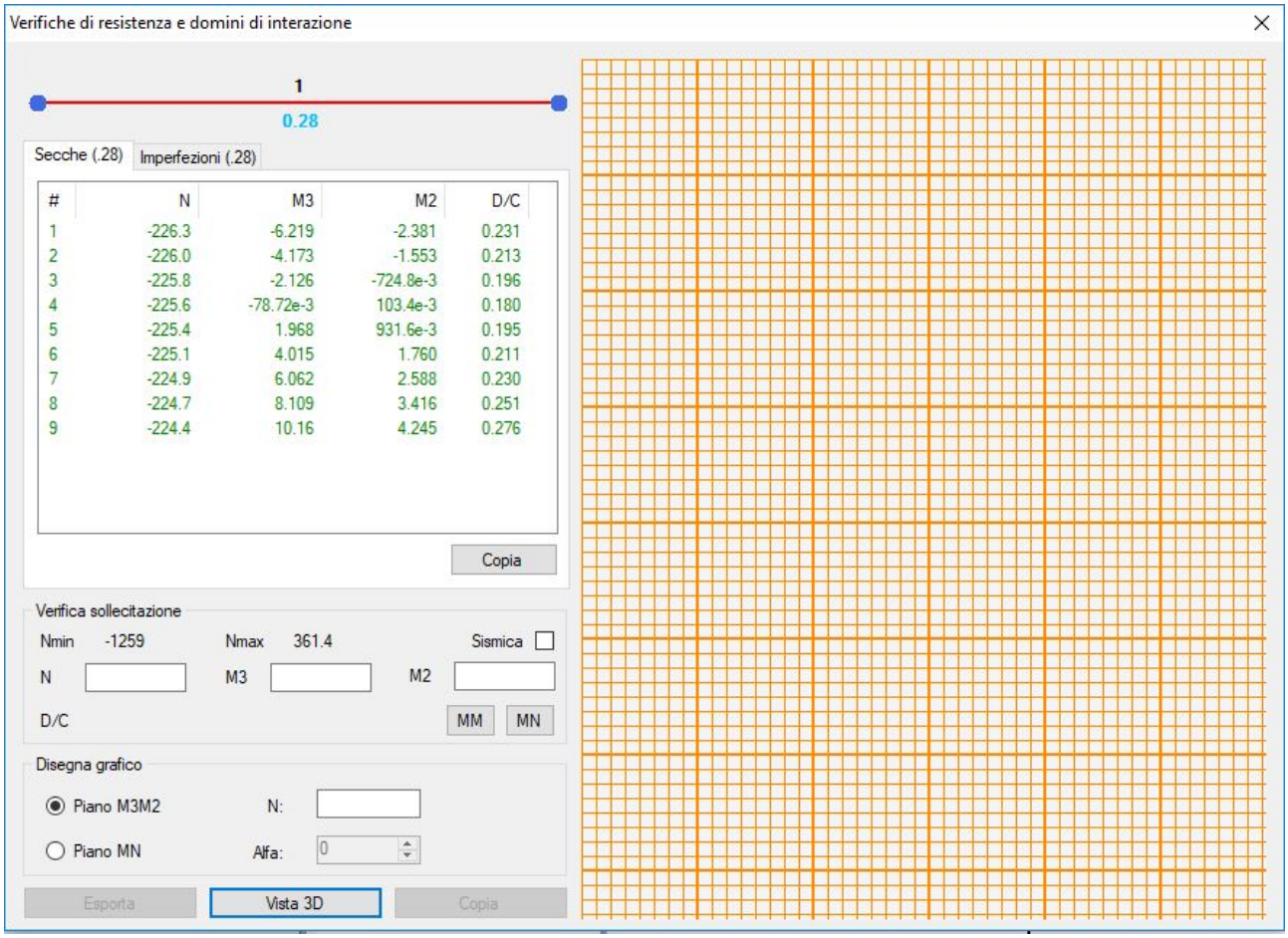
Per risolvere le criticità già descritte in precedenza su struttura 2, è prevista la realizzazione di due nuovi pilastri, denominati P1 e P6a.

La verifica del dimensionamento dei suddetti pilastri è condotta direttamente nel modello ad elementi finiti, con l’ausilio del software VIS, analogamente a quanto fatto per le verifiche dei pilastri esistenti.

I risultati sono quindi riportati nelle schermate che seguono.

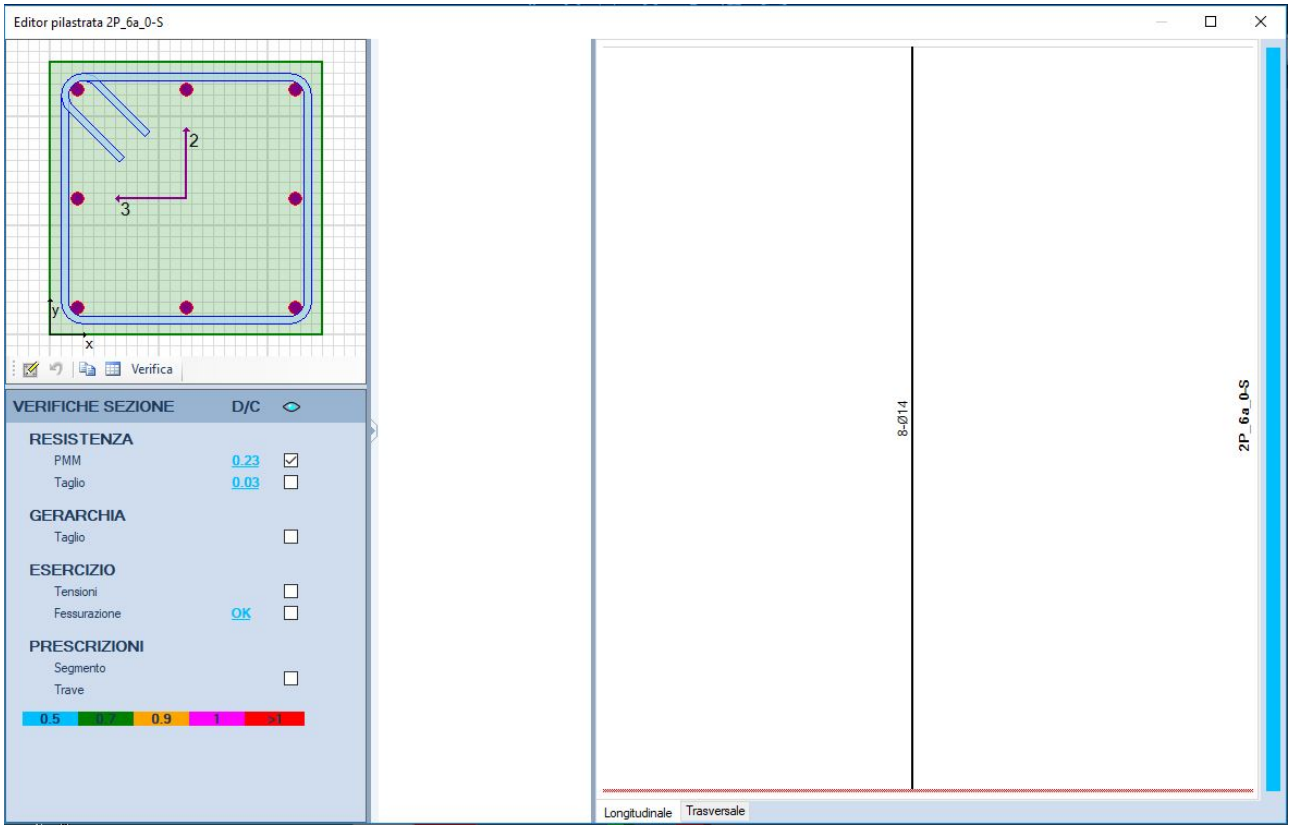
P1

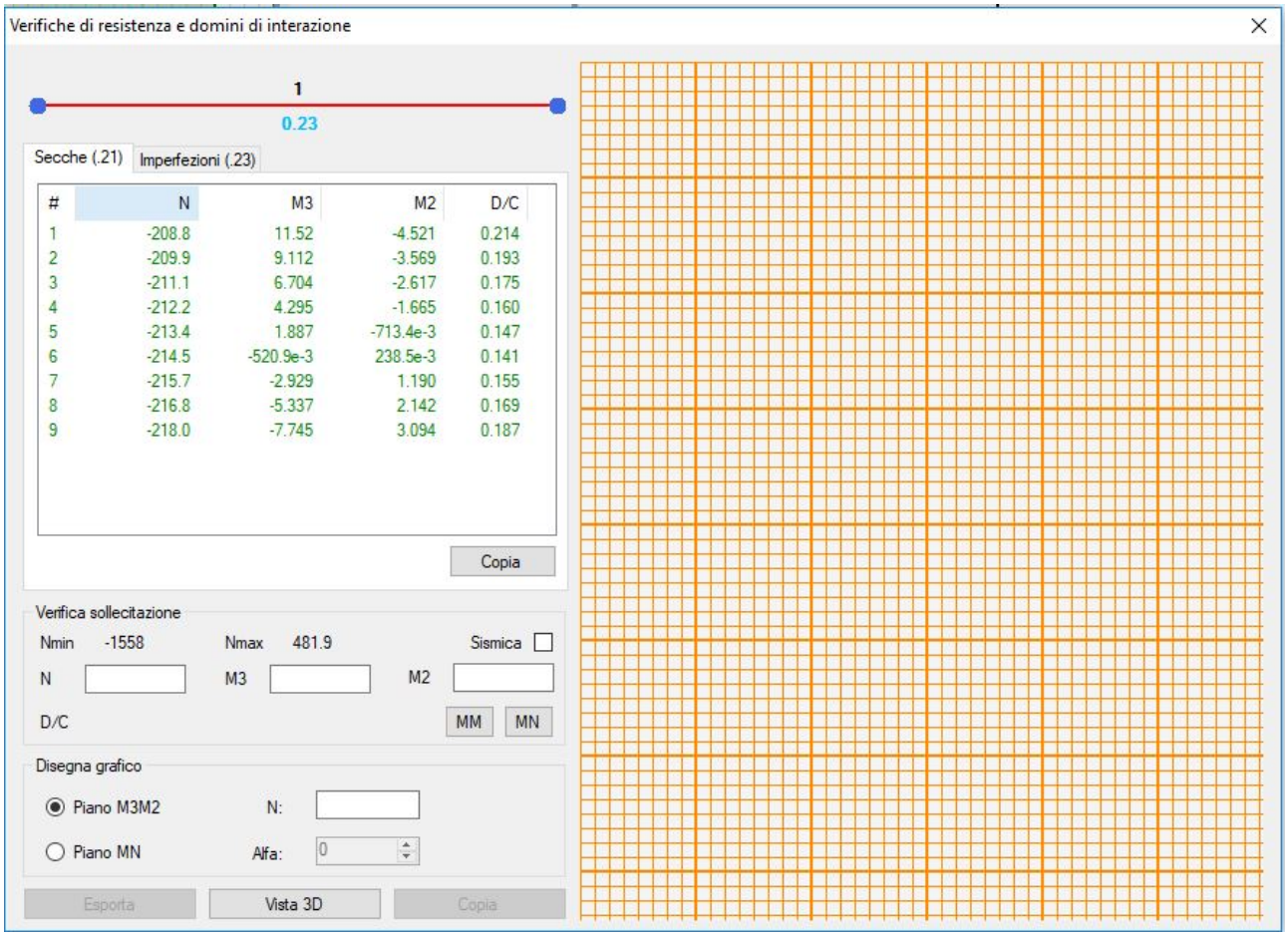




#	N	M3	M2	D/C
1	-226.3	-6.219	-2.381	0.231
2	-226.0	-4.173	-1.553	0.213
3	-225.8	-2.126	-724.8e-3	0.196
4	-225.6	-78.72e-3	103.4e-3	0.180
5	-225.4	1.968	931.6e-3	0.195
6	-225.1	4.015	1.760	0.211
7	-224.9	6.062	2.588	0.230
8	-224.7	8.109	3.416	0.251
9	-224.4	10.16	4.245	0.276

P6a





#	N	M3	M2	D/C
1	-208.8	11.52	-4.521	0.214
2	-209.9	9.112	-3.569	0.193
3	-211.1	6.704	-2.617	0.175
4	-212.2	4.295	-1.665	0.160
5	-213.4	1.887	-713.4e-3	0.147
6	-214.5	-520.9e-3	238.5e-3	0.141
7	-215.7	-2.929	1.190	0.155
8	-216.8	-5.337	2.142	0.169
9	-218.0	-7.745	3.094	0.187

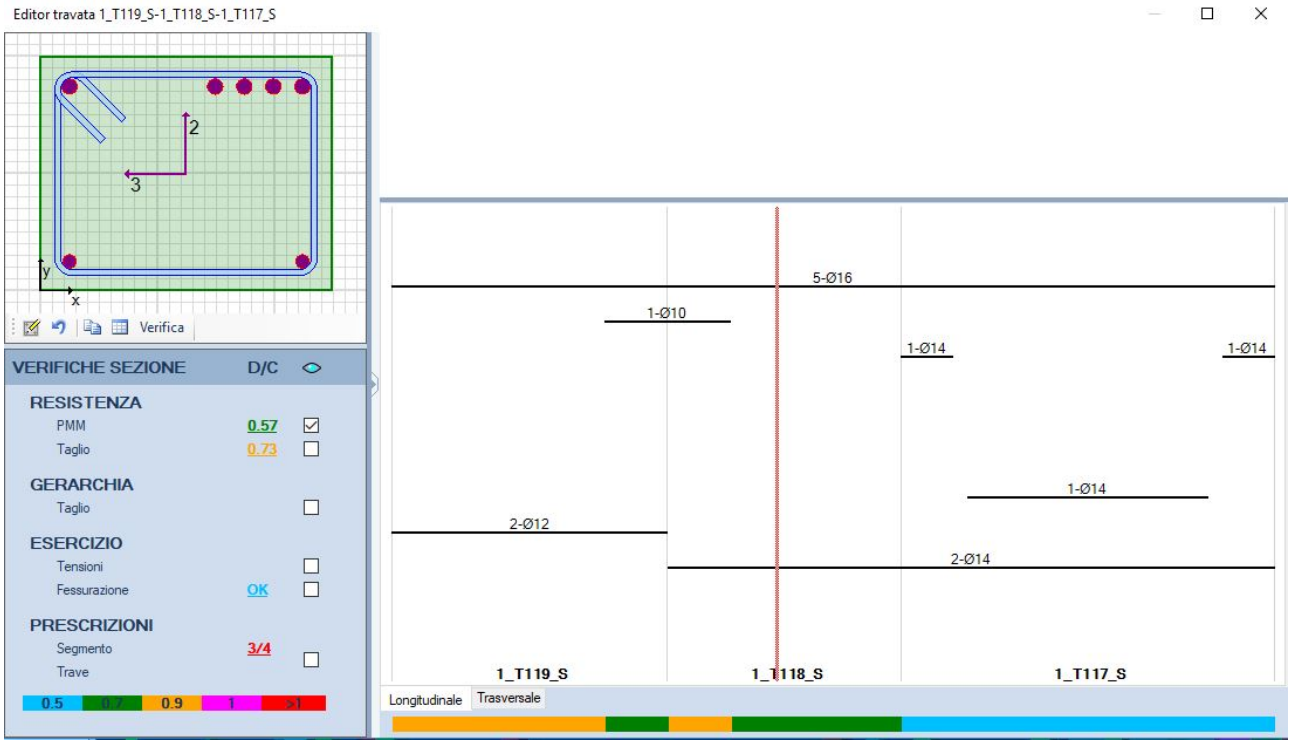
Verifica del rinforzo estradossale delle travi

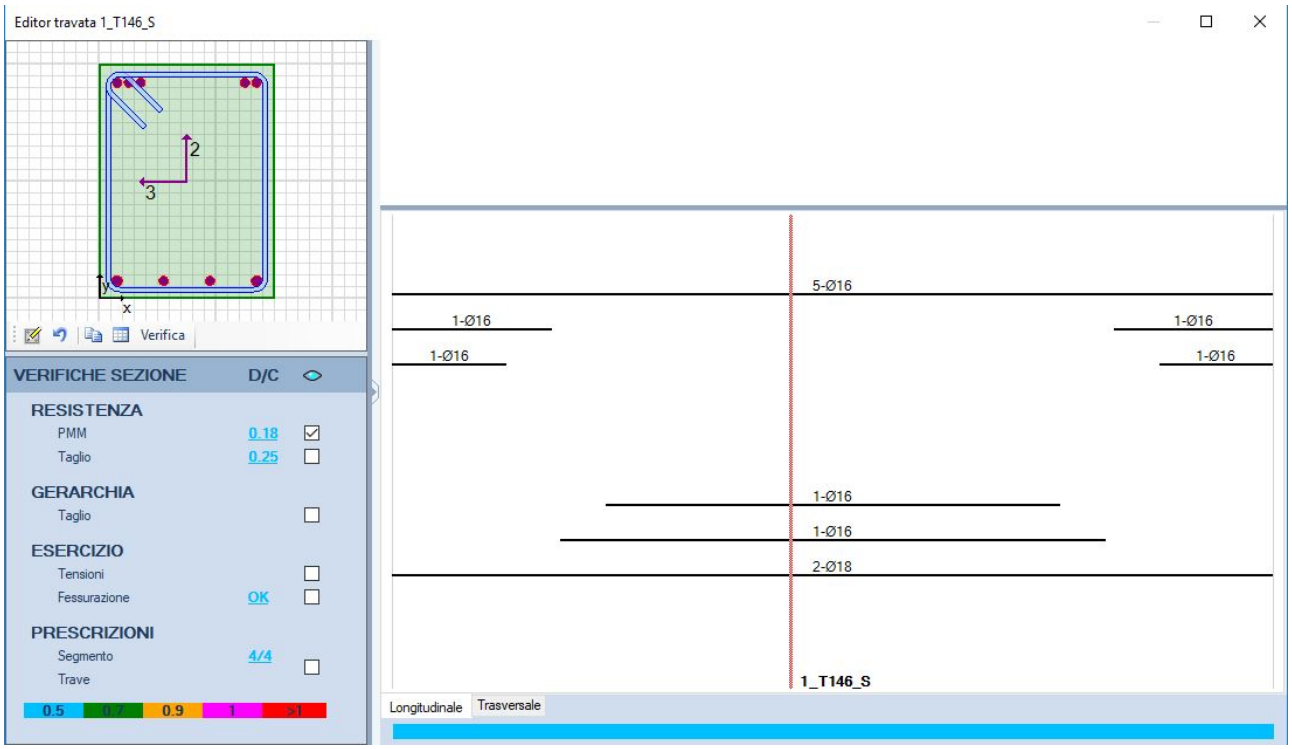
Per incrementare la resistenza flessionale di alcune travi esistenti, fino a soddisfare la richiesta di resistenza alle sollecitazioni calcolate in progetto, è stato previsto un rinforzo all’estradosso, consistente nell’aumento della sezione resistente tramite getto di betoncino e inserimento di armature in acciaio.
I dettagli costruttivi sono riportati nelle tavole grafiche, mentre i risultati sono riassunti nelle schermate che seguono, estratte dal software VIS.

Nello specifico, per la struttura 1 sono previste incamiciature estradossali per le seguenti travi, tutte al livello del sottotetto:

T122, T121, T120, T119, T118, T117: con ringrosso H = 16 cm
T103, T143, T146, T148: con ringrosso H = 8 cm

Si riporta la schermata relativa all’elemento più sollecitato di ciascun gruppo (T118 / T146).





Si dimostra che con il ringrosso della sezione gli elementi sviluppano sufficiente resistenza.

Verifica delle travi in acciaio di rinforzo di alcune travi di copertura di struttura 1

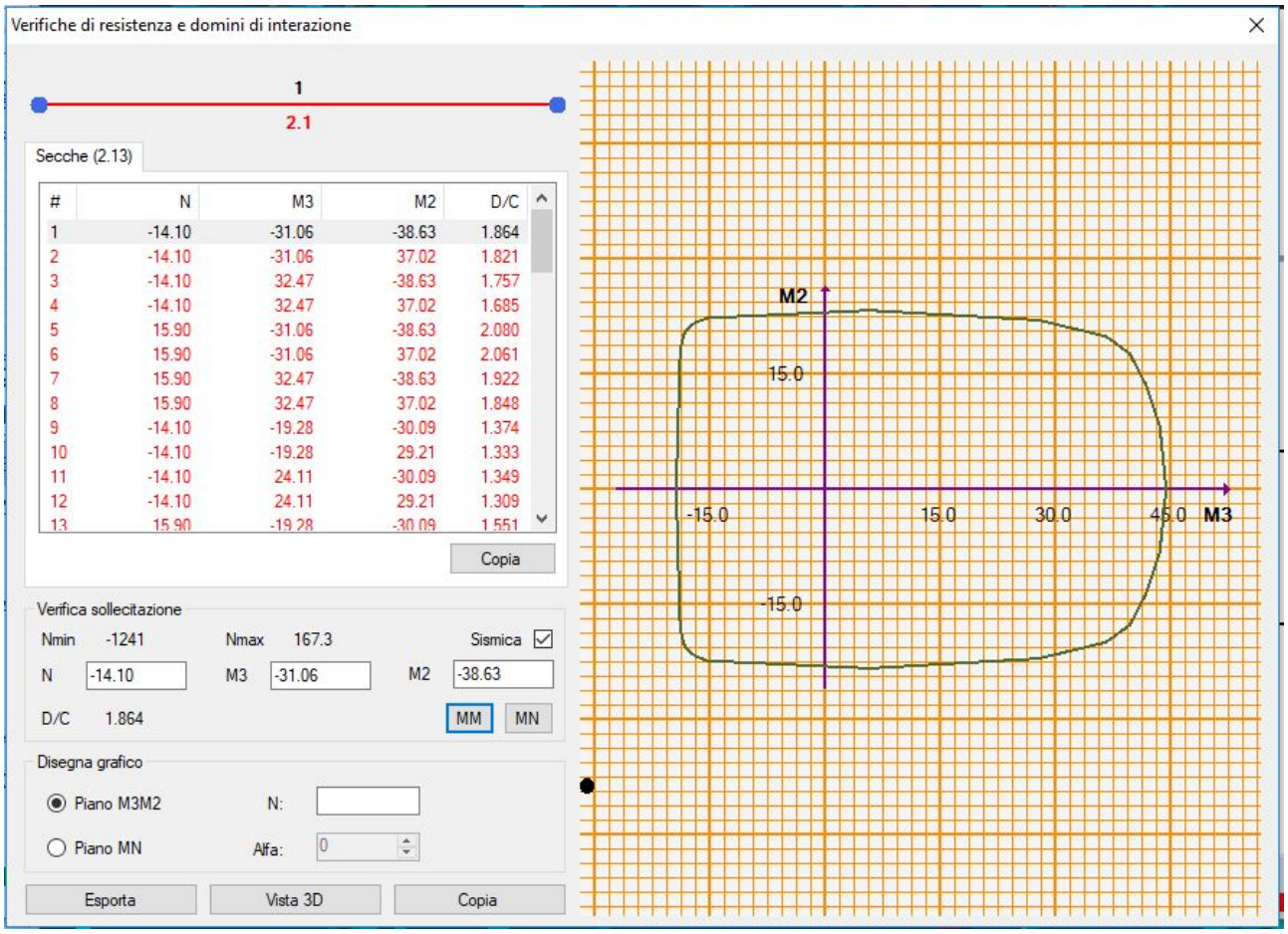
Profilo UNP 160

Si riporta la verifica della resistenza a flessione del profilo metallico previsto per il placcaggio di alcune travi in c.a. esistenti a livello di copertura di struttura 1, al fine di incrementarne la resistenza flessionale esistente nel piano ortogonale a quello di gravità (sul quale si manifestano sollecitazioni in ambito sismico).

Tra gli elementi da rinforzare, quello che manifesta il momento flettente sollecitante maggiore in comb. sismica SLV è la trave T20-19, in cui risulta:

$M_{2,E}$ = 38.6 kNm

L'elemento esistente in c.a. è in grado di sostenere una quota parte del momento flettente agente in direzione 2, pari a circa 23 kNm, come illustrato nel diagramma estratto da VIS:



Pertanto, resta da coprire la quota residua di momento M2 pari a:

$M_{2,UPN,sd}$ = 38.6 - 23 = 15.6 kNm

Profilo tipo UPN 160 S275 (sezione classe 1)

$W_{pl,min}$ = 35.2 cm^3

Momento flettente resistente del profilo singolo:

$M_{c,Rd,SLU} = (W_{pl} \times f_{yk}) / 1.05$ = 9.22 kNm

A profili accoppiati, come da progetto, si ottiene:

$M_{c,Rd,SLU}$ = 2*9.22 = 18.44 kNm > 15.6

La verifica a flessione è soddisfatta.

Verifica della trave di collegamento della pensilina d'ingresso su struttura 1

Profilo IPE 160

Si riporta la verifica della resistenza del profilo metallico previsto per il collegamento tra il pilastro PA2 (a sezione incrementata) e il pilastro P8 di struttura 1, al fine di collegare il primo elemento alla struttura principale, coerentemente con le ipotesi di modello.

Il profilo risulta sollecitato prevalentemente da uno sforzo assiale, dovuto all'azione sismica. Dal modello si ricava:

$|N_{E,max}|$ = 45.75 kN

Profilo tipo IPE 160 S275

sezione classe 1

A = 20.09 cm^2

Trazione resistente della sezione: $N_{pl,Rd} = (A_{tot} \times f_{yk}) / 1.05$ = 526 kN >> 45.75

La verifica a trazione è soddisfatta.

Il collegamento avviene tramite n. 4 bulloni di tipo M16 classe 8.8 per ciascuno dei due lati; dato il valore modesto della sollecitazione in rapporto alla resistenza a trazione del singolo bullone (90.43 kN), si omette la verifica completa.

14. Valutazione delle tamponature perimetrali nei confronti del rischio d'espulsione

La valutazione della situazione allo stato di fatto e la progettazione degli interventi di miglioramento delle tamponature è stata condotta nel contesto del §7.2.3 delle NTC (*criteri di progettazione di elementi non strutturali*), verificando le opere nei confronti dello Stato Limite Ultimo (SLU), rispetto alla condizione SLV.

Poiché non sono disponibili dati d'origine o prove specifiche sui parametri delle murature realizzate in situ, per maggiore cautela si adotta per questi elementi una conoscenza di tipo "Limitata" (ovvero **LC1**) e pertanto il Fattore di Confidenza FC adottato è pari a **1.35**.

Le azioni attese sulle tamponature esterne sono state determinate utilizzando direttamente le formule delle NTC o dell'EC6, inserendo i dati richiesti in fogli di calcolo realizzati appositamente.

Vista la distribuzione delle tamponature esterne, è stata effettuata la verifica sulla situazione più sfavorevole, rappresentata dalle specchiature a livello del piano sottotetto (per via della quota maggiore). Pertanto, tale porzione di parete è schematizzata come appoggiata al piano sottotetto e delimitata sugli altri tre lati dal telaio in c.a. entro cui si inserisce.

Verifiche delle tamponature allo stato di fatto

Materiali degli elementi esistenti:

Le caratteristiche dei blocchi in laterizio esistenti sono ricavate dalla tabella C8.5.I delle NTC e sono riportate nella seguente tabella:

MURATURA DI LATERIZIO		
Resistenza media a compressione (fm,min)	N/mm^2	**5.00**
Resistenza media a taglio (τ_0)	N/mm^2	**0.08**
Modulo elastico normale (Em)	N/mm^2	3500
Modulo elastico tangenziale (Gm)	N/mm^2	875
Peso specifico medio w	kN/m^3	12
$\gamma_{M,sismica}$		2
$f_{d,FC,sismica}$	N/mm^2	**1.85**
$f_{d,FC,sismica,orizzontale}$ (50% di $f_{d,FC,sismica}$ - cfr. CNR DT200 5.2.3)	N/mm^2	**0.92**

Materiali di nuovo impiego:

Le caratteristiche dei materiali di nuovo impiego per gli interventi di miglioramento delle tamponature dovranno rispettare le prescrizioni delle NTC (dove applicabili) e garantire le seguenti caratteristiche minime:

Elementi di rinforzo in materiale composito fibrorinforzato

Tipo materiale:	**G-FRP** (Glass-Fiber Reinforced Polymer)
Costituenti:	fibra di vetro alcalino resistente (AR) Resina termoindurente
Area singola barra	A = 10 mm^2
Numero barre / m	10
Resistenza a trazione min singola barra	f_m = 3500 N
Deformazione a rottura	ε_u = 1.5%
Modulo di elasticità a trazione medio	E_{sm} = 23000 N/mm^2

Malta per intonaco armato:

Tipo:	Malta monocomponente fibrorinforzata
Requisiti	classe minima R2 secondo EN 1504-3:2005 Conforme EN 998-1:2010 e EN 998-2:2010

Tutti i materiali di impiego strutturale dovranno essere sottoposti alle procedure di identificazione, accettazione e qualificazione previste dalle Normative vigenti, in particolare dalla "*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti*", rilasciata dal CSLP nel dicembre 2018.

Calcolo della forza sismica orizzontale F_a

Si illustra nel seguito il caso della fodera muraria di spessore 12 cm e altezza pari a 3.35m, realizzata al piano sottotetto di struttura 1, in quanto rappresentativa delle configurazioni murarie aventi maggiori sollecitazioni attese.

Da quanto si è potuto osservare con alcuni saggi, le murature in questa porzione di struttura sono realizzate a cassavuota in mattoni forati di laterizio, con una fodera lato interno di circa 12 cm e una fodera esterna di spessore di circa 12 cm, con interposta cassavuota. Non è stata rilevata la presenza di reti porta-intonaco.

Pertanto, allo stato di fatto, non si rilevano elementi in grado di assicurare a priori un vincolo atto ad impedire la rotazione fuori piano delle fodere murarie.

Si riporta la verifica allo stato di fatto per la fodera esterna.

Fodera esterna - spessore 12 cm

L'azione sismica sul paramento esterno della tamponatura può essere calcolata come segue:

Calcolo pesi			
l	**4.3**	m	larghezza parete
t	**0.12**	m	spessore parete
h_1	**3.35**	m	altezza parete
densità	**12**	kN/m3	

Si ricava che il peso della specchiatura muraria in oggetto equivale a:
W = 20.7 kN

Il periodo proprio del paramento murario considerato vale:
(si considera uno schema a mensola, da cui la rigidezza $K = 3EI/h^3$)

Periodo Ta		
$E_{m,FC}$	**2592593**	kN/m2
I_m	**0.0006192**	m4
K	1024.81	kN/m
Ta	0.283	s

mentre il primo periodo proprio della costruzione, derivante dall'analisi modale, vale:

Periodo T1 della costruzione

T1	0.614	s

Utilizzando la formulazione 7.2.1 delle NTC si ricava il valore della forza sismica orizzontale, agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale:

$$F_a = \frac{S_a W_a}{q_a} \qquad (7.2.1)$$

in cui

$$S_a = \alpha S \left[\frac{3(1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0{,}5 \right]$$

*Azione su specchiatura - fodera **esterna***

	SLV	
alfa	**0.197**	
S	**1.20**	
Z	**9.30**	m
H	**11.37**	m
Sa	0.880	[]
Wa	20.7	kN
qa	**2**	
Fa	**9.13**	**kN**

Determinazione analitica del rischio di ribaltamento fuori dal piano

Si riportano le verifiche condotte sulla specchiatura precedentemente illustrata.

- **Pressoflessione - piano verticale**

Per poter verificare il comportamento della muratura nei confronti del collasso fuori piano per flessione verticale, si ipotizza l'efficacia del vincolo di base (con schema statico a mensola) e si procede così confrontando i valori di momento sollecitante e resistente sviluppati dal pannello in esame.

<u>Fodera esterna - spessore 12 cm</u>

Al livello di appoggio al piede del pannello agiscono le seguenti azioni:

$M_{sd} = F_a \times h_1 / 2 = 9.13 \times 3.35/2 = 15.29$ kNm

In mancanza di un vincolo sommitale con efficacia certa, per quanto assunto in precedenza, si può utilizzare la formulazione [7.8.2] delle NTC, opportunamente modificata per tenere in conto l'azione fuori dal piano (cfr. par. 7.8.2.2.3).

Il momento resistente vale pertanto:

$N = W_a = 20.7$ kN

$\sigma_0 = N / (l \times t) = 40.2$ kN/m^2

$M_{Rd} = (l \times t^2 \times \sigma_0/2) \times (1 - \sigma_0 / 0.85 f_{d,LC}) = 1.21$ kNm << 15.29 non verificata

Se si facesse invece riferimento al meccanismo ad arco resistente, facendo affidamento sui vincoli di bordo della specchiatura rappresentati dal telaio trave/pilastro

in c.a., allora la verifica avverrebbe confrontando i valori di pressione sollecitante e resistente, secondo la formulazione proposta nel §6.3.2 dell'Eurocodice 6:

L'azione sollecitante per unità di superficie vale:

$q_s = F_a / (l \times h_1) = 0.63$ kN/m^2

La corrispondente resistenza invece, utilizzando i parametri seguenti:

Parametri muratura (tab. C8.5.I)			
fm	5000	kN/m2	
	500	N/cm2	
FC	**1.35**		
gamma,m	**2.00**		
fd,LC	1852	kN/m2	resistenza ortogonale ai corsi
fd,LC,O	926	kN/m2	resistenza parallela ai corsi

$q_{d,V} = 2/3\ (t^2 / h_1^2) \times f_{d,LC} = 1.58$ kN/m^2 > 0.63 verificata

In questo scenario la parete esterna risulterebbe verificata.

- **Pressoflessione - piano orizzontale**

Nel caso della flessione sul piano orizzontale, data la presenza, in aderenza alla muratura, di pilastri in c.a. che svolgono un'azione di contenimento orizzontale della parete, si può ipotizzare un meccanismo resistente ad arco, come sopra descritto.

<u>Fodera esterna - spessore 12 cm</u>

L'azione sollecitante per unità di superficie vale:

$q_s = F_a / (l \times h_1) = 0.63$ kN/m^2

La corrispondente resistenza invece:

$q_{d,O} = 2/3\ (t^2 / l^2) \times f_{d,LC,orizzontale} = 0.48$ kN/m^2 < 0.63 non verificata

Queste verifiche evidenziano che per le specchiature murarie dell'edificio in questione, soprattutto quelle poste a quote superiori e con sviluppo maggiore, la capacità di resistenza, determinabile con l'approccio analitico sopra illustrato, possa essere

insufficiente, nei confronti delle azioni di tipo sismico allo SLV previste dalla normativa vigente.

In termini di prevenzione del rischio di ribaltamento fuori piano delle murature stesse, si ritiene opportuno dunque prevedere specifici interventi di miglioramento dell'efficacia dei vincoli esistenti, consistenti nell'applicazione di reti fibrorinforzate inglobate in un getto di intonaco strutturale (secondo la tecnica del FRCM), come meglio illustrato negli elaborati grafici.

Cantalupa, lì .....

Il progettista delle strutture
(ing. Giuseppe RINALDIS)

_____

Allegati:

- Allegato A: Report delle verifiche alle azioni statiche e sismiche delle strutture allo stato di fatto
- Allegato B: Report delle verifiche allo stato di progetto, immagini e schemi dei modelli, diagrammi degli inviluppi delle sollecitazioni e degli spostamenti
- Allegato C: Dati e verifiche per il dimensionamento dei setti antisismici