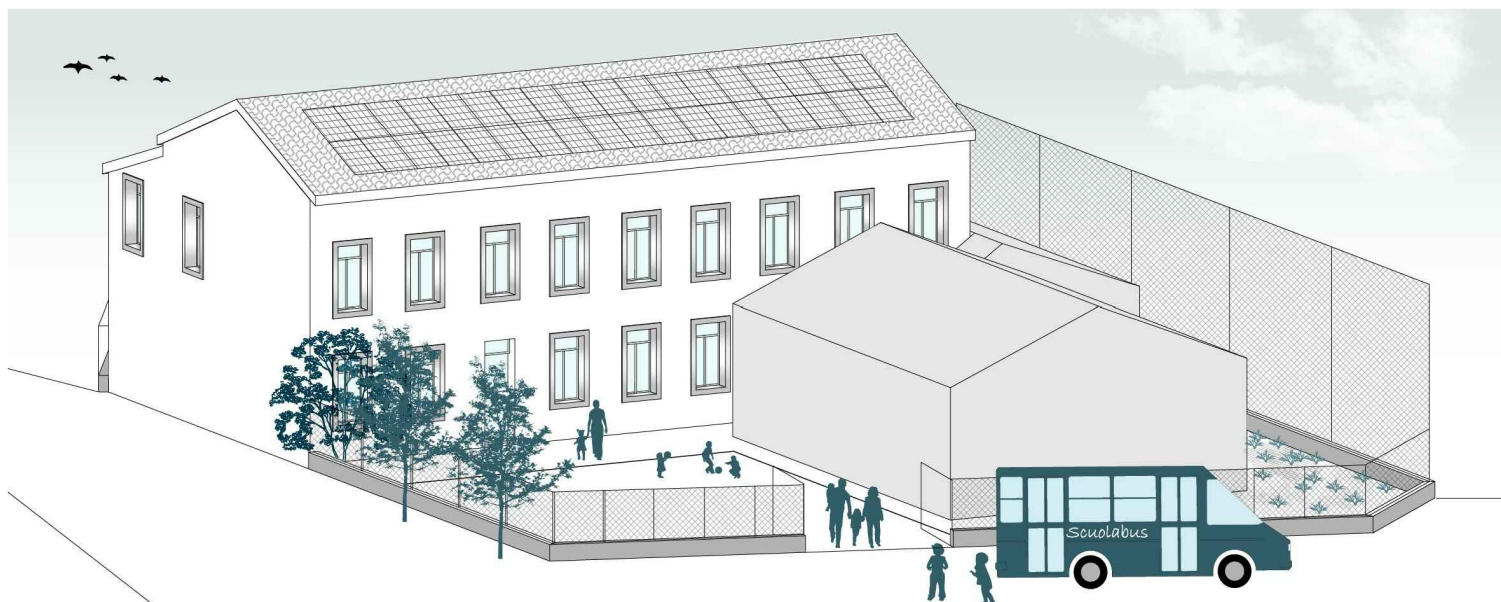




REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA
COMUNE DI PIETRAGALLA

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELL'EDIFICIO SCOLASTICO 0760600278
DELLA FRAZIONE DI LOLLA



SINDACO
Paolo Cillis

RUP
Ing. Maria Carmela IACOVERA

COMMITTENTE
Comune di Pietragalla
Via Cadorna 6, 85016
Pietragalla (PZ)

PROGETTISTA
Arch. Mariangela Coviello

CONSULENTE ALLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE
Ing. Diego Fabrizio

COORDINATORE ALLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Ing. Francesco Rocco Abruzzese

ELABORATO:

Relazione specialistica delle opere strutturali, relazione geotecnica e dei materiali

DATA: MAGGIO 2021

CODICE: PDE-RE-02

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA ATTRAVERSO IL MIGLIORAMENTO SISMICO DELLE STRUTTURE DELL'EDIFICIO SCOLASTICO 0760600278 DI LOLLA _PIETRAGALLA (PZ)_

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA STRUTTURE, GEOTECNICA, DEI MATERIALI E DELLA VULNERABILITA'

Sommario

1.	Premessa.....	2
2.	Illustrazione delle strutture allo stato di fatto, della vulnerabilità, del danno, dei criteri di verifica, delle azioni, degli interventi e dell'indice di rischio allo stato di progetto.....	5
3.	Normativa di riferimento.....	55
4.	Materiali impiegati nella costruzione.....	57
5.	Fondazione e modello geotecnico.....	64
6.	Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità.....	64

1. Premessa

La presente relazione specialistica su strutture, geotecnica, materiali e vulnerabilità illustra e giustifica nel dettaglio le soluzioni tecniche adoperate nell'intervento di miglioramento sismico dell'edificio scolastico 0760600278 che ospita la scuola primaria di località Lolla di Pietragalla (PZ). Il fabbricato in muratura portante si sviluppa su due livelli collegati per mezzo di due vani scala disposti all'interno (manufatto in c.a.) ed all'esterno (scala di emergenza in acciaio giuntata e non interagente con l'edificio) e presenta un'impronta in pianta di circa 255 mq; in adiacenza all'edificio scolastico, ma opportunamente distanziato con giunto tecnico, è presente un manufatto di recente costruzione che ospita la palestra; l'edificio nel complesso mostra un degrado nelle rifiniture più evidente in esterno, in particolare per gli intonaci delle pareti maggiormente esposte alle intemperie, meno pronunciato all'interno anche se si denotano componenti edilizie abbastanza datate. Nella presente relazione vengono descritte le tipologie strutturali, gli schemi e i modelli di calcolo utilizzati nelle verifiche di esecutivo, viene individuata l'azione sismica considerando le condizioni stratigrafiche e topografiche per portare in conto le amplificazioni di sito e di posizione, vengono descritti i criteri per soddisfare i requisiti di sicurezza previsti dalle norme tecniche vigenti, viene illustrato lo stato di fatto dell'edificio in rapporto alle indagini condotte in sito sui materiali, sui dissesti, sulla presenza delle principali vulnerabilità strutturali, vengono illustrate tutte le problematiche riscontrate ed esaminate, si riportano tutte le verifiche analitiche di calcolo e le soluzioni esecutive adottate. Nel presente progetto, in linea con quanto specificato nel punto 8.4.2 dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche del DM 17/01/2018 (G.U. n. 42 del 20/02/2018) e trattandosi di miglioramento sismico per costruzioni in classe III ad uso scolastico, si predisporranno interventi di miglioramento tali da garantire un indice di rischio (inteso come rapporto tra capacità e domanda sismica) $z_e \geq 0,60$ (maggiore o uguale a 0,60); in particolare con le somme disponibili pari a € 316.810,49 per i lavori (strutturali e di rifinitura) le opere che si possono realizzare consentono di raggiungere allo stato limite di vita un indice di rischio $z_e = 0,67$ (sisma con tempo di ritorno di 253 anni); si tratta di un incremento significativo (+ 105,00 % rispetto allo stato di fatto) della capacità resistente del fabbricato che allo stato di fatto è pari a $z_e = 0,326$ (sisma con tempo di ritorno di 50 anni).

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ζ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno $\zeta_E = 1,0$.

Gli interventi strutturali che hanno consentito il soddisfacimento dei requisiti normativi prima specificati hanno riguardato:

-) inserimento di una nuova trave di fondazione in cemento armato (sezione 80 x 80 cmq) necessaria per poter introdurre una nuova muratura di spina in muratura armata;

-) inserimento al piano terra ed al primo piano di una nuova parete di spina realizzata adoperando la tecnica della muratura armata con blocchi in laterizio semipieni ed armature diffuse in verticale f20 mm in cinque posizioni ed armature orizzontali diffuse f16 mm ogni due file di blocchi in laterizio; la nuova muratura armata è opportunamente innestata mediante cuciture armate innestate nelle murature esistenti con resina epossidica;
-) rinforzo delle murature esistenti mediante il sistema CAM (cuciture attive dei manufatti) che consiste nell'impacchettamento delle murature per mezzo di nastri di acciaio inox pretesi a formare dei reticoli spaziali di confinamento;
-) rinforzo di alcune porzioni murarie per mezzo di un sistema composito CRM realizzato con rete in GFRP disposta sulle due facce del paramento murario collegata per mezzo di connettori passanti in GFRP; il betoncino ricoprente di piccolo spessore viene realizzato mediante malta calce _ cemento strutturale con maggiore traspirabilità rispetto al classico betoncino di cemento;
-) realizzazione di cordolature in cemento armato in corrispondenza delle intersezioni tra i solai del piano primo e del sottotetto e la nuova muratura armata di spina.

Per quanto attiene la metodologia di calcolo si è adoperato il seguente procedimento operativo:

- a) costruzione del modello di calcolo dello stato di fatto a cui si è applicato un sisma di progetto variabile in funzione del tempo di ritorno " T_r " procedendo con le verifiche strutturali sino ad individuare quel tempo di ritorno caratterizzato da un sisma rispetto al quale la verifica strutturale del modello non è soddisfatta; in tal modo si è individuato la capacità sismica del fabbricato allo stato di fatto;
- b) costruzione del modello di calcolo dello stato di progetto in cui vengono inseriti i nuovi elementi strutturali ed i rinforzi delle strutture esistenti e detto modello viene sottoposto ad un sisma con input crescente incrementando il tempo di ritorno del terremoto di progetto sino ad individuare il raggiungimento dello scenario di stato limite di salvaguardia della vita; in tal modo viene individuata e certificata la capacità sismica dell'edificio allo stato futuro.

Nella presente relazione viene illustrata l'analisi di vulnerabilità della struttura nello stato di fatto da cui si ricava che l'attuale indice di rischio della struttura è " $z_e = 0,326$ " ovvero che la struttura resiste ad un terremoto di progetto caratterizzato da $a_g/g = 0,0629$ (tempo di ritorno $T_r = 50$ anni) pari al 32,6% dell'accelerazione di picco del sito $a_{g\text{ picco}}/g = 0,1927$; si dimostra che con il progetto di miglioramento sismico si ottiene allo stato futuro un indice di rischio sismico " $z_e = 0,670$ " caratterizzato da $a_g/g = 0,1291$ e da un terremoto con tempo di ritorno di 253 anni.

Sintesi prestazioni di progetto e parametri:

-) Pericolosità sismica di base: $a_{g\text{ picco}}/g = 0,1927$ è l'accelerazione di picco al suolo nel sito in cui sorge la scuola calcolata come media ponderata dei quattro punti del reticolo sismico in cui ricade l'edificio scolastico (reticolo di riferimento della tabella 1 allegato B delle NTC 08);
-) Livello di conoscenza LC2_fattore di confidenza: 1,20

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

-) *Indice di rischio della struttura stato di fatto: $z_e = 0,326$* la struttura resiste ad un terremoto di progetto caratterizzato da $a_g/g=0,0629$ (tempo di ritorno $T_r= 50$ anni) pari al 32.6 % dell'accelerazione di picco del sito;

-) *Indice di rischio della struttura stato di progetto (edificio migliorato): $z_e = 0,670$* la struttura resiste ad un terremoto di progetto caratterizzato da $a_g/g=0,1291$ (tempo di ritorno $T_r= 253$ anni) pari al 67,0% dell'accelerazione di picco del sito.

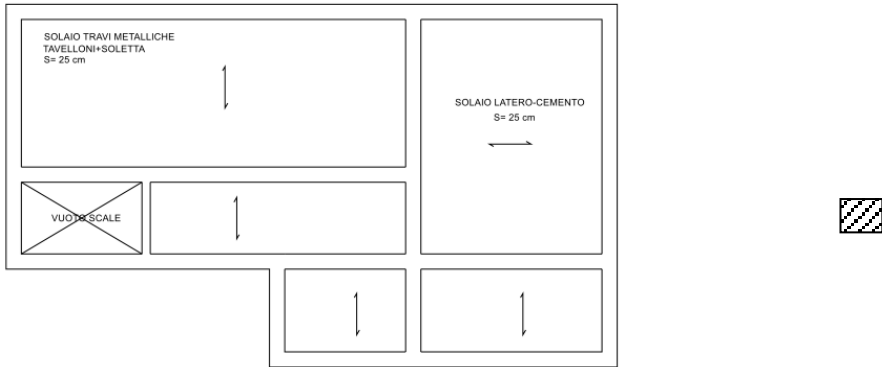
2. Illustrazione delle strutture allo stato di fatto, della vulnerabilità, del danno, dei criteri di verifica, delle azioni, degli interventi e dell'indice di rischio allo stato di progetto

Descrizione delle strutture allo stato di fatto, del contesto, analisi della vulnerabilità

Le strutture del presente progetto esecutivo di miglioramento sismico sono relative all'edificio che ospita la scuola primaria di Lolla; si tratta di un edificio in muratura portante, su un'impronta complessiva di circa 255 mq, che si sviluppa su due livelli e presenta una copertura a falde inclinate; sono presenti due vani scala: uno interno in latero-cemento ed uno in acciaio disposto all'esterno dell'edificio di costruzione più recente che risulta opportunamente distanziato e dunque strutturalmente indipendente rispetto alla scuola. Al piano terra sono presenti due aule, la mensa, i servizi igienici e i locali tecnici, mentre al piano primo sono presenti aule e servizi. La muratura, dello spessore di 55 cm, è riconducibile al tipo "Murature di pietra a spacco con buona tessitura", secondo le ultime indagini commissionate dall'Amministrazione Comunale di Pietragalla ed eseguite dal laboratorio "BRAINSTORMERS S.R.L.". L'altezza dell'edificio fuori terra è di circa mt. 10,30 (colmo), l'altezza netta del primo livello è di mt 3,30 mentre quella del secondo è di mt. 3,20 ad eccezione della zona servizi che risulta essere di mt. 2,40. Gli impalcati dei piani presentano orditure differenti a seconda degli ambienti come specificato graficamente nelle figure seguenti e si caratterizzano per uno spessore strutturale di 25 cm; il grande vano che ospita le due aule al piano primo si caratterizza per un solaio in acciaio e tavelloni mentre gli altri sono latero-cementizi.

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

STATO DI FATTO
CARPENTERIA IMPALCATO N.1



STATO DI FATTO
CARPENTERIA IMPALCATO N.2_sottotetto_

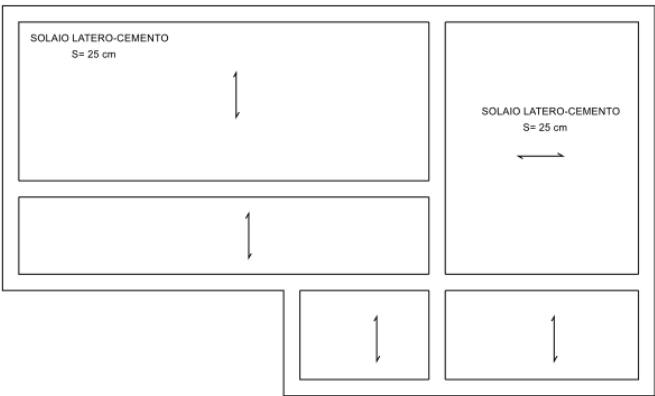


fig.1: carpenterie del primo e secondo impalcato

La copertura, di cui non si aveva alcun rilievo, è stata oggetto di rilievo di dettaglio attraverso l'accesso; a seguire si riportano i disegni esplicativi ed alcune foto.

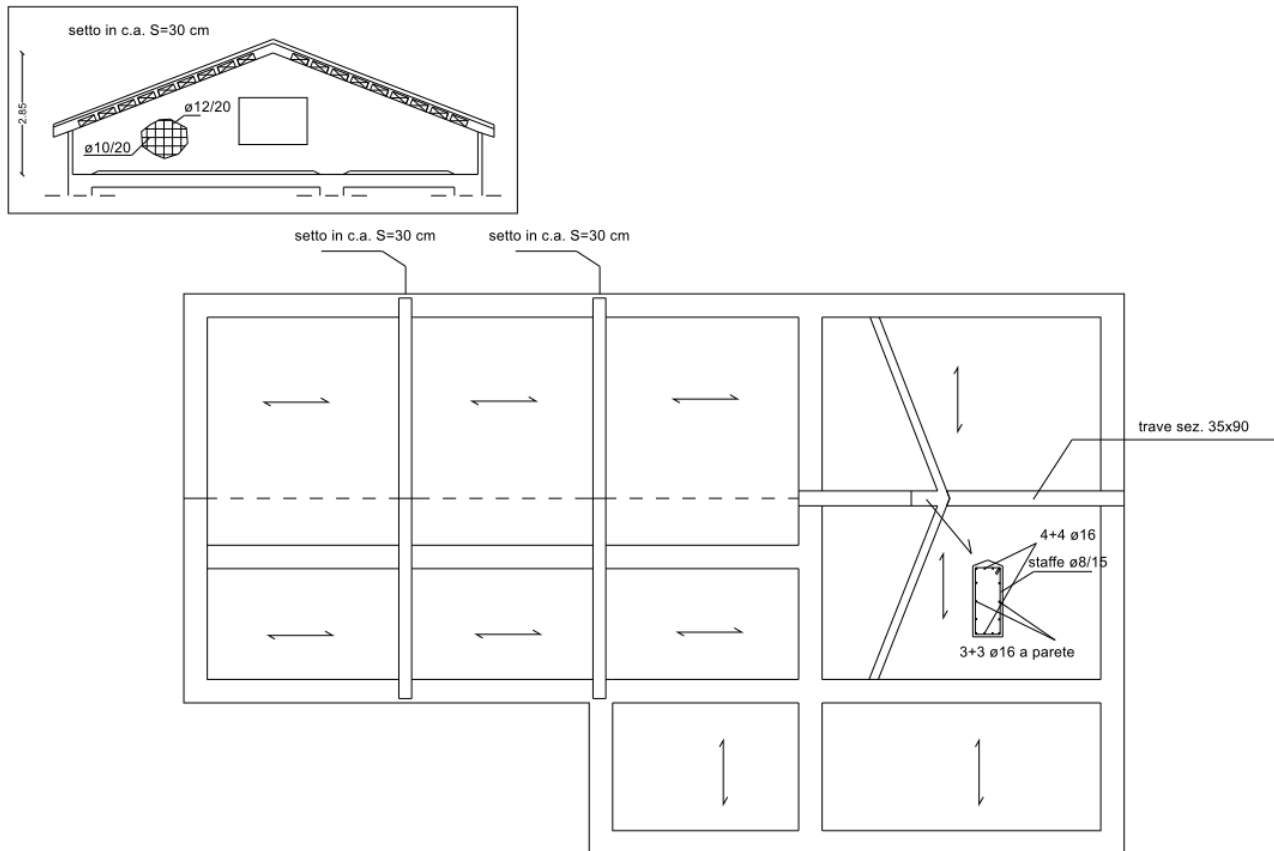


fig.2: carpenterie della copertura



fig.3: setto in cemento armato e orditura del solaio di copertura



fig.4: dettaglio di appoggio del setto in cemento armato a sostegno della copertura

In linea con quanto riportato nelle foto e nel disegno della carpenteria di copertura è emerso che una parte preponderante della copertura è ordita nel lato lungo del fabbricato poggiando su due quinte murarie e su due quinte intermedie in cemento armato realizzate con spessori di 30 cm; queste ultime sono disposte in tre posizioni sulle murature sottostanti come si può notare nel dettaglio della figura 4 e nel disegno del dettaglio della quinta in c.a. in fig. 2; nei setti in cemento armato sono presenti delle aperture quadrate dai cui è possibile accedere da un vano a quello successivo; anche la quinta interna in muratura muraria presenta un varco simile che sarà oggetto di chiusura a cucchiaini

scuci. A seguire, dopo la quinta interna in muratura, il solaio subisce un'inversione di orditura poggiando sulle gronde e su una trave in c.a. innestata sulle murature (sez. 35x90 cmq) e posizionata lungo la linea di colmo. Il dettaglio degli appoggi dei setti e delle orditure delle coperture è stato modellato in modo puntuale nel calcolo al fine di descrivere in modo corretto la trasmissione delle azioni e verificare le sollecitazioni in determinate contenute porzioni murarie. L'edificio mostra alcuni segnali di danno, in particolare nei prospetti esterni particolarmente esposti alle intemperie, mentre sono poco significativi e meno pronunciati i segni interni di degrado; sicuramente va rimarcata la necessità del rifacimento dell'intonaco in esterno ed interno per la presenza di zone fortemente deteriorate con efflorescenze; è evidente che la sostituzione dell'elemento di rifinitura contribuisce in modo significativo al prolungamento della vita utile dell'opera agendo come deterrente rispetto al degrado degli elementi strutturali. All'interno dell'edificio si segnalano solo dei quadri fessurativi superficiali poco pronunciati che interessano alcune murature ed un campo di solaio del locale inverter dell'impianto fotovoltaico.

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)



fig.5: immagini dello stato di fatto in interno ed all'esterno dell'edificio scolastico

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)



fig.6: sezioni longitudinale e trasversale dello stato di fatto

L'edificio di che trattasi rientra in un sistema aggregato sparso di edifici per civile abitazione; si colloca in posizione tutto sommato baricentrica rispetto ai diversi nuclei circostanti per i quali ha rappresentato e rappresenta un elemento di aggregazione.



fig.7: localizzazione della scuola rispetto al contesto

Nell'ambito di un'analisi di vulnerabilità condotta in passato, dalla Relazione Geologica agli atti messa a disposizione dall'amministrazione comunale di Pietragalla è emerso, ai fini della sismicità, che dalle risultanze di una prova MASW il sottosuolo in esame si può associare ad un **terreno tipo C** con i relativi coefficienti sismici amplificativi contenuti per detto terreno nelle Norme Tecniche Vigenti (NTC2018); si rimanda per approfondimenti alla Relazione Geologica redatta nell'ambito della verifica di vulnerabilità sismica nel marzo 2019 agli atti dell'Amministrazione Comunale.

Nella progettazione dell'intervento di miglioramento si è partiti dalla necessità di indagare la struttura esistente attraverso la geometria degli elementi strutturali, la quantificazione e la disposizione delle orditure dei solai, la qualità dei materiali strutturali, le caratteristiche delle murature portanti e la definizione di eventuali fenomeni di amplificazione sismica locale. Con tale finalità si è proceduto a:

-) acquisizione di eventuali documenti progettuali originali;
-) sopralluoghi in sito con misurazione degli elementi strutturali.

Di particolare rilievo, ai fini della ricostruzione della qualità delle strutture, risulta **l'indagine predisposta dall'Amministrazione Comunale ed affidata alla Brainstormers con sede in Potenza che nel marzo del 2019 ha indagato il fabbricato attraverso:**

-) *n. 1 prova con martinetto doppio;*
-) *n. 1 prova penetrometrica su malta;*
-) *n. 5 saggi sulla muratura.*

Attrezzatura di prova:

MARTINETTI PIATTI: martinetti prodotti dalla Boviari srl, costituiti da lamierino in acciaio ad elevata deformabilità di forma semicircolare allungata, con le seguenti caratteristiche:

superficie: 775.06 cm²

spessore: 4.1 mm

diametro: 35.0 cm

massima profondità d'installazione: 25.9 cm

Attrezzatura per il taglio e sistema di misurazione:

Il taglio viene effettuato con una mototroncatrice a trasmissione eccentrica modello PARTNER K950-Ring con motore a scoppio dotata di disco diamantato di diametro pari a 350 mm capace di effettuare tagli della profondità di 260 mm e spessore di 5 mm. Le misure di convergenza vengono eseguite da un estensimetro meccanico rimovibile modello DEMEC di tipo analogico con precisione bimillesimale, ed una serie di basi di misura di lunghezza pari a 200 mm, realizzate mediante l'incollaggio sulla muratura di piastrine in acciaio invar del diametro di 5 mm.

Sistema idraulico di messa in carico

Per la messa in pressione dei martinetti è stata utilizzata una pompa a mano del tipo GLOTZL modello M2H16 dotata di due manometri tarati del tipo WIKA ad alta precisione KI. 0.6 con fondo scala (15 e 60 bar).

La prova con martinetti piatti è stata disposta in un punto rappresentativo della struttura in una muratura di prospetto al piano terra; nella stessa posizione si è proceduto con una prova sclerometrica sulla malta.

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

I saggi hanno riguardato cinque posizioni (n. 3 al piano terra e n. 2 al primo livello) in incroci murari per verificarne la qualità; a seguire la planimetria con il posizionamento dei saggi e delle prove.

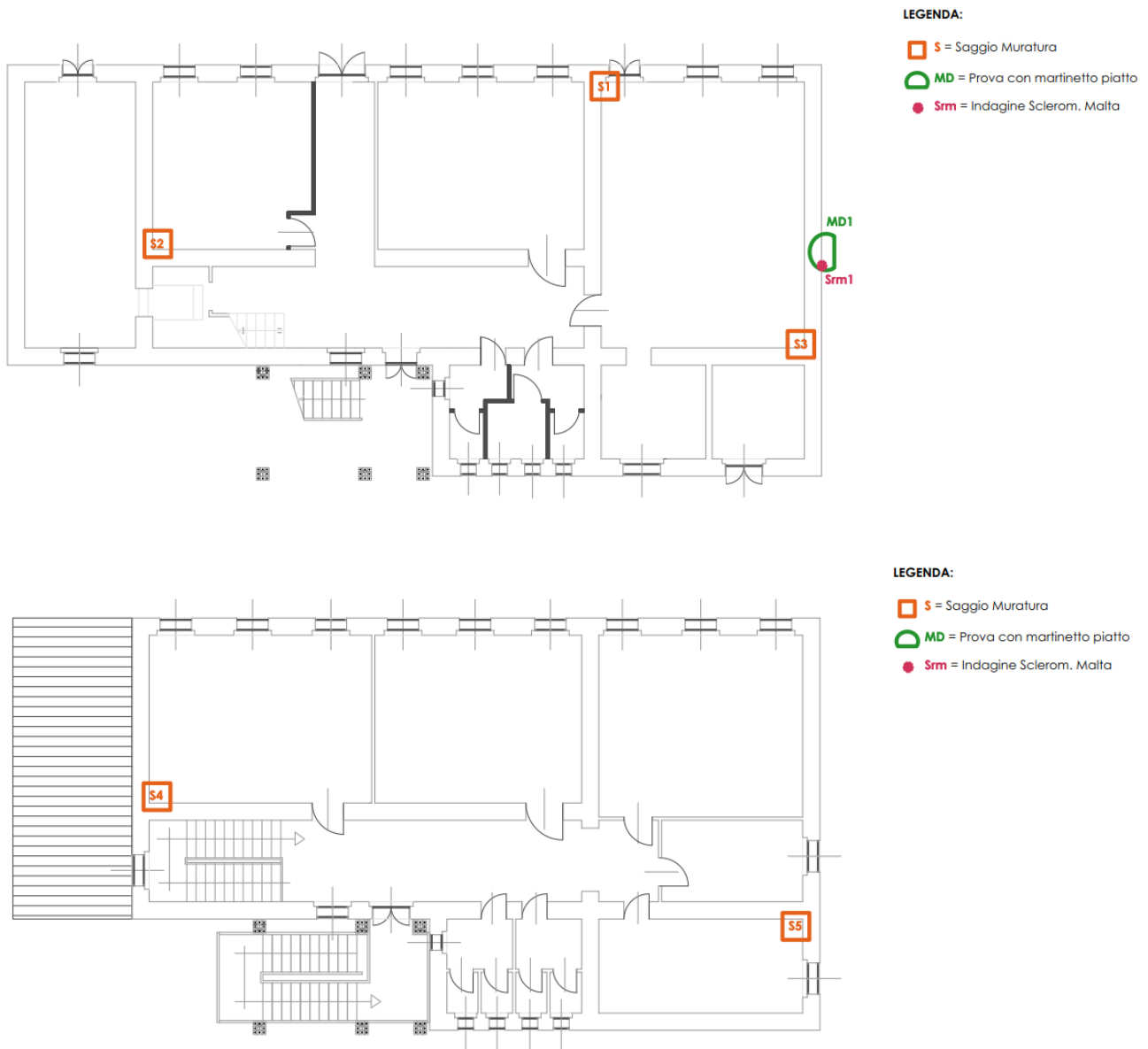


fig.8: localizzazione di saggi e prove svolti nella campagna di indagine

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)



fig.9: evidenza dei saggi e delle prove svolte nella campagna di indagine

I saggi mostrano che il collegamento negli angoli delle murature appare non adeguato a causa di vuoti, discontinuità e rattoppi non ben ingranati.

Prova con martinetto

Modulo di elasticità normale (MPa)		Resistenza a compressione (MPa)	Modulo di elasticità tangenziale (MPa)		Resistenza a taglio (MPa)
1° ciclo	2° ciclo	3.06	1° ciclo	2° ciclo	0.068
2541	2753		847	918	

Prove penetrometriche su malta

w_m	Dev. Std	f_c (MPa)	Class. DM 87	Class. NTC 2018
0.97	0.33	4.59	M4	M 2.5

fig.10: sintesi delle caratteristiche meccaniche delle murature

Nel complesso la muratura si può caratterizzare dal punto di vista meccanico come "muratura di pietra a spacco con buona tessitura"; la campagna d'indagine, il rilievo geometrico esteso anche al sottotetto/copertura e le informazioni riscontrabili dai documenti messia disposizione dall'Amministrazione Comunale consentono di raggiungere un livello di conoscenza LC2 a cui corrisponde un fattore di confidenza pari a 1,20; in pratica nelle verifiche strutturali i valori di resistenza della tipologia muraria così come caratterizzata sarà ridotto in virtù del livello di conoscenza LC2 dividendolo per il corrispondente fattore di confidenza; va inoltre specificato che questi valori di resistenza saranno ulteriormente ridotti del coefficiente g_m pari a 2,50 nelle combinazioni statiche e 2,00 in quelle dinamiche secondo quanto riportato dalle NTC2018.

-) Livello di conoscenza LC2

-) Fattore di confidenza 1,20

Le indicazioni sui materiali vengono recepite nel modello di calcolo strutturale nella fase di post-processore MasterMuri di AMV software in un'apposita scheda di verifica; nel fascicolo di calcolo relativo alla verifica dei maschi murari nella prima pagina delle verifiche vengono riportati i valori adottati.

In ordine all'analisi storico-critica sono disponibili i seguenti documenti tecnici:

-) Riparazione LR 36/78 _anno 1980_

-) Riattamento L. 219/1981 _anno 1981_

-) Ristrutturazione L. 219/1981 _anno 1983_

-) Analisi di vulnerabilità dell'edificio e relative indagini (strutturali e geologiche) _marzo 2019_

-) *Analisi della Vulnerabilità*

Dopo aver proceduto all'acquisizione di tutte le informazioni di natura strutturale si è proceduto all'individuazione delle vulnerabilità principali partendo da una lettura della geometria dell'edificio; la correzione di queste vulnerabilità ha rappresentato il primo tassello per definire l'intervento di ripristino con miglioramento sismico. Gli elementi di vulnerabilità strutturale emersi dalla campagna d'indagine e dall'analisi dei dettagli costruttivi rilevati in sito integrata da verifiche numeriche su schemi semplificati (analisi speditiva) consentono di stabilire quanto segue:

- a) i collegamenti negli incroci delle murature sono solo in parte efficaci per la presenza di qualche vuoto e/o disconnessione tra i blocchi di pietra;
- b) il collegamento a quota di impalcato risulta anch'esso poco efficace, in particolare al primo impalcato;
- c) la distribuzione delle murature sismo-resistenti (muri portanti e di spina) non è regolare lungo l'edificio; in particolare si riscontra una criticità significativa nel blocco aule (si veda fig.11) dove la distanza tra due murature di spina consecutive raggiunge quasi 14 metri.

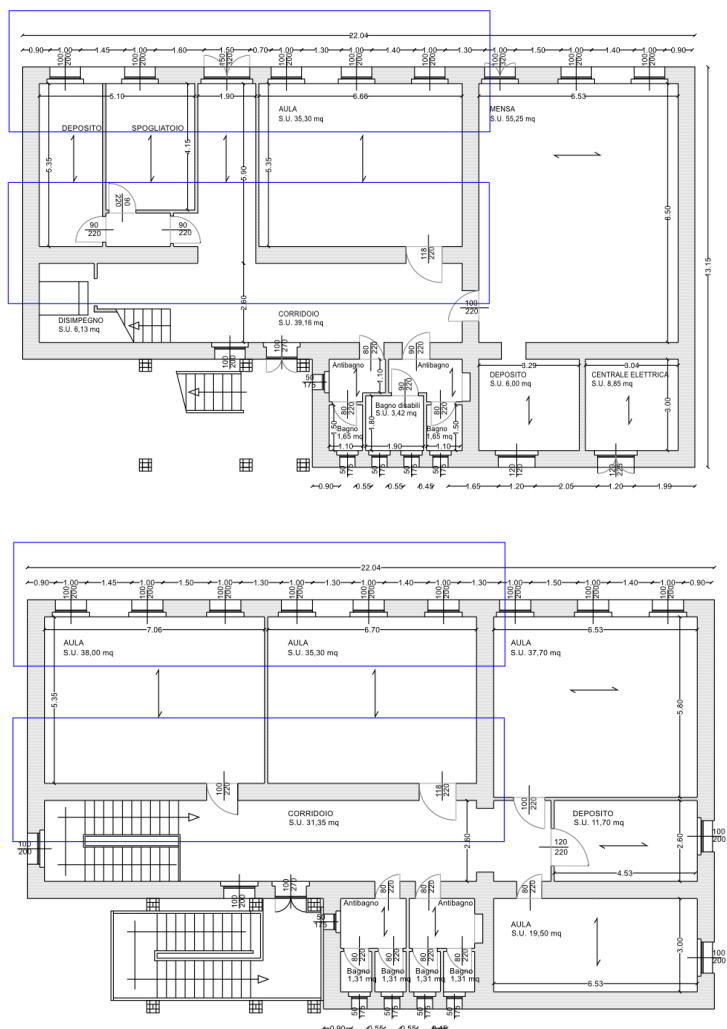


fig.11: vulnerabilità grave dell'edificio allo stato di fatto

Tra le note positive rientra la qualità della muratura e la resistenza residua della malta tutto sommato accettabili.

L'eccessiva distanza tra le murature di spina, unita alla ridotta capacità di vincolo esercitata a quota di impalcato e negli angoli tra i pannelli murari, favorisce la comparsa di pericolosi cinematismi locali di facciata in genere attivati da moltiplicatori sismici inferiori rispetto a quelli che sviluppano collasso della struttura; in particolare, tra questi cinematismi, la comparsa dell'effetto arco orizzontale può favorire il collasso prematuro della parete.

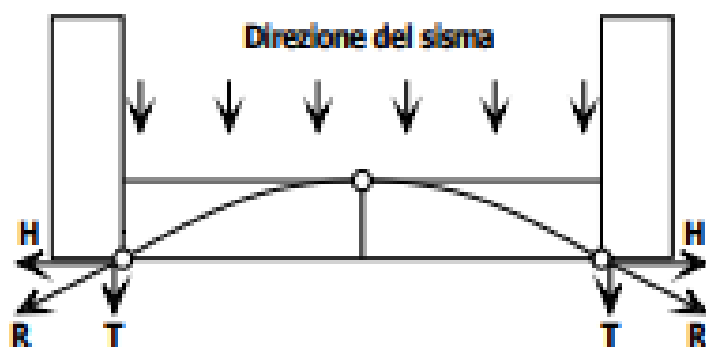


fig.12: meccanismo di formazione dell'effetto arco orizzontale

In effetti, anche se in maniera meno pronunciata, anche la parete perimetrale che delimita al piano terra il blocco della mensa ed al piano primo un'aula didattica ed il deposito in cui sono anche alloggiati gli inverter, caratterizzata per luci nette di 8,50 mt, può presentare la stessa criticità delle pareti di figura 11.

Nella verifica di vulnerabilità allo stato di fatto, nel seguito riportata, la modellazione con elementi bidimensionali consente di cogliere in maniera puntuale l'effetto di spanciamento delle pareti senza dover ricorrere a verifiche di cinematismi locali in genere caratterizzate da approcci molto cautelativi e talvolta eccessivamente pessimistici.

Alla luce di quanto esposto si riportano gli interventi di consolidamento previsti finalizzati sia alla correzione della vulnerabilità strutturale sia al rinforzo per raggiungere il livello di sicurezza in precedenza riportato.

Interventi di miglioramento previsti:

- 1) inserimento di una nuova trave di fondazione in cemento armato (sezione 80 x 80 cmq) necessaria per poter introdurre una nuova muratura di spina in muratura armata;
- 2) inserimento al piano terra ed al primo piano di una nuova parete di spina realizzata adoperando la tecnica della muratura armata con blocchi in laterizio semipieni ed armature diffuse in verticale f20 mm in cinque posizioni ed armature orizzontali diffuse f16 mm ogni due file di blocchi in laterizio; la nuova muratura armata è opportunamente innestata mediante cuciture armate innestate nelle murature esistenti con resina epossidica e serve a evitare cinematismi di facciata;
- 3) rinforzo delle murature esistenti mediante il sistema CAM (cuciture attive dei manufatti) che consiste nell'impacchettamento delle murature per mezzo di nastri di acciaio inox pretesi a formare dei reticoli spaziali di confinamento; il rinforzo in CAM assume sia la funzione di rinforzo per i maschi murari in deficit di resistenza sia per consentire un adeguato collegamento tra muratura e solaio a quota di impalcato per mezzo dei reticoli previsti;
- 4) rinforzo di alcune porzioni murarie per mezzo di un sistema composito CRM realizzato con rete in GFRP disposta sulle due facce del paramento murario collegata per mezzo di connettori passanti in GFRP; il betoncino ricoprente di piccolo spessore viene realizzato mediante malta calce _ cemento strutturale con maggiore traspirabilità rispetto al classico betoncino di cemento; nelle fasce previste si è optato per questa soluzione sia per rinforzare le murature sia per garantire un ingranamento

efficace tra la nuova muratura armata e le murature esistenti; anche in copertura si dovrà procedere con un cuci/scuci per richiudere il varco presente in una quinta muraria;

5) realizzazione di cordolature in cemento armato in corrispondenza delle intersezioni tra i solai del piano primo e del sottotetto e la nuova muratura armata di spina.

In definitiva gli interventi previsti mirano a far acquisire al fabbricato un comportamento d'insieme di tipo globale sopperendo con le cuciture negli angoli e sulla linea degli impalcati alle carenze di collegamento tra elementi strutturali; l'inserimento della muratura armata che limita la luce libera delle pareti rappresentate in fig. 11 da 14,00 mt a 7,00 mt non solo bilancia ed impedisce il cinematismo di facciata ma al contempo riquadra l'assetto murario migliorando il modo di vibrare della struttura che diventa più regolare e compatta. Tra gli interventi si prevede anche l'inserimento di sistemi di antisfondellamento del solaio localizzato in posizioni critiche nelle quali si sono individuate lesioni più o meno pronunciate. A seguire si riportano le immagini rappresentative degli interventi previsti:

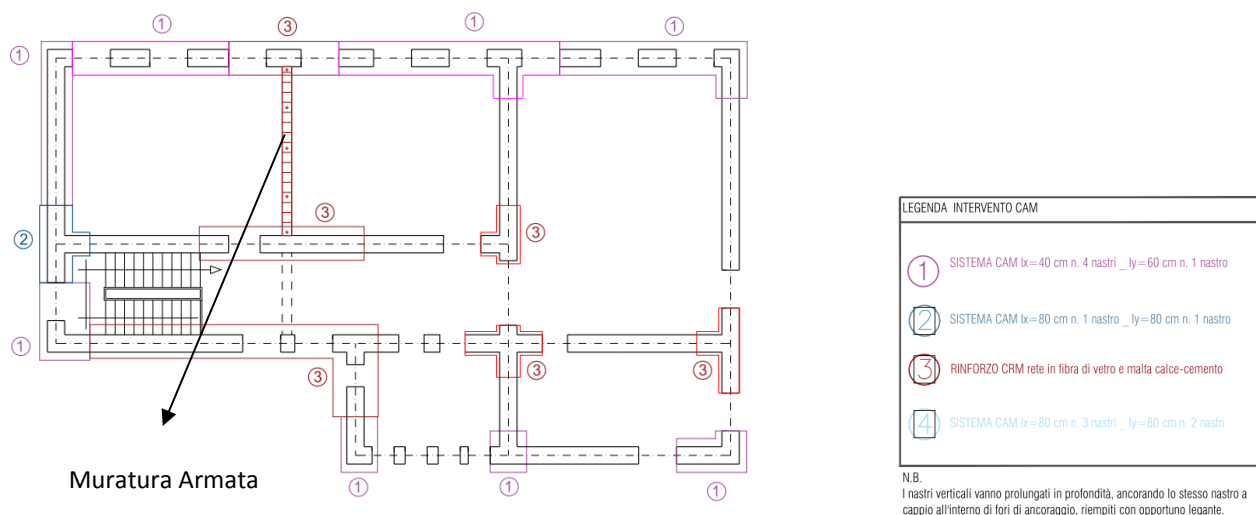


fig.13: tavola degli interventi strutturali

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza)_consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

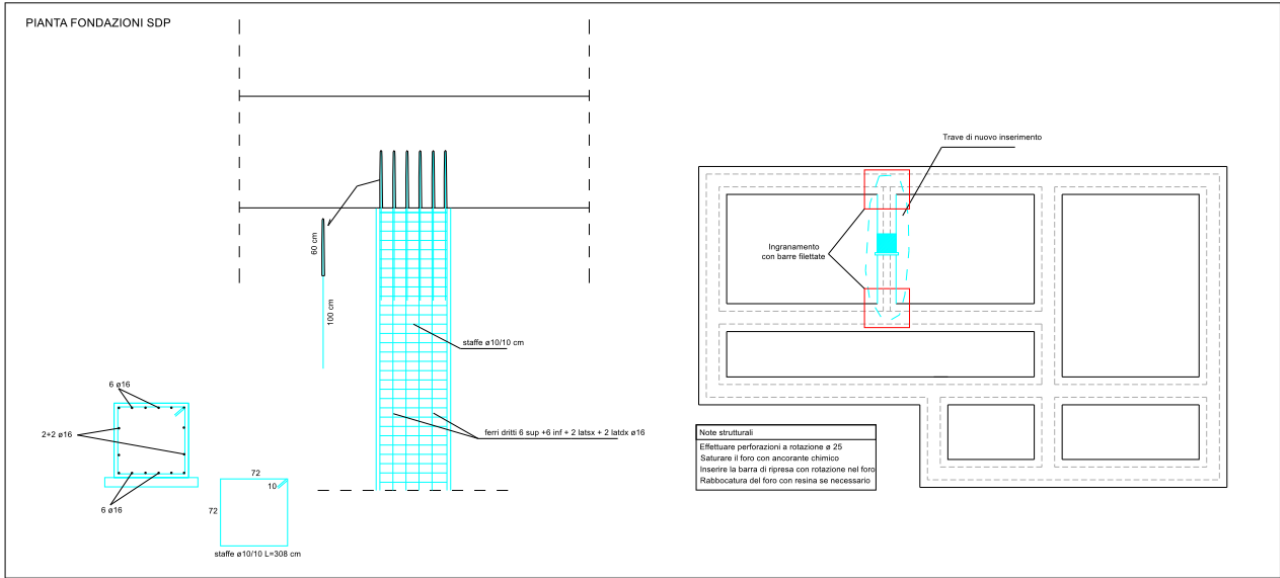


fig.14: inserimento nuova trave di fondazione

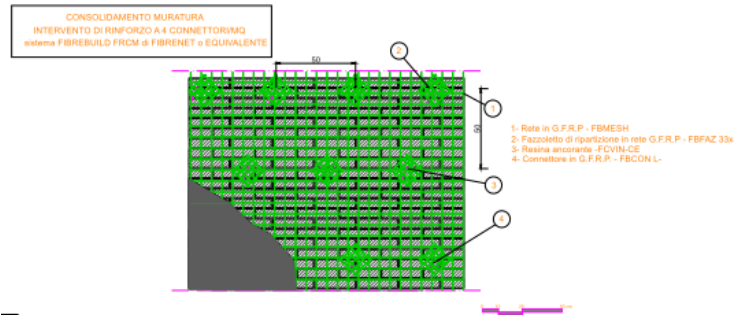
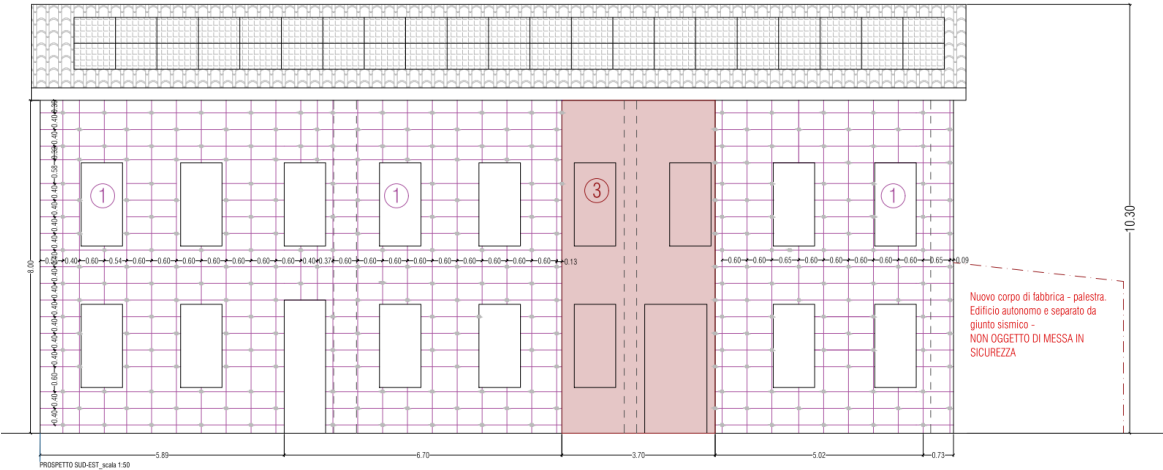


fig.15: dettagli di consolidamento delle murature con sistema CAM e con CRM

Per approfondimenti si rimanda alle tavole del progetto strutturale.

-) Misura della vulnerabilità sismica stato di fatto: calcolo dell'indice di rischio

Nel presente paragrafo si riporta il modello di verifica della struttura dell'edificio di Lolla allo stato di fatto sulla base del quadro conoscitivo emerso dall'indagine strumentale, dal rilievo geometrico in campo e dalla consultazione degli elaborati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Pietragalla.

Si specifica che il programma di calcolo adoperato è il MasterSap di AMV software (regolarmente licenziato allo studio dell'ing. Diego Fabrizio con licenza n. 34599) con i suoi post-processor di verifica MasterMuri e Verifica Rinforzi e Muratura, quest'ultimo adoperato nella fase di progetto degli interventi. Si è proceduto con un'analisi dinamica lineare modellando la muratura come elementi tipo guscio/piastra caricati con i carichi propri, permanenti portati ed accidentali differenziati tra accidentale per affollamento scolastico e carico neve in copertura; si ritiene che queste tipologie di carico siano di fatto quelle da portare in conto in quanto significative ai fini della verifica; a seguire si riportano tabelle di sintesi e grafici rappresentativi della fase di input e di output; va specificato che la procedura di calcolo applicata si sviluppa nel modo seguente:

- a) costruzione del modello completo di carichi e definizione delle combinazioni di carico (ambiente MasterSap);
- b) definizione del sisma di progetto variando il tempo di ritorno e verificando le sollecitazioni massime (ambiente MasterSap);
- c) verifica dei maschi murari rispetto alle sollecitazioni del modello per un prefissato sisma con determinato tempo di ritorno;
- d) reiterazione dei passaggi b) e c) riducendo il sisma di progetto fino ad individuare una configurazione limite in cui il collasso dei maschi murari possa far dichiarare la struttura al limite delle sue capacità.

Attraverso il passaggio d) quindi si giunge all'individuazione dell'indice di rischio inteso come rapporto tra il terremoto limite della struttura e quello massimo atteso secondo le indicazioni di normativa. Nel caso in esame il procedimento interattivo ci ha consentito di stabilire che il terremoto limite per l'edificio di Lolla allo stato di fatto è relativo ad un tempo di ritorno di 50 anni con $a_g/g=0,0629$.

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	Modello scuola Lolla stato di fatto
Intestazione del lavoro	Scuola elementare di Lolla
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC-2018
Edificio esistente	

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Localita'	Pietragalla - Scuola di Lolla
Longitudine (WGS84)	15.7959
Latitudine (WGS84)	40.7495
Categoria del suolo	C
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricita' accidentale	5%
Numero di frequenze	25
Periodo proprio T1 in direzione X	0.187
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.246
Comportamento strutturale	Dissipativo

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s ^2)
SLO	45	0.0599	2.4010	0.31	1.54	1.50	0.881
SLD	75	0.0757	2.4480	0.34	1.50	1.50	1.114
SLV	712	0.0629	2.4100	0.32	1.53	1.50	0.926
SLE	712	0.1927	2.5200	0.43	1.38	1.41	2.663
SLC	1462	0.2475	2.5450	0.45	1.37	1.32	3.210

PARAMETRI SISMICI EDIFICIO ESISTENTE

SLV	50	0.0629	2.4100	0.32	1.53	1.50	0.926
-----	----	--------	--------	------	------	------	-------

STATO LIMITE ULTIMO

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale	qor=3
Fattore q per comportamento non dissipativo	qorND = 1.5
Duttilita'	Bassa Duttilita'

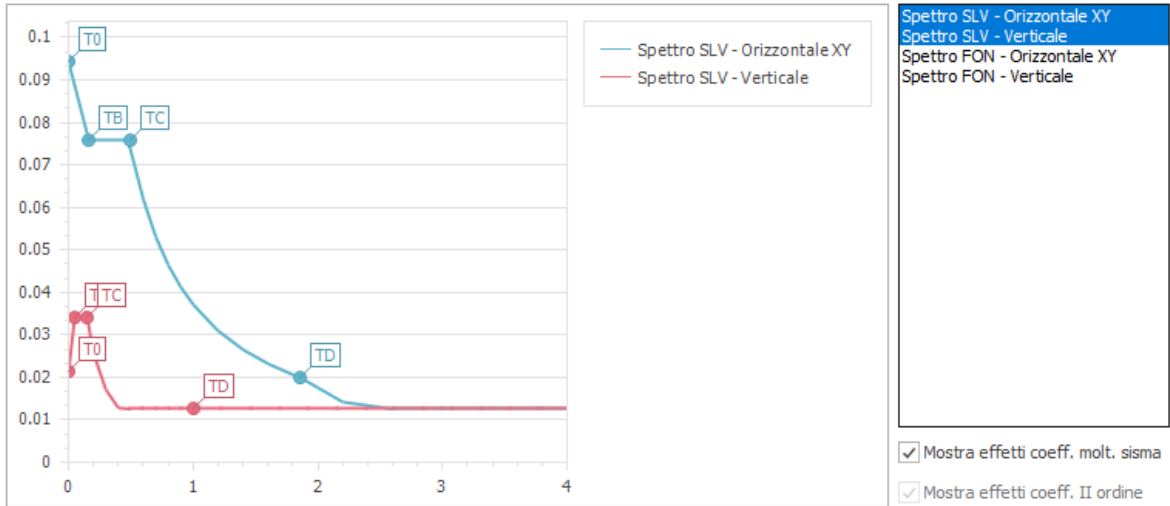
Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve Zona III	5	Condizione 3	Variabile: Neve	-167.000000	0.000	-167.000000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Peso proprio solaio h = 20+5 cm	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-300.000000	0.000	-300.000000	0.000	1.0000	1.0000
Massetto_ pavimento_intonaci	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-200.000000	0.000	-200.000000	0.000	1.0000	1.0000
Incidenza tramezzi 3.1.3 NTC2018_	3	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-160.000000	0.000	-160.000000	0.000	1.0000	1.0000
Categoria C1 - Aree con tavoli quali scuole, caff , ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	4	Condizione 2	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-306.000000	0.000	-306.000000	0.000	0.6000	0.6000
Categoria A - Scale comuni, balconi, ballatoi	6	Condizione 4	Variabile: Domestici e residenziali	-408.000000	0.000	-408.000000	0.000	0.3000	0.3000
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	7	Condizione 4	Variabile: Domestici e residenziali	-51.000000	0.000	-51.000000	0.000	0.0000	0.0000
Copertura_ massetto_ tegole	8	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-100.000000	0.000	-100.000000	0.000	1.0000	1.0000
Impianto fotovoltaico	9	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-30.000000	0.000	-30.000000	0.000	1.0000	1.0000

Grafici spettri - Norme Tecniche delle Costruzioni 2018



Spettro SLV - Orizzontale XY	T0	TB	TC									
Periodo	0	0.163	0.49	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6
Ampiezza	0.094	0.076	0.076	0.074	0.062	0.053	0.046	0.041	0.037	0.031	0.027	0.023
Spettro SLV - Verticale	T0	TB	TC									TD
Periodo	0	0.05	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Ampiezza	0.021	0.034	0.034	0.026	0.017	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013

Copia grafico

Stampa...

Chiudi

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)



Parametri	
Latitudine (WGS84):	<input type="text" value="40.74954"/>
Longitudine (WGS84):	<input type="text" value="15.79588"/>
Latitudine (ED50):	<input type="text" value="40.75053"/>
Longitudine (ED50):	<input type="text" value="15.79672"/>

Banca dei comuni

Amministrazione comunale più vicina
Pietragalla

Lo spettro di progetto è scalato del fattore di sicurezza che è stato stimato pari a $q=3$ considerando nel complesso una regolarità della struttura in elevazione ed in pianta.

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

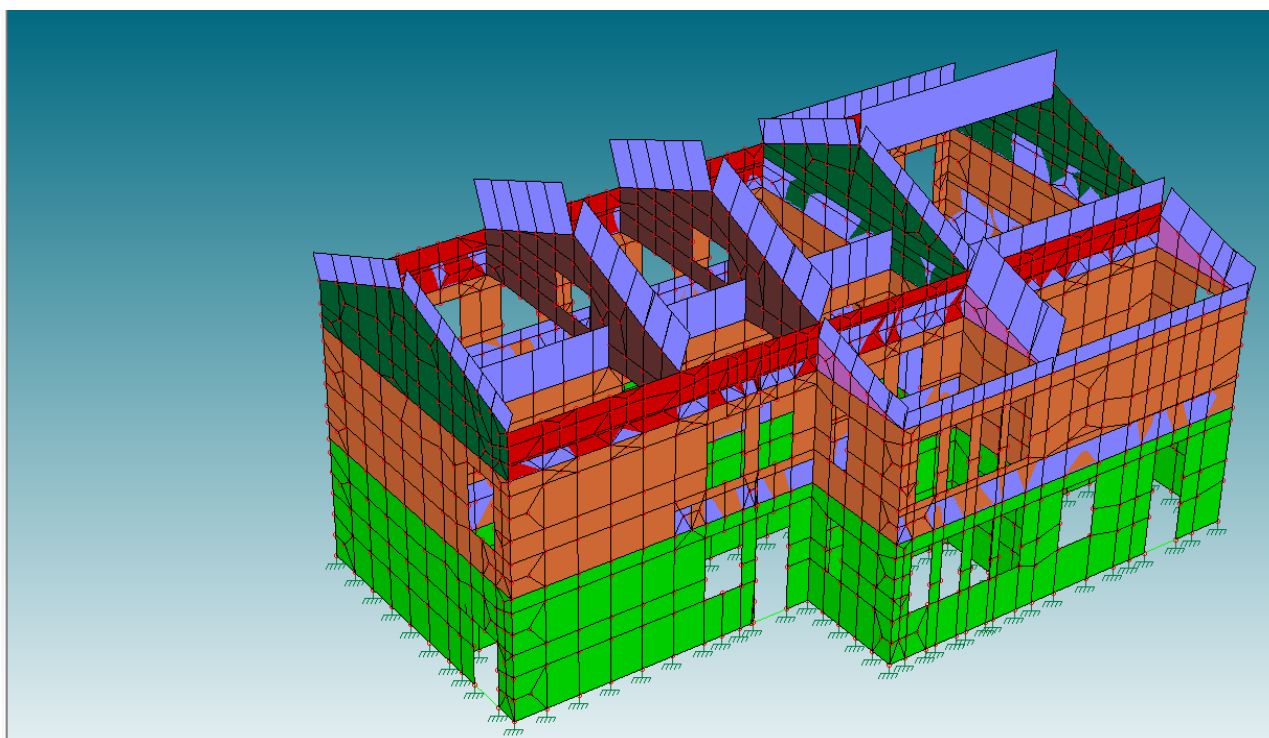


fig.16: modello strutturale con carichi applicati

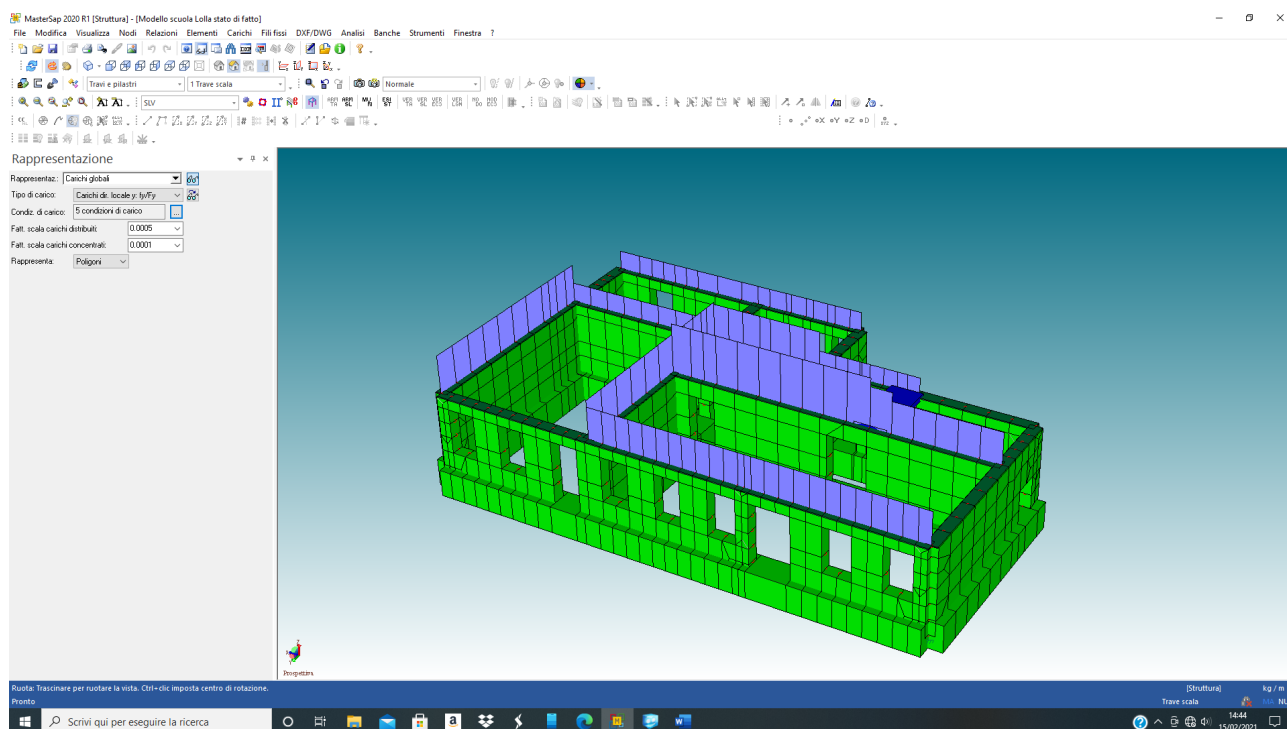


fig.17: modello strutturale con carichi applicati _ primo impalcato

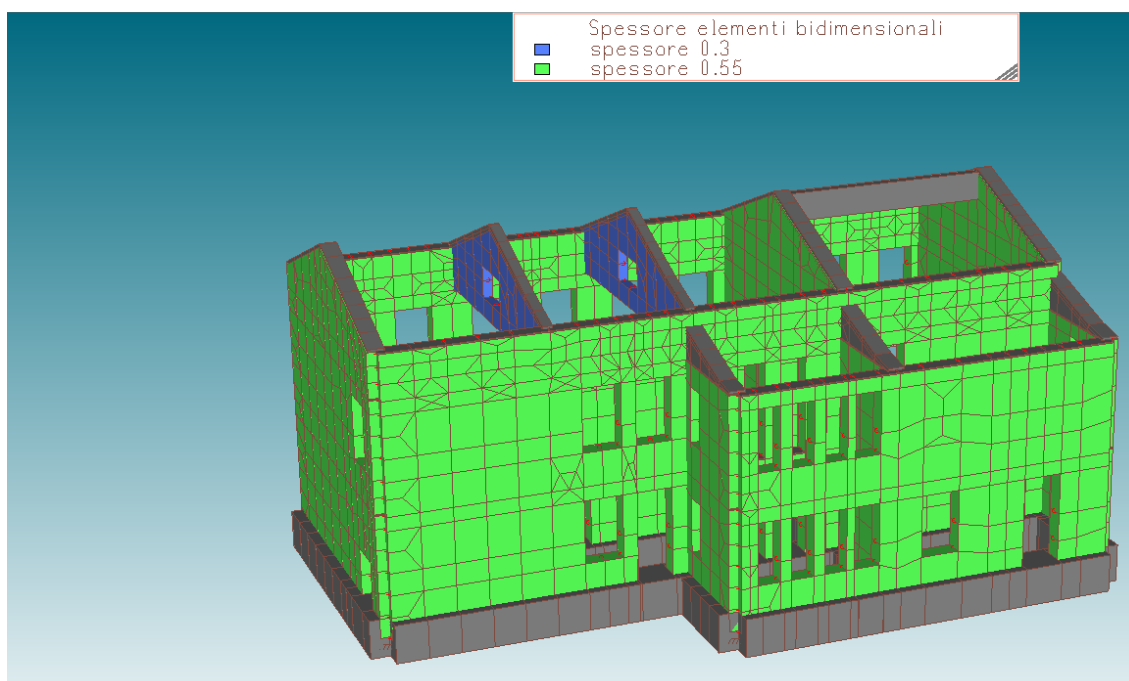


fig.18: modello solido dell'edificio allo stato di fatto

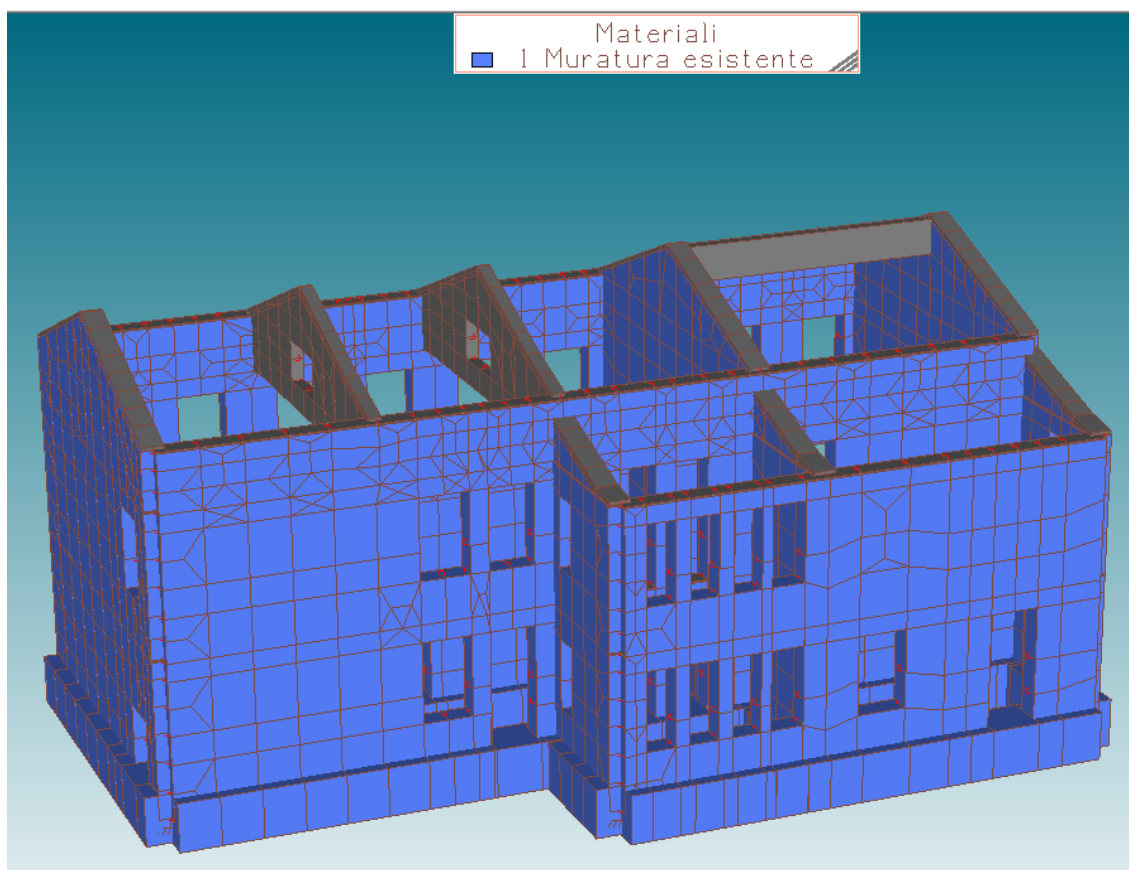


fig.19: modello solido con indicazione dei materiali (azzurro murature _ grigio calcestruzzo)

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
2	Statica prevalente domestici e residenziali	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	1.500
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.050
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.750
7	Statica accidentale scuola prevalente	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	1.050
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.750
8	Statica neve prevalente	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	1.050
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.050
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.500

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.000
4	Frequente neve	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
9	Frequente scuola	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.700
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
10	Frequente domestici e residenziali	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.500
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variable: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variable: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variable: Neve	Condizione 3	0.000

Si è proceduto con un'analisi dinamica modale adoperando i primi 25 modi di vibrare; la composizione di questi modi di vibrare consente di raggiungere la massa eccitata minima prevista dalla normativa che deve essere almeno pari all' 85% della massa eccitabile. Si specifica che il numero elevato di modi di vibrare per ottenere il requisito precedente è indicativo di un inadeguato modo di vibrare della struttura; in pratica la presenza di una porzione di fabbricato prima di muri di spina rende significativi anche modi di vibrare superiori ai primi tre che invece caratterizzano edifici "regolari" per comportamento dinamico. I modi di vibrare e la loro risultante evidenzia inoltre quanto prima detto in ordine allo spanciamiento delle pareti prive di adeguati ritegni.

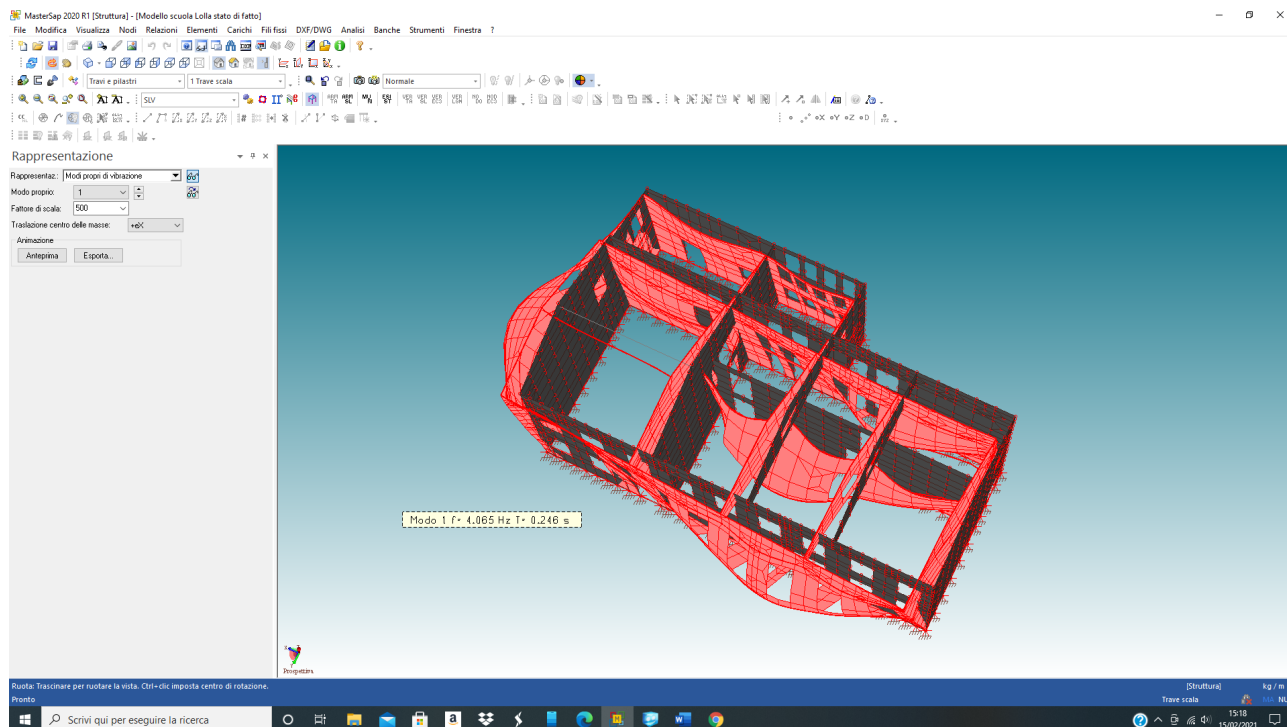


fig.20: modo di vibrare n.1 ($T=0,246$ sec.)

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

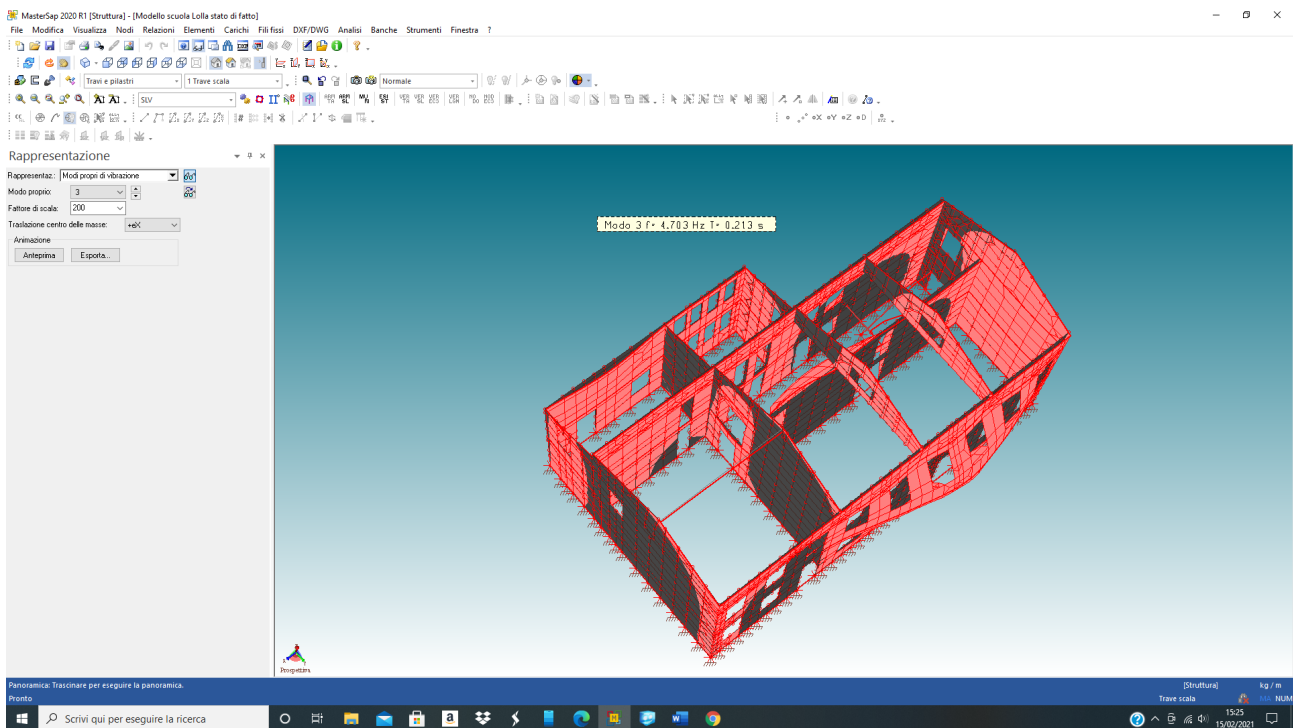


fig.21: modo di vibrare n.3 (T=0,213 sec.)

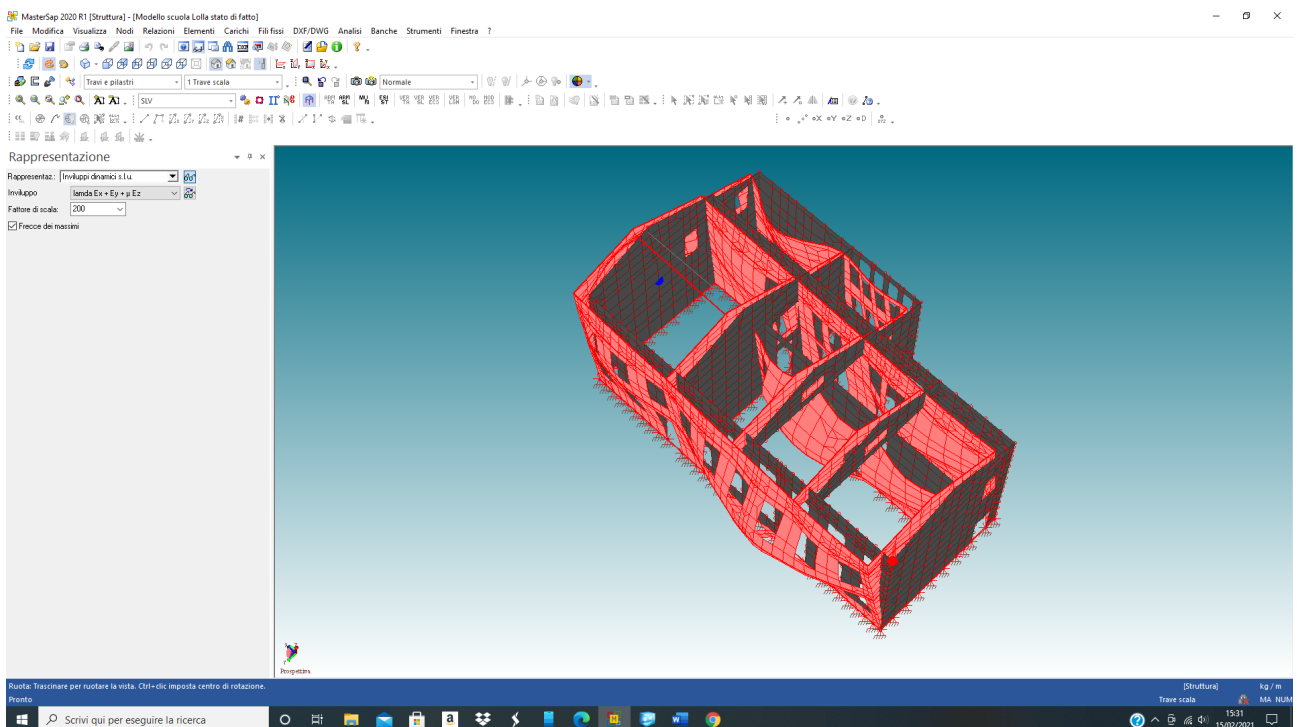


fig.22: involucro dinamico slu ($\lambda E_x + E_y + m E_z$)

Appare evidente che le considerazioni fatte in precedenza in ordine alla vulnerabilità attuale dell'edificio sono confermate dal modello di calcolo agli elementi finiti; la massa eccitata con n. 25 modi di vibrare è superiore all'85% della massa sismica totale e pertanto è confermata la bontà del modello e dell'analisi. A seguire si riporta una sintesi delle masse eccitate:

MASSA ECCITATA

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%
Modo: 1	+1.30e+04	10	+5.79e+04	45
Progressiva	+1.30e+04	10	+5.79e+04	45
Modo: 2	+2.51e+04	19	+1.86e+04	14
Progressiva	+3.81e+04	29	+7.66e+04	59
Modo: 3	+6.69e+00	0	+3.34e+03	3
Progressiva	+3.81e+04	29	+7.99e+04	62
Modo: 4	+2.52e+02	0	+1.21e+04	9
Progressiva	+3.83e+04	30	+9.20e+04	71
Modo: 5	+3.61e+04	28	+1.04e+02	0
Progressiva	+7.44e+04	57	+9.21e+04	71
Modo: 6	+1.72e+04	13	+4.62e+03	4
Progressiva	+9.16e+04	71	+9.67e+04	74
Modo: 7	+3.81e+02	0	+7.11e+03	5
Progressiva	+9.20e+04	71	+1.04e+05	80
Modo: 8	+5.46e+03	4	+3.62e+02	0
Progressiva	+9.74e+04	75	+1.04e+05	80
Modo: 9	+2.83e+03	2	+1.80e+03	1
Progressiva	+1.00e+05	77	+1.06e+05	82
Modo: 10	+8.28e+02	1	+1.05e+02	0
Progressiva	+1.01e+05	78	+1.06e+05	82
Modo: 11	+9.33e+01	0	+1.29e+03	1
Progressiva	+1.01e+05	78	+1.07e+05	83
Modo: 12	+1.67e+03	1	+1.96e+00	0
Progressiva	+1.03e+05	79	+1.07e+05	83
Modo: 13	+2.74e+03	2	+8.16e-01	0
Progressiva	+1.06e+05	81	+1.07e+05	83
Modo: 14	+3.71e+02	0	+3.87e+02	0
Progressiva	+1.06e+05	82	+1.08e+05	83
Modo: 15	+3.40e+03	3	+1.86e+02	0
Progressiva	+1.09e+05	84	+1.08e+05	83
Modo: 16	+8.75e+01	0	+6.32e+00	0
Progressiva	+1.09e+05	84	+1.08e+05	83
Modo: 17	+1.83e+03	1	+2.44e+02	0
Progressiva	+1.11e+05	86	+1.08e+05	83
Modo: 18	+2.43e+01	0	+3.33e+02	0
Progressiva	+1.11e+05	86	+1.09e+05	84
Modo: 19	+2.86e+01	0	+7.40e+02	1
Progressiva	+1.11e+05	86	+1.09e+05	84
Modo: 20	+2.54e+02	0	+1.16e+01	0
Progressiva	+1.12e+05	86	+1.09e+05	84
Modo: 21	+2.41e-02	0	+8.51e+02	1
Progressiva	+1.12e+05	86	+1.10e+05	85
Modo: 22	+2.42e+00	0	+4.91e+02	0
Progressiva	+1.12e+05	86	+1.11e+05	85
Modo: 23	+2.87e+01	0	+4.71e+01	0
Progressiva	+1.12e+05	86	+1.11e+05	85
Modo: 24	+1.54e+02	0	+5.64e+01	0
Progressiva	+1.12e+05	86	+1.11e+05	85
Modo: 25	+3.46e-01	0	+1.13e+02	0
Progressiva	+1.12e+05	86	+1.11e+05	85

Con il sisma prima specificato, dopo aver proceduto all'analisi con il MasterSap sul modello di calcolo, ed aver individuato la bontà del risultato, si procede con lo step successivo verificando i maschi murari nel post processore MasterMuri ; in pratica il modello di calcolo con i risultati viene importato in MasterMuri nel quale si individuano gli elementi strutturali (maschi murari) sismo-resistenti come aggregazione di elementi guscio; i maschi murari sono dei macro-elementi che vengono trattati in modo unitario; attraverso l'integrazione delle sollecitazioni agenti sui singoli gusci si ottiene la sollecitazione complessiva agente sul maschio che viene sottoposto alle verifiche

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

previste dalla normativa vigente allo sforzo normale, taglio flessione nel piano e fuori piano; dal confronto tra azione e resistenza del maschio si definisce se la verifica è soddisfatta oppure non lo è.

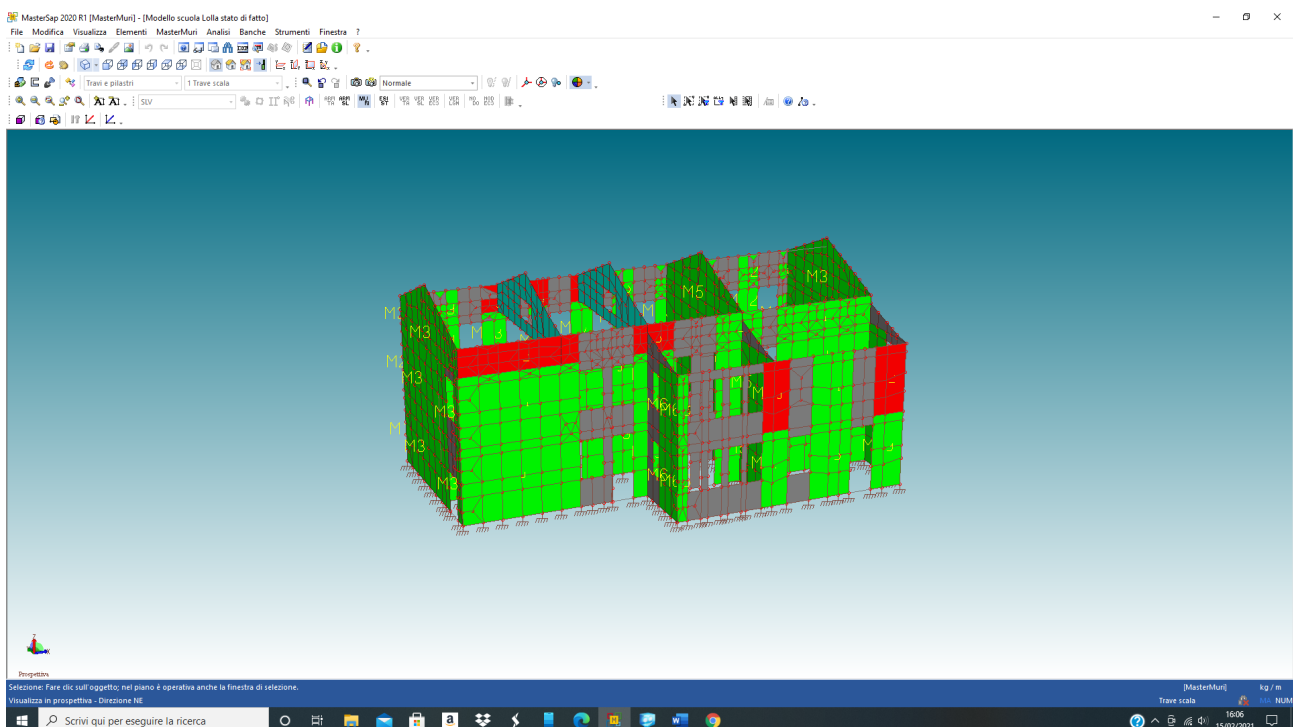
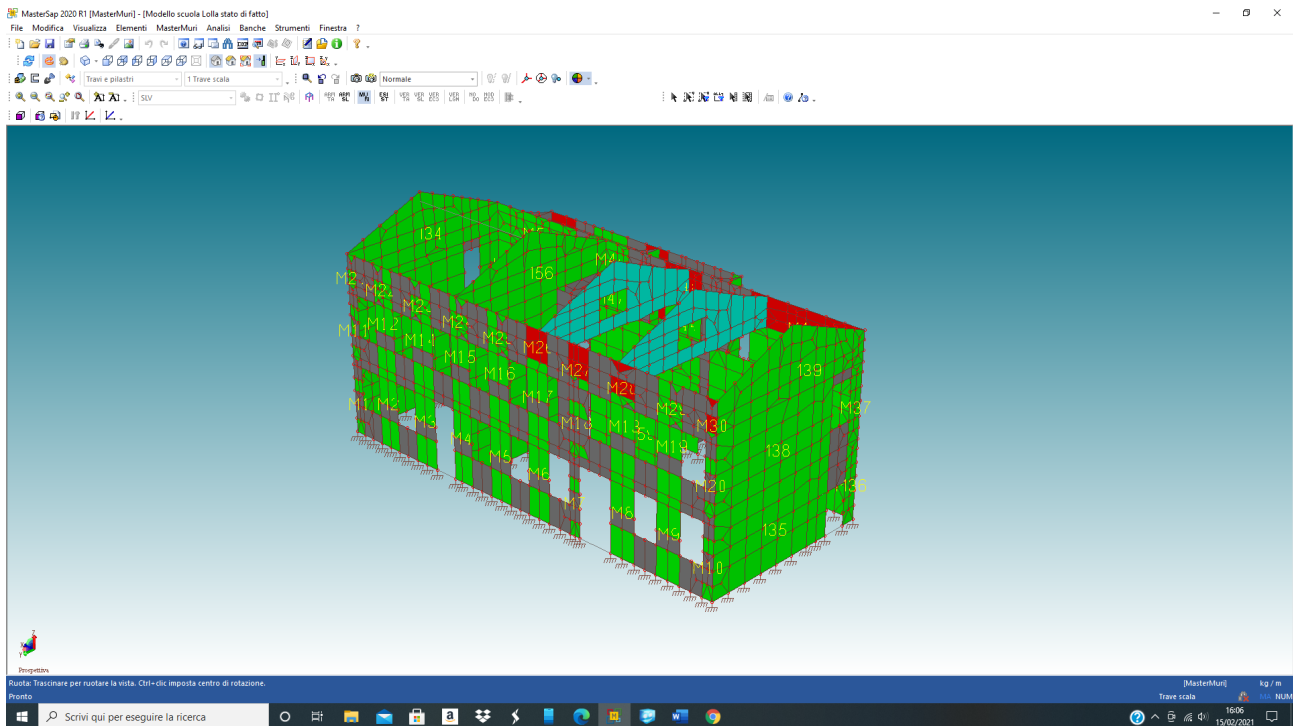


fig.23: definizione dei maschi murari (in verde) _ maschi murari non verificati (rosso)

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

La figura n. 23 mostra il posizionamento dei maschi murari che allo stato di fatto e a fronte di un terremoto con tempo di ritorno di 50 anni ($a_g/g = 0,0629$) non sono verificati; questo scenario può rappresentare uno scenario di collasso della struttura nel senso che tutte le murature perimetrali dei lati lunghi presentano localmente dei maschi al collasso e pertanto nel complesso la struttura ha raggiunto il limite di collasso.

Nel dettaglio si evidenziano i maschi che hanno raggiunto il collasso specificandone la tipologia di collasso rimandando la fascicolo di verifica stato di fatto per ulteriori approfondimenti.

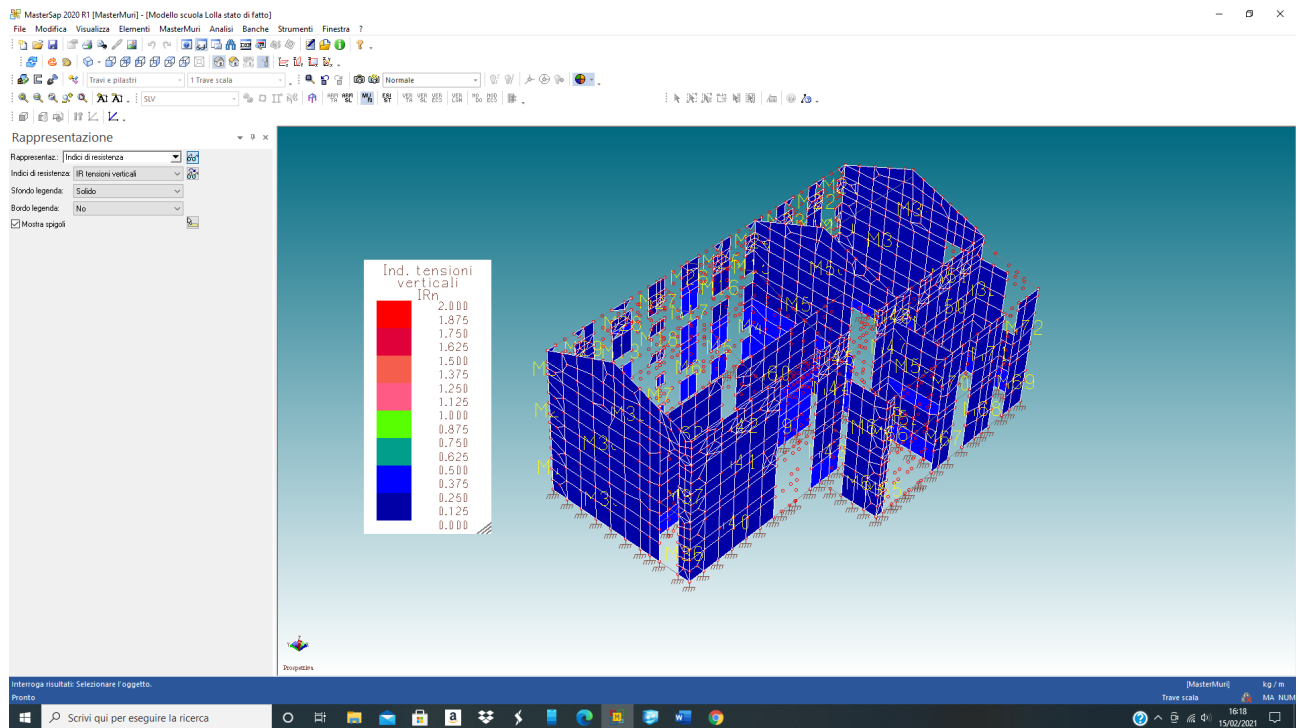
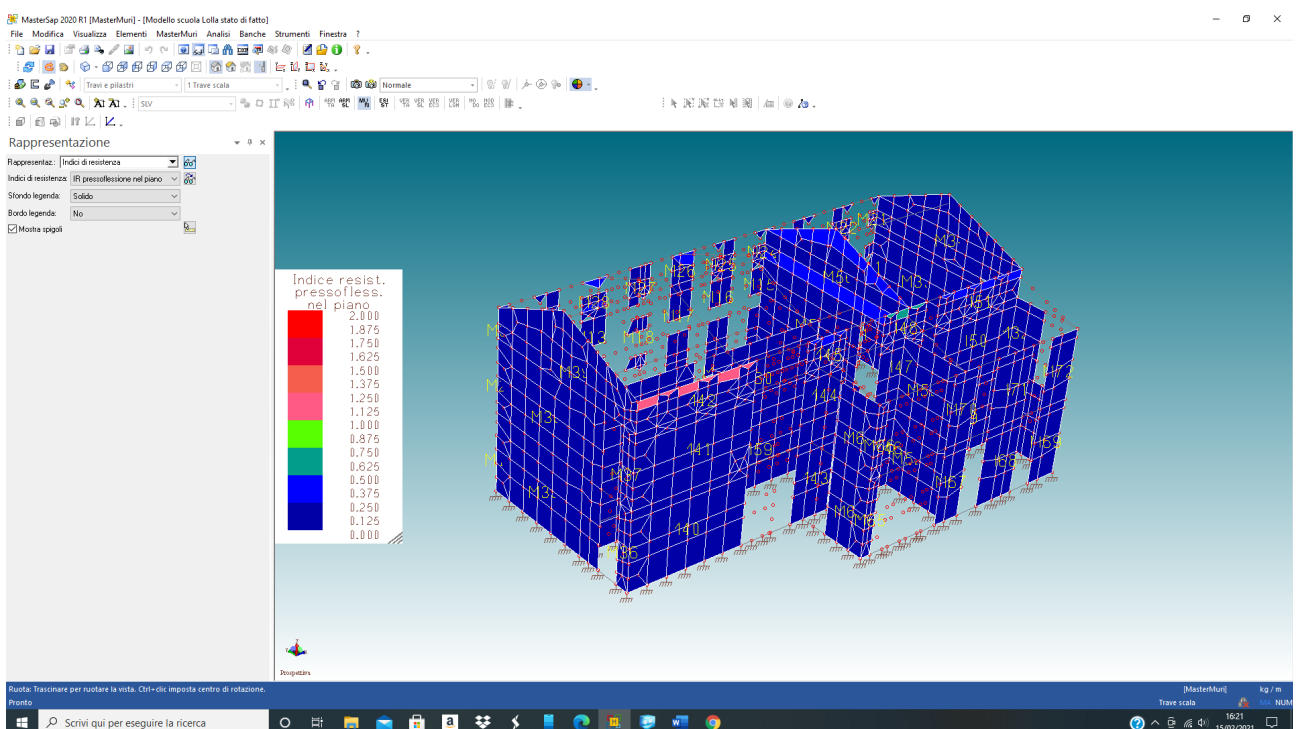
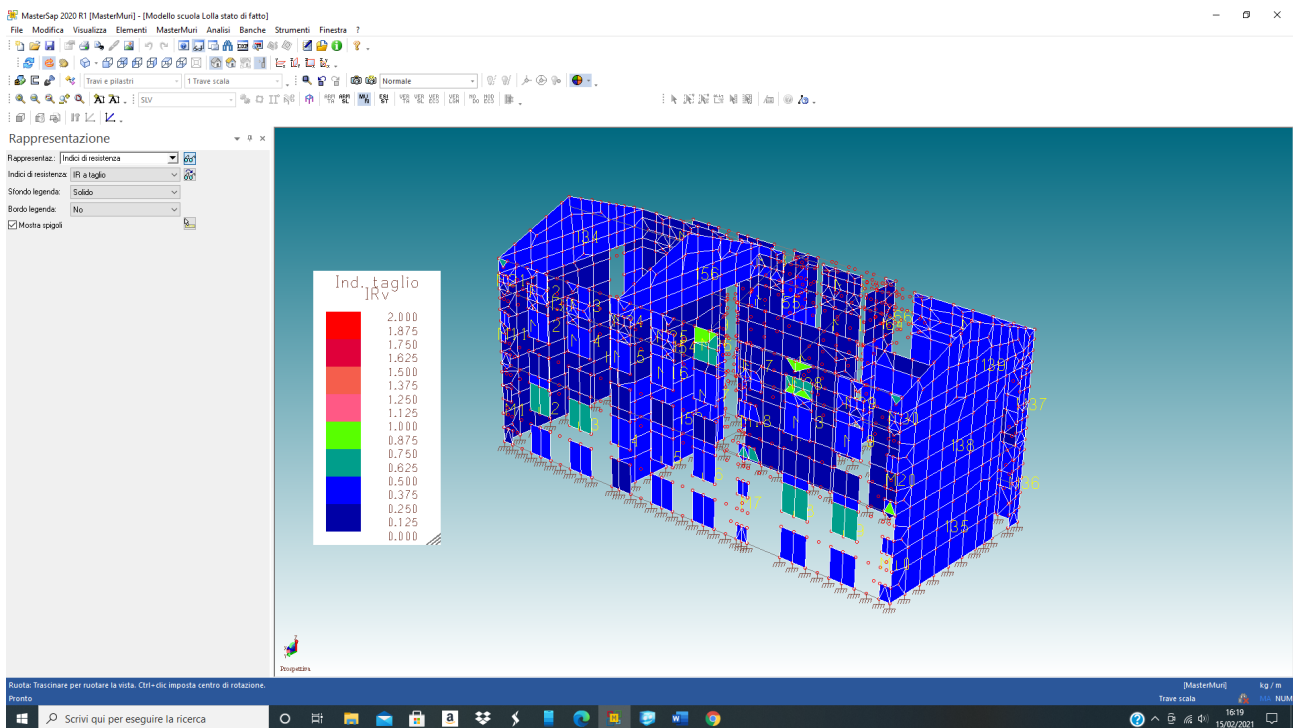


fig.24: maschi murari tutti verificati per sforzo normale

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)



Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza)_consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

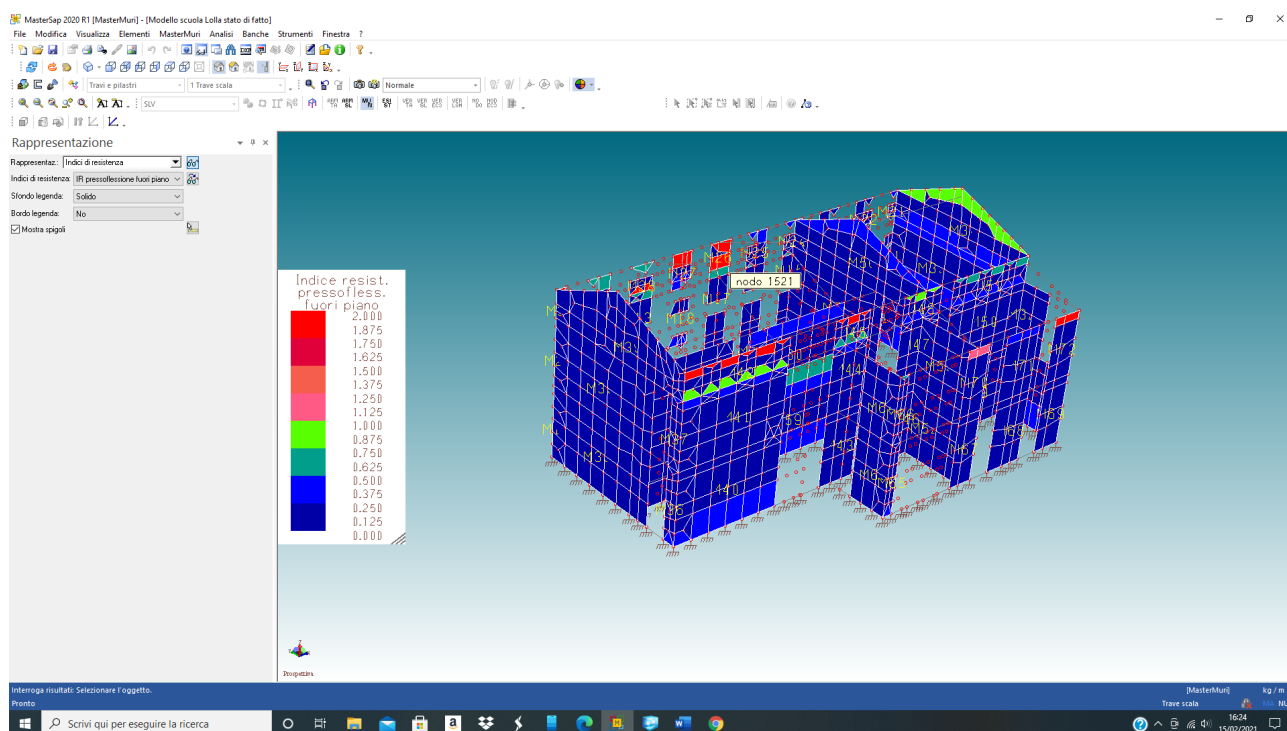


fig.27: maschi murari non verificati a pressoflessione fuori del piano (il limite viene superato in diverse posizioni)

Alla luce di quanto esposto lo scenario caratterizzato da un terremoto con tempo di ritorno di 50 anni con un'accelerazione al suolo $a_g/g = 0.0629$ rappresenta la capacità resistente attuale dell'edificio della scuola di Lolla; esso equivale ad un $a_g/g = 0.0629$ pari al 32,6% dell'accelerazione di picco del sito $a_{g\text{ picco}}/g = 0.1927$; pertanto $z_e = 0.326$ è l'indice di rischio attuale del fabbricato che ospita la scuola di Lolla.

-) *Miglioramento sismico stato di progetto: calcolo dell'indice di rischio post-intervento*

Sulla base di quanto emerso in ordine alla vulnerabilità attuale del fabbricato si sono previsti degli interventi di miglioramento la cui finalità non è semplicemente di rinforzare elementi in sofferenza per eccesso di sollecitazioni ma piuttosto di migliorare il comportamento complessivo della struttura; in particolare l'inserimento di un muro di spina con muratura armata, la messa in opera di una cerchiatura attiva sistema CAM sulle pareti ed a cavallo dei solai e l'inserimento di betoncino a base di malta calce /cemento con rete in GFRP di rinforzo ed al contempo di impacchettamento tra paramenti murari consente di migliorare il comportamento dinamico della struttura. La configurazione di progetto consente di migliorare il fabbricato dal punto di vista dinamico; i primi modi di vibrare consentono di raggiungere la massa eccitata prevista per norma (85% della massa complessiva) e si registra una limitazione dello spanciamiento.

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro
Intestazione del lavoro
Tipo di struttura
Tipo di analisi
Tipo di soluzione

Modello stato di progetto
Scuola elementare di Lolla
Nello Spazio
Statica e Dinamica
Lineare

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC-2018
Edificio esistente	

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Localita'	Pietragalla - Scuola di Lolla
Longitudine (WGS84)	15.7959
Latitudine (WGS84)	40.7495
Categoria del suolo	C
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricita' accidentale	5%
Numero di frequenze	5
Periodo proprio T1 in direzione X	0.189
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.177
Comportamento strutturale	Dissipativo

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag*S) (m/s ^2)
SLO	45	0.0599	2.4010	0.31	1.54	1.50	0.881
SLD	75	0.0757	2.4480	0.34	1.50	1.50	1.114
SLV	712	0.1927	2.5200	0.43	1.38	1.41	2.663
SLC	1462	0.2475	2.5450	0.45	1.37	1.32	3.210

PARAMETRI SISMICI EDIFICIO STATO DI PROGETTO

SLV	253	0.1292	2.4760	0.40	1.43	1.50	1.901
-----	-----	--------	--------	------	------	------	-------

STATO LIMITE ULTIMO

Fattore di comportamento q per sisma orizzontale	qor=3
Fattore q per comportamento non dissipativo	qorND = 1.5
Duttilita'	Bassa Duttilita'

Carico distribuito con riferimento globale Z

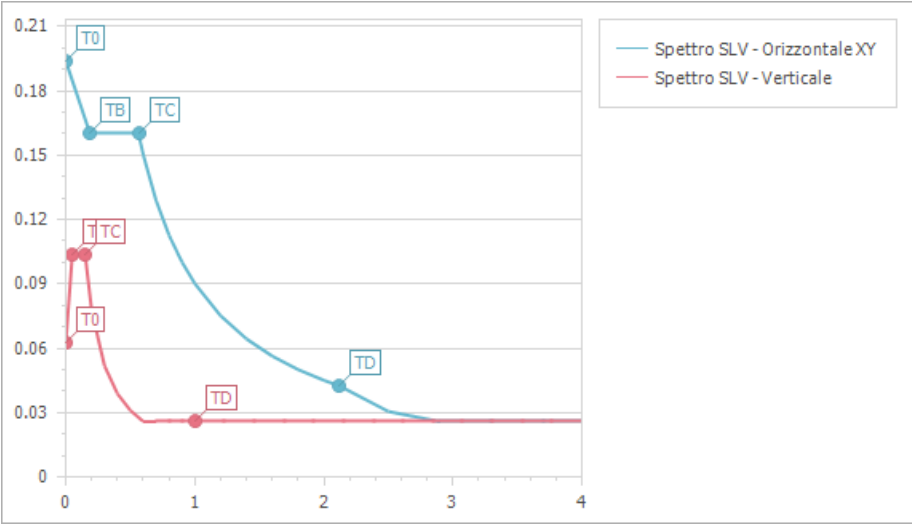
Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve Zona III	5	Condizione 3	Variabile: Neve	-167.000000	0.000	-167.000000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Peso proprio solaio h = 20+5 cm	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-300.000000	0.000	-300.000000	0.000	1.0000	1.0000
Massetto_ pavimento _intonaci	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-200.000000	0.000	-200.000000	0.000	1.0000	1.0000
Incidenza tramezzi 3.1.3 NTC2018_	3	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-160.000000	0.000	-160.000000	0.000	1.0000	1.0000
Categoria C1 - Aree con tavoli quali scuole, caff , ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	4	Condizione 2	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-306.000000	0.000	-306.000000	0.000	0.6000	0.6000

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Categoria A - Scale comuni, balconi, ballatoi	6	Condizione 4	Variabile: Domestici e residenziali	-408.000000	0.000	-408.000000	0.000	0.3000	0.3000
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	7	Condizione 4	Variabile: Domestici e residenziali	-51.000000	0.000	-51.000000	0.000	0.0000	0.0000
Copertura_ massetto_ tegole	8	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-100.000000	0.000	-100.000000	0.000	1.0000	1.0000
Impianto fotovoltaico	9	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-30.000000	0.000	-30.000000	0.000	1.0000	1.0000



Spettro SLV - Orizzontale XY	T0	TB	TC										
Periodo	0	0.188	0.564	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6	1.8	
Ampiezza	0.194	0.16	0.16	0.15	0.129	0.113	0.1	0.09	0.075	0.064	0.056	0.05	
Spettro SLV - Verticale	T0	TB	TC										
Periodo	0	0.05	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
Ampiezza	0.063	0.103	0.103	0.078	0.052	0.039	0.031	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	

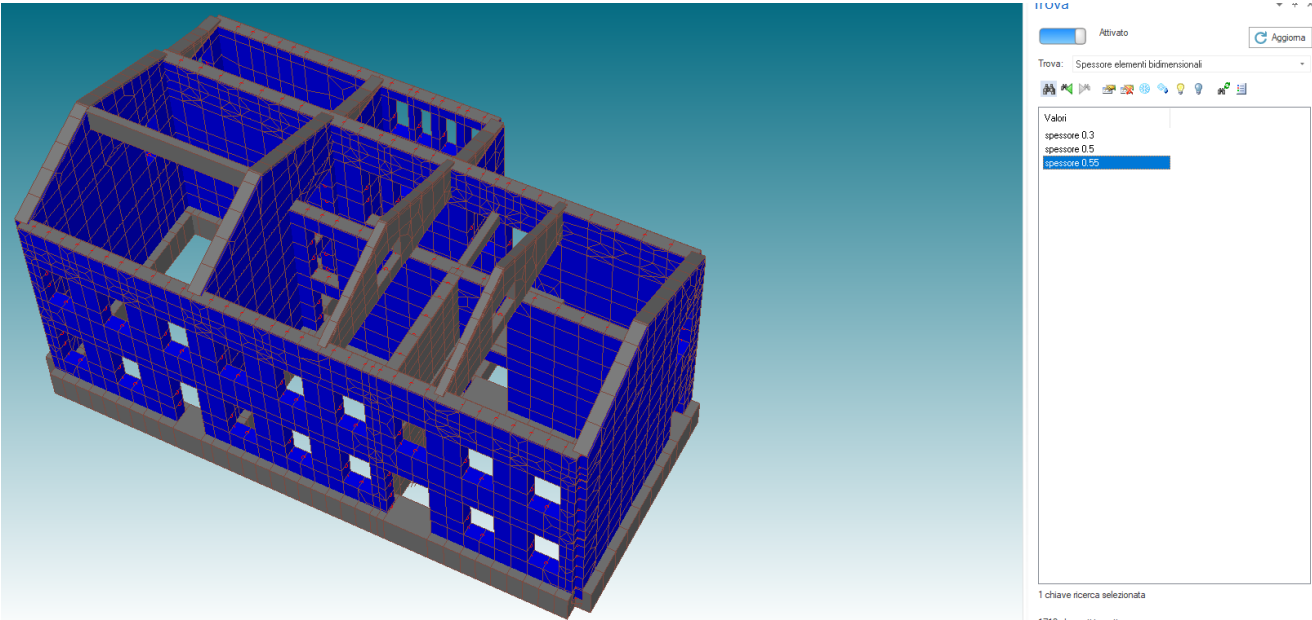


fig.28: modello stato di progetto spessore muri 55 cm

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

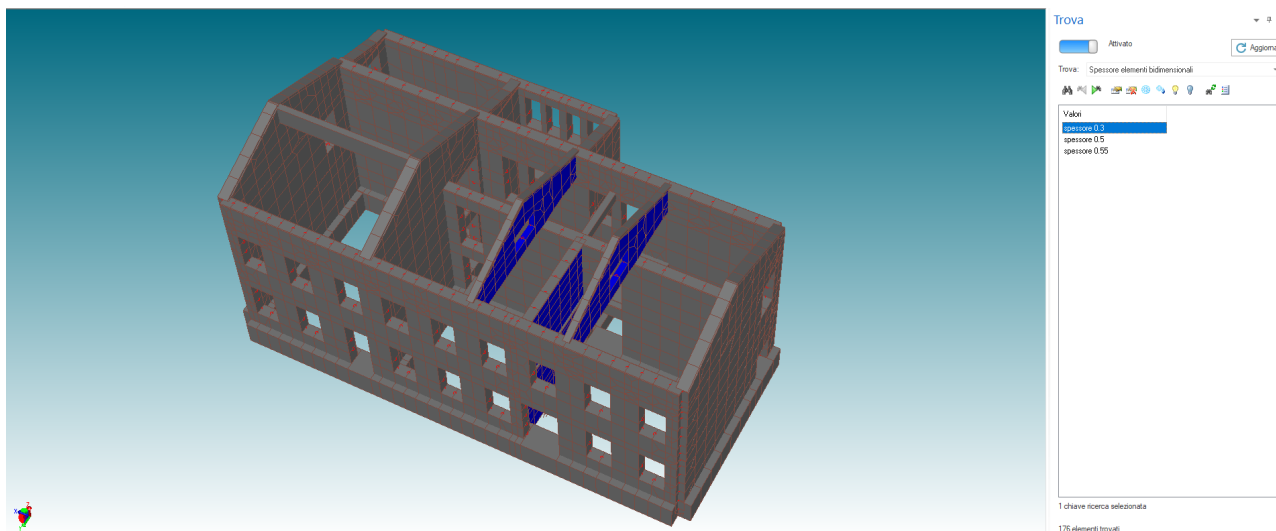


fig.29: modello stato di progetto spessore muri 30 cm (si vedono le due nuove murature inserite)

Nella figura n. 29 si vede l'inserimento nel modello di calcolo della nuova muratura di spina (muratura armata con laterizi semipieni spessore di 30 cm) oltre che la modellazione del cordolo sommitale che sormonta il muro di nuovo inserimento e si innesta a quota degli impalcati sul muro perimetrale del lato opposto.

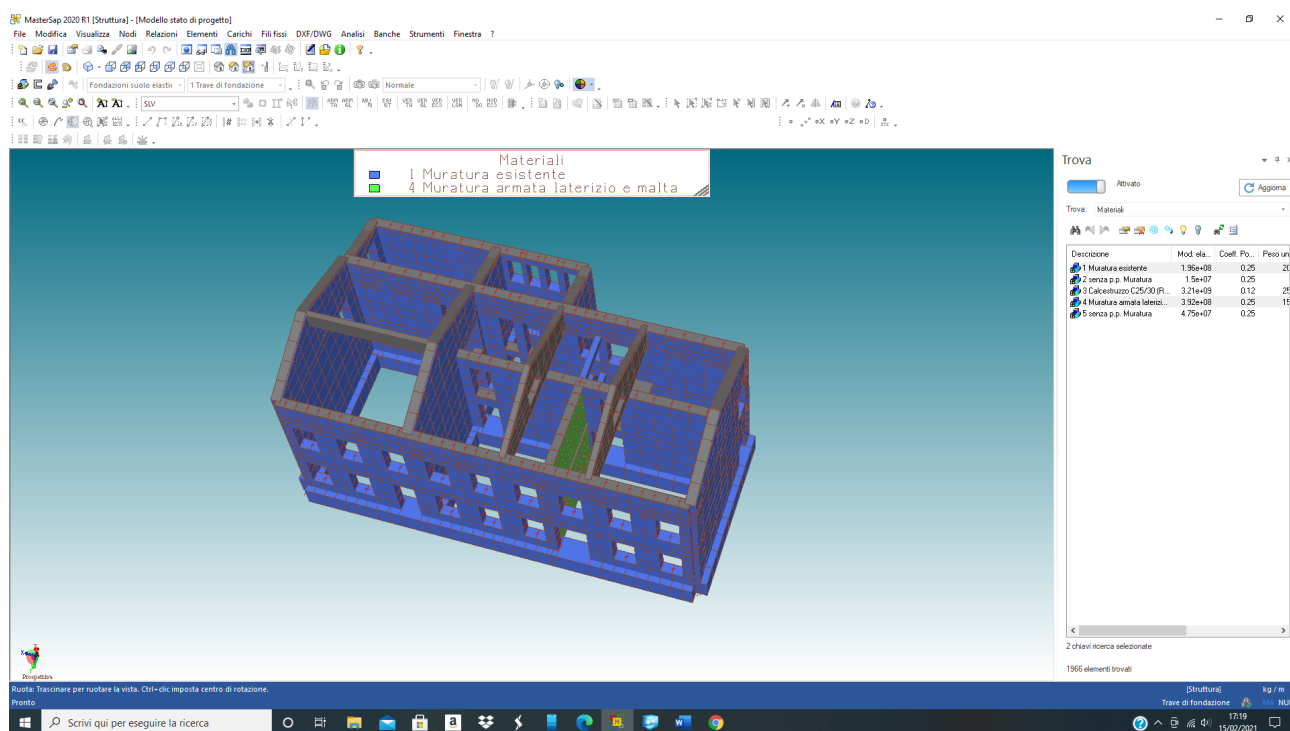


fig.30: materiali adoperati nel modello (muratura esistente azzurro _ muratura di nuovo inserimento verde _ c.a. grigio)

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
2	Statica prevalente domestici e residenziali	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	1.500
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.050
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.750
7	Statica accidentale scuola prevalente	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	1.050
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.750
8	Statica neve prevalente	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	1.050
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.050
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.500

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.000
4	Frequente neve	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
9	Frequente scuola	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.700
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
10	Frequente domestici e residenziali	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.500
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variable: Domestici e residenziali	Condizione 4	0.300
			Variable: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variable: Neve	Condizione 3	0.000

Si è proceduto con un'analisi dinamica modale adoperando i primi 5 modi di vibrare; la composizione di questi modi di vibrare consente di raggiungere la massa eccitata minima prevista dalla normativa che deve essere almeno pari all' 85% della massa eccitabile.

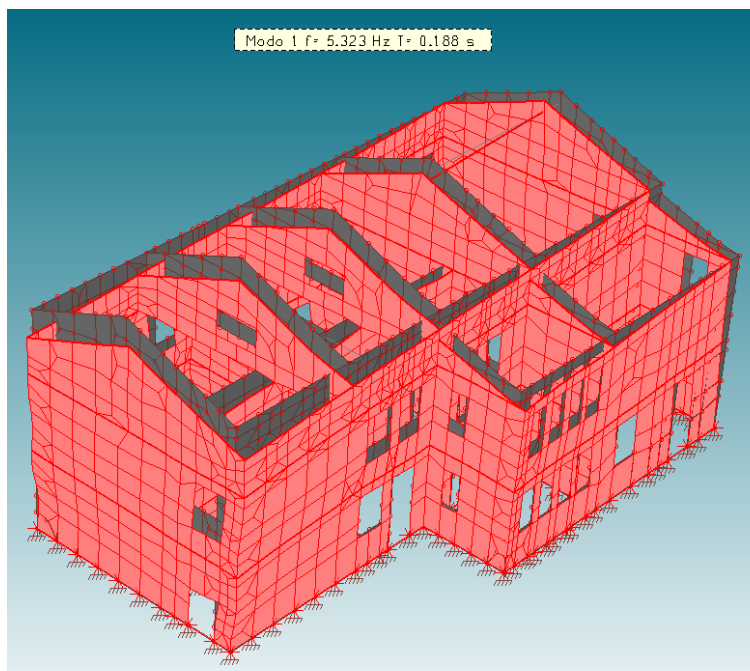


fig.31: modo di vibrare n.1 (T=0,188 sec.)

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

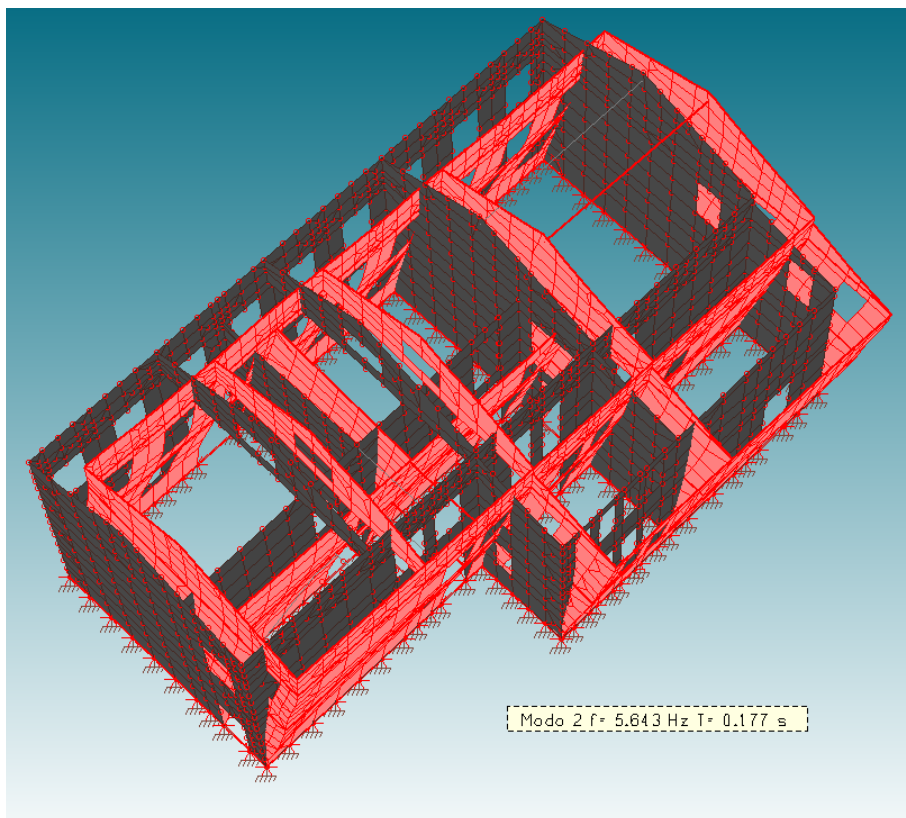


fig.32: modo di vibrare n.2 ($T=0,177$ sec.)

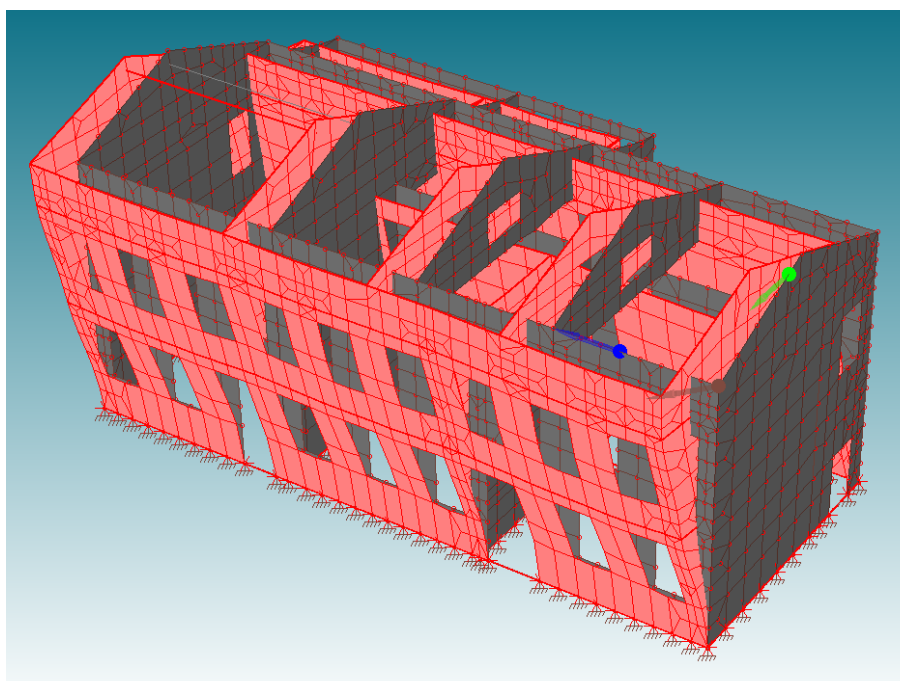


fig.33: involucro dinamico slu ($\Lambda Ex + Ey + mEz$)

MASSA ECCITATA

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%
Modo: 1	+7.49e+04	57	+2.38e+04	18
Progressiva	+7.49e+04	57	+2.38e+04	18
Modo: 2	+2.53e+04	19	+8.55e+04	65
Progressiva	+1.00e+05	76	+1.09e+05	83
Modo: 3	+1.30e+04	10	+1.19e+03	1
Progressiva	+1.13e+05	86	+1.10e+05	84
Modo: 4	+3.99e+00	0	+1.14e-01	0
Progressiva	+1.13e+05	86	+1.10e+05	84
Modo: 5	+4.60e+02	0	+1.24e+04	9
Progressiva	+1.14e+05	86	+1.23e+05	93

Le masse eccitate dei primi tre modi di vibrare consentono di soddisfare il requisito normativo; questo dimostra che i correttivi predisposti nel modello per descrivere gli effetti indotti dalle lavorazioni previste risultano efficaci.

Con il sisma con tempo di ritorno di 253 anni, dopo aver proceduto all'analisi con il MasterSap sul modello di calcolo, ed aver individuato la bontà del risultato, si procede con lo step successivo verificando i maschi murari nel post processore MasterMuri ; in pratica il modello di calcolo con i risultati viene importato in MasterMuri nel quale si individuano gli elementi strutturali (maschi murari) sismo-resistenti come aggregazione di elementi guscio; i maschi murari sono dei macro-elementi che vengono trattati in modo unitario; attraverso l'integrazione delle sollecitazioni agenti sui singoli gusci si ottiene la sollecitazione complessiva agente sul maschio che viene sottoposto alle verifiche previste dalla normativa vigente allo sforzo normale, taglio flessione nel piano e fuori piano; dal confronto tra azione e resistenza del maschio si definisce se la verifica è soddisfatta oppure non lo è; nel caso di progetto dopo aver fatto la verifica ed isolato gli elementi che non la soddisfano come "muratura di pietra a spacco di buona tessitura" o come "muratura nuova di laterizio" si procede con la verifica di dettaglio utilizzando l'applicativo di AMV software "Verifiche rinforzi e murature" che consente di dimensionare il sistema CAM o le armature (numero e diametro) per la muratura armata che garantiscono la verifica del maschio murario rinforzato. Per tutte le verifiche dei rinforzi dei maschi murari si rimanda al fascicolo di calcolo mentre nella presente relazione si espone il procedimento esteso agli elementi più significativi. Al fine di comprendere i tabulati di verifica dei maschi murari si riporta il significato della simbologia adoperata:

Il tabulato che riguarda la verifica dei maschi murari riporta i seguenti risultati:

- posizione: le posizioni sono quelle di testa (indicata con l), di piede (0) e quelle intermedie (le due previste per l'EC6, 2/5l e 3/5l) oppure l'unica per s.l. e t.a. ($\frac{1}{2}l$); in questo caso con $\frac{1}{2}l$ si intende indicare la posizione a momento massimo;
- c.c., combinazione di carico; la verifica è differente per le combinazioni sismiche e quelle non sismiche;
- Fx: sforzo normale, negativo se di compressione;
- V: taglio nel piano del pilastro;
- My, Mz: momenti flettenti con azione nel piano e fuori piano del pilastro; in relazione al valore di B e H i due momenti possono svolgere un'azione nel piano o fuori dal piano dell'elemento;
- es1/eV, es2/eb: sono le eccentricità; es1 viene calcolato in testa, eV in posizione intermedia, es2 ancora in testa, eb alla base, questi quattro dati sono stati compattati in due colonne e vanno letti alla riga (sezione) corrispondente. Nel caso dell'EC6 queste eccentricità sono sostituite da ei/emk.

- $f/f_t/f_b$: sono i coefficienti di riduzione della resistenza; anche in questo caso viene utilizzata una sola colonna: f viene determinato in testa, f_t in posizione intermedia, f_b alla base. Nel caso dell'EC6 questi f sono sostituiti da f_i/f_{mk} ;
- F_x/A : tensione media nell'elemento, negativa se di compressione;
- IRN: rappresenta l'indice di resistenza inteso come rapporto fra la tensione media di compressione e la tensione limite. Al piede del pilastro rappresenta l'indice peggiore (più elevato) derivante dalla verifica a compressione e da quella a presso flessione nel piano dell'elemento;
- b : coefficiente di parzializzazione della sezione, calcolato in base all'eccentricità e_b ;
- t : rappresenta la tensione media a taglio;
- f_{vk} : resistenza caratteristica a taglio;
- IRV: rapporto fra la tensione media e la tensione limite a taglio;
- I_rM : viene calcolato solo al piede del pilastro; rappresenta l'indice di resistenza a momento flettente per pressoflessione nel piano, ottenuto come rapporto fra il momento flettente agente nel piano e il momento ultimo M_{ult} calcolato. Viene anche messo in evidenza, con il simbolo I_rM_z , se il momento nel piano è M_z , con I_rM_y se il momento nel piano è M_y ;
- I_rM_{fp} : viene calcolato solo al piede del pilastro; rappresenta l'indice di resistenza a momento flettente per pressoflessione fuori piano, ottenuto come rapporto fra il momento flettente agente fuori piano e il momento ultimo M_{ult} calcolato. Viene anche messo in evidenza con I_rM_z se il momento che agisce fuori piano è M_z , con I_rM_y se agisce invece M_y .

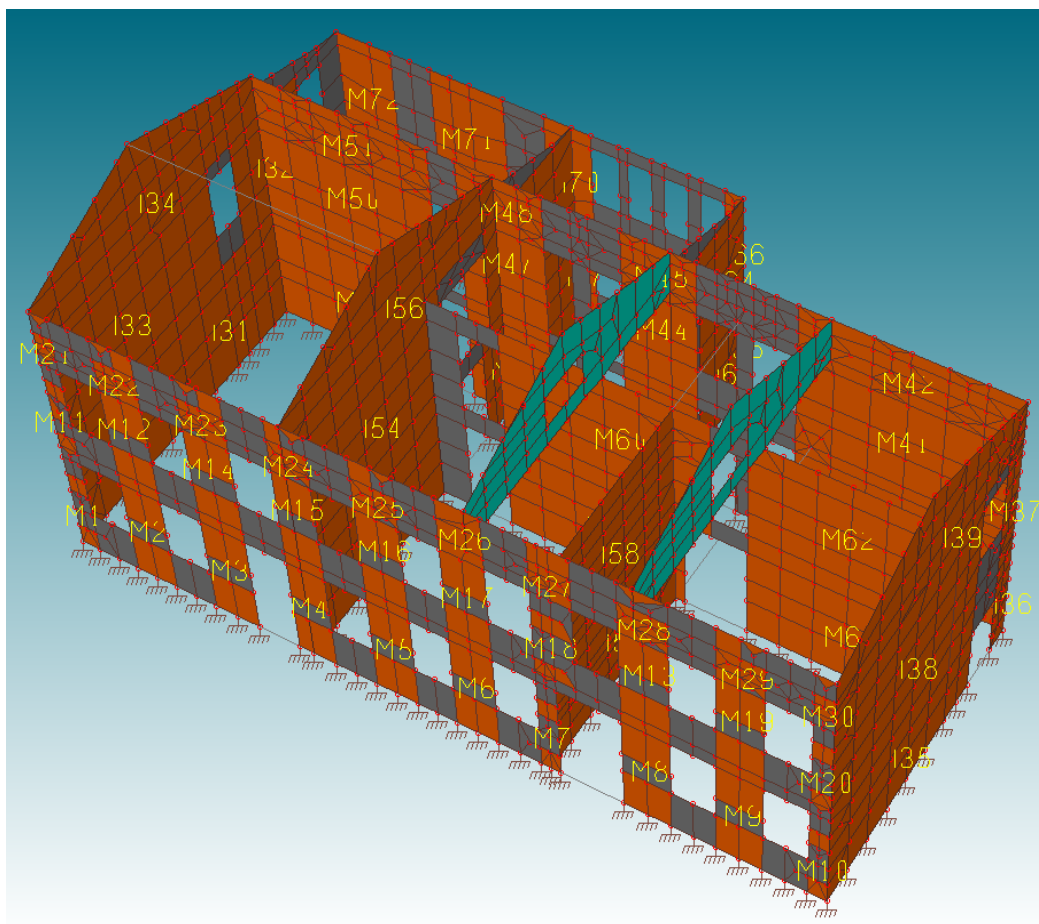


fig.34: schema dei maschi murari (coincidono con quelli dello stato di fatto con l'aggiunta dei due setti in muratura armata di nuovo inserimento)

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza)_consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

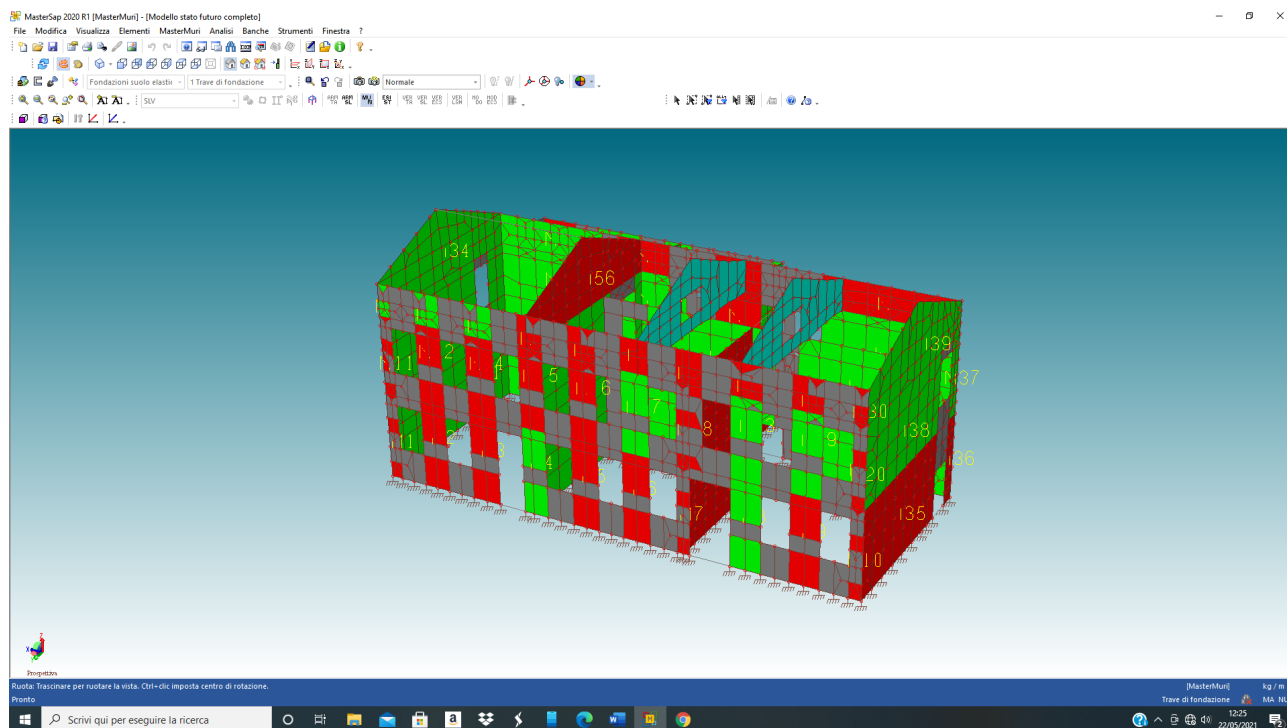


fig.35: maschi murari non verificati successivamente sottoposti a rinforzo CAM, Muratura Armata e CRM in GFRP

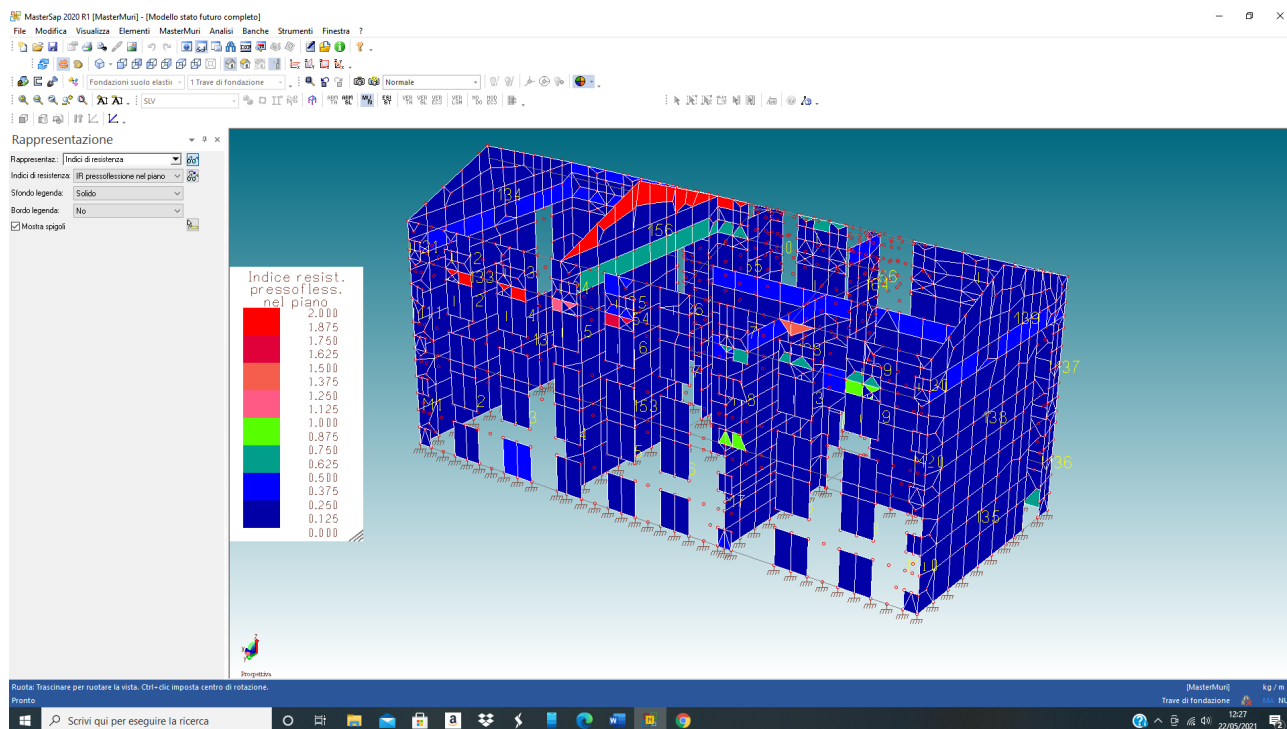


fig.36: maschi murari stato di progetto indici di resistenza per pressoflessione fuori piano

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

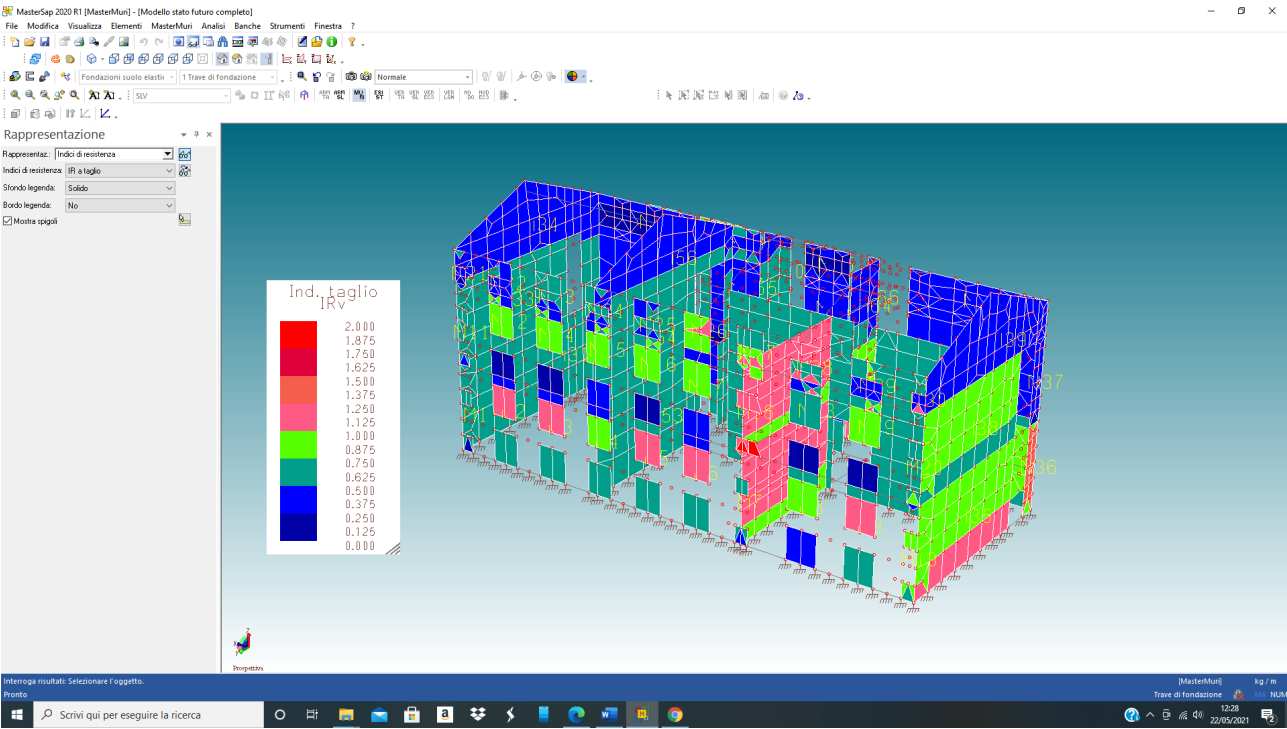


fig.37: maschi murari stato di progetto indici di resistenza per taglio

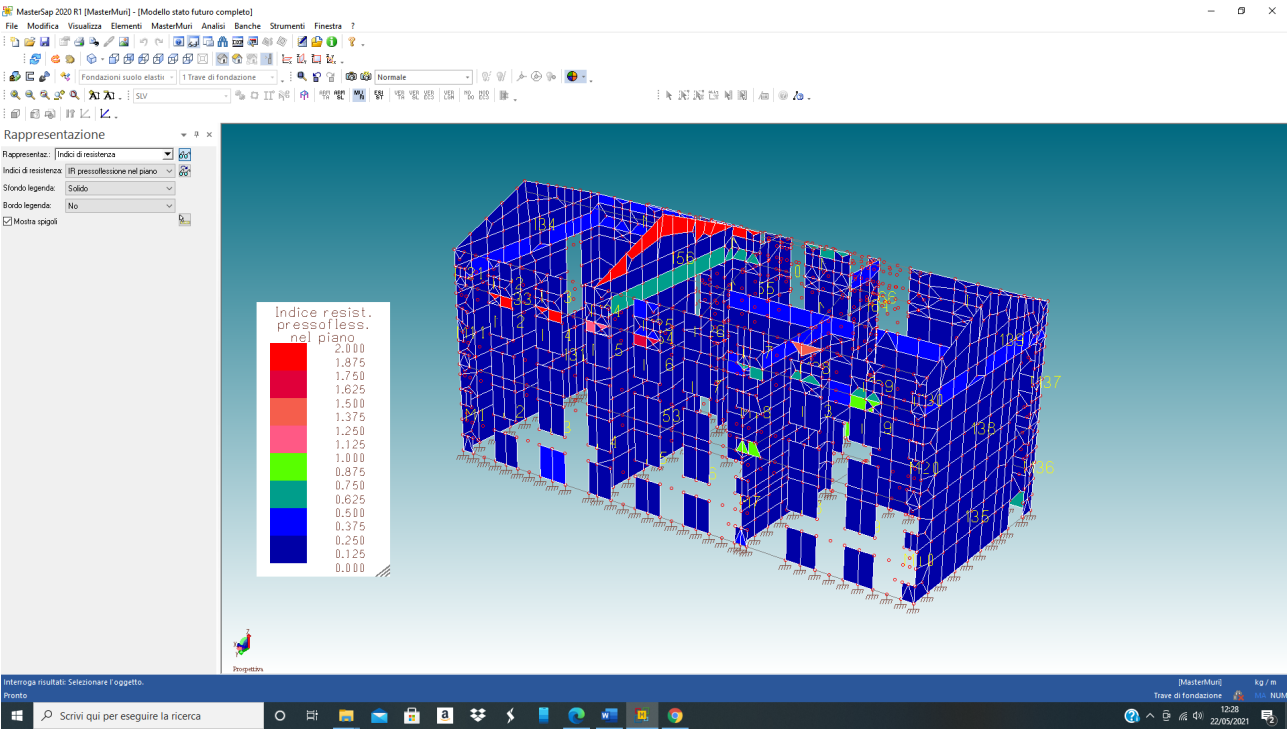


fig.38: maschi murari stato di progetto indici di resistenza per pressoflessione nel piano

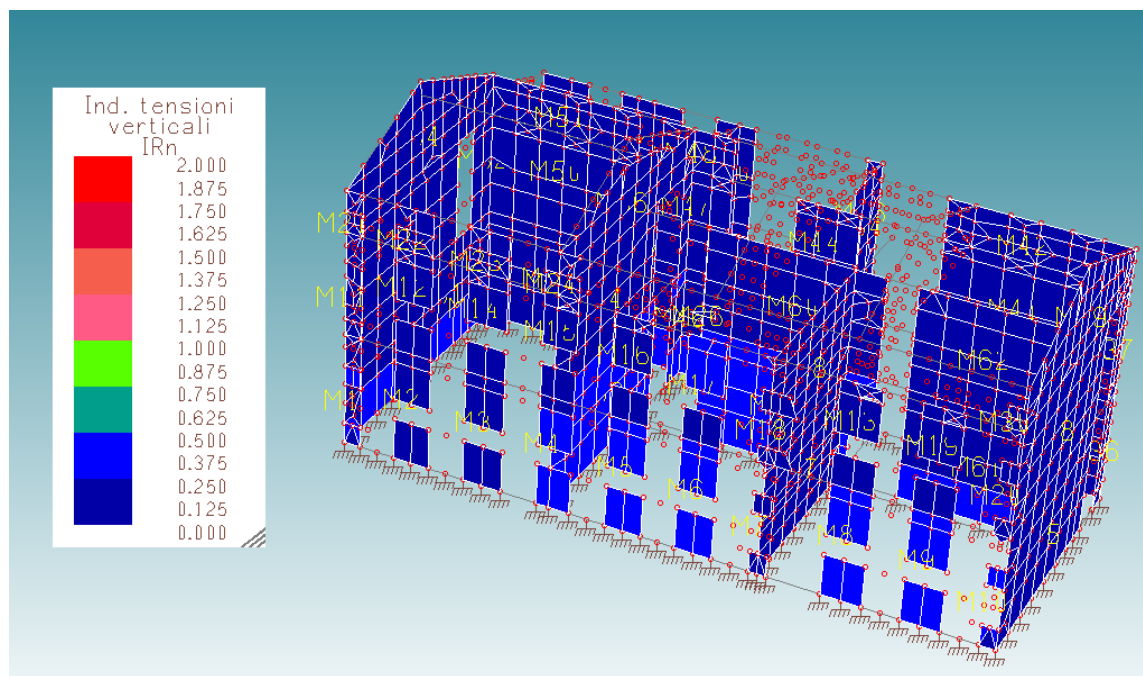


fig.39: maschi murari stato di progetto indici di resistenza tensioni verticali

A fronte di un sisma di progetto con tempo di ritorno di 253 anni, dopo l'inserimento di una muratura di spina in laterizio e con il miglioramento dei collegamenti tra gli elementi strutturali si registra un miglioramento del comportamento sismico della struttura unitamente ad una ripartizione delle azioni; sono limitati e non più significativi i meccanismi locali. Alcuni maschi murari, modellati in MasterMuri come elementi in "muratura di pietra a spacco di buona tessitura" non verificano e pertanto abbisognano di un intervento di rinforzo come specificato in precedenza; rimandando ai fascicoli per approfondimenti nella presente relazione si riportano due verifiche di riferimento per far comprendere come si è proceduto nei fascicoli di calcolo; in particolare si mostra la verifica dei maschi n. 3 e n. 35 (attraverso l'applicazione del sistema CAM) e quella dei maschi n. 57 e 58 (attraverso di muratura armata).

SISTEMA CAM

Prevede l'impacchettamento delle murature per mezzo di cuciture attive; si compone di una serie di tirantature poste in tensione, attraverso l'impiego di un'apposita macchina pneumatica, che attraversano lo spessore murario. Ciascun anello può essere realizzato da uno o più nastri in sovrapposizione e attraverso la ripetizione in posizione orizzontale e verticale di tali legature si realizza un reticolo tridimensionale applicato alla parete muraria. I nastri sono posizionati a formare maglie chiuse disposte in continuità secondo direzioni che possono essere verticali e/o orizzontali e/o diagonali, tra loro anche sovrapposte, con forature secondo un reticolo regolare o a quincce, a disegnare orditi semplici o multipli in relazione alle esigenze di calcolo.

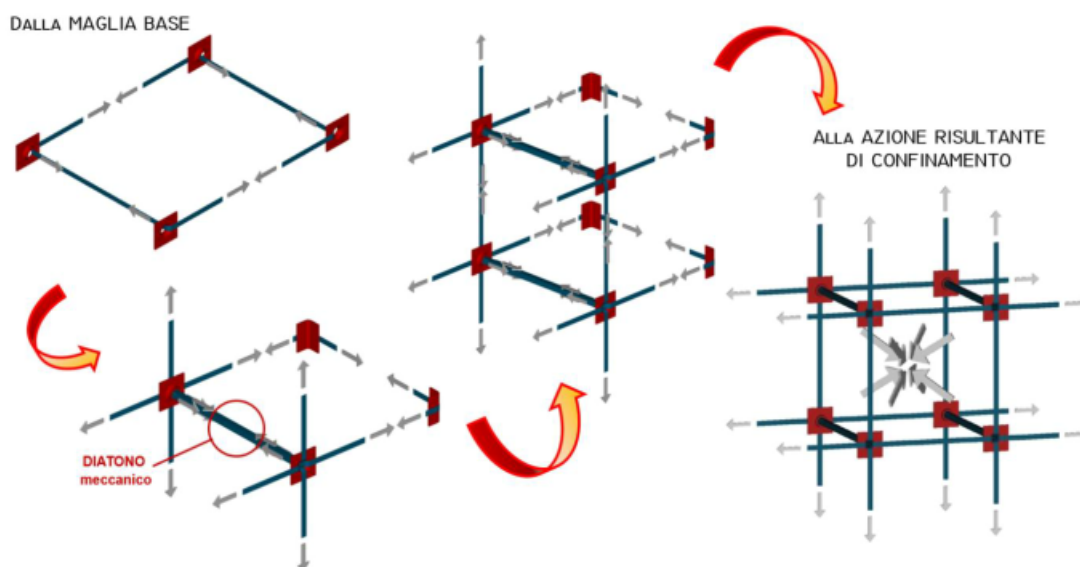


fig.40: immagini rappresentative del sistema previsto

Calcolo del rinforzo per confinamento

La verifica di elementi strutturali confinati viene condotta valutando l'azione esercitata dalla fasciatura in funzione della geometria e della disposizione del reticolo di cuciture attive. Per la valutazione della pressione di confinamento è buona norma disporre i nastri in direzione perpendicolare all'asse dell'elemento. La verifica dell'elemento confinato consiste nell'accertare che sia soddisfatta la seguente limitazione:

$$N_{Sd} \leq N_{Rmc,d}$$

essendo N_{Sd} il valore di progetto dell'azione assiale agente (da valutarsi, per le diverse combinazioni di carico prevedibili, come prescritto dalla Normativa vigente) e $N_{Rmc,d}$ il valore di progetto della resistenza della muratura confinata.

La resistenza assiale di progetto, $N_{Rmc,d}$, è definita come segue:

$$N_{Rmc,d} = A_m \cdot f_{mcd} \geq A_m \cdot f_{md}$$

Dove:

f_{md} è la resistenza a compressione della muratura non confinata;

f_{mcd} è la resistenza a compressione della muratura confinata;

A_m è l'area della sezione trasversale della muratura confinata.

La resistenza dell'elemento confinato soggetto ad un valore f_l della pressione di confinamento può calcolarsi con la seguente:

$$f_{mcd} = f_{md} \left[1 + k' \cdot \left(\frac{f_{l,eff}}{f_{md}} \right)^{\alpha_1} \right]$$

Dove

$f_{l,eff}$ è la pressione efficace di confinamento (funzione della forma del confinamento)

k' coefficiente adimensionale di incremento di resistenza

α_1 coefficiente adimensionale assunto pari a 0.50

$k' = \frac{g_m}{1000}$ con g_m densità di massa della muratura in Kg/m³

La pressione efficace di confinamento è data dalla:

$$f_{l,eff} = k_{eff} \cdot f_l = k_H \cdot k_V \cdot f_l$$

Dove:

$k_{eff} = k_H k_V$ è il coefficiente di efficienza del confinamento

k_H è il coefficiente di efficienza orizzontale

k_V è il coefficiente di efficienza verticale

Il **coefficiente di efficienza orizzontale** è fornito dal rapporto tra l'area confinata e quella totale, A_m :

$$k_H = \left[1 - \frac{1}{3 \cdot L \cdot t} \cdot \left((c_{sx} - 2 \cdot R)^2 + (p_{fb,eff} - 2 \cdot R)^2 \cdot (n_{fori} - 1) + (L - 2 \cdot R)^2 + (c_{dx} - 2 \cdot R)^2 \right) \right]$$

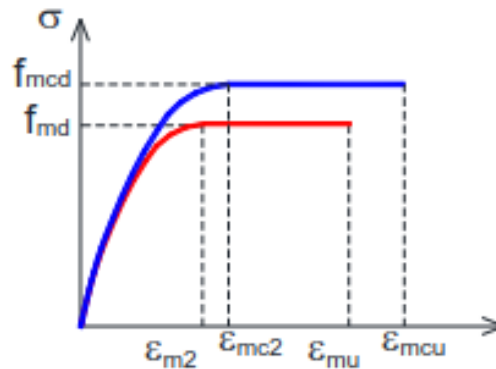
Il **coefficiente di efficienza verticale** vale:

$$k_V = \left(1 - \frac{P_{fv}}{2 \cdot \min\{L, t\}} \right)^2 = \left(1 - \frac{P_{fv} - b_f}{2 \cdot \min\{L, t\}} \right)^2$$

Il miglioramento in termini di duttilità è espresso mediante l'incremento della deformazione ultima attraverso la seguente espressione:

$$\varepsilon_{mur} = 0.0035 + 0.015 \cdot \sqrt{\frac{f_{l,eff}}{f_{md}}}$$

L'effetto di entrambi i contributi è un diagramma costitutivo della muratura incrementato come riportato nel grafico seguente:



Calcolo del rinforzo a pressoflessione nel piano

La verifica a pressoflessione della muratura armata con il Sistema di cuciture attive è analoga a quella di una sezione in cui la posizione dell'armatura è calcolata in maniera discreta.

A seconda dei diagrammi costitutivi impiegati per la muratura e per l'acciaio dell'armatura (nastri verticali) si otterranno formulazioni via via più complesse.

Si riporta per brevità il valore di calcolo del pannello rinforzato in cui il legame costitutivo della muratura è quello stress-block e per l'acciaio si considera un comportamento elasto-plastico perfetto.

$$M_{Rd} = (0.85 \cdot f_{mcd}) \cdot 0.8x \cdot L \cdot \left(\frac{t}{2} - 0.4x \right) + f_{yd,v} \cdot A_{s,vert} / s_{vert} \cdot L \cdot \frac{t}{2} + f_{yi,sp} \cdot A_{s,spigolo} \cdot \frac{t}{2}$$

Dove

f_{mcd} resistenza di calcolo a compressione della muratura confinata
 f_{yd} tensione di calcolo del nastro
 x posizione dell'asse neutro

$$x = \frac{\sigma_0 \cdot t + A_{s,vert} / s_{vert} \cdot f_{yd,v} + f_{yi,sp} \cdot A_{s,spigolo}}{0.8 \cdot (0.85 \cdot f_{mcd})}$$

Calcolo del rinforzo a taglio

Metodo 1: Eq. (7.8.3) NTC 2008

Il metodo di verifica a taglio relativo a questa opzione, illustrato nelle NTC2008 al Paragrafo 7.8.2.2.2, adotta l'espressione (7.8.3), nella quale il contributo dei nastri viene a incrementare la resistenza a taglio finale come segue:

$$V_t = d \cdot s \cdot f_{vd} + \frac{0,6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f'_{yd}}{P_{fv}}$$

dove

d è la distanza tra il lembo compresso e il baricentro dei nastri verticali tesi

f_{vd} è calcolato come segue

$$f_{vd} = \frac{\frac{f_{v0}}{FC} + 0,4\sigma_n}{\gamma_m}$$

con

$$\sigma_n = \frac{N}{d \cdot s}$$

$A_{s,orizz}$ è pari a due volte l'area di un nastro per il numero di avvolgimenti orizzontali ($2 \cdot t \cdot b \cdot n_h$)

$f_{yd} = f_{yd} / \gamma_{rd}$ (coefficiente di sicurezza a taglio, tipicamente pari ad 1,00)

In questo caso, si possono distinguere contributi dei due materiali:

- quello della muratura $V_{t,mur} = d \cdot s \cdot f_{vd}$
- quello del sistema CAM® $V_{t,CAM} = \frac{0,6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f'_{yd}}{P_{fv}}$

Metodo 2: Eq. (8.7.1.1) Circ. NTC 2008

È il metodo indicato nella Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 al Paragrafo C8.7.1.5 Eq. (8.7.1.1)

Viene adottata questa espressione per la verifica a taglio.

$$V_t = l \cdot s \cdot \frac{1,5 \cdot \tau'_{0d}}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{(\sigma_0 + \sigma_v)}{1,5 \cdot \tau'_{0d}}} + \frac{0,6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f'_{yd}}{P_{fv}}$$

dove

l è la larghezza del maschio murario (base muro);

s è lo spessore del maschio murario;

τ'_{0d} è calcolato come segue:

$$\tau'_{0d} = \tau_0 / (\gamma_M \cdot FC)$$

b coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipende dalla snellezza della parete. Si può assumere $b = h/l$, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove h è l'altezza del pannello.

$$\sigma_0 = \frac{N}{l \cdot s} \quad \text{tensione normale media della sezione;}$$

$$\sigma_v = \frac{f_p \cdot A_{s,vert}}{p_{fh} \cdot s} \quad \text{incremento della tensione verticale dovuto alla pretensione dei nastri;}$$

d è la distanza tra il lembo compresso e il baricentro dei nastri verticali tesi;

$A_{s,orizz}$ è pari a due volte l'area di un nastro per il numero di avvolgimenti orizzontali ($2 \cdot t \cdot b \cdot n_h$);

$A_{s,vert}$ è pari a due volte l'area di un nastro per il numero di avvolgimenti verticali ($2 \cdot t \cdot b \cdot n_v$);

f_{yd} = f_{yd} / γ_{rd} (coefficiente di sicurezza a taglio, tipicamente pari ad 1,00);

f_p tensione di pretensionamento nastri

Metodo 3: Circolare 2019

Con l'opzione "Metodo 3: Circolare 2019" si applica il metodo di verifica a taglio dei maschi murari esistenti contemplato nella Circolare 2019 al par. C8.7.1.3.1.1 *Pareti murarie*, dove si indica che la verifica deve essere eseguita secondo entrambi i meccanismi: taglio scorrimento e taglio fessurazione diagonale. Qui di seguito li illustriamo inserendo il contributo del rinforzo.

Taglio scorrimento

Per la verifica della rottura per taglio scorrimento dei maschi murari si fa riferimento all'Eq. [7.8.3] NTC 2018 dove f_{v0} è la tensione indicata nella Tabella C8.5.I. Si tenga presente che non viene eseguita la verifica nei casi in cui la tabella non prevede il valore di riferimento per f_{v0} .

Per quel che riguarda il rinforzo con il sistema CAM® l'Eq. [7.8.3] NTC 2018 viene integrata con il contributo della "armatura" allo stesso modo dell'Eq. [7.8.8], in questo caso il contributo è fornito dai nastri del sistema CAM®.

L'espressione che governa il dimensionamento è la seguente:

$$V_t = V_{t,mur} + V_{t,CAM} = d \cdot s \cdot f_{vd} + \frac{0,6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f'_{yd}}{p_{fv}}$$

$$f'_{yd} = f_{yd} / \gamma_{rd} \quad \text{coefficiente di sicurezza a taglio: tipicamente } \gamma_{rd} = 1,00$$

Taglio fessurazione diagonale: muratura a tessitura irregolare

Nelle murature a tessitura irregolare, la rottura per trazione diagonale è governata dal parametro τ_0 : tensione indicata nella Tabella C8.5.I. La resistenza a taglio viene valutata con l'Eq. [C8.7.1.16] Circ. 2019, in cui viene inserito il contributo dei nastri del sistema CAM® in questo modo:

$$V_t = l \cdot s \cdot \frac{1,5 \cdot \tau_{0d}}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{(\sigma_0 + \sigma_v)}{1,5 \cdot \tau_{0d}}} + \frac{0,6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f'_{yd}}{p_{fv}}$$

$$f'_{yd} = f_{yd} / \gamma_{rd} \quad \text{coefficiente di sicurezza a taglio: tipicamente } \gamma_{rd} = 1,00$$

$$\tau_{0d} = \tau_0 / (\gamma_M \cdot FC)$$

Taglio fessurazione diagonale: muratura a tessitura regolare

Nelle murature a tessitura regolare la fessurazione può essere "a scaletta", ossia con andamento diagonale attraverso i giunti di malta (governata dal parametro di resistenza f_{v0} , associato idealmente alla crisi dei giunti), oppure diagonale attraverso gli inerti della muratura (governata dal parametro di resistenza $f_{v,lm}$).

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

La relazione che governa questo meccanismo di rottura è fornita dall'Eq. [C8.7.1.17] Circ. 2019 dove f_{vd} è la resistenza a taglio della muratura indicata nella Tabella C8.5.I., μ è il coefficiente di attrito locale e ϕ il coefficiente di ingranamento murario.

Inserendo nella Eq. [C8.7.1.17] Circ. 2019 il contributo del Sistema CAM® si calcola la resistenza a taglio fessurazione diagonale del maschio murario rinforzato:

$$V_t = \frac{l \cdot t}{b} \left[\frac{f_{v0d}}{1 + \mu \phi} + \frac{\mu}{1 + \mu \phi} (\sigma_0 + \sigma_v) \right] + \frac{0,6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f'_{yd}}{p_{fv}}$$

Anche in questo caso $f'_{yd} = f_{yd} / \gamma_{rd}$ coefficiente di sicurezza a taglio: tipicamente $\gamma_{rd} = 1,00$

La procedura verifica inoltre che il taglio resistente V_t sia limitato secondo quanto indicato nella circolare in funzione di $f_{v,lim}$

$$V_t \leq V_{t,lim} = l' \cdot t \cdot \frac{f_{v,lim}}{\gamma_m} = l' \cdot t \cdot \frac{0,065 \cdot f_b}{0,7 \cdot \gamma_m}$$

Si tenga presente che la Circolare 2019 suggerisce anche di poter utilizzare la formulazione 'semplificata' proposta per la tessitura irregolare dell'Eq. [C8.7.1.16] anche nel caso di muratura regolare poiché più cautelativa. Resta quindi in mano all'utente la scelta "regolare" o "irregolare" nella consapevolezza che quest'ultimo caso vale anche per il primo, a favore di sicurezza.

Verifica del maschio n. 3 sistema CAM (programma Rinforzi e verifica muratura di AMV)

Verifiche Rinforzi e Muratura Armata 2020 R1 - Modello stato futuro completoMurCAM_Gr1Ma3lp1

HOME VISUALIZZA

File Copia Copia visibile Salva Verifica Tabella L1 Barra FRP Cartella documento

Modello stato futuro completoMurCAM_Gr1Ma3lp1

Dati di input

Elementi	CAMB	Sollecitazioni
Coef. miglioramento diafragma		
Coef. diafragma		1.000
Tipo schema		
Schema		Quinconce
Raggio di curvatura		
Raggio (mm)		30.0
Nastro orizzontale diffuso		
Passo p _h		0.400
Numero nastri sovrapposti n _h		4
Tensione pretensionamento		509.7
Descrizione		
Spessore singolo nastro t (mm)		1.0
Larghezza singolo nastro b (mm)		19.0
Resistenza a trazione f _{yd}		5710.0
Nastro verticale diffuso		
Passo p _v		0.600
Numero nastri sovrapposti n _v		1
Tensione pretensionamento		509.7
Descrizione		
Spessore singolo nastro t (mm)		1.0
Larghezza singolo nastro b (mm)		19.0
Resistenza a trazione f _{yd}		3242.0
Nastro verticale di spigolo		
Uguale a nastro verticale diffuso		Si
Numero nastri sovrapposti n _v		1
Tensione pretensionamento		509.7
Descrizione		
Spessore singolo nastro t (mm)		1.0
Larghezza singolo nastro b (mm)		19.0
Resistenza a trazione f _{yd}		3242.0

Scrivi qui per eseguire la ricerca

Lunghezza: m Forze: kg Tensioni: kg/cm²

12:32 22/05/2021

Finestra grafica di input nel programma:

Rinforzo maschio murario con metodo CAM®

Dati

File progetto Verifiche Rinforzi:

Modello stato futuro completoMurCAM_Gr1Ma3lp1.rfz

Elemento murario

Base:	1.300 m
Spessore:	0.550 m
Altezza:	3.200 m

Caratteristiche muratura

Peso specifico muratura, gm:	2050.000 kg/mc
Coeff. di sicurezza materiale c.c. non simiche GammaM:	2.500
Coeff. di sicurezza materiale c.c. simiche GammaM:	2.000
Coeff. di confinamento, GammaRd:	1.000
Coeff. a taglio, GammaRd:	1.000
Resistenza a compressione, fm:	561.978 kg/cm ²
Fattore di Confidenza:	1.20
Modalità di verifica a taglio:	Metodo 3: Circolare 2019
Tessitura:	Irregolare
Resistenza caratteristica a taglio, fv0:	0.000 kg/cm ²
Tensione di taglio, Tau0:	1.120 kg/cm ²

Nastri CAM®

Coeff. diatonico:	1.000
Schema disposizione nastri tipo:	Quinconce
Raggio di curvatura:	0.030 m

Nastro orizzontale diffuso

Passo pfv:	0.400 m
Numero nastri sovrapposti:	4
Tensione di pretensionamento:	509.684 kg/cm ²
Spessore singolo nastro t:	0.00100 m
Larghezza singolo nastro b:	0.019 m
Resistenza alla trazione fyd:	5710.000 kg/cm ²

Nastro verticale diffuso

Passo pfh:	0.600 m
Numero nastri sovrapposti:	1
Tensione di pretensionamento:	509.684 kg/cm ²
Spessore singolo nastro t:	0.00100 m
Larghezza singolo nastro b:	0.019 m
Resistenza alla trazione fyd:	3242.000 kg/cm ²

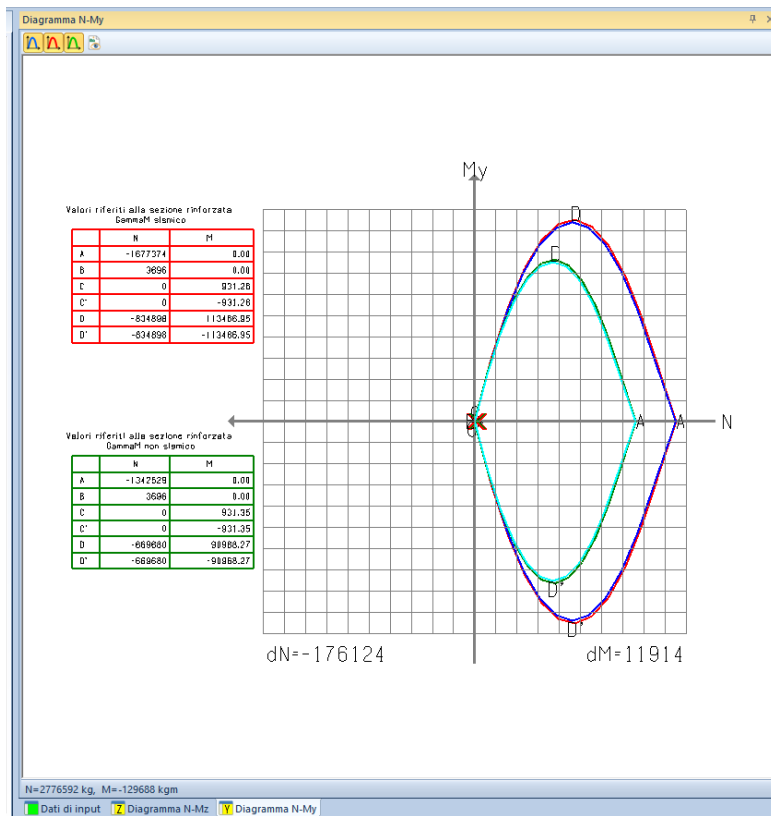
Verifica a pressoflessione e taglio

NC x	N	V	My	Mz	MyRes	MzRes	IRMy	IRMz	zona	d	VRdM	VRdCAM	VRd	IRV
kg	kg	kgm	kgm	kgm	kgm	kgm	m	m	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1A 0	-3970.8	2385.7	249.0	1156.1	1931.8	4941.1	0.13	0.23	1.082	1.250	794.2	16273.5	17067.7	0.14 TS Verificato
1B 0	-32181.6	2385.7	249.0	-2159.7	9040.1	22790.8	0.03	0.09	1.300	1.300	6436.3	16273.5	22709.8	0.11 TS Verificato
1C 0	-3970.8	2385.7	-274.4	1156.1	1931.8	4941.1	0.14	0.23	1.082	1.250	794.2	16273.5	17067.7	0.14 TS Verificato
1D 0	-32181.6	2385.7	-274.4	-2159.7	9040.1	22790.8	0.03	0.09	1.300	1.300	6436.3	16273.5	22709.8	0.11 TS Verificato
1E 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1F 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1G 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1H 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1I 0	-8161.1	1896.2	386.8	566.7	2987.6	7641.6	0.13	0.07	1.300	1.300	1632.2	16273.5	17905.7	0.11 TS Verificato
1J 0	-27991.3	1896.2	386.8	-1570.2	7984.3	20183.6	0.05	0.08	1.300	1.300	5598.3	16273.5	21871.8	0.09 TS Verificato
1K 0	-8161.1	1896.2	-412.3	566.7	2987.6	7641.6	0.14	0.07	1.300	1.300	1632.2	16273.5	17905.7	0.11 TS Verificato
1L 0	-27991.3	1896.2	-412.3	-1570.2	7984.3	20183.6	0.05	0.08	1.300	1.300	5598.3	16273.5	21871.8	0.09 TS Verificato
1M 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1N 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1O 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1P 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1Q 0	-12231.3	1444.9	168.8	150.4	4013.2	10243.0	0.04	0.01	1.300	1.300	2446.3	16273.5	18719.8	0.08 TS Verificato
1R 0	-23921.1	1444.9	168.8	-1154.0	6958.7	17647.9	0.02	0.07	1.300	1.300	4784.2	16273.5	21057.7	0.07 TS Verificato
1S 0	-12231.3	1444.9	-194.2	150.4	4013.2	10243.0	0.05	0.01	1.300	1.300	2446.3	16273.5	18719.8	0.08 TS Verificato
1T 0	-23921.1	1444.9	-194.2	-1154.0	6958.7	17647.9	0.03	0.07	1.300	1.300	4784.2	16273.5	21057.7	0.07 TS Verificato
1U 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1V 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1W 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1Z 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
2 0	-24580.5	93.6	-17.8	-689.9	7125.6	17968.0	0.00	0.04	1.300	1.300	3932.9	16273.5	20206.4	0.00 TS Verificato
7 0	-24598.3	85.8	-18.3	-681.8	7130.1	17979.1	0.00	0.04	1.300	1.300	3935.7	16273.5	20209.2	0.00 TS Verificato
8 0	-24991.5	94.0	-18.4	-698.1	7229.1	18223.7	0.00	0.04	1.300	1.300	3998.6	16273.5	20272.1	0.00 TS Verificato
1A 1/2	-7252.8	6457.0	110.5	652.0	2758.7	7056.2	0.04	0.09	1.300	1.300	1450.6	16273.5	17724.1	0.36 TS Verificato
1B 1/2	-29585.8	6457.0	110.5	-522.0	8386.0	21175.7	0.01	0.02	1.300	1.300	5917.2	16273.5	22190.7	0.29 TS Verificato
1C 1/2	-7252.8	6457.0	-88.4	652.0	2758.7	7056.2	0.03	0.09	1.300	1.300	1450.6	16273.5	17724.1	0.36 TS Verificato
1D 1/2	-29585.8	6457.0	-88.4	-522.0	8386.0	21175.7	0.01	0.02	1.300	1.300	5917.2	16273.5	22190.7	0.29 TS Verificato
1E 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1F 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1G 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1H 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1I 1/2	-9721.9	4785.9	164.6	592.7	3380.9	8647.6	0.05	0.07	1.300	1.300	1944.4	16273.5	18217.9	0.26 TS Verificato
1J 1/2	-27116.6	4785.9	164.6	-462.6	7763.9	19639.3	0.02	0.02	1.300	1.300	5423.3	16273.5	21696.8	0.22 TS Verificato
1K 1/2	-9721.9	4785.9	-142.5	592.7	3380.9	8647.6	0.04	0.07	1.300	1.300	1944.4	16273.5	18217.9	0.26 TS Verificato
1L 1/2	-27116.6	4785.9	-142.5	-462.6	7763.9	19639.3	0.02	0.02	1.300	1.300	5423.3	16273.5	21696.8	0.22 TS Verificato
1M 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1N 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1O 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1P 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1Q 1/2	-13551.4	3219.9	83.1	303.3	4345.8	11079.2	0.02	0.03	1.300	1.300	2710.3	16273.5	18983.8	0.17 TS Verificato
1R 1/2	-23287.1	3219.9	83.1	-173.2	6798.9	17246.3	0.01	0.01	1.300	1.300	4657.4	16273.5	20930.9	0.15 TS Verificato
1S 1/2	-13551.4	3219.9	-61.0	303.3	4345.8	11079.2	0.01	0.03	1.300	1.300	2710.3	16273.5	18983.8	0.17 TS Verificato
1T 1/2	-23287.1	3219.9	-61.0	-173.2	6798.9	17246.3	0.01	0.01	1.300	1.300	4657.4	16273.5	20930.9	0.15 TS Verificato
1U 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1V 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1W 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1Z 1/2	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
2 1/2	-25227.3	1461.2	16.4	91.7	7288.6	18370.5	0.00	0.00	1.300	1.300	4036.4	16273.5	20309.9	0.07 TS Verificato
7 1/2	-25273.8	1493.1	17.2	74.3	7300.3	18399.4	0.00	0.00	1.300	1.300	4043.8	16273.5	20317.3	0.07 TS Verificato
8 1/2	-25727.7	1490.0	17.0	96.4	7414.7	18681.7	0.00	0.01	1.300	1.300	4116.4	16273.5	20389.9	0.07 TS Verificato
1A I	-3365.1	1923.9	53.3	172.7	1779.2	4550.7	0.03	0.04	1.300	1.300	673.0	16273.5	16946.5	0.11 TS Verificato
1B I	-22930.7	1923.9	53.3	-532.7	6709.1	17020.6	0.01	0.03	1.300	1.300	4586.1	16273.5	20859.7	0.09 TS Verificato
1C I	-3365.1	1923.9	-37.5	172.7	1779.2	4550.7	0.02	0.04	1.300	1.300	673.0	16273.5	16946.5	0.11 TS Verificato
1D I	-22930.7	1923.9	-37.5	-532.7	6709.1	17020.6	0.01	0.03	1.300	1.300	4586.1	16273.5	20859.7	0.09 TS Verificato
1E I	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1F I	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1G I	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1H I	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1I I	-6081.9	1932.4	66.3	153.1	2463.7	6301.7	0.03	0.02	1.300	1.300	1216.4	16273.5	17489.9	0.11 TS Verificato
1J I	-20214.0	1932.4	66.3	-513.2	6024.6	15299.6	0.01	0.03	1.300	1.300	4042.8	16273.5	20316.3	0.10 TS Verificato
1K I	-6081.9	1932.4	-50.5	153.1	2463.7	6301.7	0.02	0.02	1.300	1.300	1216.4	16273.5	17489.9	0.11 TS Verificato
1L I	-20214.0	1932.4	-50.5	-513.2	6024.6	15299.6	0.01	0.03	1.300	1.300	4042.8	16273.5	20316.3	0.10 TS Verificato
1M I	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1N I	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1O I	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1P I	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00 TS Verificato
1Q I	-9042.4	1684.5	37.0	-25.6	3209.7	8209.6	0.01	0.00	1.300	1.300	1808.5	16273.5	18082.0	0.09 TS Verificato
1R I	-17253.5	1684.5	37.0	-334.5	5278.6	13424.3	0.01	0.02	1.300	1.300	3450.7	16273.5	19724.2	0.09 TS Verificato
1S I	-9042.4	1684.5	-21.2	-25.6	3209.7	8209.6	0.01	0.00	1.300	1.300	1808.5	16273.5	18082.0	0.09 TS Verificato

1T	-17253.5	1684.5	-21.2	334.5	5278.6	13424.3	0.00	0.02	1.300	1.300	3450.7	16273.5	19724.2	0.09	TS Verificado
1U	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00	TS Verificado
1V	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00	TS Verificado
1W	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00	TS Verificado
1Z	-0.0	0.0	0.0	0.0	931.3	2381.9	0.00	0.00	1.300	1.300	0.0	16273.5	16273.5	0.00	TS Verificado
2	-18086.9	218.7	12.4	-240.4	5489.2	13921.4	0.00	0.02	1.300	1.300	2893.9	16273.5	19167.4	0.01	TS Verificado
7	-18108.4	208.4	13.0	-252.1	5494.6	13935.0	0.00	0.02	1.300	1.300	2897.3	16273.5	19170.8	0.01	TS Verificado
8	-14843.6	226.6	13.1	-243.9	5589.2	14172.7	0.00	0.02	1.300	1.300	2957.4	16273.5	19230.9	0.01	TS Verificado



Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)



Nel caso dal maschio n.3 la verifica con il rinforzo scelto conformemente a quanto riportato nelle tavole di progetto restituisce esito positivo e le coppie delle sollecitazioni rientrano nel dominio di resistenza della sezione rinforzata.

Verifica del maschio n. 35 sistema CAM (programma Rinforzi e verifica muratura di AMV)

Verifiche Rinforzi e Muratura Armata 2020 R1 - Modello stato futuro completoMurCAM_Gr1Ma35p1

Modello stato futuro completoMurCAM_Gr1Ma35p1

Dati di input

Elemento	CAMB	Sollecitazioni
Coeff. miglioramento diafano		
Coeff. diafano	1.000	
Tipo schema		
Schema	Quinconce	
Raggio di curvatura		
Raggio (mm)	30.0	
Nastro orizzontale diffuso		
Passo pth	0.400	
Numero nastri sovrapposti nh	4	
Tensione pretensionamento	509.7	
Descrizione		
Spessore singolo nastro t (mm)	1.0	
Larghezza singolo nastro b (mm)	19.0	
Resistenza a trazione fyd	5710.0	
Nastro verticale diffuso		
Passo pth	0.600	
Numero nastri sovrapposti nv	1	
Tensione pretensionamento	509.7	
Descrizione		
Spessore singolo nastro t (mm)	1.0	
Larghezza singolo nastro b (mm)	19.0	
Resistenza a trazione fyd	2039.4	
Nastro verticale di spigolo		
Uguale a nastro verticale diffuso	Si	
Numero nastri sovrapposti nv	1	
Tensione pretensionamento	509.7	
Descrizione		
Spessore singolo nastro t (mm)	1.0	
Larghezza singolo nastro b (mm)	19.0	
Resistenza a trazione fyd	2039.4	

Dati di input Diagramma N-Mz Diagramma N-My

Lunghezza m Forze kg Tensioni kg/cm²

13:11 22/05/2021

Rinforzo maschio murario con metodo CAM®

Dati

File progetto Verifiche Rinforzi:

Modello stato futuro completoMurCAM_Gr1Ma35lp1.rfz

Elemento murario

Base: 7.130 m
Spessore: 0.550 m
Altezza: 3.200 m

Caratteristiche muratura

Peso specifico muratura, gm: 2050.000 kg/mc
Coeff. di sicurezza materiale c.c. non simiche GammaM: 2.500
Coeff. di sicurezza materiale c.c. simiche GammaM: 2.000
Coeff. di confinamento, GammaRd: 1.000
Coeff. a taglio, GammaRd: 1.000
Resistenza a compressione, fm: 561.978 kg/cm²
Fattore di Confidenza: 1.20
Modalità di verifica a taglio: Metodo 3: Circolare 2019
Tessitura: Irregolare
Resistenza caratteristica a taglio, fv0: 0.000 kg/cm²
Tensione di taglio, Tau0: 1.120 kg/cm²

Nastri CAM®

Coeff. diatonico: 1.000
Schema disposizione nastri tipo: Quinconce
Raggio di curvatura: 0.030 m

Nastro orizzontale diffuso

Passo pfv: 0.400 m
Numero nastri sovrapposti: 4
Tensione di pretensionamento: 509.684 kg/cm²
Spessore singolo nastro t: 0.00100 m
Larghezza singolo nastro b: 0.019 m
Resistenza alla trazione fyd: 5710.000 kg/cm²

Nastro verticale diffuso

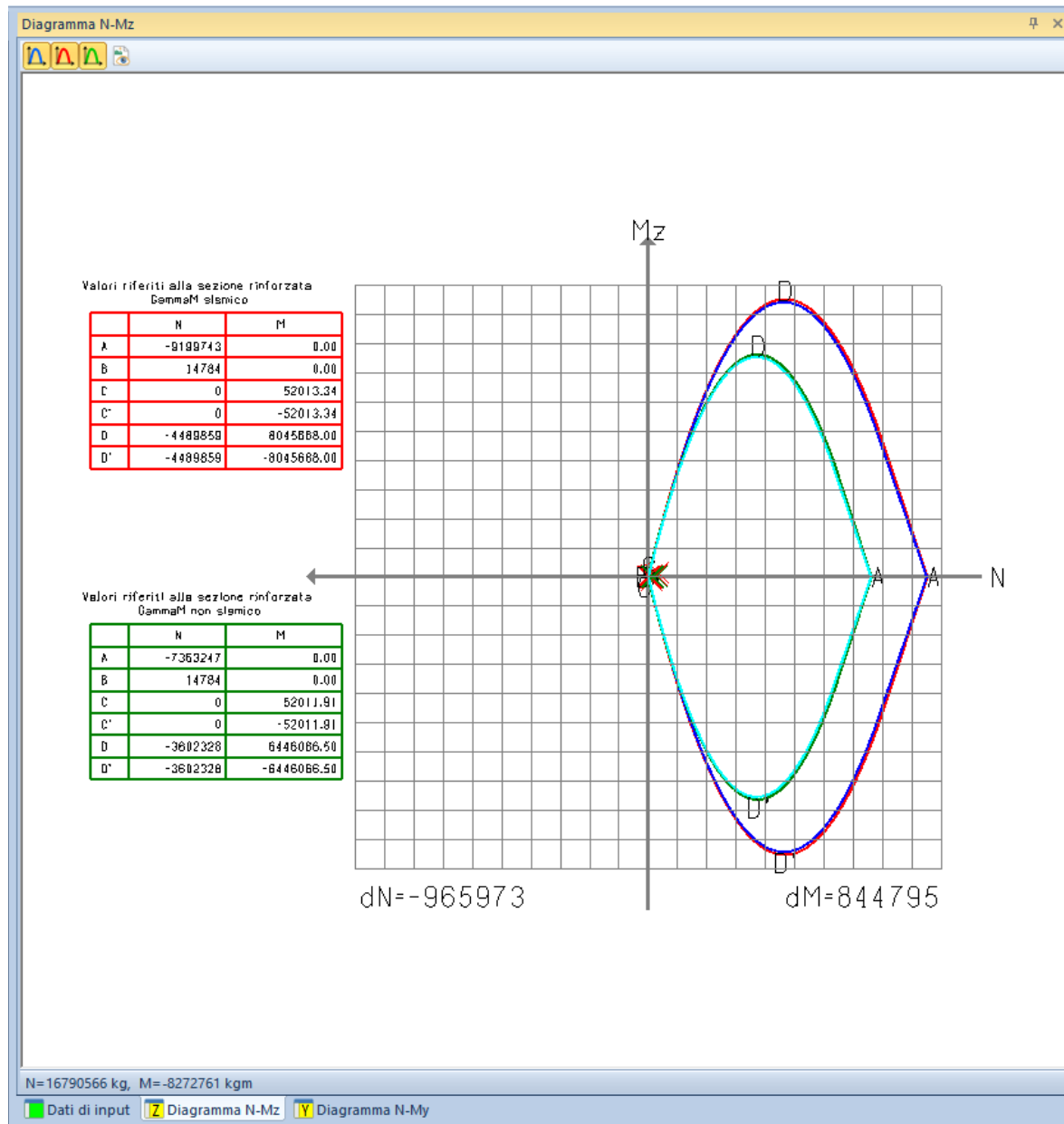
Passo pfh: 0.600 m
Numero nastri sovrapposti: 1
Tensione di pretensionamento: 509.684 kg/cm²
Spessore singolo nastro t: 0.00100 m
Larghezza singolo nastro b: 0.019 m
Resistenza alla trazione fyd: 3242.000 kg/cm²

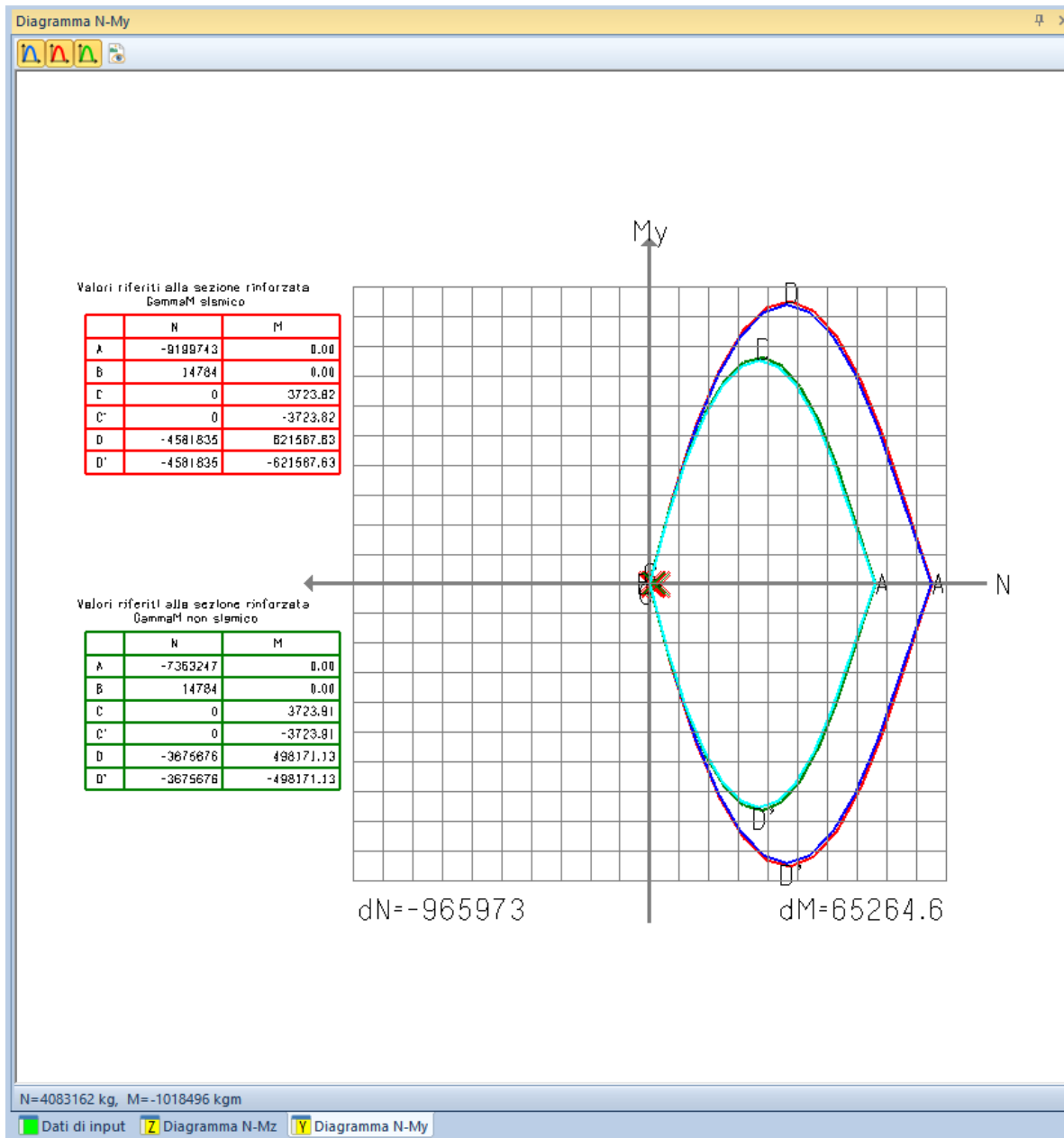
Verifica a pressoflessione e taglio

NC x	N	V	My	Mz	MyRes	MzRes	IRMy	IRMz	zona	d	VRdM	VRdCAM	VRd	IRV
	kg	kg	kgm	kgm	kgm	kgm			compr.	m	m	kg	kg	kg
1A 0	-43573.0	37349.5	4764.8	7696.6	14699.4	205317.6	0.32	0.04	7.130	7.130	8714.6	89374.1	98088.7	0.38 TS Verificato
1B 0	-151640.7	37349.5	4764.8	-8806.9	41920.5	582043.6	0.11	0.02	7.130	7.130	30328.1	89374.1	119702.2	0.31 TS Verificato
1C 0	-43573.0	37349.5	-3855.9	7696.6	14699.4	205317.6	0.26	0.04	7.130	7.130	8714.6	89374.1	98088.7	0.38 TS Verificato
1D 0	-151640.7	37349.5	-3855.9	-8806.9	41920.5	582043.6	0.09	0.02	7.130	7.130	30328.1	89374.1	119702.2	0.31 TS Verificato
1E 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00 TS Verificato
1F 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00 TS Verificato
1G 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00 TS Verificato
1H 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00 TS Verificato
1I 0	-40302.2	46639.4	3364.0	-20824.1	13875.5	193809.8	0.24	0.11	7.130	7.130	8060.4	89374.1	97434.5	0.48 TS Verificato
1J 0	-154911.5	46639.4	3364.0	19713.8	42744.4	593315.6	0.08	0.03	7.130	7.130	30982.3	89374.1	120356.4	0.39 TS Verificato
1K 0	-40302.2	46639.4	-2455.0	-20824.1	13875.5	193809.8	0.18	0.11	7.130	7.130	8060.4	89374.1	97434.5	0.48 TS Verificato
1L 0	-154911.5	46639.4	-2455.0	19713.8	42744.4	593315.6	0.06	0.03	7.130	7.130	30982.3	89374.1	120356.4	0.39 TS Verificato
1M 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00 TS Verificato
1N 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00 TS Verificato
1O 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00 TS Verificato
1P 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00 TS Verificato

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

1Q 0	-70998.5	21965.6	2257.6	-3154.1	21607.6	301809.8	0.10	0.01	7.130	7.130	14199.7	89374.1	103573.8	0.21	TS	Verificato
1R 0	-124215.2	21965.6	2257.6	2043.7	35012.3	487529.4	0.06	0.00	7.130	7.130	24843.0	89374.1	114217.1	0.19	TS	Verificato
1S 0	-70998.5	21965.6	-1348.7	-3154.1	21607.6	301809.8	0.06	0.01	7.130	7.130	14199.7	89374.1	103573.8	0.21	TS	Verificato
1T 0	-124215.2	21965.6	-1348.7	2043.7	35012.3	487529.4	0.04	0.00	7.130	7.130	24843.0	89374.1	114217.1	0.19	TS	Verificato
1U 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1V 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1W 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1Z 0	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
2 0	-132960.8	1696.0	697.1	-2956.9	37216.2	515893.9	0.02	0.01	7.130	7.130	21273.7	89374.1	110647.8	0.02	TS	Verificato
7 0	-132727.7	1637.1	666.8	-1420.7	37157.5	515102.9	0.02	0.00	7.130	7.130	21236.4	89374.1	110610.5	0.01	TS	Verificato
8 0	-133869.7	1681.3	664.0	-1365.7	37445.2	518978.7	0.02	0.00	7.130	7.130	21419.1	89374.1	110793.2	0.02	TS	Verificato
1A ½	-105939.8	80605.2	3750.3	-33479.6	30408.9	424548.6	0.12	0.08	7.130	7.130	21188.0	89374.1	110562.0	0.73	TS	Verificato
1B ½	-296159.0	80605.2	3750.3	71066.2	78323.2	1070215.5	0.05	0.07	7.130	7.130	59231.8	89374.1	148605.9	0.54	TS	Verificato
1C ½	-105939.8	80605.2	-5913.9	-33479.6	30408.9	424548.6	0.19	0.08	7.130	7.130	21188.0	89374.1	110562.0	0.73	TS	Verificato
1D ½	-296159.0	80605.2	-5913.9	71066.2	78323.2	1070215.5	0.08	0.07	7.130	7.130	59231.8	89374.1	148605.9	0.54	TS	Verificato
1E ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1F ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1G ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1H ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1I ½	-95646.9	99466.4	2425.9	-90830.0	27816.3	388530.9	0.09	0.23	7.130	7.130	19129.4	89374.1	108503.4	0.92	TS	Verificato
1J ½	-306451.9	99466.4	2425.9	128416.6	80915.9	1104184.8	0.03	0.12	7.130	7.130	61290.4	89374.1	150664.4	0.66	TS	Verificato
1K ½	-95646.9	99466.4	-4589.5	-90830.0	27816.3	388530.9	0.16	0.23	7.130	7.130	19129.4	89374.1	108503.4	0.92	TS	Verificato
1L ½	-306451.9	99466.4	-4589.5	128416.6	80915.9	1104184.8	0.06	0.12	7.130	7.130	61290.4	89374.1	150664.4	0.66	TS	Verificato
1M ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1N ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1O ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1P ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1Q ½	-151849.2	47096.8	1281.6	-19378.3	41973.1	582762.2	0.03	0.03	7.130	7.130	30369.8	89374.1	119743.9	0.39	TS	Verificato
1R ½	-250249.5	47096.8	1281.6	56965.0	66759.1	916697.6	0.02	0.06	7.130	7.130	50049.9	89374.1	139424.0	0.34	TS	Verificato
1S ½	-151849.2	47096.8	-3445.2	-19378.3	41973.1	582762.2	0.08	0.03	7.130	7.130	30369.8	89374.1	119743.9	0.39	TS	Verificato
1T ½	-250249.5	47096.8	-3445.2	56965.0	66759.1	916697.6	0.05	0.06	7.130	7.130	50049.9	89374.1	139424.0	0.34	TS	Verificato
1U ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1V ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1W ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1Z ½	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
2 ½	-274141.3	4554.5	-1453.5	24205.0	72779.1	988564.4	0.02	0.02	7.130	7.130	43862.6	89374.1	133236.7	0.03	TS	Verificato
7 ½	-274285.2	4299.0	-1494.5	26531.6	72815.3	989038.1	0.02	0.03	7.130	7.130	43885.6	89374.1	133259.7	0.03	TS	Verificato
8 ½	-277117.0	4473.0	-1474.8	26394.4	73528.6	998363.2	0.02	0.03	7.130	7.130	44338.7	89374.1	133712.8	0.03	TS	Verificato
1A I	-48376.4	35065.3	1611.1	-1514.9	15909.3	222217.7	0.10	0.01	7.130	7.130	9675.3	89374.1	99049.4	0.35	TS	Verificato
1B I	-95490.0	35065.3	1611.1	32756.4	27776.8	387978.9	0.06	0.08	7.130	7.130	19098.0	89374.1	108472.1	0.32	TS	Verificato
1C I	-48376.4	35065.3	-1125.4	-1514.9	15909.3	222217.7	0.07	0.01	7.130	7.130	9675.3	89374.1	99049.4	0.35	TS	Verificato
1D I	-95490.0	35065.3	-1125.4	32756.4	27776.8	387978.9	0.04	0.08	7.130	7.130	19098.0	89374.1	108472.1	0.32	TS	Verificato
1E I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1F I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1G I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1H I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1I I	-47613.8	42495.6	1288.2	-10163.6	15717.2	219534.4	0.08	0.05	7.130	7.130	9522.8	89374.1	98896.8	0.43	TS	Verificato
1J I	-96252.7	42495.6	1288.2	41405.1	27968.9	390662.3	0.05	0.11	7.130	7.130	19250.5	89374.1	108624.6	0.39	TS	Verificato
1K I	-47613.8	42495.6	-802.6	-10163.6	15717.2	219534.4	0.05	0.05	7.130	7.130	9522.8	89374.1	98896.8	0.43	TS	Verificato
1L I	-96252.7	42495.6	-802.6	41405.1	27968.9	390662.3	0.03	0.11	7.130	7.130	19250.5	89374.1	108624.6	0.39	TS	Verificato
1M I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1N I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1O I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1P I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1Q I	-59764.7	21002.1	863.3	5036.4	18777.9	262285.3	0.05	0.02	7.130	7.130	11952.9	89374.1	101327.0	0.21	TS	Verificato
1R I	-84101.8	21002.1	863.3	26205.1	24908.2	347911.3	0.03	0.08	7.130	7.130	16820.4	89374.1	106194.4	0.20	TS	Verificato
1S I	-59764.7	21002.1	-377.7	5036.4	18777.9	262285.3	0.02	0.02	7.130	7.130	11952.9	89374.1	101327.0	0.21	TS	Verificato
1T I	-84101.8	21002.1	-377.7	26205.1	24908.2	347911.3	0.02	0.08	7.130	7.130	16820.4	89374.1	106194.4	0.20	TS	Verificato
1U I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1V I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1W I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
1Z I	-0.0	0.0	0.0	0.0	3723.8	52013.3	0.00	0.00	7.130	7.130	0.0	89374.1	89374.1	0.00	TS	Verificato
2 I	-98164.8	1305.2	297.2	22436.2	28451.2	396060.2	0.01	0.06	7.130	7.130	15706.4	89374.1	105080.4	0.01	TS	Verificato
7 I	-98324.9	1090.2	306.0	22315.9	28491.6	396611.9	0.01	0.06	7.130	7.130	15732.0	89374.1	105106.0	0.01	TS	Verificato
8 I	-99713.6	1110.4	316.1	22561.6	28841.4	401397.3	0.01	0.06	7.130	7.130	15954.2	89374.1	105328.2	0.01	TS	Verificato

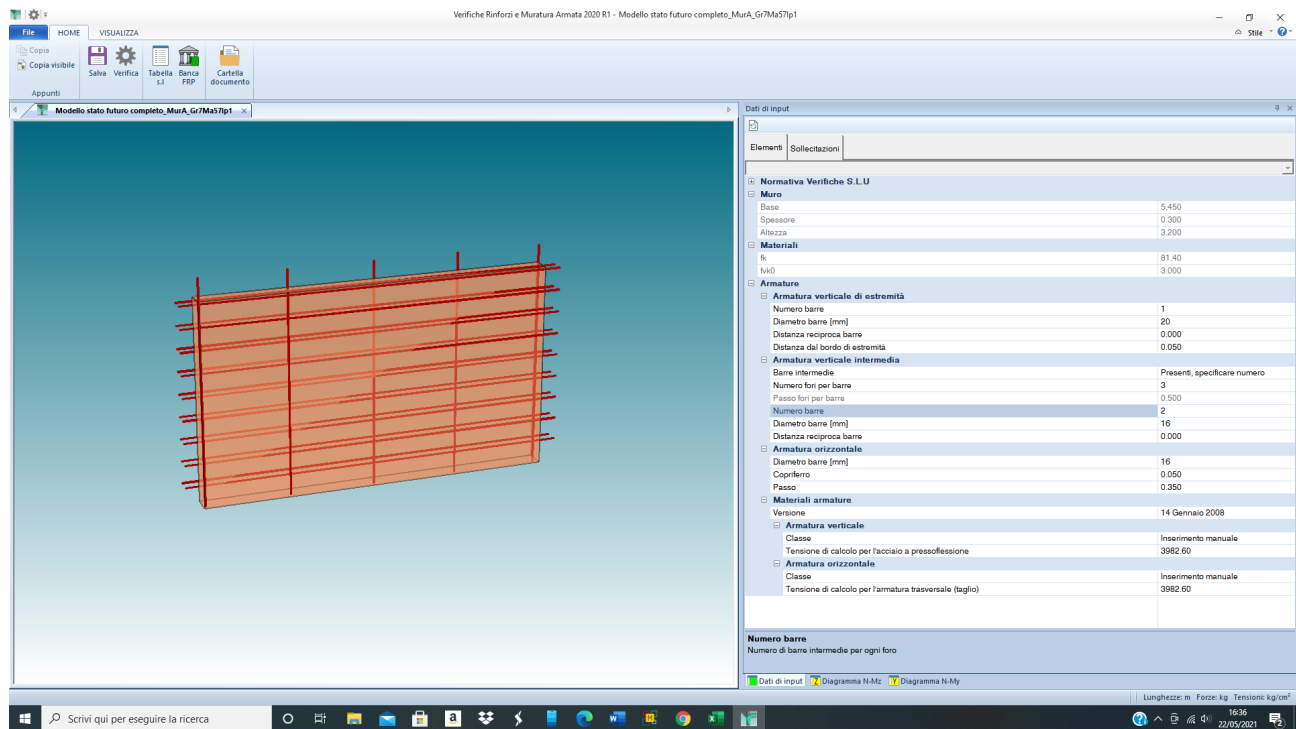




Nel caso dal maschio n.35 la verifica con il rinforzo scelto conformemente a quanto riportato nelle tavole di progetto restituisce esito positivo e le coppie delle sollecitazioni rientrano nel dominio di resistenza della sezione rinforzata. *Analogamente si è fatto per gli altri maschi murari le cui verifiche sono riportate nel fascicolo di calcolo a cui si rimanda per approfondimenti.*

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

MURATURA ARMATA



Muratura armata

Dati

File progetto Verifiche Rinforzi:

Modello stato futuro completo_MurA_Gr7Ma57Ip1.rfz

Muro

Base: 5.450 m
Spessore: 0.300 m
Altezza: 3.200 m

Caratteristiche muratura

Resistenza a compressione, fk: 81.40 kg/cm²
Resistenza caratteristica a taglio, fvk0: 3.000 kg/cm²
Coeff. di sicurezza materiale GammaM: 2.500
Coeff. di sicurezza materiale GammaM sismico: 2.000

Armature

Armatura verticale di estremità

Barre: 1fi20
Copri ferro: 0.050 m
Distanza reciproca barre: 0.000 m

Armatura orizzontale

Barre: 2fi16
Copri ferro: 0.050 m
Passo: 0.350 m

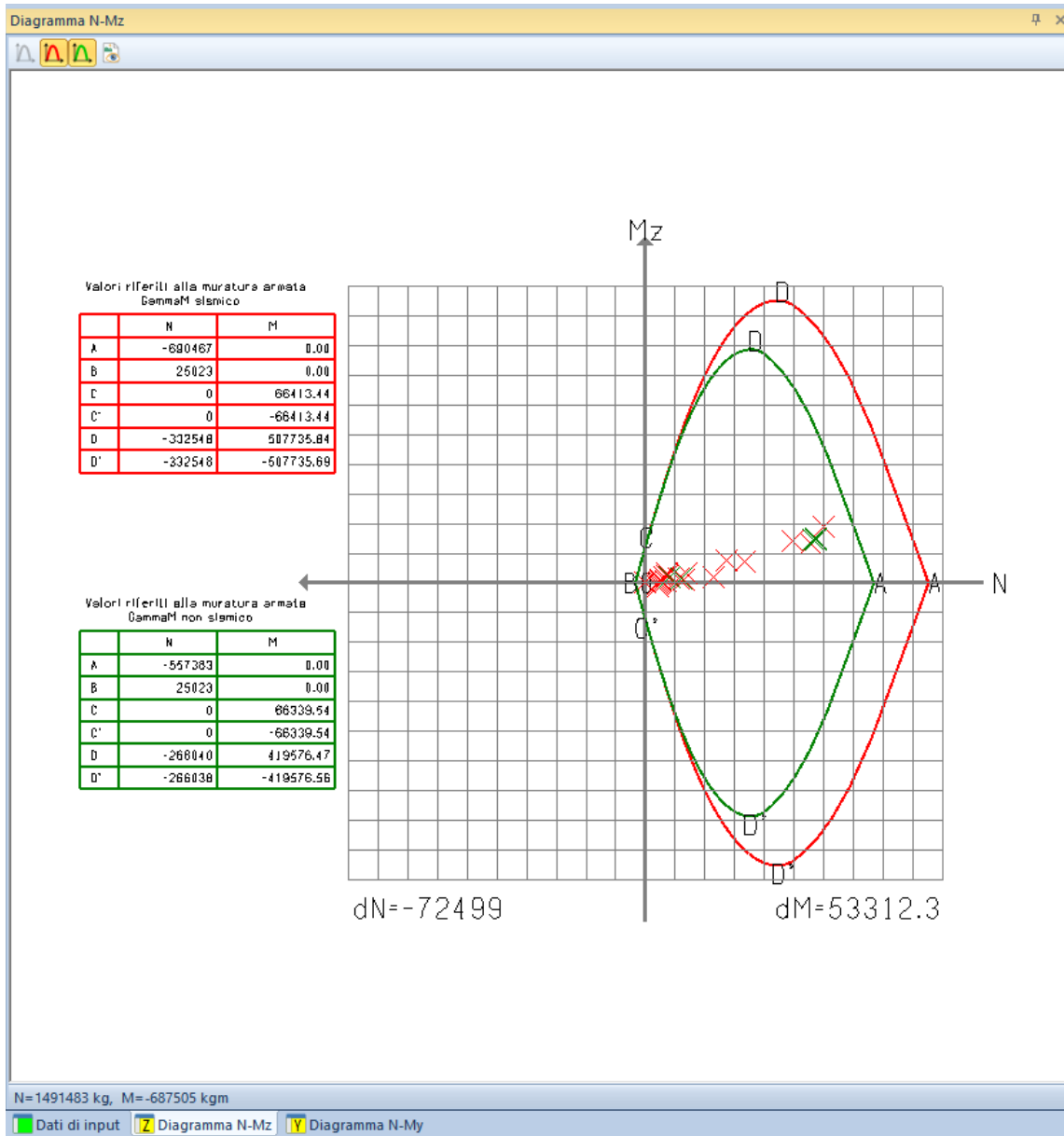
Materiali armature

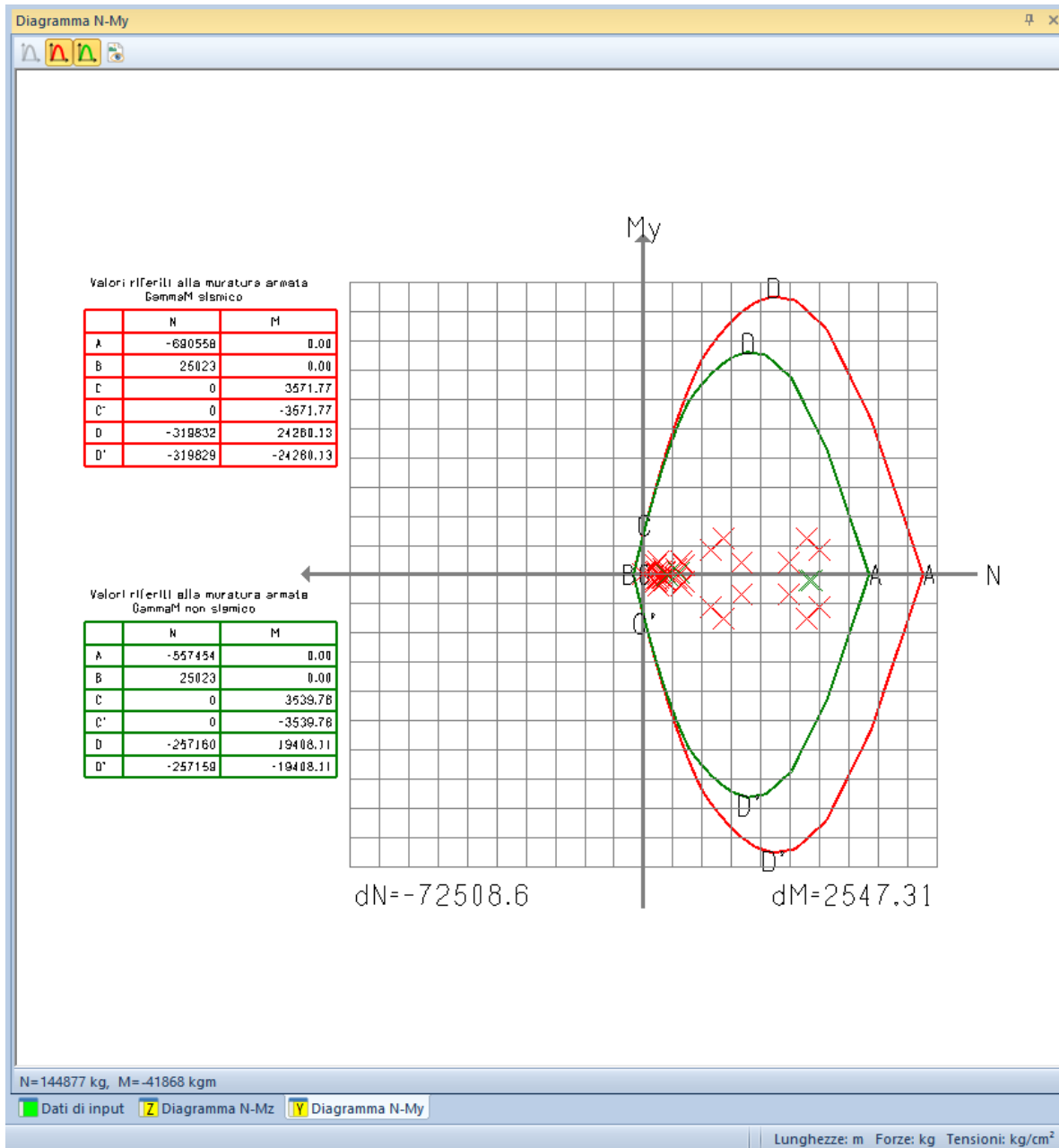
Tensione di calcolo acciaio a pressoflessione (a.v.), fyd: 3982.60 kg/cm²
Tensione di calcolo armatura trasversale, fywd: 3982.60 kg/cm²

Progetto per il “miglioramento sismico delle strutture” dell’edificio scolastico 0760600278 di Lolla Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

Verifica a pressoflessione e taglio

x	NC	N	V	My	Mz	MyRes	MzRes	IRMy	IRMz	zona	d	Vtm	Vts	Vt	Vtc	IRV
										compr.						
	kg	kg	kgm	kgm	kgm	kgm	kgm		m	m	kg	kg	kg	kg		
1 1A	-33332.4	28671.1		324.9	1954.7	13337.6	253358.0	0.02	0.01		5.450	5.450	31191.5	149625.8	180817.2	199633.5 0.16
1 1B	-51096.8	28671.1		324.9	12414.0	15053.1	288190.7	0.02	0.04		5.450	5.450	34744.4	149625.8	184370.1	199633.5 0.16
1 1C	-33332.4	28671.1		-470.2	1954.7	13337.6	253358.0	0.04	0.01		5.450	5.450	31191.5	149625.8	180817.2	199633.5 0.16
1 1D	-51096.8	28671.1		-470.2	12414.0	15053.1	288190.7	0.03	0.04		5.450	5.450	34744.4	149625.8	184370.1	199633.5 0.16
1 1E	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1F	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1G	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1H	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1I	-31081.2	36854.7		209.1	-2085.1	13108.7	248493.0	0.02	0.01		5.450	5.450	30741.3	149625.8	180367.0	199633.5 0.20
1 1J	-53348.0	36854.7		209.1	16453.8	15258.1	292557.4	0.01	0.06		5.450	5.450	35194.6	149625.8	184820.3	199633.5 0.20
1 1K	-31081.2	36854.7		-354.4	-2085.1	13108.7	248493.0	0.03	0.01		5.450	5.450	30741.3	149625.8	180367.0	199633.5 0.20
1 1L	-53348.0	36854.7		-354.4	16453.8	15258.1	292557.4	0.02	0.06		5.450	5.450	35194.6	149625.8	184820.3	199633.5 0.20
1 1M	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1N	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1O	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1P	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1Q	-36896.9	20577.7		93.9	3432.6	13692.7	260646.5	0.01	0.01		5.450	5.450	31904.4	149625.8	181530.1	199633.5 0.11
1 1R	-47532.3	20577.7		93.9	10936.2	14718.9	281276.5	0.01	0.04		5.450	5.450	34031.5	149625.8	183657.2	199633.5 0.11
1 1S	-36896.9	20577.7		-239.2	3432.6	13692.7	260646.5	0.02	0.01		5.450	5.450	31904.4	149625.8	181530.1	199633.5 0.11
1 1T	-47532.3	20577.7		-239.2	10936.2	14718.9	281276.5	0.02	0.04		5.450	5.450	34031.5	149625.8	183657.2	199633.5 0.11
1 1U	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1V	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1W	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 1Z	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1 2	-57800.3	78.5		-101.8	10068.2	14665.2	291218.7	0.01	0.03		5.450	5.450	28868.0	149625.8	178493.8	159706.8 0.00
1 7	-58522.1	198.3		-103.0	10082.4	14718.4	292493.1	0.01	0.03		5.450	5.450	28983.5	149625.8	178609.3	159706.8 0.00
1 8	-58329.9	114.9		-101.4	10523.1	14704.3	292153.9	0.01	0.04		5.450	5.450	28952.8	149625.8	178578.5	159706.8 0.00
1/2 1A	-197677.9	135134.0		3133.4	41575.1	21993.3	490242.8	0.14	0.08		5.450	5.450	64060.6	149625.8	213686.3	199633.5 0.63
1/2 1B	-403798.7	135134.0		3133.4	70387.5	23778.6	511204.6	0.13	0.14		5.450	5.450	105284.7	149625.8	254910.5	199633.5 0.53
1/2 1C	-197677.9	135134.0		-3831.2	41575.1	21993.3	490242.8	0.17	0.08		5.450	5.450	64060.6	149625.8	213686.3	199633.5 0.63
1/2 1D	-403798.7	135134.0		-3831.2	70387.5	23778.6	511204.6	0.16	0.14		5.450	5.450	105284.7	149625.8	254910.5	199633.5 0.53
1/2 1E	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1F	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1G	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1H	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1I	-166857.2	181553.3		2120.0	9902.6	21130.0	462275.2	0.10	0.02		5.450	5.450	57896.4	149625.8	207522.2	199633.5 0.87
1/2 1J	-434619.4	181553.3		2120.0	102059.9	22901.4	488281.9	0.09	0.21		5.450	5.450	111448.9	149625.8	261074.6	199633.5 0.70
1/2 1K	-166857.2	181553.3		-2817.8	9902.6	21130.0	462275.2	0.13	0.02		5.450	5.450	57896.4	149625.8	207522.2	199633.5 0.87
1/2 1L	-434619.4	181553.3		-2817.8	102059.9	22901.4	488281.9	0.12	0.21		5.450	5.450	111448.9	149625.8	261074.6	199633.5 0.70
1/2 1M	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1N	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1O	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1P	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1Q	-241770.1	92067.1		1081.3	37362.7	23042.7	522324.6	0.05	0.07		5.450	5.450	72879.0	149625.8	222504.8	199633.5 0.41
1/2 1R	-359706.4	92067.1		1081.3	74599.9	24116.2	533395.6	0.04	0.14		5.450	5.450	96466.3	149625.8	246092.0	199633.5 0.37
1/2 1S	-241770.1	92067.1		-1779.1	37362.7	23042.8	522324.6	0.08	0.07		5.450	5.450	72879.0	149625.8	222504.8	199633.5 0.41
1/2 1T	-359706.4	92067.1		-1779.1	74599.9	24116.2	533395.6	0.07	0.14		5.450	5.450	96466.3	149625.8	246092.0	199633.5 0.37
1/2 1U	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1V	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1W	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 1Z	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
1/2 2	-410695.2	5346.1		-469.6	78082.1	16410.4	346579.7	0.03	0.23		5.450	5.450	85331.2	149625.8	234957.0	159706.8 0.02
1/2 7	-416082.0	5822.9		-483.4	78369.9	16070.1	339809.2	0.03	0.23		5.450	5.450	86193.1	149625.8	235818.8	159706.8 0.02
1/2 8	-414497.1	5400.5		-480.3	81188.1	16170.2	341801.2	0.03	0.24		5.450	5.450	85939.5	149625.8	235565.3	159706.8 0.02
0 1A	-36133.5	21093.3		1127.9	5272.1	13616.6	259165.8	0.08	0.02		5.450	5.450	31751.7	149625.8	181377.4	199633.5 0.12
0 1B	-91982.1	21093.3		1127.9	6592.7	18439.5	361318.0	0.06	0.02		5.450	5.450	42921.4	149625.8	192547.2	199633.5 0.11
0 1C	-36133.5	21093.3		-935.8	5272.1	13616.6	259165.8	0.07	0.02		5.450	5.450	31751.7	149625.8	181377.4	199633.5 0.12
0 1D	-91982.1	21093.3		-935.8	6592.7	18439.5	361318.0	0.05	0.02		5.450	5.450	42921.4	149625.8	192547.2	199633.5 0.11
0 1E	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
0 1F	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
0 1G	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
0 1H	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9723.3	180665.0	0.00	0.00		5.450	5.450	24525.0	149625.8	174150.8	199633.5 0.00
0 1I	-28782.1	29153.4		796.4	-5604.5	12874.4	243524.5	0.06	0.02		5.450	5.450	30281.4	149625.8	179907.2	199633.5 0.16
0 1J	-99333.4	29153.4		796.4	17469.3	18916.7	373321.6	0.04	0.05		5.450	5.450	44391.7	149625.8	194017.4	199633.5 0.15
0 1K	-28782.1	29153.4		-604.3	-5604.5	12874.4	243524.5	0.05	0.02		5.450	5.450	30281.4	149625.8	179907.2	199633.5 0.16
0 1L	-99333.4	29153.4		-604.3	17469											





E' possibile verificare che la muratura armata del maschio n. 57 ha un indice di resistenza pari a 0,87 con un ulteriore margine di garanzia della prestazione prevista; questo significa che l'elemento rinforzato è verificato rispetto all'azione del sisma di progetto ma conserva, seppur in minima percentuale, un ulteriore margine di resistenza. Analogamente è stato verificato il maschio n. 58 che modella la muratura armata del primo livello in asse con il sottostante maschio n. 57.

Sistema CRM in GFRP

CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA RINFORZATA MEDIANTE L'APPLICAZIONE DEL SISTEMA DI RINFORZO FIBREBUILD INTONACO ARMATO

Si procede alla determinazione delle caratteristiche meccaniche equivalenti di una muratura rinforzata con il sistema di rinforzo della Fibre Net S.r.l..

Caratteristiche della muratura di partenza:

Caratteristiche meccaniche di resistenza e rigidezza della muratura da voi indicate:

Tipologia:	Muratura in pietre a spacco di buona tessitura
Livello di conoscenza:	LC1 (Fattore di confidenza FC = 1,35)
$f_m = 2,504$ MPa	Tensione media a compressione;
$\tau_0 = 0,054$ MPa	Tensione media tangenziale;
$G = 580$ MPa	Modulo di elasticità tangenziale;
$t_m = 500$ mm	Spessore medio della muratura;

I valori di resistenza meccanica soprariportati, sono già divisi per il fattore di confidenza e moltiplicati per i fattori correttivi adottati.

Caratteristiche della muratura rinforzata con intonaco e rete in GFRP:

Si procede ora alla determinazione dei risultati derivanti dall'applicazione, su entrambe le facce della muratura, di un intonaco armato con rete FB MESH in GFRP di Fibre Net S.r.l.. Il rinforzo verrà collegata alla muratura applicando un numero di connessioni al mq pari a 4

Caratteristiche meccaniche della malta:

Tipo 1:	Fibre Net- MATERIA RINFORZA – RZ 210
$f_{c,int} = 10$ MPa	Resistenza media a compressione;
$f_{t,int} = 1$ MPa	Resistenza media a trazione;
$E_m = 8000$ MPa	Modulo elastico medio.

Parametri di resistenza meccanica della muratura rinforzata:

Si riportano le caratteristiche meccaniche della muratura rinforzata.

Caratteristiche geometriche del rinforzo:

Tipo di rete utilizzata:	FBMESH 66x66T96AR
Malta da intonaco:	Fibre Net – MATERIA RINFORZA – RZ 210
Spessore dell'intonaco:	25 mm
Tipo di connessione:	Passante
Numero di connettori:	4 Connettori al mq

Caratteristiche meccaniche della muratura rinforzata ottenute dal calcolo:

Resistenza a compressione:	$f_{c,clac} = 2,504 \text{ MPa};$
Resistenza a taglio muratura rinforzata:	$\tau_{0,calc} = 0,149 \text{ MPa};$
Modulo di elasticità tangenziale:	$G_{calc} = 1451 \text{ MPa};$
Modulo di elasticità normale:	$E_{calc} = 1451 / 0,4 = 3627,5 \text{ MPa}.$

Verifica del rinforzo:

Cedimento a compressione della malta da intonaco:	$\delta_1 = 1,119$
Cedimento a trazione del filo della rete:	$\delta_2 = 1,221$

IL DIMENSIONAMENTO È CORRETTO

Caratteristiche meccaniche della muratura rinforzata consigliate per il calcolo:

Resistenza a compressione:	$f_{c,clac} = 2,504 \text{ MPa};$
Resistenza a taglio muratura rinforzata:	$\tau_{0,calc} = 0,149 \text{ MPa};$
Modulo di elasticità tangenziale:	$G_{calc} = 1451 \text{ MPa};$
Modulo di elasticità normale:	$E_{calc} = 1451 / 0,4 = 3627,5 \text{ MPa}.$

I valori di resistenza meccanica sono già divisi per il fattore di confidenza ma non per il coefficiente di sicurezza γ_m . Tale coefficiente può essere assunto pari a 2,00 nel caso si conducano sul fabbricato delle analisi di tipo lineare, pari a 1,00 nel caso di analisi non lineari (es. analisi pushover) e può essere assunto pari a 3,00 per le verifiche, sui maschi murari, alle azioni gravitazionali.

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

STRUTTURA

Legge 5 novembre 1971 N. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.

Norme tecniche delle Costruzioni – D.M. 17/01/2018

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni, Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n° 7 21/01/2019

Norme di cui è consentita l'applicazione ai sensi del cap. 12 del D.M. 17 gennaio 2018:

UNI EN 1990: 2006 - Eurocodice 1 – Criteri generali di progettazione strutturale.

UNI ENV 1991-1-1: 2010; -1-2; 1-3; 1-4; 1.5; Azioni sulla struttura.

Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo.

UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio.

UNI ENV 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 206:2016 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.

Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici – “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale” –

Circ. MIN.LL.PP. N.11951 del 14 febbraio 1992 - Circolare illustrativa della legge N. 1086.

D.M. 14 febbraio 1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. MIN.LL.PP. N.37406 del 24 giugno 1993 – Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 14 febbraio 1992.

D.M. 9 gennaio 1996 – Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996 n.252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo e l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 09.01.1996.

CARICHI E SOVRACCARICHI

D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

Circ. MIN.LL.PP. N.156 AA.GG./STC del 4 luglio 1996 – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al D.M. 16 gennaio 1996.

D.M. 16.1.1996 - Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

Circ. Min. LL.PP. 10.4.1997, n. 65 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative alle costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16 gennaio 1996

Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 14/01/2008

Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 17/01/2018

TERRENI E FONDAZIONI

D.M. 11 marzo 1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circ. MIN.LL.PP. N.30483 del 24 settembre 1988 - Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre.

Norme tecniche per le Costruzioni – D.M. 17/01/2018

4. Materiali impiegati nella costruzione

I materiali strutturali adoperati nella costruzione per le opere di nuovo inserimento sono i seguenti:

-) *Calcestruzzo per uso strutturale:*

<u>Tipologia strutturale:</u>	<u>Elevazioni</u>
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	300 daN/cm ²
Condizioni ambientali:	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta
Classe di esposizione:	XC3
Rapporto acqua/cemento max:	0.55
Classe di consistenza:	S5 (fluida)
Diametro massimo aggregati:	32 mm
<u>Tipologia strutturale:</u>	<u>Fondazioni</u>
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	300 daN/cm ²
Condizioni ambientali:	Strutture completamente interrate in terreno permeabile.
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S4 (Plastica)
Diametro massimo aggregati:	32 mm

Classi di resistenza dei calcestruzzi															Relazione analitica/Spiegazione
$f_{ck,cyl}$ (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln [1 + (f_{cm}/10)] > C50/60$
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0,05} = 0,7 \cdot f_{ctm}$ frattile 5%
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0,95} = 1,3 \cdot f_{ctm}$ frattile 95%
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22 \cdot [(f_{cm})/10]^{0,3}$ (f_{cm} in MPa)

Dosatura dei materiali.

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione o aggressione	Corrosione causata da carbonatazione				Corrosione causata da cloruri						Aggressione da gelo				Ambiente chimico aggressivo		
						Acqua marina			Cloruri ad esclusione di acqua marina									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Rapporto max a/c	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Classe min. res. a compr.	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Contenuto min. cemento (kg/m3)	-	260	280	290	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Contenuto min. aria (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	-	-	-
Altri requisiti												Granulometria inerti sec. prEN 12620:2000 con sufficiente resistenza al gelo e ai sali scongellanti					Cemento resistente ai solfati	

^a Qualora non venga impiegato calcestruzzo porizzato, le sue caratteristiche vanno verificate con un idoneo procedimento di prova rispetto a quelle del CLS per cui è stata accertata la resistenza al gelo-sali scongellanti per le classi di esposizione determinanti

^b Se la presenza di SO4⁻ comporta le classi di esposizione XA2 e XA3, è indispensabile l'impiego di cemento resistente ai solfati. Quando il cemento è classificato riguardo alla resistenza ai solfati, va impiegato cemento con moderata o elevata resistenza ai solfati per la classe di esposizione XA2 (e per la classe di esposizione XA1, se attinente) e cemento con elevata resistenza ai solfati per la classe di esposizione XA3.

Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 32 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 70mm per fondazioni, non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: fondazioni 3-4 giorni; per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Provini da prelevarsi in cantiere

n° 2cubi di lato 15 cm;
un prelievo ogni 100 mc

$s_{c28} \geq 3 \cdot s_{c \text{ adm}};$
$R_{ck \ 28} = R_m - 35 \text{ kg/cm}^2;$
$R_{min} > R_{ck} - 35 \text{ kg/cm}^2$

Corrosione indotta da carbonatazione

Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante, in questi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo ed il suo ambiente.

	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa o immerse in acqua	2a	0,60	30	300
	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta	5a	0,55	35	320
	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.	4a, 5b	0,50	40	340

-) Acciaio per C.A.

Acciaio per C.A. B450C	
fyk tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
ftk tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
ftd tensione di progetto a rottura:	$fyk / g_s = fyk / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_t / f_y < 1.35 \quad f_t / f_y \geq 1.15$$

Diametro delle barre: $f \leq f \text{ } 40 \text{ mm}$.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\leq 16 \text{ mm}$.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $f \leq f \text{ } 16 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $f_{\min}/f_{\max} \geq 0.6$

Per le procedure di accettazione e per i controlli sull'acciaio strutturale si rimanda a quanto previsto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni "NTC2018".

-) Blocchi e malta per muratura armata

(Riferimento D.M. 17.01.2018, par. 11.10)

Caratteristiche minime dei materiali impiegati per la costruzione delle strutture analizzate con la presente relazione, secondo il D.M. 20/11/1987 (e riprese nel D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni").

Modulo di elasticità normale secante E: $E = 1000 \cdot f_k$

Modulo di elasticità tangenziale secante G: $G = 0.4 \cdot E$

Parametri caratteristici:

f_k : resistenza caratteristica a compressione della muratura;

f_{vk0} : resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali; $f_{vk0} = 0.7 f_{vm}$;

f_{vk} : resistenza caratteristica a taglio in presenza di tensioni di compressione;

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_n;$$

Valore della f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm ²	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2.0	1.2	1.2	1.2	1.2
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
40.0	14.3	12.0	10.4	--

-) Rinforzo in CRM

Sistema di rinforzo strutturale che utilizza reti, connettori e accessori preformati in GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) abbinati a malte a base di calce o cementizie, per realizzare degli intonaci armati sottili, collaboranti, reversibili e collegati trasversalmente, che migliorano le resistenze al taglio, alla flessione e alla compressione della muratura.

Caratteristiche	FBMESH_T96	FBMESH_T192
Dimensioni della maglia	33x33 / 66x66 / 99x99 mm	66x66 / 99x99 mm
Sezione minima della singola barra	8,9 mm ²	14,1 mm ²
Spessore della barra	≥ 2,5 mm	≥ 3,0 mm
Dimensioni del rotolo	Ø 50÷70 (esterno) x 200 cm	Ø 50÷70 (esterno) x 200 cm
Resistenza a trazione della barra (caratteristico) ⁽²⁾	4,3 kN	5,5 kN
Modulo elastico del composito ⁽²⁾	25000 MPa	25000 MPa
Resistenza a strappo del nodo (caratteristico) ⁽²⁾	0,25 kN	0,43 kN
Allungamento medio a rottura della barra ⁽²⁾	1,8 %	1,3 %
Tensione a trazione del composito (caratteristico) ⁽²⁾	375 MPa	390 MPa
Decadimento di resistenza a trazione e del modulo elastico per l'ambiente umido, alcalino e salino	< 10%	< 15%
Reazione al fuoco ⁽³⁾	Classe A2-s1, d0, Classe B-s1, d0	Classe B-s1, d0

Caratteristiche	FBCALCEM	FBCALCEM 10MPa	FBCALCEM 15MPa	FBCALCEM 20MPa	FBRASACEM a
Tipologia di legante	calce e cemento	calce e cemento	calce e cemento	calce e cemento	calce e cemento
Resistenza a compressione (MPa)	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20	-
Modulo elastico (GPa)	-	≤ 8	≤ 10	≤ 15	-
Classe e tipologia	III - GP	IV - GP	IV - GP	IV - GP	IV - GP
Resistenza a compressione – 28 giorni	≥ 5,0	≥ 10	≥ 15	≥ 20	-
Resistenza a flessione – 28 giorni	≥ 1	≥ 1,5	≥ 1,5	≥ 4	-
Adesione al supporto in laterizio	≥ 0,2	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,5	-
Adesione al supporto in cls	≥ 0,5	≥ 1,0	≥ 1	≥ 1	-

-) Rinforzo sistema CAM

Il sistema CAM è realizzato con nastri in acciaio inox con le seguenti caratteristiche:

Tipo 1 - Nastri per disposizione verticale ed orizzontale – 1.4301/1.4307 EN10088-4 (acciaio INOX AISI 301)

- spessore 0.9 e larghezza 19 mm
- resistenze a snervamento $f_{yk} \geq 350 \text{ N/mm}^2$ e a rottura $f_{tk} \geq 650 \text{ N/mm}^2$
- allungamento a rottura almeno pari al 35%.

Per la resistenza del nastro, la resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd}$ è assunta pari al minore fra $N_{pl,Rd}$ resistenza plastica della sezione lorda A e la resistenza $N_{u,Rd}$ a rottura della sezione netta A_{net} in corrispondenza della giunzione per la quale è garantita una resistenza minima pari al 70% della resistenza del nastro stesso.

$$f_{yd} = \min \left\{ \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}, \frac{0.7 \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} \right\}$$

dove $\gamma_{M0} = 1,10$ (UNI EN 1993-1-4) e $\gamma_{M2} = 1,25$

Si considera quindi una tensione di calcolo pari a $f_{yd1} = 318 \text{ MPa}$ e $f_{yd2} = 560 \text{ MPa}$.

-) Muratura dello stato di fatto

La stazione appaltante ha commissionato una campagna di indagine, descritta nella Relazione Specialistica a cui si rimanda per approfondimenti, che ha consentito di caratterizzare la muratura come muratura di pietra a spacco di buona tessitura alla quale si possono associare le seguenti caratteristiche meccaniche.

Prova con martinetto

Modulo di elasticità normale (MPa)		Resistenza a compressione (MPa)	Modulo di elasticità tangenziale (MPa)		Resistenza a taglio (MPa)
1° ciclo	2° ciclo	3.06	1° ciclo	2° ciclo	0.068
2541	2753		847	918	

Prove penetrometriche su malta

w_m	Dev. Std	f_c (MPa)	Class. DM 87	Class. NTC 2018
0.97	0.33	4.59	M4	M 2.5

5. Fondazione e modello geotecnico

Il modello geotecnico adoperato per il calcolo della fondazione di nuovo inserimento (trave sottesa alla nuova parete in muratura armata) prevede di modellare il terreno come mezzo omogeneo a comportamento attritivo e mediamente coesivo a cui possono associarsi i seguenti parametri desunti dalla letteratura tecnica:

-) $g' = 1.90$ ton/mc (peso per unità di volume);
-) $c' = 0.20$ Kg/cm²;
-) $f' = 24^\circ$ (angolo di attrito interno).

I parametri del modello geotecnico sono desunti in accordo con quanto previsto nella Relazione Geologica redatta dal Geol. Marroccoli Sante Massimiliano nell'ambito della verifica di vulnerabilità sismica del fabbricato di che trattasi consegnata nel mese di marzo 2019. Per il deposito agli uffici della Regione Basilicata per il tramite del SIS (Sistema Informativo Sismica) del presente progetto strutturale sarà necessaria una specifica Relazione Geologica appositamente redatta per l'intervento in progetto. La condizione di maggiore criticità è quella drenata; nelle verifiche della fondazione con il modello alla Winkler (letto di molle) si è adoperato un coefficiente di rigidezza "K" del terreno pari a 3.50 Kg/cm³ in base a parametri di deformabilità tipici di queste litologie; l'approccio che si segue è quello A1+M1+R3 applicando i coefficienti $g_r = 2,3$ per il carico limite e $g_r = 1,1$ per lo scorrimento.

Il calcolo è stato condotto con la seguente modalità:

-) acquisizione delle reazioni vincolari iniluppo (si vedano figure n. 41 e 42) dedotte dal modello di calcolo con amplificazione delle azioni sismiche (coeff. 1,10);
-) definizione di un modello di verifica del tipo trave su letto di molle alla Winkler caricata con le reazioni vincolare del punto precedente;
-) acquisizione dei risultati (sollecitazione e scarico al suolo) nelle varie sezione del modello a trave;
-) verifica a carico limite (schema di Terzaghi corretto) e di scorrimento.

A seguire si riporta il fascicolo del risultato della fondazione secondo il modello a trave ed a seguire le verifiche geotecniche e strutturali.

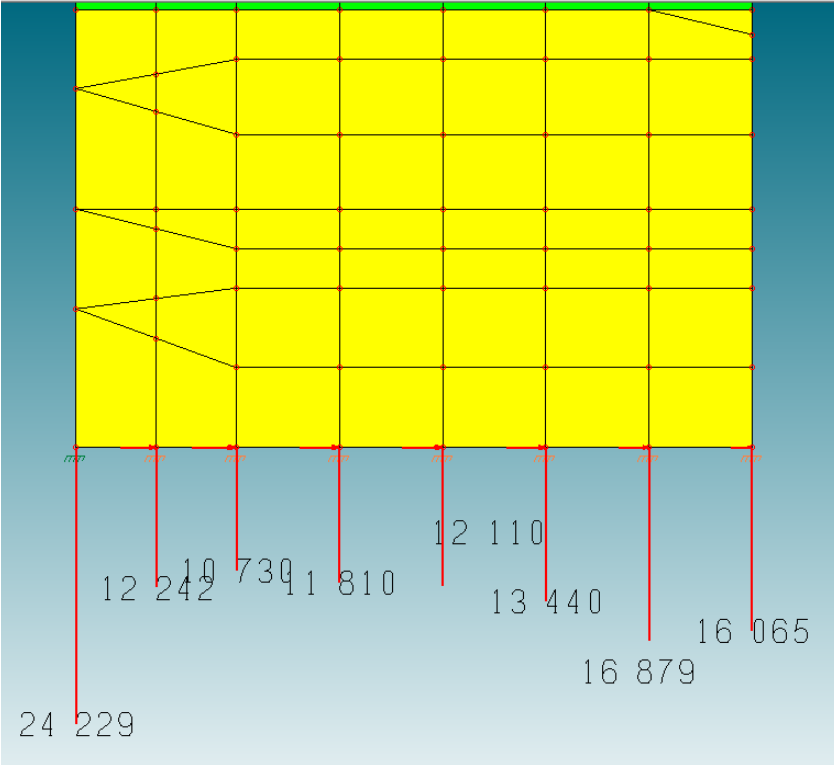


Fig. 41 Reazioni vincolari su trave di fondazione (equilibrio verticale)

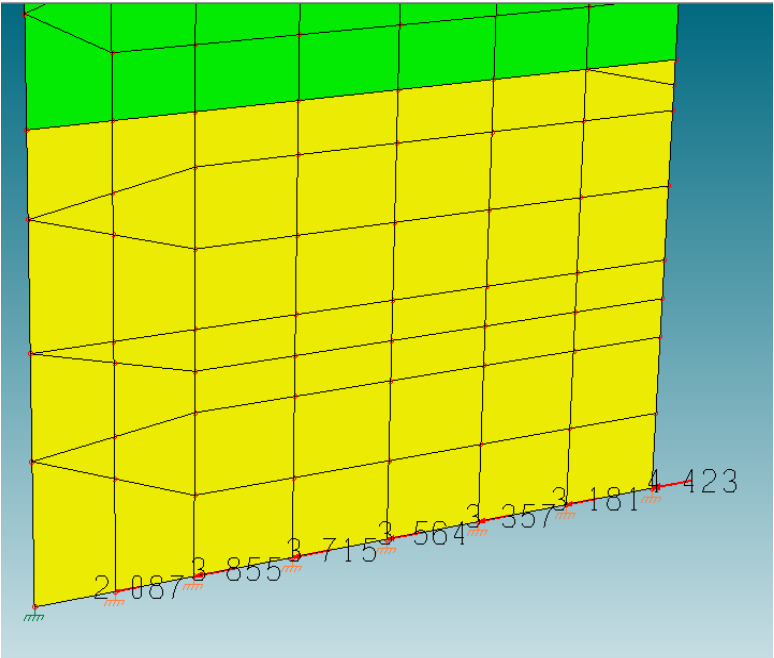


Fig. 42 Reazioni vincolari su trave di fondazione (equilibrio orizzontale)

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

RISOLUZIONE DI UNO SCHEMA DI TRAVE ELASTICA SU SUOLO ELASTICO (WINKLER)

TIPI DI CARICO AMMESSI: carico uniforme, uguale su tutte le campate (positivo se verso il basso)
forze verticali concentrate (positive se verso il basso)
coppie concentrate (positive se antiorarie)

CONVENZIONE DEI SEGNI PER I RISULTATI:

momento flettente: positivo se tende le fibre inferiori
taglio: positivo se diretto verso il basso, come azione sulla faccia di normale uscente verso destra
abbassamento: positivo se verso il basso
rotazione: positiva se antioraria

Larghezza sottofondazione 0.80 m
Inerzia trave 0.034100 m⁴
Modulo elastico 31310 N/mm²
Costante del terreno 35.0 N/cm³
Lambda 0.28 1/m
Lunghezza caratteristica 11.04 m

Numero di pilastri 8

Luce
Sbalzo sinistro 0.60 m
Campata 1- 2 0.70 m
Campata 2- 3 0.70 m
Campata 3- 4 0.90 m
Campata 4- 5 0.90 m
Campata 5- 6 0.90 m
Campata 6- 7 0.90 m
Campata 7- 8 0.90 m
Sbalzo destro 0.60 m

DATI DI CARICO:

Carico uniforme 0.0 kN/m

Pilastro	Forza	Coppia
forza		
1	243.0 kN	0.0 kNm
2	123.0 kN	0.0 kNm
3	108.0 kN	0.0 kNm
4	118.0 kN	0.0 kNm
5	122.0 kN	0.0 kNm
6	135.0 kN	0.0 kNm
7	169.0 kN	0.0 kNm
8	161.0 kN	0.0 kNm

SOLLECITAZIONI E DEFORMAZIONI DI TRAVE E TERRENO

	Momento (kNm)	Taglio (kN)	Sigma ter. (N/mm ²)	Abbassamento (cm)	Rotazione (rad)
Sbalzo sinistro					
x=0.00 m	0.0	0.0	0.247	0.707	0.000371
x=0.30 m	8.9	58.9	0.244	0.696	0.000371
x=0.60 m	35.3	116.9	0.240	0.685	0.000377
Campata 1- 2					
x=0.00 m	35.3	-126.1	0.240	0.685	0.000377
x=0.14 m	19.5	-99.4	0.238	0.679	0.000381
x=0.28 m	7.4	-72.9	0.236	0.674	0.000382
x=0.42 m	-0.9	-46.6	0.234	0.669	0.000383
x=0.56 m	-5.6	-20.5	0.232	0.663	0.000382
x=0.70 m	-6.7	5.4	0.230	0.658	0.000382
Campata 2- 3					
x=0.00 m	-6.7	-117.6	0.230	0.658	0.000382
x=0.14 m	-21.3	-91.9	0.228	0.652	0.000380
x=0.28 m	-32.4	-66.4	0.227	0.647	0.000376
x=0.42 m	-39.9	-41.1	0.225	0.642	0.000371
x=0.56 m	-43.9	-16.1	0.223	0.637	0.000366
x=0.70 m	-44.5	8.8	0.221	0.632	0.000360
Campata 3- 4					

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla _Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

x=0.00 m	-44.5	-99.2	0.221	0.632	0.000360
x=0.18 m	-59.5	-67.5	0.219	0.625	0.000351
x=0.36 m	-68.8	-36.2	0.217	0.619	0.000340
x=0.54 m	-72.5	-5.1	0.215	0.613	0.000328
x=0.72 m	-70.7	25.6	0.213	0.607	0.000316
x=0.90 m	-63.3	56.1	0.211	0.602	0.000305

Campata 4- 5

x=0.00 m	-63.3	-61.9	0.211	0.602	0.000305
x=0.18 m	-71.7	-31.7	0.209	0.596	0.000293
x=0.36 m	-74.7	-1.8	0.207	0.591	0.000281
x=0.54 m	-72.4	27.9	0.205	0.586	0.000268
x=0.72 m	-64.7	57.3	0.204	0.581	0.000257
x=0.90 m	-51.8	86.5	0.202	0.577	0.000247

Campata 5- 6

x=0.00 m	-51.8	-35.5	0.202	0.577	0.000247
x=0.18 m	-55.6	-6.6	0.200	0.573	0.000238
x=0.36 m	-54.2	22.2	0.199	0.568	0.000228
x=0.54 m	-47.6	50.7	0.198	0.564	0.000220
x=0.72 m	-35.9	79.1	0.196	0.560	0.000213
x=0.90 m	-19.1	107.2	0.195	0.557	0.000208

Campata 6- 7

x=0.00 m	-19.1	-27.8	0.195	0.557	0.000208
x=0.18 m	-21.6	0.2	0.194	0.553	0.000204
x=0.36 m	-19.1	28.0	0.192	0.549	0.000201
x=0.54 m	-11.6	55.6	0.191	0.546	0.000198
x=0.72 m	0.9	83.0	0.190	0.542	0.000197
x=0.90 m	18.3	110.2	0.189	0.539	0.000199

Campata 7- 8

x=0.00 m	18.3	-58.8	0.189	0.539	0.000199
x=0.18 m	10.2	-31.7	0.187	0.535	0.000201
x=0.36 m	6.9	-4.9	0.186	0.531	0.000203
x=0.54 m	8.4	21.8	0.185	0.528	0.000204
x=0.72 m	14.7	48.3	0.183	0.524	0.000206
x=0.90 m	25.8	74.7	0.182	0.520	0.000209

Sbalzo destro

x=0.00 m	25.8	-86.3	0.182	0.520	0.000209
x=0.30 m	6.4	-42.9	0.180	0.514	0.000213
x=0.60 m	0.0	0.0	0.178	0.508	0.000214

In ordine alla verifica secondo il modello indicato si ottiene:

$$s_{\max \text{ terreno}} = 0,247 \text{ N/mm}^2 = 2,47 \text{ kg/cm}^2 = s_{\max \text{ agente}}$$

$$M_{\max} = 72,4 \text{ KNm}$$

Verifica a carico limite

La verifica viene condotta con la formula trinomia di Terzaghi:

$$q_{\lim} = N_q g_D + N_c C + N_g g_{B/2} = 18,24 + 38,64 + 7,17 = 64,05 \text{ ton/m}^2$$

I parametri N_q , N_c e N_g della formula trinomia sono funzione dell'angolo di attrito del terreno e sono stati stimati sulla base delle tabelle riportate alla pagina 149 del testo "Fondazioni" del prof. Carlo Viggiani editore CUEN.

$$q_{\max} = q_{\lim}/g_r = 64,05/2,3 = 27,84 \text{ ton/m}^2 = 2,78 \text{ kg/cm}^2 > 2,47 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Verifica soddisfatta)}$$

Progetto per il "miglioramento sismico delle strutture" dell'edificio scolastico 0760600278 di Lolla_Pietragalla (PZ)_ progettista Arch. Mariangela COVIELLO (n. 1231 Ordine Architetti di Potenza) _consulente per le strutture _ing. Diego FABRIZIO (n. 1858 Ordine Ingegneri provincia di Potenza)

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	800	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	800	[mm]
Copriferro	d'	40	[mm]
Altezza utile della sezione	d	760	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ_1	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	n_1	6	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n_2	0	[-]
Area dell'armatura tesa	A_s	1206	[mm ²]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	ϕ'_1	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	n'_1	6	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	ϕ'_2	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n'_2	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A'_s	1206	[mm ²]

DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE			
Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	ω_s		[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	δ		[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	ρ		[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	ξ_{2a}		[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	ξ_{2b}		[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 3	ξ'_3		[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	β_{2a}		[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	β_{2b}		[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2a	$\alpha'_s(a)$		[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 2b	$\alpha'_s(b)$		[-]
Coefficiente α'_s per il Campo 3	$\alpha'_s(s)$		[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	ω_{2a}		[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	ω_{2b}		[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 3	ω_3		[-]
	ω'_3		[-]
Armatura simmetrica			
Posizione adimensionale dell'asse neutro	ξ		[-]
Posizione dell'asse neutro	x		[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\epsilon_{c,max}$		[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\epsilon_{s,max}$		[-]
Coefficiente di riempimento	β		[-]
Coefficiente di baricentro	κ		[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s / f_{yd}$	α'_s		[-]
Tensione nell'armatura compressa	σ'_s		[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	ϵ'_s		[-]
Momento resistente della sezione	M_{Rd}	339,88	[kNm]
Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto	M_{Ed}	72,4	[kNm]

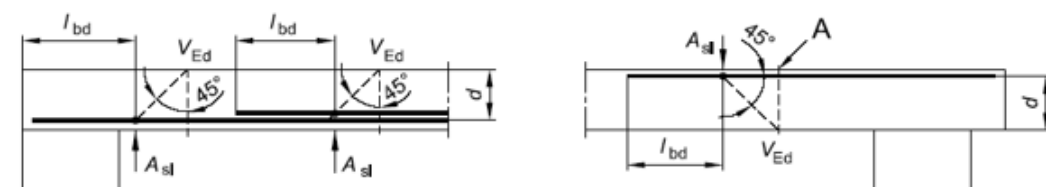
VERIFICA STRUTTURALE A FLESSIONE SODDISFATTA

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE			
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V_{Ed}	126,1	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		NO	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0,12	[-]
Coefficiente k	k	1,51	[-]
		1,51	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	ρ_l	0,001984	[-]
		0	[-]

figura 6.3 Definizione di A_{sl} nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	0,00	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	198,01	[kN]
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V_{Rd}	198,01	[kN]
§ 4.1.2.1.3.2 - ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Diametro delle staffe	ϕ_{sw}	10	[mm]
Numero di braccia	n_b	2	[-]
Passo delle staffe	s	100	[mm]
Inclinazione tra il puntone compresso e l'asse della trave	θ	45	[°]
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	90	[°]
Area della sezione trasversale dell'armatura a taglio	A_{sw}	157	[mm ²]
Braccio della coppia interna	z	684	[mm]
Cotangente di θ	$\cot\theta$	1,00	[-]
		1,00	[-]
Cotangente di α	$\cot\alpha$	0,00	[-]
Seno di α	$\sin\alpha$	1,00	[-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio - trazione)	V_{Rsd}	420,43	[kN]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f_{cd}	7,08	[MPa]
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio - compressione)	V_{Rcd}	1938,00	[kN]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cot\theta = 1$	$A_{sw,max}$	868,89	[mm ²]
Resistenza a taglio della sezione armata trasversalmente	V_{Rd}	420,43	[kN]
§ 4.1.2.1.3.3 - TAGLIO MASSIMO SOPPORTABILE DALLA TRAVE			
Resistenza massima a taglio della trave	V_{Rd}	2153,33	[kN]

VERIFICA STRUTTURALE A TAGLIO SODDISFATTA

Rispetto allo scorrimento della fondazione:

$T_{agente} = 230 \text{ kN}$ (sommatoria delle reazioni vincolari)

$T_{resistente} = W \cdot \tan\phi = 1320 \times 0,44 = 580,80 \text{ kN}$ (nell'ipotesi che ci sia rottura all'interfaccia terreno_calcestruzzo)

$T_{resistente} / T_{agente} = 2,52 > 1,10$ (Verifica soddisfatta)

6. Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste. Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione. E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati. Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni.

Si è proceduto a verificare i risultati analizzando la congruenza delle deformate dei casi statico/sismico e le sollecitazioni su schemi semplificati; in particolare si è verificato:

-) congruenza tra masse di calcolo del modello e masse stimate a partire dai pesi della struttura;
-) congruenza con i vincoli imposti delle deformate, dei modi di vibrare e più in generale del comportamento dinamico della struttura;
-) la conformità delle masse eccitate dal calcolo tutte al di sopra dell'85% del totale;
-) lo sforzo normale massimo in condizioni statiche sugli elementi verticali è congruente con quello deducibile dai pesi degli elementi portati per le relative aree d'influenza;
-) lo sforzo flessionale è in linea con quanto ricavato su schemi semplificati tipo trave;
-) l'andamento delle deformate e la forma dei diagrammi delle sollecitazioni sono in linea con i vincoli strutturali imposti nella modellazione delle strutture.

Informazioni integrative sull'uso dei codici di calcolo

Titolo del codice di calcolo: MasterSap TOP;

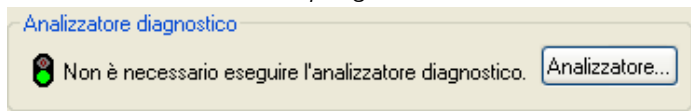
Autore, produttore e distributore: AMV s.r.l., via San Lorenzo 106, 34077 Ronchi dei Legionari (Go);

Versione: MasterSap TOP (licenza n. 34599 studio tecnico ing. Fabrizio)

AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

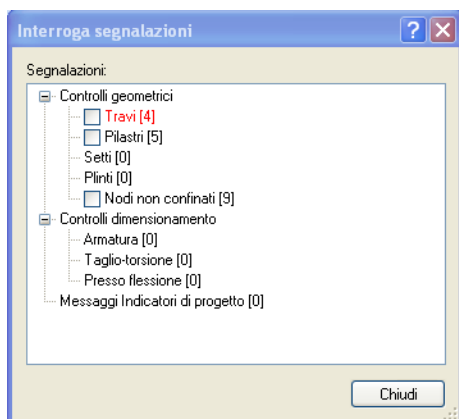
In base a quanto richiesto dalla norme tecniche vigenti il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione.

Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento. Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del



secondo ordine. Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come Thick Restarted Lanczos ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo. Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK. L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica. Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato. Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it. E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture. In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente. Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.



Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati. Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema. Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire delle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli

esterni. Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.