



DOTT. ING. MARCO MORICCI
via Galileo Galilei, 18
50032 Borgo San Lorenzo (FI)
tel. 0558458892

Borgo San Lorenzo, giovedì 18 luglio 2019

Elaborato 24

Relazione Strutturale:

Relazione di Calcolo

COMUNE: BORGO SAN LORENZO (FI)

VIA CADUTI DI MONTELUONGO

PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 1

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO TERMICO, FUNZIONALE, DI ADEGUAMENTO SISMICO E
IMPIANTISTICO PRESSO LA SCUOLA DELL'INFANZIA ARCOBALENO DI VIA CADUTI DI
MONTELUONGO

FINANZIAMENTO: DECRETO MIUR N. 1007/2017 – FONDO ART.1, COMMA 140 LEGGE N.
232 11/12/2016 – COMUNI

IL COMMITTENTE:

Comune di Borgo San Lorenzo



IL RUP:

dott. ing. Pietro BENZAIA

IL PROGETTISTA:

dott. ing. Marco MORICCI



PREMESSA

Si specifica che l'elaborato in oggetto ha subito lievi modifiche rispetto al medesimo elaborato contenuto nel progetto n. 64409 depositato al Genio Civile in data 14/05/2019. Tale elaborato infatti è stato modificato in seguito alla richiesta di integrazioni da parte del Genio Civile ricevuta in data 11/06/2019 a cui è stato risposto in data 13/06/2019. Rispetto all'elaborato originario depositato sono state chiarite meglio le verifiche di resistenza al taglio dei collegamenti alla base ed in sommità delle pareti, è stata integrata la verifica delle barre di ancoraggio in testa ai pannelli soggetti al momento flettente fuori piano e sono stati corretti alcuni refusi normativi.

RELAZIONE DI CALCOLO

Il progetto di adeguamento sismico

Viene di seguito illustrata la modellazione agli elementi finiti svolta, tramite il software Mastersap AMV, ai fini del progetto di adeguamento sismico che andrà ad interessare le strutture portanti del fabbricato in esame.

GENERALITÀ SUI SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI

Generalità sul modello di calcolo

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap della AMV Software Company.

I nodi

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate.

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (spostamenti generalizzati incogniti), bloccati (spostamenti generalizzati corrispondente uguale a zero), di tipo slave o linked (il parametro cinematico dipende dalla relazione con altri gradi di libertà).

Si può intervenire sui gradi di libertà bloccando uno o più gradi. I blocchi vengono applicate nella direzione della terna locale del nodo.

Le relazioni complesse creano un legame tra uno o più gradi di libertà di un nodo detto slave con quelli di un altro nodo detto master. Esistono tre tipi di relazioni complesse.

Le relazioni di tipo link prescrivono l'uguaglianza tra gradi di libertà analoghi di nodi diversi. Specificare una relazione di tipo link significa specificare il nodo slave assieme ai gradi di libertà che partecipano al vincolo ed il nodo master. I gradi di libertà slave saranno eguagliati ai rispettivi gradi di libertà del nodo master.

La relazione di piano rigido prescrive che il nodo slave appartiene ad un piano rigido e quindi che i due spostamenti in piano e la rotazione normale al piano sono legati ai tre parametri di roto-traslazione rigida di un piano.

Il Corpo rigido prescrive che il nodo slave fa parte di un corpo rigido e tutti e sei i suoi gradi di libertà sono legati ai sei gradi di libertà posseduti dal corpo rigido (i gradi di libertà del suo nodo master).

I materiali

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica.

Le sezioni

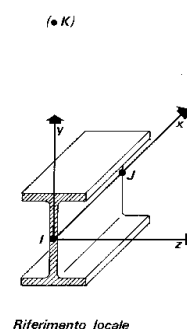
Le sezioni sono individuate in ogni caso da un codice numerico specifico, dal tipo e dai relativi parametri identificativi. La simbologia adottata dal programma è la seguente:

- Rettangolare piena (Rp);
- Rettangolare cava (Rc);
- Circolare piena (Cp);
- Circolare cava (Cc);
- T (T.);
- T rovescia (Tr);
- L (L.);
- C (C.);
- C rovescia (Cr);
- Cassone (Ca);
- Profilo singolo (Ps);
- Profilo doppio (Pd);
- Generica (Ge).

I carichi

I carichi agenti sulla struttura possono essere suddivisi in carichi nodali e carichi elementari. I carichi nodali sono forze e coppie concentrate applicate ai nodi della discretizzazione. I carichi elementari sono forze, coppie e sollecitazioni termiche.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da un tipo e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali (f_X , f_Y , f_Z , f_V) e locali (f_x , f_y , f_z), forze concentrate riferite agli assi globali (F_X , F_Y , F_Z , F_V) o locali (F_x , F_y , F_z), momenti concentrati riferiti agli assi locali (M_x , M_y , M_z), momento torcente distribuito riferito all'asse locale x (m_x), carichi termici (t_x , t_y , t_z), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.



Gli elementi finiti

La struttura può essere suddivisa in sottostrutture, chiamate gruppi.

Elemento truss (asta reticolare)

L'elemento truss (asta reticolare) rappresenta il modello meccanico della biella elastica. Possiede 2 nodi I e J e di conseguenza 12 gradi di libertà.

Gli elementi truss sono caratterizzati da 4 parametri fisici e geometrici ovvero:

- A Area della sezione.
- E. Modulo elastico.
- ρ . Densità di peso (peso per unità di volume).
- α . Coefficiente termico di dilatazione cubica.

I dati di input e i risultati del calcolo relativi all'elemento stesso sono riferiti alla terna locale di riferimento indicata in figura.

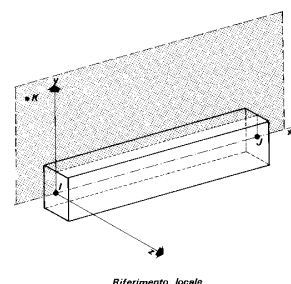
Elemento frame (trave e pilastro, trave di fondazione)

L'elemento frame implementa il modello della trave nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 2 nodi principali I e J posti alle sue estremità ed un nodo geometrico facoltativo K che serve solamente a fissare univocamente la posizione degli assi locali.

L'elemento frame possiede 12 gradi di libertà.

Ogni elemento viene riferito a una terna locale destra x, y, z, come mostrato in figura. L'elemento frame supporta varie opzioni tra cui:

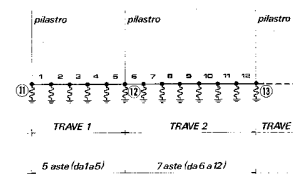
- deformabilità da taglio (travi tozze);
- sconnessioni totali o parziali alle estremità;
- connessioni elastiche alle estremità;
- offsets, ovvero tratti rigidi eventualmente fuori asse alle estremità;
- suolo elastico alla Winkler nelle tre direzioni locali e a torsione.
- L'elemento frame supporta i seguenti carichi:
 - carichi distribuiti trapezoidali in tutte le direzioni locali o globali;
 - sollecitazioni termiche uniformi e gradienti termici nelle due direzioni principali;
 - forza concentrata in tutte le direzioni locali o globali applicata in un punto arbitrario;
 - carichi generici mediante prescrizione delle reazioni di incastro perfetto.



I gruppi formati da elementi del tipo trave riportano, in ordine, i numeri dei nodi iniziale (I), finale (J)

e di riferimento (K), la situazione degli svincoli ai nodi I e J (indicate in legenda eventuali situazioni diverse dall'incastro perfetto ad entrambi i nodi), i codici dei materiali e delle sezioni, la situazione di carico nelle otto possibili condizioni A, B, C, D, E, F, G, H: se è presente un numero, esso individua il coefficiente moltiplicativo del carico corrispondente.

I gruppi relativi all'elemento trave di fondazione riportano informazioni analoghe; le condizioni di carico sono limitate a due (A e B); È indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno e il numero di suddivisioni interne. Per la trave di fondazione il programma abilita



automaticamente solo i gradi di libertà relativi alla rotazione intorno agli assi globali X, Y e alla traslazione secondo Z, bloccando gli altri gradi di libertà. Ogni trave di fondazione è suddivisa in un numero adeguato di parti (aste). Ogni singola asta interagisce con il terreno mediante un elemento finito del tipo vincolo elastico alla traslazione verticale t_z convergente ai suoi nodi (vedi figura), il cui valore di rigidezza viene determinato da programma moltiplicando la costante di sottofondo assegnata dall'utente per l'area di contatto con il terreno in corrispondenza del nodo.

I tipi di carichi ammessi sono solo di tipo distribuito f_z , f_v , f_y . Inoltre accade che:

$V_i = V_f$; $d_i = d_f = 0$, ovvero il carico è di tipo rettangolare esteso per tutta la lunghezza della trave.

Elemento shell (guscio)

L'elemento shell implementa il modello del guscio piatto ortotropo nello spazio tridimensionale. È caratterizzato da 3 o 4 nodi I, J, K ed L posti nei vertici e 6 gradi di libertà per ogni nodo. Il comportamento flessionale e quello membranale sono disaccoppiati.

Gli elementi guscio/piastra si caratterizzano perché possono subire carichi nel piano ma anche ortogonali al piano ed essere quindi soggetti anche ad azioni flettenti e torcenti.

Gli elementi in esame hanno formalmente tutti i sei gradi di libertà attivi, ma non posseggono rigidezza per la rotazione ortogonale al piano dell'elemento.

Nei gruppi shell definiti "platea" viene attuato il blocco di tre gradi di libertà, u_x , u_y , r_z , per tutti i nodi del gruppo.

Ogni gruppo può contenere uno o più elementi (max 1999). Ogni elemento viene definito da questi parametri:

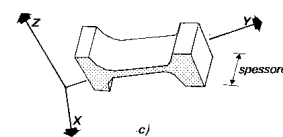
- elemento numero (massimo 1999 per ogni gruppo);
- nodi di riferimento I, J, K, L;
- spessore;
- materiale;

- pressioni e relative aliquote dinamiche;
- temperatura;
- gradiente termico;
- carichi distribuiti e relative aliquote dinamiche.

Elemento plane (stato piano di tensione, stato piano di deformazione, assialsimmetrico)

L'elemento plane implementa i modelli dell'elasticità piana nelle tre classiche varianti degli stati piani di tensione, di deformazione e dei problemi assialsimmetrici, per materiali ortotropi nello spazio bidimensionale. E' caratterizzato da 3 o 4 nodi I, J, K, L posti nei vertici e 2 gradi di libertà per ogni nodo.

Gli elementi in stato piano di tensione, di deformazione o assialsimmetrici sono elementi piani quadrilateri (4 nodi) o triangolari



(3 nodi) bidimensionali, caratterizzati da due dimensioni dello stesso ordine di grandezza, prevalenti sulla terza dimensione, che individua lo spessore. Vengono utilizzati per rappresentare strutture bidimensionali caricate nel piano: sono nulle le tensioni ortogonali al piano dell'elemento.

Gli elementi in Stato Piano di Deformazione sono elementi per cui è nulla la deformazione ortogonale al piano, ma non la tensione relativa. Vanno obbligatoriamente analizzati nel piano YZ e si assume uno sviluppo unitario sulla terza dimensione (lungo X). Hanno attivi i due gradi di libertà relativi agli spostamenti nel piano YZ.

Gli elementi Assialsimmetrici rappresentano solidi simmetrici, ottenuti per rotazione intorno all'asse verticale Z e simmetricamente caricati; sono individuati dalla loro sezione nel piano YZ. Anche gli elementi assialsimmetrici vanno studiati nel piano YZ e hanno attivi i gradi di libertà relativi agli spostamenti in questo piano.

Il programma analizza il loro comportamento per uno sviluppo angolare di un radiante.

Ogni gruppo può contenere uno o più elementi (max 1999). Ogni elemento viene definito con questi parametri:

- numero elemento (massimo 1999 per gruppo);
- nodi di riferimento I, J, K, L;
- spessore;
- materiale;
- carichi (o pressioni) e relative aliquote dinamiche;
- temperatura.

Elemento boudary (vincolo)

L'elemento boundary è sostanzialmente un elemento molla con rigidezza assiale in una direzione specificata e rigidezza torsionale attorno alla stessa direzione. E' utile quando si vogliono determinare le reazioni vincolari oppure quando si vogliono imporre degli spostamenti o delle rotazioni di alcuni nodi (cedimenti vincolari).

I parametri relativi ad ogni singolo vincolo sono:

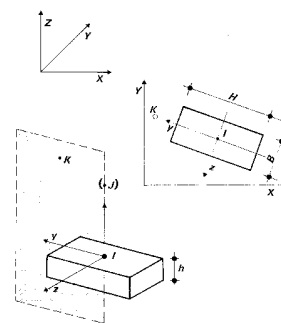
- il nodo a cui è collegato il vincolo (o i vincoli, massimo sei);
- la traslazione imposta (L) o la rotazione imposta (radianti);
- la rigidezza (per le traslazioni in F/L, per le rotazioni in F*L/rad).

Elemento plinto

Il plinto viene modellato mediante vincoli elastici alla traslazione e alla rotazione.

Il nodo I è il nodo di attacco del plinto e generalmente corrisponde con il nodo al piede di un pilastro. Si suppone, implicitamente, l'esistenza di un nodo J posizionato sopra I, sulla sua verticale (vedi figura).

Il nodo K consente, assieme a I e J, di orientare il plinto nello spazio. Valgono al riguardo considerazioni analoghe a quelle fatte per i pilastri. L'asse locale x è diretto da I verso J, l'asse locale y è ortogonale a x e punta verso K, l'asse locale z forma, con x e y l'usuale terna cartesiana destrorsa.



La sezione del plinto è quella orizzontale in pianta, esclusivamente rettangolare. La base della sezione si misura parallelamente all'asse locale z, l'altezza si valuta secondo y.

L'altezza h del plinto si misura in verticale (secondo l'asse globale Z).

Presentazione dei risultati

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

I metodi di calcolo

ANALISI STATICA LINEARE

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili. L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione t_0 e l'istante finale di osservazione t_f (carichi quasi-statici).

Ipotizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidezza costante K e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

dove K è la matrice di rigidezza, U è il vettore delle deformazioni nodali, F è il vettore dei carichi.

E' bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente, le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

ANALISI DINAMICA MODALE

Il programma effettua l'analisi dinamica con il metodo dello spettro di risposta.

Il sistema da analizzare è essere visto come un oscillatore a n gradi di libertà, di cui vanno individuati i modi propri di vibrazione. Il numero di frequenze da considerare è un dato di ingresso che l'utente deve assegnare. In generale si osservi che il numero di modi propri di vibrazione non può superare il numero di gradi di libertà del sistema.

La procedura attua l'analisi dinamica in due fasi distinte: la prima si occupa di calcolare le frequenze proprie di vibrazione, la seconda calcola spostamenti e sollecitazioni conseguenti allo spettro di risposta assegnato in input.

Nell'analisi spettrale il programma utilizza lo spettro di risposta assegnato in input, coerentemente con quanto previsto dalla normativa. L'eventuale spettro nella direzione globale Z è unitario. L'ampiezza

degli spettri di risposta è determinata dai parametri sismici previsti dalla normativa e assegnati in input dall'utente.

La procedura calcola inizialmente i coefficienti di partecipazione modale per ogni direzione del sisma e per ogni frequenza. Tali coefficienti possono essere visti come il contributo dinamico di ogni modo di vibrazione nelle direzioni assegnate. Si potrà perciò notare in quale direzione il singolo modo di vibrazione ha effetti predominanti.

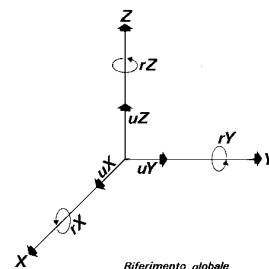
Successivamente vengono calcolati, per ogni modo di vibrazione, gli spostamenti e le sollecitazioni relative a ciascuna direzione dinamica attivata, per ogni modo di vibrazione. Per ogni direzione dinamica viene calcolato l'effetto globale, dovuto ai singoli modi di vibrazione, mediante la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. E' prevista una specifica fase di stampa per tali risultati.

L'ultima elaborazione riguarda il calcolo degli effetti complessivi, ottenuti considerando tutte le direzioni dinamiche applicate. Tale risultato (involuppo) può essere ottenuto, a discrezione dell'utente in tre modi distinti, inclusi quelli suggeriti della normativa italiana e dall'Eurocodice 8.

Presentazione dei risultati dell'analisi strutturale

DEFORMATE

Per ogni combinazione di carico e per tutti i nodi non completamente bloccati il programma calcola spostamenti (unità di misura L) e rotazioni (radianti). Viene anche rappresentata la deformata in luce dell'asta che riproduce il comportamento di una funzione polinomiale di quarto grado. Gli spostamenti sono positivi se diretti nel verso degli assi globali X Y Z, le rotazioni positive se antiorarie rispetto all'asse di riferimento, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (vedi figura a lato).



Viene anche determinato il valore massimo assoluto (con segno) di ogni singola deformazione e il valore massimo dello spostamento nello spazio (radice quadrata della somma dei quadrati degli spostamenti).

ASPETTI PARTICOLARI DELL'ANALISI DINAMICA

Nella stampa degli autovettori vengono riportati i relativi risultati, pertinenti ad ogni nodo.

Nel calcolo della risposta spettrale vengono determinate, per ogni verso del sisma, le deformazioni relative ai vari modi di vibrare e la corrispondente media quadratica. Tali risultati vengono successivamente combinati e danno luogo ad uno o più involuppi in relazione a quanto imposto dall'utente nella fase iniziale di intestazione del lavoro.

Nel caso dell'applicazione dell'Ordinanza 3431 (ex 3272) vengono anche determinate le deformazioni allo stato limite ultimo, che risultano amplificate per effetto dei fattori di struttura q rassegnati alle due direzioni orizzontali e a quella verticale.

ASTE RETICOLARI

Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono calcolate:

- tensione unitaria (F/L^2);
- forza assiale (F).

Il segno positivo indica trazione.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni asta, viene indicato il modo che dà luogo al massimo effetto e il relativo valore, nonché l'effetto risultante calcolato in base al criterio SRSS o CQC come scelto dall'utente.

Nella stampa degli involuppi viene riportata la tensione e lo sforzo assiale F_x calcolato secondo la modalità scelta dall'utente nella fase di input riguardante l'assegnazione dell'intestazione e dei parametri iniziali.

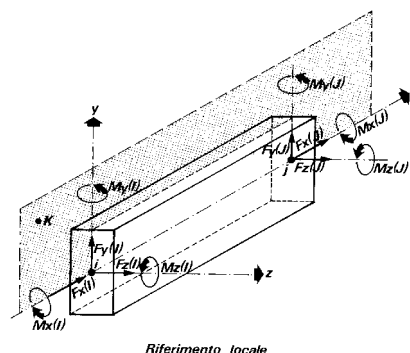
TRAVI, PILASTRI E TRAVI DI FONDAZIONE

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

- F_x = forza assiale nella direzione locale x ;
 - F_y = taglio nella direzione locale y ;
 - F_z = taglio nella direzione locale z ;
 - M_x = momento torcente attorno all'asse locale x ;
 - M_y = momento flettente attorno all'asse locale y ;
 - M_z = momento flettente attorno all'asse locale z ,
- con le seguenti convenzioni sui segni:

forze positive se concordi con gli assi locali (F);

momenti positivi se antiorari rispetto gli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo ($F*L$).



Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.

Nell'analisi dinamica vengono calcolate le medesime sollecitazioni per ognuna delle tre azioni sismiche previste (Z eventuale). Viene evidenziato il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta alla combinazione di tutti i modi di vibrazione mediante il criterio prescelto dall'utente.

Per le travi di fondazione il programma calcola ai due nodi estremi della trave e in tutti i punti intermedi generati per effetto della suddivisione della trave di fondazione, per ogni combinazione di carico:

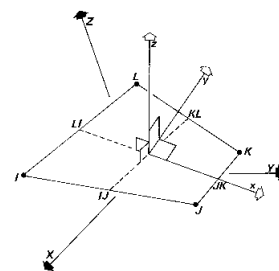
- F_y = taglio nella direzione locale y (F);
- M_x = momento torcente attorno asse locale x ($F*L$);
- M_z = momento flettente attorno asse locale z ($F*L$);
- U_Z = spostamento lungo Z (L);
- r_X = rotazione intorno X (rad);
- r_Y = rotazione intorno Y (rad);

- pressione sul suolo (F/L^2).

GUSCI

Il programma propone i risultati al “centro” di ogni elemento. Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono evidenziate:

- S_{xx} (F/L^2);
- S_{yy} (F/L^2);
- S_{xy} (F/L^2);
- M_{xx} ($F \cdot L/L$);
- M_{yy} ($F \cdot L/L$);
- M_{xy} ($F \cdot L/L$);
- σ_{idsup} (F/L^2);
- σ_{idinf} (F/L^2).
- S_{xx} , S_{yy} , S_{xy} rappresentano le tensioni membranali (vedi figura)
- M_{xx} rappresenta il momento flettente (per unità di lunghezza) che produce tensioni in direzione locale x; analogamente per M_{yy} ;
- M_{xy} rappresenta il momento torcente (sempre per unità di lunghezza).
- Le tensioni ideali σ_{idsup} (al bordo superiore, ovvero sul semiasse positivo dell'asse locale z) e σ_{idinf} sono calcolate mediante il criterio di Huber-Hencky-Mises. I momenti flettenti generano ai bordi dell'elemento delle tensioni valutate in base al modulo di resistenza dell'elemento. Le tensioni da momento flettente M_{xx} si sovrappongono alle tensioni S_{xx} , con segno positivo al bordo superiore, con segno negativo al bordo inferiore (analogamente per M_{yy} e S_{yy}). Gli effetti tensionali da momento torcente vengono sovrapposti a S_{xy} .
- Le convenzioni sui segni dei momenti sono caratteristiche dei codici di calcolo automatici e sono mantenute solo nelle stampe dei risultati conseguenti all'elaborazione strutturale, nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe dei postprocessori vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.



Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni elemento, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo, la risultante per sovrapposizione modale per S_{xx} , S_{yy} , S_{xy} , M_{xx} , M_{yy} , M_{xy} . Nel calcolo degli involucri viene effettuata la sovrapposizione. Anche in questo caso vengono calcolate le tensioni ideali.

Nell'analisi statica e negli inviluppi dinamici, fra i risultati, alla fine di ogni gruppo vengono riportati i massimi delle tensioni (comprese quelle ideali) e dei momenti, nonché il numero dell'elemento e la combinazione di carico relativa.

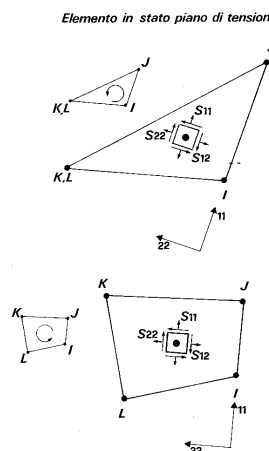
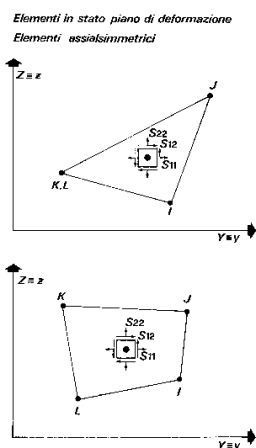
ELEMENTO IN STATO PIANO DI TENSIONE, STATO PIANO DI DEFORMAZIONE, ASSIALSIMMETRICI

Il programma calcola le tensioni (F/L2) al centro di ogni elemento.

Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono evidenziate:

- S_{11} ;
- S_{22} ;
- S_{33} (sempre nullo per l'elemento in stato piano di tensione);
- S_{12} ;
- S_{max} ;
- S_{min} ;
- Angolo.

Per il significato di S_{11} , S_{22} , S_{12} si osservino le figure successive.



La tensione S_{33} è ortogonale al piano dell'elemento ed è, per definizione, nulla per l'elemento in stato piano di tensione. La tensione è positiva se diretta verso l'osservatore (che vede i nodi dell'elemento susseguirsi, da I a L, in verso antiorario).

Le tensioni S_{max} e S_{min} rappresentano le tensioni principali. L'angolo riportato fra i risultati rappresenta l'angolo in gradi sessagesimali compreso fra l'asse locale 11 e la direzione di S_{max} . In questo modo le tensioni principali sono completamente note, in valore, direzione e verso.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni elemento, vengono riportate le tensioni S_{11} , S_{22} , S_{33} , S_{12} nei punti desiderati (a seconda dell'opzione di stampa scelta), specificando altresì il

modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta a tutti i modi di vibrazione (secondo il metodo SRSS o CQC scelto).

Per ogni gruppo, per l'analisi statica e per gli inviluppi dinamici, in stampa viene riportato un prospetto riepilogativo riguardante i valori massimi negativi e positivi delle tensioni, nonché gli elementi e le combinazioni di carico interessate.

VINCOLI

In stampa vengono fornite, per ogni nodo vincolato, le reazioni corrispondenti ai vincoli assegnati. Per quanto concerne i versi si tenga presente che è stata adottata la convenzione tradizionale. In generale le forze vincolari (unità di misura F) sono positive se vanno nel verso dell'asse di riferimento, i momenti ($F \cdot L$) sono positivi se antiorari per un osservatore disposto lungo il corrispondente semiasse positivo; tali sollecitazioni tendono a contrastare deformazioni di segno opposto.

Per quanto concerne i vincoli comunque disposti nello spazio vale la stessa regola: se uno spostamento è positivo tende ad allontanare il nodo N da I; la conseguente reazione è di segno opposto, cioè negativa. Nell'analisi dinamica, per ogni direzione, per ogni nodo vincolato, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo e il relativo valore; viene anche indicato il risultato complessivo calcolato a partire dai singoli effetti modali. Nella stampa degli inviluppi viene calcolata la risultante obbedendo alla modalità scelta dall'utente.

PLINTI

La procedura calcola le rigidezze del plinto e le assegna come avviene per un elemento "vincolo" disposto secondo le direzioni globali X, Y, Z. Pertanto i risultati per un plinto corrispondono a quelli proposti per l'elemento "vincolo". Nelle verifiche vengono invece riportati i risultati secondo le direzioni locali, come più consueto.

La rigidezza alla traslazione verticale del plinto viene calcolata moltiplicando l'area del plinto per la costante di sottofondo.

Le rigidezze alla rotazione rispetto ai due assi locali x e y vengono calcolate moltiplicando il relativo momento d'inerzia flessionale per la costante di sottofondo. Tali rigidezze alla rotazione vengono quindi riportate agli assi globali X e Y con le usuali regole di trasformazione, perché il programma tratta i vincoli come se fossero assegnati secondo le direzioni globali.

Le due rigidezze alla traslazione secondo gli assi globali X e Y, nonché la rigidezza alla rotazione intorno l'asse globale Z vengono automaticamente poste ad un valore elevato, che dà luogo a deformazioni trascurabili. Si assume infatti che il plinto non possa spostarsi nel piano orizzontale e ruotare intorno all'asse verticale Z.

Verifiche di sicurezza degli elementi

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

Verifiche di opere in cemento armato con il metodo degli stati limite

TRAVI, PILASTRI, SETTI E TRAVI DI FONDAZIONE

Fra le informazioni di testa per le travi è anche segnalata la componente del peso proprio e il carico medio. Per i soli pilastri oltre al numero strutturale dell'asta è anche indicato l'eventuale numero di pilastrata.

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale x, y, z. Vengono riportate, in ordine:

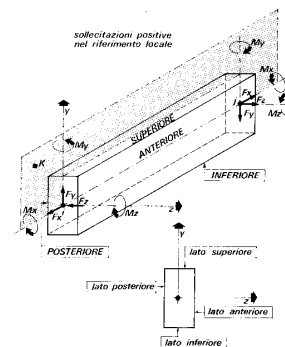
- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza F_x , F_y , F_z (F); M_x , M_y , M_z (F*m).

Per le travi e le fondazioni viene applicata la regola della traslazione. In particolare il momento flettente viene incrementato, dove richiesto, del prodotto di F_y (o F_z) con $0.9*d$, dove d è l'altezza utile corrispondente.

Per elementi trave di fondazione F_x , F_z , M_y sono generalmente nulli.

Le convenzioni adottate sui segni delle sollecitazioni sono (vedi figura):

- F_x (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- F_y (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- F_z (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- M_x (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a x a sinistra dell'ascissa in esame;
- M_y (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z;
- M_z (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y.
- Compaiono poi nel tabulato gli ulteriori risultati:
- in sequenza, armatura posteriore, anteriore, inferiore, superiore (cm^2); si noti che tali armature sono quelle totali. La sezione di due reggistaffe contribuisce in tutti quattro i



- valori di armatura; per i pilastri circolari viene determinata e stampata l'armatura totale distribuita uniformemente su tutta la circonferenza;
- campo (di rottura): rappresenta il campo di rottura determinato dalla procedura di verifica; nel caso delle travi, qualora sia stata deselezionata la verifica a sforzo normale, il campo di rottura viene sostituito dal rapporto x/d ;
 - indice di resistenza a presso-tensoflessione (F_x , M_y , M_z): rappresenta il moltiplicatore delle sollecitazioni allo s.l.u., ovvero il rapporto fra la sollecitazione agente e quella resistente;
 - indice di resistenza a taglio/torsione (F_y , F_z , M_x) o indice di resistenza a taglio/torsione (Bielle) per NTC 2018: rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;
 - Indice di resistenza a taglio/torsione (V , M_x): rappresenta l'indice di resistenza "taglio e torsione" per elementi che non necessitano di armatura trasversale.
 - Indice di resistenza a scorrimento: compare solo nel caso di setti calcolati con l'Ordinanza 3431 e NTC 2018 e riporta l'indice di resistenza che si ricava dal rapporto fra la resistenza a scorrimento (vedi § 5.4.5.2 dell'Ordinanza e § 7.4.4.5.1 delle NTC 2018) e la sollecitazione di taglio.
 - $aswta$, $aswto$: in cm^2/m rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante, rispettivamente, dall'effetto di taglio e torsione;
 - passo staffe: in cm rappresenta il passo delle staffe derivante da $aswta$ e $aswto$ e dall'applicazione dei minimi di normativa.
 - per i pilastri, nel caso NTC 2018, nelle colonne αM_y e αM_z vengono riportati i valori dei moltiplicatori delle sollecitazioni M_y ed M_z derivanti dal rispetto della gerarchia delle resistenze trave/pilastro.
 - Viene evidenziata, su una riga conclusiva apposita, l'involuppo delle armature in grado di resistere a tutte le situazioni. Per la sezione rettangolare viene riportata l'armatura aggiuntiva effettiva sui quattro lati, detraendo dall'armatura totale quella dei reggistaffe. Per la sezione circolare è invece sempre riportato il valore totale distribuito. Viene infine indicato il passo delle staffe calcolato o di normativa.
 - Alla fine del tabulato di progetto delle armature riguardante un'asta, se attivata l'opzione sulla combinazione dei carichi, la procedura propone uno specchietto che riepiloga nell'ordine:
 - numero della combinazione di carico che dà luogo al momento massimo; tale sollecitazione può infatti derivare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero di combinazione o simbolo identificativo) o

- a causa della combinazione dei carichi permanenti e variabili o dell'eventuale momento di sicurezza (in questo secondo caso il contrassegno di combinazione è dato dal simbolo \sim);
- x_{Mmax} ; ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;
 - M_{max} ; valore del momento massimo positivo;
 - A_{inf} , D. inf agg.; armatura inferiore totale derivante dall'azione del momento massimo positivo, numero e diametro delle barre aggiuntive, come al solito, rispetto ai reggistaffe comunque presenti;
 - A_{sup} , D. sup agg.; valgono le stesse considerazioni di sopra, riferite all'armatura superiore;
 - il rapporto x/d e l'indice di resistenza a flessione.
 - Nelle verifiche di esercizio per gli elementi vengono considerati i soli effetti del momento flettente M_z , ma per comodità dell'utente il tabulato riporta anche il valore delle altre sollecitazioni, incluse fra [] per significare che non entrano in gioco nella verifica. Per lo stesso motivo fra parentesi [] sono anche riportate le armature anteriori e posteriori.
 - Apertura delle fessure w (mm): rappresenta l'ampiezza della fessura derivante dall'azione del momento flettente M_z all'ascissa indicata. La fessura si apre superiormente per M_z negativo, inferiormente per M_z positivo.
 - La freccia viene riportata nel prospetto specifico (che compare a fine trave) riguardante anche il momento massimo in campata.
 - Per i restanti tipi di elementi (pilastri e setti) viene effettuata la sola verifica delle tensioni di esercizio (non compaiono pertanto risultati sull'apertura delle fessure e sulla freccia). La sezione viene trattata a presso-tensoflessione, trascurando in questo caso l'eventuale contributo del calcestruzzo a trazione. Vengono ignorate agli effetti della verifica le sollecitazioni torcenti e di taglio, comunque riportate fra [] nei tabulati per memoria.
 - Se si verifica la necessità di armare a punzonamento le travi o le fondazioni viene determinata la sezione complessiva delle barre piegate, che andranno disposte parallelamente alle staffe della trave.
 - Vengono indicate:
 - asta: numero dell'asta oggetto di verifica;
 - ascissa x (cm): ascissa dell'asta;
 - taglio: valore dell'azione di taglio complessiva agente al nodo;
 - carico limite di punzonamento;
 - coefficiente di sicurezza al punzonamento;
 - armatura piegati a punzonamento (cm^2), eventuale.

CONSIDERAZIONI PER L'ANALISI DINAMICA.

I risultati dinamici considerati sono quelli ottenuti per inviluppo, a seconda della modalità scelta. Si possono generare diverse combinazioni risultanti (sovrapposizione degli effetti statici e degli effetti dinamici) indicate nei tabulati con delle lettere.

Per quanto riguarda gli effetti dinamici si tenga presente che il segno degli inviluppi è sempre positivo e che le norme impongono che tali risultati siano considerati anche con segno opposto.

Risultati gerarchia delle resistenze (NTC 2018)

La stampa del taglio sismico esegue la stampa dei risultati della specifica verifica a taglio prevista per travi e pilastri al fine del rispetto della gerarchia flessione/taglio prescritto al punto § 7.4.4.1 e 7.4.4.2 delle NTC/2018. Tale verifica, che dipende dalle armature effettivamente poste in opera, viene effettuata all'atto della creazione del disegno o di una sua modifica.

Tale stampa riporta:

- il taglio F_y/F_z riferito agli schemi aggiuntivi calcolati ed il loro inviluppo;
- l'armatura inferiore e superiore effettivamente disegnata ed individuata nel disegno al netto della lunghezza di ancoraggio;
- l'indice di resistenza a taglio: rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;
- as_{wta} : in cm^2/m rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante dall'effetto del taglio qui calcolato;
- passo: in cm rappresenta il passo delle staffe derivante da As_{wta} qui calcolata;
- $M_{r.inf}$ e $M_{r.sup}$: rappresentano i momenti resistenti calcolati sulla base dell'armatura inferiore e superiore utilizzati nel calcolo del taglio negli schemi previsti. $M_{r.inf}$ rappresenta il momento resistente della sezione quando l'armatura tesa è l'inferiore, $M_{r.sup}$ è il momento resistente della sezione quando l'armatura tesa è la superiore.

I RISULTATI PER I PLINTI

Viene riportato il nodo di attacco del plinto e le informazioni su sezione e peso proprio. Il peso proprio del plinto viene incrementato di un fattore moltiplicativo 1.4.

Vengono anche indicate le sollecitazioni esterne agenti, riferite agli assi locali. Lo sforzo normale N viene qui riportato con segno positivo se di compressione, come di norma avviene. F_y e F_z esprimono le reazioni vincolari taglianti, positive se agenti nel verso del rispettivo asse.

In caso di analisi dinamica il risultato dinamico viene preso con lo stesso segno di quello statico. La combinazione derivante da tale sovrapposizione è indicata con la lettera A.

Viene indicato:

- ascissa di calcolo (cm); la verifica viene attuata sugli assi locali y e z, prima sul semiasse positivo e poi su quello negativo;
- momento flettente ($F \cdot m$) e relativa combinazione di massimo: viene effettuata la verifica per tutte le combinazioni di carico agenti, riportando, fra parentesi, solo quella che ha generato il massimo effetto; il momento è riferito all'intera sezione rettangolare in esame (che per le ascisse secondo y ha dimensioni B in larghezza e h in altezza, mentre secondo z vale rispettivamente H e h);
- sforzo tagliante (F) e relativa combinazione di massimo: valgono considerazioni analoghe a quelle del momento flettente, riferite allo sforzo di taglio;
- armatura inferiore (cm^2) e passo delle barre: viene calcolata l'armatura totale minima necessaria a supportare il momento flettente e il relativo passo delle barre;
- armatura superiore (cm^2) e passo delle barre: analogamente all'armatura inferiore; quella superiore è generalmente nulla, in quanto situata in zona compressa, dove la presenza del calcestruzzo è già sufficiente a sostenere le azioni presenti;
- indice di resistenza a flessione;
- indice di resistenza a taglio;
- per ogni combinazione di carico dichiarata allo s.l.u. si ricava la pressione ultima sul terreno. Si determina l'area efficace che dipende dalle due eccentricità e_y ed e_z e si ricava lo sforzo normale ultimo F_{xult} (corrispondente alla pressione q_{ult}) da cui deriva, in relazione all' F_x esterno agente, l'indice di resistenza finale;
- per ogni combinazione di carico dichiarata allo s.l.e. si determina la pressione effettiva sul suolo che si confronta con la capacità portante, determinata riducendo la pressione ultima sul terreno in base al fattore di sicurezza stabilito in tabella.
- Viene infine calcolato il carico limite di punzonamento e il coefficiente di sicurezza al punzonamento (con relativa combinazione più gravosa). Se il coefficiente di sicurezza al punzonamento scende sotto il valore 1 viene calcolata la sezione delle barre piegate per ognuna delle due direzioni ortogonali.

I RISULTATI PER ELEMENTI IN STATO PIANO DI TENSIONE, STATO PIANO DI DEFORMAZIONE, ASSIALSIMMETRICI

Il tabulato riporta:

- numero elemento in esame;
- per N11, N22, N33 (F): massimo valore positivo riscontrato fra tutte le combinazioni di carico previste; fra parentesi viene indicato il numero di combinazione che ha dato luogo alla situazione più sfavorevole in esame; N33 non ha significato per l'elemento "lastra" e non compare nel tabulato;
- per N11, N22, N33 (F): massimo valore negativo riscontrato fra tutte le combinazioni di carico previste; valgono le considerazioni di cui sopra;
- N11, N22 e N33 sono gli sforzi normali che agiscono su una particolare sezione dell'elemento; lo sforzo normale è positivo se di trazione;
- Successivamente il programma riporta:
- A11, A22 (cm²), A33 (cm²/m²); il programma determina l'armatura totale e il numero di barre da porre in opera per sostenere lo sforzo normale agente su una particolare sezione. A33 viene calcolata solo per gli elementi in stato piano di deformazione e assialsimmetrico: in questo caso il programma riporta l'armatura in cm²/m² (quindi per unità di superficie) e il corrispondente numero barre/m²;
- indici di resistenza per le tensioni massime riscontrate, rispettivamente, nel calcestruzzo e nell'acciaio, nonché per la tensione di taglio, con l'indicazione della combinazione di carico più gravosa.

I RISULTATI PER ELEMENTI GUSCIO

Il tabulato riporta:

- numero elemento in esame;
- numero combinazione di carico;
- Nxx (F), Mxx (F*m), Nyy (F), Myy (F*m): sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente; le sollecitazioni con indice xx producono tensioni in direzione locale xx; analogamente per yy. Si tenga presente che gli sforzi normali sono positivi se di trazione, i momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori.
- Successivamente vengono riportati gli esiti della verifica:

- $A_{xx\ inf}$, $A_{xx\ sup}$, $A_{yy\ inf}$, $A_{yy\ sup}$ (cm²): le armature in direzione xx risultano dalla verifica a presso-tensoflessione effettuata sulla base di N_{xx} e M_{xx} ; analogamente per yy; le sollecitazioni sono calcolate per un tratto pari al passo;
- indici di resistenza per le verifica a pressoflessione, a taglio nel piano e a taglio fuori piano. Per il taglio nel piano si controlla che $S_{xy} \leq f_{cd}/(f_{ck})^{1/2}$; l'indice di resistenza a taglio è il rapporto fra il primo e il secondo termine della disuguaglianza;
- il taglio fuori piano (chiamato V_z), agente lungo l'asse locale z ortogonale all'elemento, viene perciò utilmente confrontato con il taglio limite V_{rd1} contemplato per sezioni sprovviste di armatura a taglio.
- I risultati della verifica a punzonamento si riferiscono alla situazione più sfavorevole che determina il valore più elevato dell'azione di punzonamento.
- Vengono riportati:
 - forza di punzonamento (valore dell'azione di punzonamento agente al nodo);
 - carico limite di punzonamento;
 - se necessaria: armatura totale teorica nella 1^a direzione locale (cm²), ovvero parallelamente all'asse locale y del pilastro;
 - analogamente per la 2^a direzione, parallela all'asse locale z.

I RISULTATI PER LE PARETI

Il tabulato ricalca parzialmente quello degli elementi guscio in cui viene però esplicitata l'armatura verticale e orizzontale

I risultati della verifica riguardano innanzitutto le azioni di presso flessione. L'indice di resistenza a taglio riguarda il rapporto fra l'azione tagliante nell'elemento e la corrispondente V_{rd2} . E' riportato l'indice della verifica a scorrimento (§ 5.4.5.2 dell'Ordinanza).

Verifiche di opere in legno con il metodo dell'Eurocodice 5

I RISULTATI PER ASTE RETICOLARI

Viene riportata una descrizione dei parametri di progetto e successivamente, in sequenza per ogni asta:

- numero combinazione di carico;
- sforzo normale N (corrispondente a F_x), positivo se di trazione;
- sezione utile: viene riportato il valore della sezione (cm^2) utilizzata in fase di verifica;
- snellezza y_x ; è la solita snellezza calcolata nel piano y_x ;
- analogamente per la snellezza z_x ;
- $K_{c,y}$, $K_{c,z}$: sono i valori dei coefficienti, conseguenti, rispettivamente, alle snellezze relative y_x e z_x ;
- I.R., indice di resistenza;
- I.S., indice di stabilità.

I RISULTATI PER TRAVI E PILASTRI

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale x , y , z ::

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza F_x , F_y , F_z (F), M_x , M_y , M_z ($F \cdot m$);
- l'indice di resistenza I.R. dipende se la sollecitazione è di sola flessione oppure dovuta ad azioni combinate di flessione e trazione;
- per l'azione di taglio viene determinato un indice specifico I.Va;
- per l'azione di torsione viene determinato un indice specifico I.Tor.; se l'azione è di taglio e torsione viene determinato un secondo indice che riguarda entrambi gli effetti. L'indice I.Tor. riportato è il più gravoso fra quello determinato a sola torsione e quello prodotto per effetto combinato.

Il tabulato riguardante la verifica di svergolamento riporta:

- snellezze relative nei due piani y_x e z_x ;
- $k_{crit,yx}$, $k_{crit,zx}$: sono i valori dei coefficienti conseguenti, rispettivamente, alle snellezze relative y_x e z_x ;
- indice di svergolamento $I.S_v$.

In alternativa alla verifica di svergolamento può essere rappresentata la verifica di instabilità. Le sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente sono quelle massime riscontrate durante la verifica di resistenza. In questo caso un tabulato riporta:

- $S_{n,yx}$ e $S_{n,zx}$ sono le snellezze valutate nei due piani di flessione y_x e z_x ;
- $k_{c,yx}$, $k_{c,zx}$: sono i valori dei coefficienti, conseguenti, rispettivamente, alle snellezze y_x e z_x ;
- $I.S.$, indice di stabilità.

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. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

Generalità su Straus7

Per la verifica dei rinforzi strutturali alla base delle pareti è stato utilizzato un modello tridimensionale implementato sul programma di calcolo Straus7 il cui rivenditore per l'Italia è la HSH s.r.l. con sede a Padova. Il modello utilizzato è affine all'opera che ci proponiamo di realizzare.

RIASSUNTO DELLE CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO

GRUPPI

Modelli complessi possono essere organizzati per gruppi. I gruppi possono essere definiti secondo gerarchie arbitrarie. A ciascun gruppo vengono assegnati gli elementi. Di ogni gruppo è possibile mostrare, nascondere, selezionare elementi, e visualizzarne i risultati.

SISTEMI DI COORDINATE

I sistemi di coordinate possono essere scelti liberamente fra sistemi cartesiani, cilindrici, sferici o toroidali. Sistemi di coordinate locali possono facilitare di molto la costruzione dei modelli.

ELEMENTI TRAVE

E' possibile definire in modo libero la forma delle sezioni degli elementi beam.

Il programma consente di visualizzare in modalità solida gli elementi beam sia in fase di pre-processing che in fase di post-processing. E' possibile creare sezioni di forma arbitraria e verificarne il risultato nell' editor grafico. Di queste sezioni arbitrarie, il programma calcola anche le costanti di torsione (momenti di inerzia a torsione).

ELEMENTI PIASTRA

Il codice di calcolo consente la visualizzazione degli elementi plate, con il loro spessore. Ciò permette il controllo degli spessori relativi di ciascun elemento plate e aiuta a rilevare eventuali errori.

E' possibile visualizzare le tensioni su entrambe le superfici dell'elemento plate simultaneamente.

Il programma offre vari strumenti di verifica della mesh, come ad esempio la visualizzazione dei bordi liberi. E' possibile visualizzare con mappe di colore molte quantità caratteristiche degli elementi, come ad esempio il rapporto tra le dimensioni, il volume, le pressioni e le temperature applicate.

IL SUB-MODELLING

Il sub-modelling consente di estrarre parti di un modello e salvarle in file separati, facendo in modo anche che siano applicate automaticamente appropriate condizioni di spostamento al contorno come vincoli. Ciò permette di infittire la mesh localmente senza dovere rilanciare la soluzione per l' intero modello.

INSERIMENTO DEI DATI

E' possibile fornire espressioni matematiche al posto di valori numerici. Per esempio, si possono assegnare forze nodali e pressioni agenti sugli elementi plate in funzione della loro posizione.

CONDIZIONI DI VINCOLO

Si possono eseguire calcoli per diverse condizioni di vincolo (freedom cases) applicate allo stesso modello.

ESAME DEI RISULTATI DEL CALCOLO

Il programma contiene solutori per i seguenti tipi di analisi:

- Statica lineare
- Frequenze naturali
- Instabilità dell'equilibrio (buckling)
- Statica non-lineare
- Dinamica in regime transitorio lineare e non-lineare
- Risposta spettrale ed armonica
- Trasmissione del calore

Il programma fornisce anche le seguenti informazioni:

- Distinta materiali gruppo per gruppo
- Proprietà inerziali per ogni gruppo

Il programma consente di rilevare con sicurezza ogni zona di concentrazione delle tensioni. Si possono tracciare mappe di colore delle tensioni, secondo vari criteri: mediando tra elementi; non mediando tra elementi; mediando solo tra elementi dello stesso materiale; mediando solo tra elementi appartenenti allo stesso piano (per gli elementi plate).

Per i modelli costituiti da elementi brick, e' possibile fissare a piacere dei piani di sezionamento del modello su cui visualizzare le mappe di colore, interne al modello.

Nei problemi con condizioni di carico multiple, o nei problemi in regime transitorio con molti passi temporali, e' possibile visualizzare l'involuppo dei risultati massimi su tutte le condizioni di carico e/o dei passi temporali.

COMBINAZIONI DI CONDIZIONI DI CARICO

Si possono creare combinazioni di condizioni di carico, in numero illimitato. Queste combinazioni possono essere variate in qualsiasi momento senza dover ricalcolare le soluzioni.

STAMPA DEI RISULTATI

I risultati del calcolo possono essere ordinati e stampati in forma di relazione. Si possono selezionare i risultati per gruppo e per proprietà, e visualizzarli per le sole entità selezionate nell'editor grafico. Per ottenere una

maggior precisione, e' possibile estrarre i risultati in corrispondenza dei nodi e dei punti Gauss degli elementi plate e brick, oppure in posizioni qualsiasi lungo gli elementi beam.

FUNZIONI DI RICERCA

E' attiva una funzione di ricerca per individuare determinati valori dei risultati del calcolo, o risultati che superino valori predefiniti.

GRAFICI XY

Fra due punti qualsiasi del modello, e per ogni quantità calcolata, e' possibile richiedere la rappresentazione grafica XY dell'andamento della quantità calcolata.

ELEMENTI ED ATTRIBUTI

Nodi

Il programma consente di specificare i seguenti attributi nodali:

- Forze e momenti
- Vincoli (in un qualunque sistema di coordinate)
- Masse (traslazionali e rotazionali)
- Rigidezze (traslazionali e rotazionali)
- Temperature (costanti e/o variabili nel tempo)
- Smorzamento

Travi

Il programma è dotato dei seguenti tipi di elementi beam:

- Elementi trave
- Aste reticolari (truss)
- Aste a cedimento programmato (cutoff bars)
- Elementi di contatto puntuale (point contacts)
- Sistemi molla/smorzatore
- Funi (cables)
- Elementi trave definiti dall'utente

ATTRIBUTI DEGLI ELEMENTI BEAM

Per gli elementi beam e' possibile definire i seguenti attributi:

- Svincoli delle estremità (end-releases) (completi o parziali)
- Disassamenti (offsets), angoli locali e centri di taglio arbitrari
- Gradienti di temperatura

- Forze puntuali e momenti (nel riferimento locale e/o globale)
- Carichi distribuiti costanti e/o lineari (nel riferimento locale e/o globale)
- Vincoli elastici
- Pre-tensionamenti
- Flussi termici
- Coefficienti di convezione ed irraggiamento
- Fonti di calore

ELEMENTI PLATE

Gli elementi plate di Il programma possono essere

- Triangolari (a 3 o 6 nodi)
- Quadrilateri (a 4, 8 o 9 nodi)

Sono previsti i seguenti tipi di elemento plate:

- Stato piano di tensione
- Stato piano di deformazione
- Assialsimmetrici
- Piastre/gusci (spessi e sottili)
- Pannelli a taglio (shear panels)
- Membrane 3D

ATTRIBUTI DEGLI ELEMENTI PLATE

Il programma permette di specificare i seguenti attributi per gli elementi plate:

- Disassamenti (offsets) ed angoli locali
- Pre-tensionamenti
- Gradienti di temperatura
- Pressione superficiale (nel riferimento locale e/o globale)
- Sforzo di taglio superficiale
- Pressione, taglio e sforzo normale, agenti sui bordi
- Supporti elastici per la superficie e per i bordi
- Flusso termico
- Coefficienti di convezione ed irraggiamento
- Fonti di calore

ELEMENTI BRICK

Gli elementi brick del programma possono essere:

- Tetraedri (a 4 o 10 nodi)
- A piramide (a 5 o 13 nodi)
- A cuneo (a 6 o 15 nodi)
- Esaedrici (a 8, 16 o 20 nodi)

ATTRIBUTI DEGLI ELEMENTI BRICK

Il programma permette di specificare i seguenti attributi per gli elementi brick:

- Pressione (nel riferimento locale e/o globale)
- Sforzo di taglio
- Supporti elastici
- Flusso termico
- Coefficienti di convezione ed irraggiamento
- Fonti di calore

ELEMENTI LINK

Il programma possiede i seguenti tipi di elementi link:

- A simmetria settoriale o ciclica
- Rigidi
- Pinned (rigidi ed incernierati)
- Master/slave, ovvero con relazioni funzionali tra nodi
- Di accoppiamento

MATERIALI

I materiali possono essere definiti in qualsiasi momento, o ricavati da un catalogo materiali modificabile dall'utente. Per generare materiali non lineari, si possono specificare le tabelle tensione/deformazione e forza/spostamento.

I modelli di materiale previsti in Il programma sono:

- Isotropo
- Ortotropo
- Anisotropo
- Laminato
- Gomma

- Suolo
- Mohr-Coulomb
- Drucker-Prager
- Definito dall'utente

ANALISI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA.

IPOTESI

Per l'applicazione della teoria relativa all'analisi dello spettro di risposta sono necessarie alcune ipotesi:

- Comportamento lineare della struttura (sia per materiale che per geometria)
- Valore modesto dello smorzamento

Lo spettro di risposta è applicato alla struttura assumendo che questa risponda linearmente e che quindi, in particolare, possa esservi applicata la sovrapposizione degli effetti (eventualmente nella forma specifica di sovrapposizione dei modi).

La seconda ipotesi è dovuta al fatto che lo smorzamento è trascurato nel calcolo delle frequenze naturali. Per dare un ordine di grandezza dell'errore presente, si osserva che, per un sistema ad un grado di libertà, ad esempio, la frequenza fondamentale in presenza di smorzamento è:

$$\omega_D = \omega \cdot \sqrt{1 - \xi^2}$$

Se quindi il coefficiente di smorzamento (espresso come rapporto rispetto allo smorzamento critico) è minore di 0.1 la differenza tra le due frequenze è al più 0.5%.

IMPLEMENTAZIONE COMPUTAZIONALE

Nel seguito si dà un breve cenno a come l'analisi dello spettro di risposta è trattata nei codici di calcolo. Una volta calcolati le frequenze proprie (ed i relativi modi) di interesse della struttura, le equazioni del moto risultano 'disaccoppiate': è come se ne scrivesse una per ciascuna frequenza propria (cioè per ciascun 'oscillatore semplice'):

$$\ddot{y} + K' \cdot y = 0$$

dove y è il vettore delle coordinate modali e K' è la matrice di rigidità normalizzata. A questo punto si aggiunge lo smorzamento ad ognuna delle equazioni e la forzante è scelta come il valore dello spettro di progetto corrispondentemente alla frequenza del singolo oscillatore.

Nel caso in cui lo spettro sia in termini di accelerazioni (lo stesso sarebbe per le velocità o gli spostamenti) la forzante assume la forma:

$$L_i = \phi_i^T \cdot M \cdot r \cdot S_i$$

con ϕ_i autovettore i -esimo, M matrice delle masse, r vettore di direzione del sisma e S_i ordinata dello spettro di risposta per la frequenza indagata.

Se infine lo spettro di progetto si riferisce al valore del carico applicato, la forzante diventa:

$$L_i = \phi_i^T \cdot R$$

con R vettore di carico per una particolare condizione.

Le equazioni disaccoppiate del moto così ricavate vengono risolte in modo semplice, e la soluzione ritrasformata in coordinate fisiche.

$$X_i = \phi_i \cdot Y_i$$

NUMERO DI MODI PROPRI DI VIBRAZIONE

Per ottenere una risposta accurata da un'analisi spettrale, deve essere tenuto in conto un numero di modi propri adeguato. Le norme indicano come 'adeguato' il numero di tanti modi quanti sono sufficienti ad eccitare una quota rilevante della massa complessiva (massa strutturale, e masse aggiunte) – pari a 85%.

I codici di calcolo permettono di verificare questo aspetto, considerando i cosiddetti 'fattori di partecipazione modale', che sono gli indicatori, appunto, della quota di massa associata a ciascun modo di vibrare, nelle tre direzioni coordinate.

Si possono presentare, a questo riguardo, alcune complicazioni formali, legate sia alla fisica del problema (e, quindi, alla geometria della struttura considerata e relativa distribuzione delle masse), che al modo con cui la struttura stessa viene discretizzata nel modello ad elementi finiti. Un esempio che può chiarire questo problema è quello del sisma con accelerazione verticale.

Le frequenze proprie di vibrazione della struttura in senso verticale possono essere raggruppate in due 'famiglie':

- quelle relative agli orizzontamenti (travi, solai), presenti in un intervallo di valori relativamente bassi (perché di tipo flessionale/locale), ma 'catturabili' solo a patto che il modello sviluppato consenta di individuarle;
- quelle relative alle vibrazioni assiali delle strutture verticali (pilastri, mensole di controvento, etc.), presenti in un intervallo piuttosto ampio di valori relativamente alti (o molto alti), in genere comunque 'catturabili' dai modelli (posto di spingere avanti la soluzione).

SOVRAPPOSIZIONE DELLE SINGOLE RISPOSTE MODALI

Una volta analizzata la risposta della struttura nei singoli modi di vibrare, occorre combinare i risultati per ottenere la massima sollecitazione possibile (o il massimo spostamento se interessano gli stati limiti di utilizzo).

La soluzione generalmente adottata è la cosiddetta SRSS (o radice quadrata della somma dei quadrati) in cui per risposta massima viene intesa la norma euclidea delle risposte corrispondentemente ai singoli modi :

$$\bar{X} = \sqrt{\bar{X}_1^2 + \bar{X}_2^2 + \bar{X}_3^2 + \dots \bar{X}_n^2}$$

Tale modalità di combinazione è ritenuta valida dalle norme solo se le singole frequenze allo studio sono sufficientemente distanziate, dando più precisamente limiti del tipo: se f_i e f_j sono due frequenze successive con $f_i < f_j$ deve essere $f_i < 0.9f_j$. Infatti, se due (o più) frequenze sono tra loro abbastanza vicine, la probabilità (in

senso ‘ingegneristico’) che esse sia in fase è maggiore (è maggiore l’intervallo temporale in cui esse possono essere prossime ad essere in fase).

Per tener conto di questo aspetto, è adottata la combinazione di tipo CQC (o combinazione quadratica completa:

$$\bar{X} = \left(\sum_i \sum_j \alpha_{ij} \cdot \rho_{ij} \cdot |x_i| \cdot |x_j| \right)^{1/2}$$

La combinazione di tipo CQC e’ una generalizzazione di quella SRSS - e tiene conto del grado di correlazione esistente tra i diversi modi propri - con cui coincide nel caso in cui le frequenze siano sufficientemente distanziate tra loro.

E’ importante notare come la combinazione finale sia in generale non equilibrata: i ‘massimi’ ottenuti con le combinazioni appena descritte, sono relativi a combinazioni di valori che riferiscono, per gli elementi concorrenti in un punto, ad istanti diversi.

Il modello di calcolo agli elementi finiti

IL MODELLO A TELAIO EQUIVALENTE

E’ stato realizzato un modello a telaio equivalente rappresentativo della struttura in esame costituita da pareti prefabbricate in c.a. In particolare i pannelli resistenti verticali (“maschi”) e le fasce orizzontali sono modellati mediante elementi monodimensionali (beam) collegati tra loro all’estremità mediante bracci rigidi. L’insieme delle pareti, opportunamente collegate in testa tramite il piano rigido, costituisce il telaio tridimensionale della struttura. I “maschi” sono definiti a partire dalle pareti escludendo le fasce di pannello prefabbricato interessate dalle aperture. Ciascun elemento, ovvero setto, è rappresentato mediante il suo asse baricentrico principale, delimitato dai nodi posizionati a livello di impalcato. Per maggior dettaglio, si riporta un esempio che chiarisce come le aperture spezzino i muri in diversi setti di calcolo.

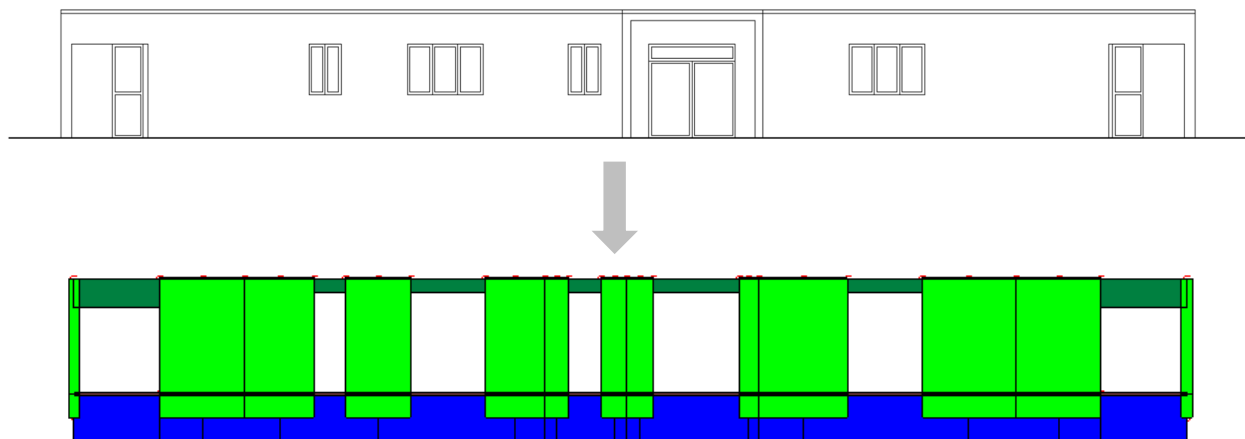


Figura 1 – definizione dei setti resistenti secondo la schematizzazione a telaio equivalente

Come si evince dall'immagine sopra riportata ogni setto è rappresentato in colore verde chiaro. Ciascun setto è costituito da una parte deformabile con resistenza finita la cui lunghezza va da impalcato a impalcato.

Le fasce di piano (sopra finestra) sono rappresentati con elementi di telaio ad asse orizzontale delimitati dal filo dei muri verticali. Si ipotizza che la parte deformabile corrisponda con la luce libera dell'apertura e la restante parte sia modellata con elementi infinitamente rigidi. Le fasce di piano sotto finestra non sono state inserite nel modello di calcolo.

Le travi di fondazione sono state modellate con elementi beam su suolo elastico alla Winkler.

Visti gli interventi strutturali introdotti, quali l'inserimento di profilati metallici volti ad assicurare un migliore collegamento tra pareti e solai oltre che l'inserimento di solette armate in calcestruzzo strutturale alleggerito, è stato possibile introdurre nel modello di calcolo i piani rigidi a livello degli impalcati; in tal modo le fasce risultano solidali con il telaio e i ritri risultano accoppiati.

Le verifiche svolte riguardano la verifica degli elementi del telaio per meccanismi potenzialmente duttili (pressoflessione) e meccanismi potenzialmente fragili (taglio) come riportato al paragrafo C8.7.2.3 della Circolare esplicativa del DM 17/01/2018.

La scelta del modello a telaio equivalente rispetto ad una modellazione a gusci (elementi shell bidimensionali) è dovuta al fatto che le pareti in c.a. oggetto di analisi, pur essendo opportunamente collegate tra loro tramite giunti verticali robusti realizzati secondo il sistema "Belloni", rimangono comunque elementi indipendenti non perfettamente ingranati e omogenei tra loro come possono essere ad esempio i pannelli in muratura portante.

Valutazione della Sicurezza e delle Prestazioni della Struttura

Azioni

PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITÀ

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo di costruzione, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche accidentali; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

tipo di costruzione	Valori minimi di V_N (anni)
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
classe d'uso	III
C_U	1.5
descrizione costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso	
V_N vita nominale (anni)	50
V_R vita di riferimento (anni)	75

Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

CRITERI PER LA MISURA DELLA SICUREZZA

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero - Y nel sistema globale di riferimento del modello). Le azioni del vento sono applicate prevalentemente nelle due direzioni orizzontali o ortogonalmente alla falda in copertura. Le azioni sismiche, statiche o

dinamiche, derivano dall'eccitazione delle masse assegnate alla struttura in proporzione ai carichi a cui sono associate per norma.

I carichi sono suddivisi in più condizioni elementari di carico in modo da poter generare le combinazioni necessarie.

Analisi dei carichi

CARICHI DA NEVE

Normativa : D.M. 17/01/2018

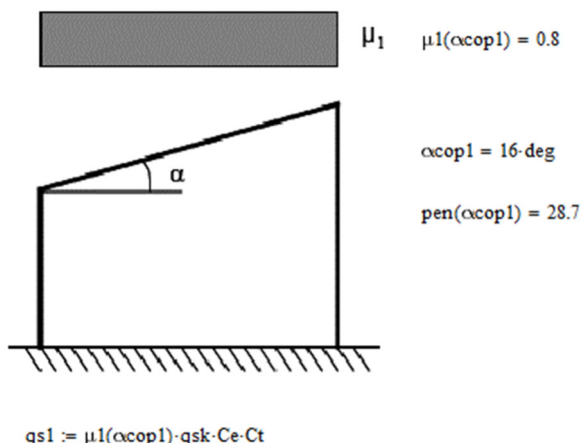


Figura 2 - carico neve

carico neve			
il carico sulle coperture sarà valutato secondo la seguente espressione			
$qs = \mu_i qsk Ce Ct$			
as (m)	190		
zona	2		
alfa	10		
qsk	1	kN/mq	
classe di topografia	normale		
coefficiente per classe di topografia	Ce	1	
coefficiente termico	Ct	1	
tipo di copertura	a due falde		
$\mu_1 (\alpha_1)$	0.8		
$\mu_1 (\alpha_2)$	0.8		
combinazioni di carico			
	qs1 (kgf/mq)	qs2 (kgf/mq)	
caso I	81.6	81.6	
caso II	40.8	81.6	
caso III	81.6	40.8	
per il calcolo si considera			
qs	85	kgf/mq	

Tabella 1 - azione della neve

Le analisi dei carichi per i vari elementi strutturali risultano essere le seguenti.

ANALISI DEI CARICHI SOLAIO DI CALPESTIO

n.	descrizione	categoria	valore	num.	a (m)	b (m)	c (m)	p.spec. (kN/mc)	qk (kN/mq)	Qk (kN)	Hk (kN/m)
1	lastre nervate prefabbricate	peso proprio	max	1				24	4.2		
2	soletta	peso proprio	max	1	0.06	1	1	24	1.44		
								totale peso proprio	5.64		
3	tramezzi	permanenti portati	max		2.00 kN/m \leq G2 \leq 3.00 kN/m				1.2		
4	massetto	permanenti portati	max	1	0.02	1	1	18	0.36		
5	pavimento	permanenti portati	max	1	0.02	1	1	20	0.4		
								totale permanenti portati	1.96		
6	C1 ambienti suscettibili di affollamento	C ambienti suscettibili di affollamento	max						3.00	3.00	1.00

Tabella 2 – analisi dei carichi del solaio di calpestio

ANALISI DEI CARICHI SOLAIO DI COPERTURA

n.	descrizione	categoria	valore	num.	a (m)	b (m)	c (m)	p.spec. (kN/mc)	qk (kN/mq)	Qk (kN)	Hk (kN/m)
1	lastre prefabbricate	peso proprio	max	1				24	3.53		
2	soletta	peso proprio	max	1	0.05	1	1	16	0.8		
								totale peso proprio	4.33		
3	copertura in lamierino sandwich	permanenti portati	max	1					0.3		
4	pavimento	permanenti portati	max	1	0.03	1	1	20	0.6		
								totale permanenti portati	0.9		
5	H coperture	H coperture accessibili per sola manutenzione	max						0.50	1.20	1.00
6	neve a quota inferiore a 1000 m s.l.m.	neve (a quota \leq 1000 m s.l.m.)	max						0.85		

Tabella 3 – analisi dei carichi del solaio di copertura

AZIONI TERMICHE

Sono state applicate le azioni termiche sulla struttura.

L'escursione termica imposta deriva dalla scelta della temperatura iniziale T_0 e dalla valutazione di una temperatura attuale T_1 determinata come valore medio fra la temperatura esterna T_{est} ed interna T_{int} .

Le temperature esterne ed interne sono valutate in relazione alle condizioni attese nella vita della costruzione e in conformità ai valori orientativi forniti dalla letteratura tecnica consolidata.

Le azioni termiche producono effetti trascurabili sulla struttura in esame.

COMBINAZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. Vengono in particolare controllate le deformazioni allo stato limite ultimo, allo stato limite di danno e gli effetti del second'ordine.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u. Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità).

Oltre all'impostazione spaziale delle situazioni di carico potenzialmente più critiche, in sede di dimensionamento vengono ulteriormente valutate, per le varie travate, tutte le condizioni di lavoro statico derivanti dall'alternanza dei carichi variabili, i cui effetti si sovrappongono a quelli dei pesi propri e dei carichi permanenti. Vengono anche imposte delle sollecitazioni flettenti di sicurezza in campata e risultano controllate le deformazioni in luce degli elementi.

COMBINAZIONI ELEMENTARI DEL SOLAIO DI CALPESTIO

n.	stati limite ultimi				stati limite esercizio combinazione rara				stati limite esercizio combinazione frequente				stati limite di esercizio combinazione quasi permanente		combinazione sismica		combinazione per azioni eccezionali	
	SLU max	qmax (kN/mq)	SLU min	qmin (kN/mq)	SLE rara max	qmax (kN/mq)	SLE rara min	qmin (kN/mq)	SLE freq max	qmax (kN/mq)	SLE freq min	qmin (kN/mq)	SLE quasi permanente	q (kN/mq)	sismica	q (kN/mq)	eccezionale	q (kN/mq)
1	1.3	5.46	1.3	5.46	1	4.20	1	4.20	1	4.20	1	4.20	1	4.20	1	4.20	1	4.20
2	1.3	1.87	1.3	1.87	1	1.44	1	1.44	1	1.44	1	1.44	1	1.44	1	1.44	1	1.44
3	1.5	1.80	1.5	1.80	1	1.20	1	1.20	1	1.20	1	1.20	1	1.20	1	1.20	1	1.20
4	1.5	0.54	1.5	0.54	1	0.36	1	0.36	1	0.36	1	0.36	1	0.36	1	0.36	1	0.36
5	1.5	0.60	1.5	0.60	1	0.40	1	0.40	1	0.40	1	0.40	1	0.40	1	0.40	1	0.40
6	1.5	4.50	1.05	3.15	1	3.00	0.7	2.10	0.7	2.10	0.6	1.80	0.6	1.80	0.6	1.80	0.6	1.80
	max	14.77	min	13.42	max	10.60	min	9.70	max	9.70	min	9.40	tot	9.40	tot	9.40	tot	9.40
		SLU dom 1		SLU dom 2		SLE rara dom 1		SLE rara dom 2		SLE freq dom 1		SLE freq dom 2						

Tabella 4 – combinazioni elementari di carico del solaio di calpestio

COMBINAZIONI ELEMENTARI DEL SOLAIO DI COPERTURA

n.	stati limite ultimi				stati limite esercizio combinazione rara				stati limite esercizio combinazione frequente				stati limite di esercizio combinazione quasi permanente		combinazione sismica		combinazione per azioni eccezionali	
	SLU max	qmax (kN/mq)	SLU min	qmin (kN/mq)	SLE rara max	qmax (kN/mq)	SLE rara min	qmin (kN/mq)	SLE freq max	qmax (kN/mq)	SLE freq min	qmin (kN/mq)	SLE quasi permanente	q (kN/mq)	sismica	q (kN/mq)	eccezionale	q (kN/mq)
1	1.3	4.59	1.3	4.59	1	3.53	1	3.53	1	3.53	1	3.53	1	3.53	1	3.53	1	3.53
2	1.3	1.04	1.3	1.04	1	0.80	1	0.80	1	0.80	1	0.80	1	0.80	1	0.80	1	0.80
3	1.5	0.45	1.5	0.45	1	0.30	1	0.30	1	0.30	1	0.30	1	0.30	1	0.30	1	0.30
4	1.5	0.90	1.5	0.90	1	0.60	1	0.60	1	0.60	1	0.60	1	0.60	1	0.60	1	0.60
5	1.5	0.75	0	0.00	1	0.50	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6	0.75	0.64	0.75	0.64	0.5	0.43	0.5	0.43	0.2	0.17	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	max	8.37	min	7.62	max	6.16	min	5.66	max	5.40	min	5.23	tot	5.23	tot	5.23	tot	5.23
		SLU dom 1		SLU dom 2		SLE rara dom 1		SLE rara dom 2		SLE freq dom 5		SLE freq dom 1						

Tabella 5 – combinazioni elementari di carico del solaio di copertura

Azione sismica

Analisi svolta secondo il D.M. 17/01/2018

L'azione sismica è stata applicata alla struttura in conformità alle disposizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

STATO LIMITE DI DANNO

A seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

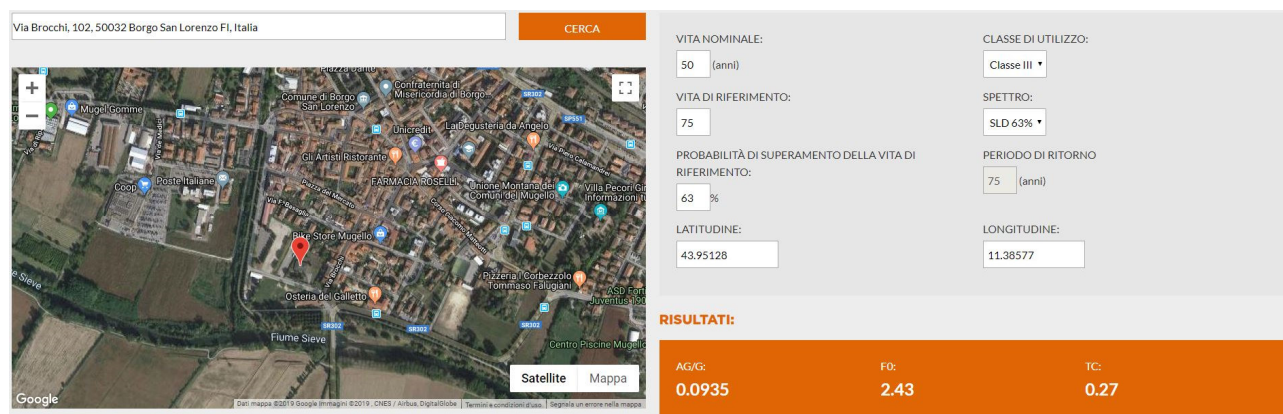


Figura 3 - parametri sismici per lo stato limite di danno

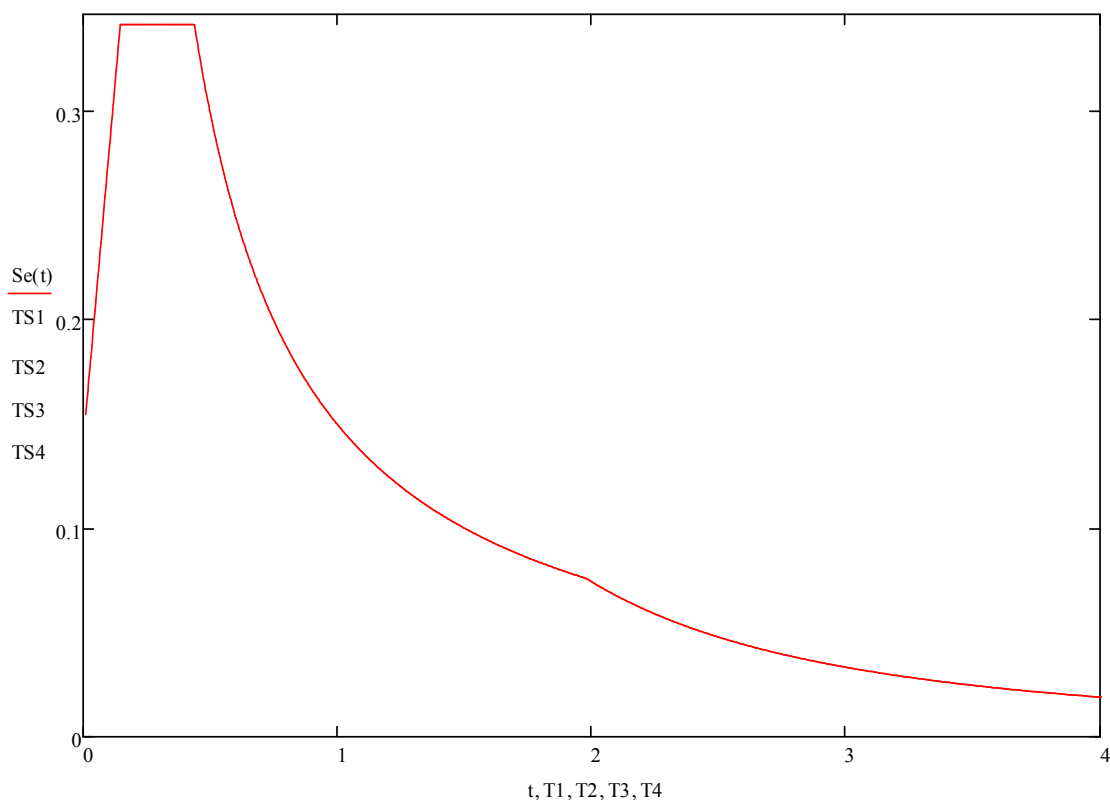


Figura 4 - spettro di risposta SLD

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

A seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Il fattore di comportamento considerato è pari a 1.5 in conformità a quanto indicato al paragrafo C8.7.2.2.2 della Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 per le costruzioni esistenti di calcestruzzo armato.

Per le verifiche delle fondazioni si è assunto un fattore di comportamento pari a 1.

Via Brocchi, 102, 50032 Borgo San Lorenzo FI, Italia

CERCA

VITA NOMINALE: 50 (anni)

CLASSE DI UTILIZZO: Classe III

VITA DI RIFERIMENTO: 75

SPETTRO: SLV 10%

PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DELLA VITA DI RIFERIMENTO: 10 %

PERIODO DI RITORNO: 712 (anni)

LATITUDINE: 43.95128

LONGITUDINE: 11.38577

RISULTATI:

AG/G:	F0:	TC:
0.2214	2.39	0.29

Figura 5 – parametri sismici per lo stato limite di salvaguardia della vita

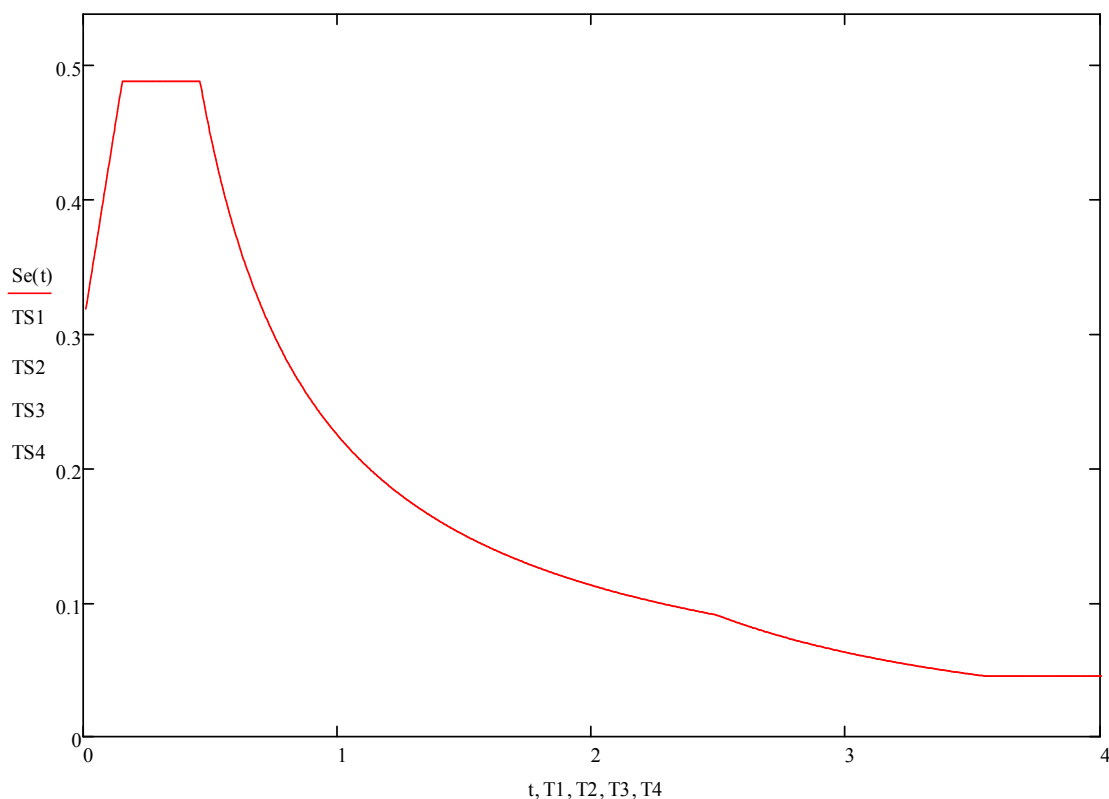


Figura 6 – spettro di risposta SLV

Ai fini del presente adeguamento sismico, così come definito al paragrafo 8.4.3 del D.M. 17.01.2018, l'azione sismica di progetto a cui la struttura è stata verificata, è stata assunta pari all'80% di quella propria del sito, pari cioè a:

$$0.2214g * 80\% = 0.1771g$$

Elementi del Modello

Il modello nasce dal progetto che si vuole realizzare, a seguito del rilievo dell'esistente, tramite l'inserimento degli elementi salienti dell'opera in progetto.

Gli elementi utilizzati per il modello della struttura sono molteplici sia per spessore che per caratteristiche del materiale.

Si riporta di seguito il modello di calcolo utilizzato per l'analisi del comportamento globale del fabbricato e per le verifiche dei meccanismi duttili e fragili delle strutture di cui si compone l'edificio.

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	190506_137N13 asilo telaio
Intestazione del lavoro	asilo Arcobaleno
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unità di misura delle forze	kg
Unità di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Borgo San Lorenzo - Via Caduti di Montelungo
Longitudine (WGS84)	11.3857
Latitudine (WGS84)	43.9513
Categoria del suolo	C
Fattore topografico	1

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.074	2.45	0.26	1.63	1.50	0.111
SLD	75	0.094	2.43	0.27	1.62	1.50	0.141
SLV	712	0.221	2.39	0.29	1.58	1.38	0.306
SLC	1462	0.279	2.41	0.31	1.55	1.30	0.362

Comportamento strutturale	NON Dissipativo
---------------------------	-----------------

STATO LIMITE ULTIMO

Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricità accidentale	5%
Numero di frequenze	50
Fattore q di struttura per sisma orizzontale	qor=1.5
Periodo proprio T1 in direzione X	0.058
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.100

PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
--	---

Sisma verticale
 Combinazione dei modi
 Combinazione componenti azioni sismiche

Assente
 CQC
 NTC - Eurocodice 8

λ

0.3

μ

0.3

RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE

SEZIONI RETTANGOLARI

Codice	Base	H
2	60.000	100.000
3	140.000	100.000
4	90.000	100.000
8	24.000	240.000
9	24.000	258.200
10	24.000	251.800
11	24.000	53.340
12	24.000	40.160
13	24.000	44.810
14	24.000	76.690
15	24.000	248.460
16	24.000	261.540
17	74.850	24.000
18	44.960	24.000
19	49.950	24.000
20	85.140	24.000
21	24.000	29.470
22	24.000	125.530
23	43.590	24.000
24	209.950	24.000
25	46.560	24.000
26	24.000	124.420
27	24.000	30.580
28	106.400	24.000
29	23.600	24.000
30	60.630	24.000
31	39.740	24.000
32	74.630	24.000
33	24.000	192.380
34	24.000	182.000
35	24.000	165.650
36	24.000	68.420
37	24.000	71.430
38	24.000	75.000
39	24.000	55.000
40	24.000	248.080
41	24.000	261.910
42	68.360	24.000
43	41.990	24.000
44	50.310	24.000
45	94.600	24.000
46	24.000	23.160
47	24.000	131.760
48	41.750	24.000
49	209.180	24.000
50	49.170	24.000
51	24.000	130.640
52	24.000	24.270
53	81.060	24.000
54	50.100	24.000
55	44.870	24.000
56	79.020	24.000
57	18.000	125.830
58	18.000	106.390
59	36.330	18.000
60	603.670	18.000
61	18.000	124.720
62	18.000	107.500
63	18.000	157.050
64	526.990	18.000
65	73.190	18.000
66	54.230	18.000
67	577.720	18.000
68	250.000	18.000
69	91.010	18.000
70	508.790	18.000
71	36.330	18.000
72	603.670	18.000

Codice	Base	H
73	18.000	470.000
74	18.000	470.000
75	18.000	48.410
76	18.000	305.960
77	18.000	139.970
78	18.000	167.670
79	24.000	599.950
80	24.000	720.000
81	18.000	151.150
82	18.000	178.480
83	18.000	110.890
84	18.000	121.160
85	18.000	157.790
86	18.000	352.160
87	18.000	50.000
88	18.000	115.710
89	18.000	171.420
90	110.000	24.000
91	100.000	24.000
92	70.000	24.000
93	24.000	31.000
94	24.000	40.000
95	24.000	80.000
96	27.000	24.000
97	33.000	24.000
98	20.000	130.000
99	18.000	90.000
100	18.000	40.000
101	18.000	50.000
102	24.000	5.000
103	18.000	5.000

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito riferimento globale V

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 calpestio	1	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	0.056400	0.000	0.056400	0.000	1.0000	1.0000
permanente portato solaio calpestio	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	0.019600	0.000	0.019600	0.000	1.0000	1.0000
accidentale solaio calpestio	3	Condizione 2	Variabile: Aree di acquisto e congresso	0.030000	0.000	0.030000	0.000	0.0000	0.0000
peso proprio solaio copertura	4	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	0.043300	0.000	0.043300	0.000	1.0000	1.0000
permanente portato solaio copertura	5	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	0.009000	0.000	0.009000	0.000	1.0000	1.0000
accidentale copertura	6	Condizione 4	Variabile: Aree di acquisto e congresso	0.005000	0.000	0.005000	0.000	0.0000	0.0000
neve	7	Condizione 3	Variabile: Neve	0.008500	0.000	0.008500	0.000	0.0000	0.0000

LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Calcestruzzo alleggerito (Rck 150)	+2.59e+05	0.200	0.00145	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
2	senza p.p. Calcestruzzo C25/30 (Rck	+3.21e+04	0.120	0.00000	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
3	Calcestruzzo (Rck 250)	+2.84e+05	0.200	0.00250	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00
4	rigido	+3.21e+07	0.120	0.00000	+1.00e-05	1.000	+1.00e+00	+1.00e+00

GRUPPI DELLA STRUTTURA

ELEMENTO FINITO: TRAVE

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	pareti esterne		
2	pareti interne		
3	travi		
4	travi copertura torretta		
5	travi solaio calpestio		

ELEMENTO FINITO: TRAVE DI FONDAZIONE

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	travi di fondazione		

COMBINAZIONI DI CARICO

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: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000
2	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.500
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.500
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 4	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: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 3	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.700
			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: 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
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 2	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 3	0.000

TABELLA MASSE ECCITATE

TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EX

FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	1.722e+001	2.740e+000	3.649e-001	0.000e+000
2	1.941e+001	3.090e+000	3.237e-001	0.000e+000
3	2.817e+001	4.484e+000	2.230e-001	0.000e+000
4	3.022e+001	4.810e+000	2.079e-001	0.000e+000
5	3.541e+001	5.636e+000	1.774e-001	0.000e+000
6	4.515e+001	7.185e+000	1.392e-001	0.000e+000
7	5.645e+001	8.984e+000	1.113e-001	0.000e+000
8	6.253e+001	9.951e+000	1.005e-001	0.000e+000
9	6.586e+001	1.048e+001	9.540e-002	0.000e+000
10	7.507e+001	1.195e+001	8.370e-002	0.000e+000
11	7.509e+001	1.195e+001	8.368e-002	0.000e+000
12	8.233e+001	1.310e+001	7.632e-002	0.000e+000
13	8.309e+001	1.322e+001	7.562e-002	0.000e+000
14	8.476e+001	1.349e+001	7.413e-002	0.000e+000
15	8.537e+001	1.359e+001	7.360e-002	0.000e+000
16	9.013e+001	1.434e+001	6.971e-002	0.000e+000
17	9.783e+001	1.557e+001	6.422e-002	0.000e+000
18	1.067e+002	1.698e+001	5.890e-002	0.000e+000
19	1.067e+002	1.698e+001	5.888e-002	0.000e+000
20	1.069e+002	1.701e+001	5.879e-002	0.000e+000
21	1.084e+002	1.725e+001	5.799e-002	0.000e+000
22	1.102e+002	1.754e+001	5.700e-002	0.000e+000
23	1.257e+002	2.000e+001	5.000e-002	0.000e+000
24	1.362e+002	2.167e+001	4.614e-002	0.000e+000
25	1.414e+002	2.251e+001	4.443e-002	0.000e+000
26	1.474e+002	2.346e+001	4.263e-002	0.000e+000
27	1.525e+002	2.427e+001	4.121e-002	0.000e+000
28	1.666e+002	2.652e+001	3.771e-002	2.506e-041
29	1.671e+002	2.660e+001	3.760e-002	0.000e+000
30	1.673e+002	2.663e+001	3.755e-002	3.045e-041
31	1.691e+002	2.692e+001	3.715e-002	0.000e+000
32	1.729e+002	2.751e+001	3.635e-002	3.253e-038
33	1.732e+002	2.756e+001	3.628e-002	2.850e-037
34	1.772e+002	2.821e+001	3.545e-002	2.842e-033
35	1.776e+002	2.826e+001	3.539e-002	1.826e-033

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
36	1.791e+002	2.850e+001	3.508e-002	8.788e-033
37	1.816e+002	2.890e+001	3.460e-002	8.293e-031
38	1.824e+002	2.903e+001	3.445e-002	4.918e-030
39	1.868e+002	2.973e+001	3.364e-002	2.904e-026
40	1.893e+002	3.014e+001	3.318e-002	3.829e-023
41	1.909e+002	3.039e+001	3.291e-002	1.220e-020
42	1.912e+002	3.043e+001	3.286e-002	8.640e-021
43	1.927e+002	3.067e+001	3.260e-002	4.526e-019
44	1.929e+002	3.070e+001	3.257e-002	7.869e-019
45	1.940e+002	3.087e+001	3.239e-002	5.148e-019
46	1.957e+002	3.115e+001	3.211e-002	1.567e-015
47	1.958e+002	3.116e+001	3.209e-002	5.655e-016
48	1.964e+002	3.126e+001	3.199e-002	1.489e-016
49	1.968e+002	3.133e+001	3.192e-002	2.069e-016
50	1.986e+002	3.160e+001	3.164e-002	1.062e-016

COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	1.161e-02	1.077e-02
2	1.052e-01	2.960e-02
3	-8.413e-02	2.991e-03
4	-1.690e-01	5.450e-03
5	7.457e-02	-1.242e-02
6	2.064e+00	6.452e-02
7	1.263e+01	-5.190e-01
8	-2.202e-01	-2.264e+01
9	-2.655e+00	3.723e-01
10	-3.179e-02	1.356e-01
11	2.718e-02	5.803e-01
12	-3.141e-01	-2.787e-01
13	-7.694e-02	3.449e-01
14	-3.019e-01	-1.368e-01
15	-1.993e+00	-4.615e-01
16	-4.660e-01	-3.007e+00
17	1.452e-01	2.327e-01
18	1.931e+00	1.267e-01
19	-4.393e-01	-6.466e-02
20	8.092e-01	-1.622e-01
21	1.898e+01	-2.752e-02
22	-1.527e-02	7.694e+00
23	-1.954e-01	1.218e+00
24	-1.063e+00	-4.192e-01
25	-2.561e-01	1.264e+00
26	4.954e-01	9.553e-02
27	-2.916e-02	-2.876e+00
28	4.664e-01	1.021e-01
29	7.963e-01	1.320e-02
30	-1.198e+00	5.838e-02
31	2.541e-01	-1.138e-01
32	-1.421e-01	-1.289e-01
33	-9.298e-03	-4.224e-02
34	-2.641e-02	3.171e+00
35	-1.535e-01	-1.950e-01
36	2.373e-01	-1.107e-01
37	1.500e-01	1.610e-01
38	1.812e-02	-2.995e+00
39	1.225e-02	-3.315e+00
40	-4.595e-03	1.700e-01
41	9.394e-02	2.950e+00
42	-8.310e-02	1.670e+00
43	-4.220e-02	3.089e-01
44	1.411e-03	-2.199e-01
45	6.522e-02	-8.960e-01
46	5.554e-03	-6.018e-01
47	2.230e-02	-2.355e+00
48	2.703e-02	-5.025e+00
49	-1.047e-01	1.794e-01
50	-2.272e-01	-1.235e+00

MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Modo: 1	+1.18e-04	0	+5.45e-05	0	+2.30e+01	5	+1.14e-02	0
Progressiva	+1.18e-04	0	+5.45e-05	0	+2.30e+01	5	+1.14e-02	0
Modo: 2	+1.08e-02	0	+7.60e-04	0	+2.19e+01	5	+3.91e+02	0
Progressiva	+1.09e-02	0	+8.14e-04	0	+4.49e+01	10	+3.91e+02	0
Modo: 3	+6.65e-03	0	+9.30e-06	0	+4.00e-02	0	+1.64e+02	0
Progressiva	+1.76e-02	0	+8.24e-04	0	+4.49e+01	10	+5.55e+02	0
Modo: 4	+2.78e-02	0	+2.34e-05	0	+3.17e-01	0	+5.27e+01	0
Progressiva	+4.54e-02	0	+8.47e-04	0	+4.53e+01	10	+6.08e+02	0
Modo: 5	+5.31e-03	0	+9.97e-05	0	+7.44e-01	0	+1.72e+02	0
Progressiva	+5.07e-02	0	+9.47e-04	0	+4.60e+01	10	+7.79e+02	0
Modo: 6	+4.07e+00	1	+3.80e-03	0	+5.75e-02	0	+3.61e+03	0
Progressiva	+4.12e+00	1	+4.75e-03	0	+4.61e+01	10	+4.39e+03	0
Modo: 7	+1.48e+02	33	+2.12e-01	0	+7.70e-01	0	+2.03e+05	0
Progressiva	+1.53e+02	34	+2.16e-01	0	+4.68e+01	10	+2.07e+05	0
Modo: 8	+4.99e-02	0	+4.07e+02	90	+2.17e-02	0	+3.54e+07	6
Progressiva	+1.53e+02	34	+4.07e+02	90	+4.68e+01	10	+3.56e+07	6
Modo: 9	+6.49e+00	1	+9.92e-02	0	+1.10e+01	2	+1.02e+04	0

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Progressiva	+1.59e+02	35	+4.07e+02	90	+5.78e+01	13	+3.56e+07	6
Modo: 10	+4.06e-04	0	+1.39e-02	0	+1.04e+00	0	+8.42e+04	0
Progressiva	+1.59e+02	35	+4.07e+02	90	+5.89e+01	13	+3.57e+07	6
Modo: 11	+3.83e-04	0	+2.50e-01	0	+7.95e+00	2	+2.86e+04	0
Progressiva	+1.59e+02	35	+4.08e+02	90	+6.68e+01	15	+3.57e+07	6
Modo: 12	+7.15e-02	0	+1.64e-01	0	+8.33e-02	0	+1.54e+07	3
Progressiva	+1.59e+02	35	+4.08e+02	90	+6.69e+01	15	+5.11e+07	9
Modo: 13	+3.17e-03	0	+8.51e-02	0	+3.82e+00	1	+5.35e+02	0
Progressiva	+1.59e+02	35	+4.08e+02	90	+7.07e+01	16	+5.11e+07	9
Modo: 14	+7.44e-02	0	+1.75e-02	0	+3.02e+00	1	+1.61e+07	3
Progressiva	+1.59e+02	35	+4.08e+02	90	+7.37e+01	16	+6.72e+07	12
Modo: 15	+3.41e+00	1	+1.27e-01	0	+1.27e+01	3	+8.12e+06	1
Progressiva	+1.63e+02	36	+4.08e+02	90	+8.64e+01	19	+7.53e+07	13
Modo: 16	+1.52e-01	0	+5.88e+00	1	+4.19e-04	0	+4.79e+08	83
Progressiva	+1.63e+02	36	+4.14e+02	92	+8.64e+01	19	+5.54e+08	95
Modo: 17	+1.48e-02	0	+3.74e-02	0	+3.68e+00	1	+1.06e+04	0
Progressiva	+1.63e+02	36	+4.14e+02	92	+9.01e+01	20	+5.54e+08	95
Modo: 18	+2.87e+00	1	+4.03e-03	0	+3.36e+00	1	+2.73e+02	0
Progressiva	+1.66e+02	37	+4.14e+02	92	+9.34e+01	21	+5.54e+08	95
Modo: 19	+1.51e-01	0	+7.42e-04	0	+1.18e+01	3	+8.62e+04	0
Progressiva	+1.66e+02	37	+4.14e+02	92	+1.05e+02	23	+5.54e+08	95
Modo: 20	+5.06e-01	0	+6.61e-03	0	+8.13e+00	2	+4.42e+04	0
Progressiva	+1.66e+02	37	+4.14e+02	92	+1.13e+02	25	+5.54e+08	96
Modo: 21	+2.75e+02	61	+3.42e-06	0	+2.12e-03	0	+9.00e+05	0
Progressiva	+4.41e+02	98	+4.14e+02	92	+1.13e+02	25	+5.55e+08	96
Modo: 22	+5.08e-05	0	+2.60e+01	6	+4.59e-02	0	+1.78e+03	0
Progressiva	+4.41e+02	98	+4.40e+02	97	+1.13e+02	25	+5.55e+08	96
Modo: 23	+2.41e-02	0	+4.39e-01	0	+7.31e+00	2	+3.43e+05	0
Progressiva	+4.41e+02	98	+4.40e+02	97	+1.21e+02	27	+5.55e+08	96
Modo: 24	+7.33e-01	0	+3.81e-02	0	+2.06e-01	0	+1.36e+06	0
Progressiva	+4.42e+02	98	+4.40e+02	97	+1.21e+02	27	+5.57e+08	96
Modo: 25	+4.55e-02	0	+1.92e-01	0	+1.30e-01	0	+1.05e+07	2
Progressiva	+4.42e+02	98	+4.41e+02	98	+1.21e+02	27	+5.67e+08	98
Modo: 26	+1.82e-01	0	+9.97e-03	0	+3.56e+00	1	+3.69e+03	0
Progressiva	+4.42e+02	98	+4.41e+02	98	+1.25e+02	28	+5.67e+08	98
Modo: 27	+7.95e-04	0	+9.45e-01	0	+1.25e-02	0	+8.70e+05	0
Progressiva	+4.42e+02	98	+4.42e+02	98	+1.25e+02	28	+5.68e+08	98
Modo: 28	+1.68e-01	0	+7.01e-03	0	+3.88e-03	0	+1.96e+05	0
Progressiva	+4.42e+02	98	+4.42e+02	98	+1.25e+02	28	+5.68e+08	98
Modo: 29	+4.97e-01	0	+9.33e-04	0	+4.67e-03	0	+1.22e+06	0
Progressiva	+4.43e+02	98	+4.42e+02	98	+1.25e+02	28	+5.69e+08	98
Modo: 30	+1.11e+00	0	+2.71e-03	0	+2.37e-02	0	+1.25e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.25e+02	28	+5.70e+08	98
Modo: 31	+4.46e-02	0	+1.79e-08	0	+2.43e+01	5	+5.99e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.49e+02	33	+5.70e+08	98
Modo: 32	+7.77e-03	0	+1.54e-02	0	+1.26e+01	3	+7.57e+03	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.62e+02	36	+5.70e+08	98
Modo: 33	+6.59e-04	0	+3.24e-03	0	+6.15e-02	0	+1.84e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.62e+02	36	+5.70e+08	98
Modo: 34	+4.79e-04	0	+4.29e-01	0	+9.39e-02	0	+2.55e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.62e+02	36	+5.70e+08	98
Modo: 35	+4.00e-02	0	+3.56e-02	0	+6.62e+00	1	+7.21e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.68e+02	37	+5.70e+08	98
Modo: 36	+7.20e-02	0	+4.25e-03	0	+8.03e+00	2	+1.37e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.76e+02	39	+5.70e+08	98
Modo: 37	+1.08e-02	0	+2.62e-02	0	+9.08e+00	2	+3.28e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.85e+02	41	+5.70e+08	98
Modo: 38	+2.69e-04	0	+3.96e-01	0	+8.96e-02	0	+3.29e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.43e+02	98	+1.85e+02	41	+5.70e+08	98
Modo: 39	+2.13e-06	0	+5.29e-01	0	+1.94e-02	0	+2.41e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.43e+02	98	+1.86e+02	41	+5.71e+08	98
Modo: 40	+3.49e-06	0	+3.48e-03	0	+4.44e-01	0	+2.50e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.43e+02	98	+1.86e+02	41	+5.71e+08	98
Modo: 41	+3.50e-03	0	+2.55e-01	0	+2.57e-01	0	+1.71e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.43e+02	98	+1.86e+02	41	+5.71e+08	98
Modo: 42	+4.65e-03	0	+2.32e-01	0	+2.43e-01	0	+1.12e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.86e+02	41	+5.71e+08	98
Modo: 43	+1.70e-03	0	+1.36e-02	0	+3.05e+00	1	+2.28e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.89e+02	42	+5.71e+08	98
Modo: 44	+7.98e-05	0	+1.07e-02	0	+4.02e+00	1	+1.31e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.94e+02	43	+5.71e+08	98
Modo: 45	+2.42e-03	0	+6.58e-02	0	+5.49e+00	1	+1.28e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.99e+02	44	+5.71e+08	98
Modo: 46	+2.91e-05	0	+1.61e-02	0	+1.75e-02	0	+6.04e+03	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.99e+02	44	+5.71e+08	98
Modo: 47	+1.05e-04	0	+1.66e-01	0	+7.14e-02	0	+3.68e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.99e+02	44	+5.71e+08	98
Modo: 48	+4.50e-04	0	+6.78e-01	0	+2.19e-01	0	+3.87e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.99e+02	44	+5.72e+08	99
Modo: 49	+8.05e-03	0	+1.62e-01	0	+4.18e-01	0	+1.89e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.45e+02	98	+2.00e+02	44	+5.72e+08	99
Modo: 50	+4.16e-02	0	+2.06e-03	0	+5.22e-01	0	+2.63e+02	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.45e+02	98	+2.00e+02	44	+5.72e+08	99

MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X
+4.52e+02

Direzione Y
+4.52e+02

Direzione Z
+4.52e+02

Rotazione Z
+5.80e+08

TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EY

FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	1.722e+001	2.740e+000	3.649e-001	0.000e+000
2	1.941e+001	3.090e+000	3.237e-001	0.000e+000
3	2.817e+001	4.484e+000	2.230e-001	0.000e+000
4	3.022e+001	4.810e+000	2.079e-001	0.000e+000
5	3.541e+001	5.636e+000	1.774e-001	0.000e+000
6	4.515e+001	7.186e+000	1.392e-001	0.000e+000
7	5.639e+001	8.975e+000	1.114e-001	0.000e+000
8	6.312e+001	1.005e+001	9.954e-002	0.000e+000
9	6.587e+001	1.048e+001	9.539e-002	0.000e+000
10	7.507e+001	1.195e+001	8.370e-002	0.000e+000
11	7.509e+001	1.195e+001	8.368e-002	0.000e+000
12	8.238e+001	1.311e+001	7.627e-002	0.000e+000
13	8.309e+001	1.322e+001	7.562e-002	0.000e+000
14	8.478e+001	1.349e+001	7.411e-002	0.000e+000
15	8.521e+001	1.356e+001	7.374e-002	0.000e+000
16	8.843e+001	1.407e+001	7.105e-002	0.000e+000
17	9.783e+001	1.557e+001	6.422e-002	0.000e+000
18	1.067e+002	1.698e+001	5.889e-002	0.000e+000
19	1.067e+002	1.698e+001	5.888e-002	0.000e+000
20	1.069e+002	1.701e+001	5.879e-002	0.000e+000
21	1.096e+002	1.744e+001	5.735e-002	0.000e+000
22	1.110e+002	1.766e+001	5.663e-002	0.000e+000
23	1.254e+002	1.996e+001	5.010e-002	0.000e+000
24	1.359e+002	2.163e+001	4.623e-002	0.000e+000
25	1.413e+002	2.249e+001	4.447e-002	0.000e+000
26	1.474e+002	2.346e+001	4.263e-002	1.167e-046
27	1.524e+002	2.425e+001	4.124e-002	0.000e+000
28	1.666e+002	2.651e+001	3.772e-002	1.314e-041
29	1.671e+002	2.659e+001	3.760e-002	2.293e-041
30	1.674e+002	2.664e+001	3.754e-002	1.195e-041
31	1.690e+002	2.689e+001	3.718e-002	6.292e-041
32	1.730e+002	2.753e+001	3.633e-002	4.818e-038
33	1.732e+002	2.756e+001	3.629e-002	3.804e-037
34	1.773e+002	2.822e+001	3.544e-002	3.482e-033
35	1.776e+002	2.826e+001	3.539e-002	1.674e-033
36	1.791e+002	2.850e+001	3.508e-002	7.345e-033
37	1.816e+002	2.890e+001	3.460e-002	6.928e-031
38	1.824e+002	2.902e+001	3.445e-002	3.945e-030
39	1.868e+002	2.973e+001	3.364e-002	2.523e-026
40	1.894e+002	3.014e+001	3.318e-002	5.412e-023
41	1.910e+002	3.039e+001	3.290e-002	3.382e-020
42	1.913e+002	3.044e+001	3.285e-002	7.421e-021
43	1.927e+002	3.067e+001	3.260e-002	3.624e-019
44	1.929e+002	3.070e+001	3.257e-002	6.138e-019
45	1.941e+002	3.089e+001	3.238e-002	4.579e-019
46	1.957e+002	3.115e+001	3.210e-002	2.075e-015
47	1.958e+002	3.116e+001	3.209e-002	4.930e-016
48	1.965e+002	3.127e+001	3.198e-002	1.146e-016
49	1.968e+002	3.133e+001	3.192e-002	1.654e-016
50	1.988e+002	3.163e+001	3.161e-002	8.461e-017

COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	1.160e-02	1.077e-02
2	1.037e-01	2.690e-02
3	-8.502e-02	1.548e-03
4	-1.682e-01	7.604e-03
5	7.544e-02	-1.102e-02
6	2.060e+00	3.774e-02
7	1.271e+01	-3.299e-01
8	-8.783e-02	-2.286e+01
9	-2.666e+00	1.341e-01
10	-6.037e-02	1.577e-01
11	3.242e-02	6.335e-01
12	2.410e-01	-9.110e-01
13	-1.579e-02	3.526e-01
14	8.255e-01	-6.895e-01
15	-2.809e+00	-2.363e-01
16	-3.856e+00	-6.407e-01
17	1.190e-01	2.394e-01
18	1.209e+00	7.959e-02
19	-1.176e-01	-7.049e-02
20	2.276e-01	-1.073e-01
21	1.847e+01	-6.131e-02
22	1.178e-01	7.662e+00
23	-6.222e-01	9.237e-01
24	-5.833e-01	1.287e-01
25	-1.294e+00	-9.732e-02
26	-5.390e-01	-9.422e-02
27	-1.284e-01	-3.035e+00
28	-4.778e-01	-6.935e-02
29	-7.883e-01	6.870e-02
30	-1.177e+00	2.216e-02
31	3.408e-01	-2.036e-02
32	-1.335e-01	-1.656e-01
33	-2.173e-03	-4.659e-02
34	6.593e-02	-3.129e+00
35	1.363e-01	2.567e-01

Modo	Direz.X	Direz.Y
36	-2.461e-01	1.097e-01
37	1.601e-01	1.850e-01
38	1.762e-02	3.042e+00
39	-2.011e-02	3.310e+00
40	3.154e-02	1.819e-01
41	1.129e-01	3.282e+00
42	-1.536e-01	9.370e-01
43	-4.341e-02	3.065e-01
44	6.973e-03	-2.163e-01
45	-9.442e-03	-1.118e+00
46	-2.203e-02	-8.934e-01
47	1.925e-05	-2.416e+00
48	7.716e-02	-4.831e+00
49	-1.013e-01	2.039e-01
50	2.032e-01	1.405e+00

MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Modo: 1	+1.18e-04	0	+5.44e-05	0	+2.30e+01	5	+1.96e+00	0
Progressiva	+1.18e-04	0	+5.44e-05	0	+2.30e+01	5	+1.96e+00	0
Modo: 2	+1.05e-02	0	+6.20e-04	0	+2.19e+01	5	+8.27e+01	0
Progressiva	+1.06e-02	0	+6.74e-04	0	+4.49e+01	10	+8.46e+01	0
Modo: 3	+6.80e-03	0	+2.69e-06	0	+4.00e-02	0	+2.88e+02	0
Progressiva	+1.74e-02	0	+6.77e-04	0	+4.49e+01	10	+3.72e+02	0
Modo: 4	+2.76e-02	0	+4.81e-05	0	+3.17e-01	0	+1.00e-01	0
Progressiva	+4.50e-02	0	+7.25e-04	0	+4.53e+01	10	+3.72e+02	0
Modo: 5	+5.44e-03	0	+7.46e-05	0	+7.44e-01	0	+2.53e+02	0
Progressiva	+5.04e-02	0	+7.99e-04	0	+4.60e+01	10	+6.25e+02	0
Modo: 6	+4.05e+00	1	+1.33e-03	0	+5.75e-02	0	+1.05e+04	0
Progressiva	+4.10e+00	1	+2.12e-03	0	+4.61e+01	10	+1.11e+04	0
Modo: 7	+1.50e+02	33	+8.27e-02	0	+7.60e-01	0	+2.74e+06	0
Progressiva	+1.54e+02	34	+8.48e-02	0	+4.68e+01	10	+2.75e+06	0
Modo: 8	+8.78e-03	0	+4.13e+02	91	+1.99e-02	0	+1.00e+05	0
Progressiva	+1.54e+02	34	+4.13e+02	91	+4.68e+01	10	+2.85e+06	0
Modo: 9	+6.54e+00	1	+1.11e-02	0	+1.10e+01	2	+4.25e+04	0
Progressiva	+1.61e+02	36	+4.13e+02	91	+5.78e+01	13	+2.90e+06	1
Modo: 10	+2.15e-03	0	+1.84e-02	0	+5.73e-01	0	+7.20e+04	0
Progressiva	+1.61e+02	36	+4.13e+02	91	+5.84e+01	13	+2.97e+06	1
Modo: 11	+6.37e-04	0	+2.97e-01	0	+8.41e+00	2	+4.31e+03	0
Progressiva	+1.61e+02	36	+4.13e+02	92	+6.68e+01	15	+2.97e+06	1
Modo: 12	+6.02e-02	0	+8.49e-01	0	+3.69e-02	0	+1.49e+07	3
Progressiva	+1.61e+02	36	+4.14e+02	92	+6.68e+01	15	+1.79e+07	3
Modo: 13	+1.99e-07	0	+9.05e-02	0	+3.88e+00	1	+9.38e+04	0
Progressiva	+1.61e+02	36	+4.14e+02	92	+7.07e+01	16	+1.80e+07	3
Modo: 14	+5.85e-01	0	+3.37e-01	0	+1.44e+00	0	+2.96e+07	5
Progressiva	+1.62e+02	36	+4.15e+02	92	+7.22e+01	16	+4.75e+07	8
Modo: 15	+6.71e+00	1	+3.69e-02	0	+1.39e+01	3	+3.07e+07	5
Progressiva	+1.68e+02	37	+4.15e+02	92	+8.60e+01	19	+7.82e+07	14
Modo: 16	+1.21e+01	3	+3.29e-01	0	+3.66e-01	0	+4.55e+08	79
Progressiva	+1.80e+02	40	+4.15e+02	92	+8.64e+01	19	+5.34e+08	93
Modo: 17	+9.62e-03	0	+3.95e-02	0	+3.67e+00	1	+8.74e+01	0
Progressiva	+1.80e+02	40	+4.15e+02	92	+9.01e+01	20	+5.34e+08	93
Modo: 18	+1.12e+00	0	+1.04e-03	0	+5.07e+00	1	+1.88e+04	0
Progressiva	+1.82e+02	40	+4.15e+02	92	+9.51e+01	21	+5.34e+08	93
Modo: 19	+1.14e-02	0	+7.66e-04	0	+1.01e+01	2	+6.68e+04	0
Progressiva	+1.82e+02	40	+4.15e+02	92	+1.05e+02	23	+5.34e+08	93
Modo: 20	+4.08e-02	0	+2.00e-03	0	+8.14e+00	2	+5.61e+04	0
Progressiva	+1.82e+02	40	+4.15e+02	92	+1.13e+02	25	+5.34e+08	93
Modo: 21	+2.59e+02	57	+8.01e-04	0	+1.50e-02	0	+1.57e+07	3
Progressiva	+4.40e+02	97	+4.15e+02	92	+1.13e+02	25	+5.50e+08	95
Modo: 22	+1.18e-02	0	+2.54e+01	6	+5.59e-02	0	+8.20e+01	0
Progressiva	+4.40e+02	97	+4.40e+02	98	+1.13e+02	25	+5.50e+08	95
Modo: 23	+2.63e-01	0	+2.50e-01	0	+7.00e+00	2	+9.11e+05	0
Progressiva	+4.40e+02	97	+4.41e+02	98	+1.20e+02	27	+5.50e+08	96
Modo: 24	+2.19e-01	0	+3.75e-03	0	+4.87e-02	0	+1.91e+06	0
Progressiva	+4.41e+02	98	+4.41e+02	98	+1.20e+02	27	+5.52e+08	96
Modo: 25	+1.08e+00	0	+1.17e-02	0	+6.12e-01	0	+1.07e+07	2
Progressiva	+4.42e+02	98	+4.41e+02	98	+1.21e+02	27	+5.63e+08	98
Modo: 26	+2.13e-01	0	+1.13e-02	0	+3.59e+00	1	+2.81e+04	0
Progressiva	+4.42e+02	98	+4.41e+02	98	+1.25e+02	28	+5.63e+08	98
Modo: 27	+1.07e-02	0	+8.29e-01	0	+4.11e-03	0	+5.90e+05	0
Progressiva	+4.42e+02	98	+4.42e+02	98	+1.25e+02	28	+5.64e+08	98
Modo: 28	+1.80e-01	0	+4.99e-03	0	+8.84e-04	0	+2.04e+05	0
Progressiva	+4.42e+02	98	+4.42e+02	98	+1.25e+02	28	+5.64e+08	98
Modo: 29	+5.02e-01	0	+1.82e-05	0	+1.48e-04	0	+1.03e+06	0
Progressiva	+4.43e+02	98	+4.42e+02	98	+1.25e+02	28	+5.65e+08	98
Modo: 30	+1.06e+00	0	+2.38e-03	0	+4.72e-02	0	+2.39e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.25e+02	28	+5.65e+08	98
Modo: 31	+7.76e-02	0	+7.51e-04	0	+2.46e+01	5	+4.41e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.49e+02	33	+5.65e+08	98
Modo: 32	+6.63e-03	0	+1.70e-02	0	+1.24e+01	3	+8.40e+03	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.62e+02	36	+5.65e+08	98
Modo: 33	+3.96e-04	0	+2.76e-03	0	+1.64e-02	0	+1.95e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.62e+02	36	+5.65e+08	98
Modo: 34	+2.73e-03	0	+4.28e-01	0	+1.59e-01	0	+2.88e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.62e+02	36	+5.65e+08	98
Modo: 35	+3.52e-02	0	+4.36e-02	0	+6.54e+00	1	+8.13e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.68e+02	37	+5.66e+08	98
Modo: 36	+7.53e-02	0	+3.82e-03	0	+8.01e+00	2	+1.55e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.76e+02	39	+5.66e+08	98

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Modo: 37	+1.23e-02	0	+2.62e-02	0	+9.08e+00	2	+3.34e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.42e+02	98	+1.85e+02	41	+5.66e+08	98
Modo: 38	+7.36e-05	0	+3.80e-01	0	+1.01e-01	0	+2.89e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.43e+02	98	+1.86e+02	41	+5.66e+08	98
Modo: 39	+1.59e-05	0	+5.28e-01	0	+2.68e-02	0	+2.56e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.43e+02	98	+1.86e+02	41	+5.66e+08	98
Modo: 40	+5.11e-04	0	+4.56e-03	0	+5.62e-01	0	+3.08e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.43e+02	98	+1.86e+02	41	+5.66e+08	98
Modo: 41	+4.84e-03	0	+3.42e-01	0	+1.05e-01	0	+1.86e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.43e+02	98	+1.86e+02	41	+5.66e+08	98
Modo: 42	+1.33e-02	0	+1.39e-01	0	+1.71e-01	0	+8.13e+02	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.86e+02	41	+5.66e+08	98
Modo: 43	+1.77e-03	0	+1.37e-02	0	+3.04e+00	1	+2.34e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.89e+02	42	+5.66e+08	98
Modo: 44	+1.60e-04	0	+1.12e-02	0	+3.99e+00	1	+1.43e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.93e+02	43	+5.66e+08	98
Modo: 45	+2.24e-06	0	+6.76e-02	0	+5.26e+00	1	+1.13e+04	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.99e+02	44	+5.66e+08	98
Modo: 46	+5.81e-04	0	+2.71e-02	0	+1.86e-02	0	+4.08e+03	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.99e+02	44	+5.66e+08	98
Modo: 47	+1.87e-05	0	+1.66e-01	0	+7.39e-02	0	+3.48e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.99e+02	44	+5.67e+08	98
Modo: 48	+3.19e-03	0	+6.50e-01	0	+2.48e-01	0	+4.19e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.44e+02	98	+1.99e+02	44	+5.67e+08	98
Modo: 49	+7.70e-03	0	+1.63e-01	0	+4.24e-01	0	+1.77e+05	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.45e+02	98	+1.99e+02	44	+5.67e+08	99
Modo: 50	+3.77e-02	0	+1.92e-04	0	+5.63e-01	0	+2.31e+02	0
Progressiva	+4.44e+02	98	+4.45e+02	98	+2.00e+02	44	+5.67e+08	99

MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z	Rotazione Z
+4.52e+02	+4.52e+02	+4.52e+02	+5.76e+08

Si riportano di seguito alcune immagini esplicative relative alla modellazione ed ai risultati ottenuti.

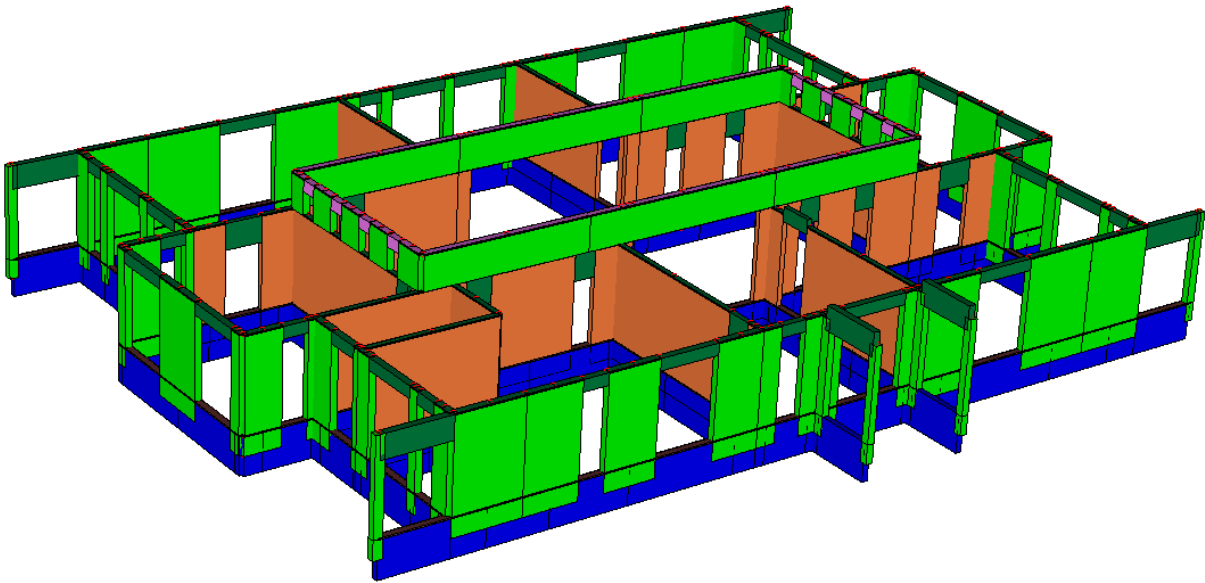


Figura 7 – modello di calcolo agli elementi finiti

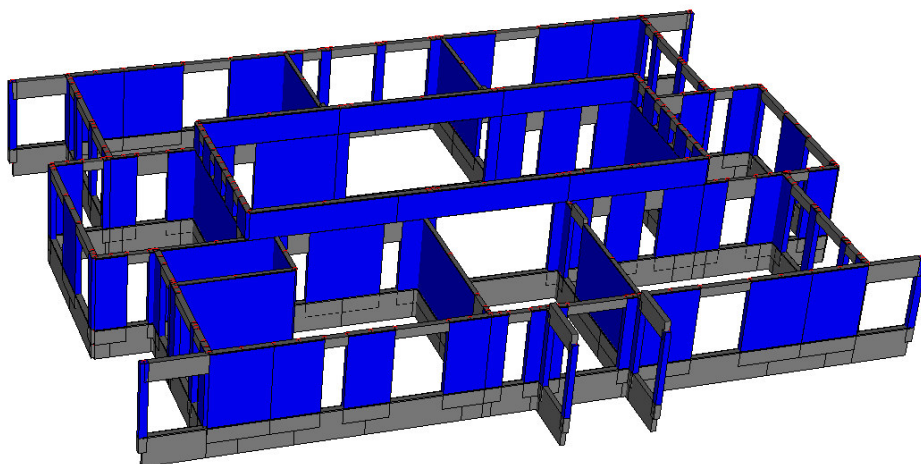
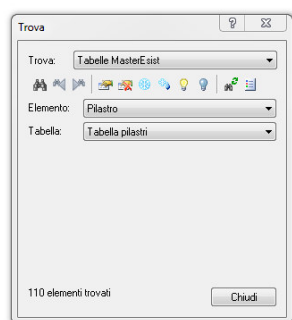


Figura 8 – individuazione dei setti resistenti

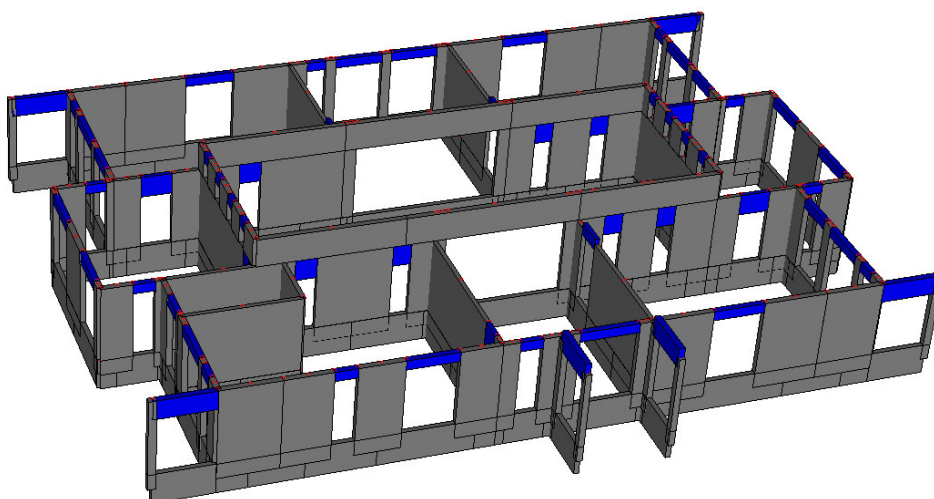
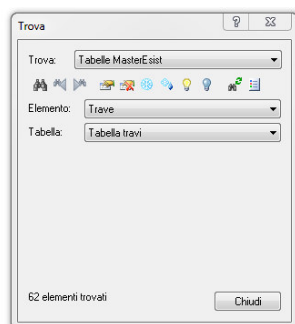


Figura 9 – individuazione delle fasce di piano

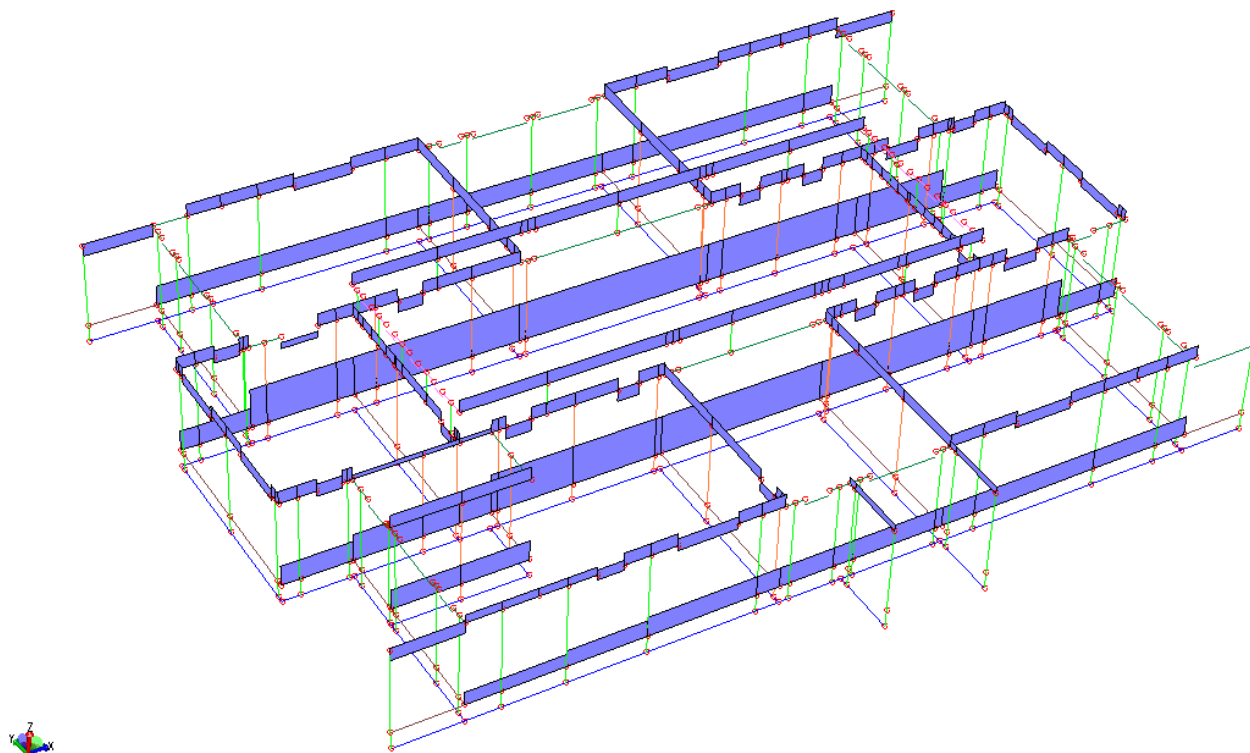


Figura 10 – carichi applicati

Si riportano di seguito le caratteristiche di sollecitazione riscontrate sugli elementi del telaio.

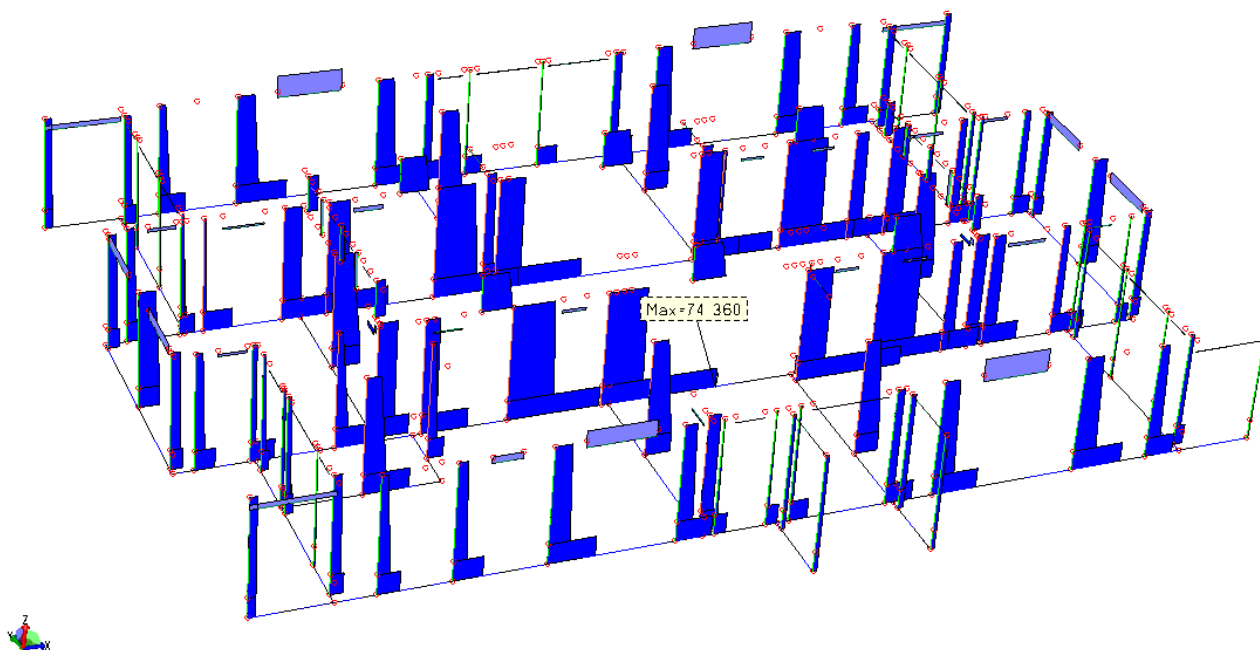


Figura 11 – sforzo normale (espresso in kg)

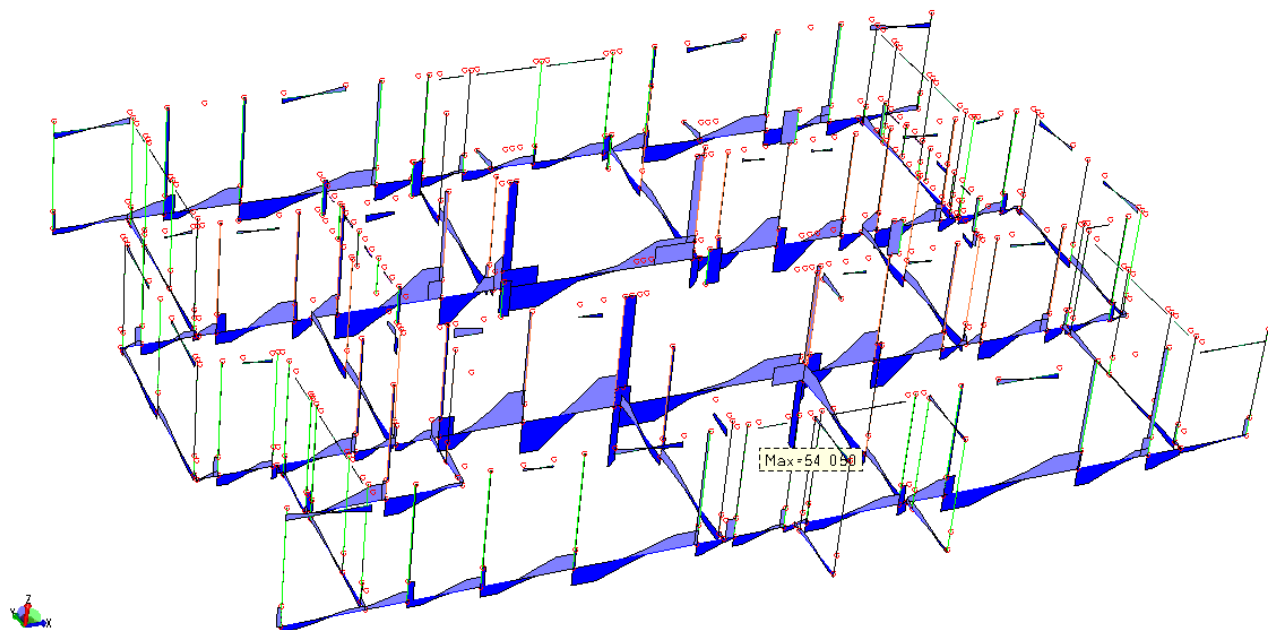


Figura 12 - taglio (espresso in kg)

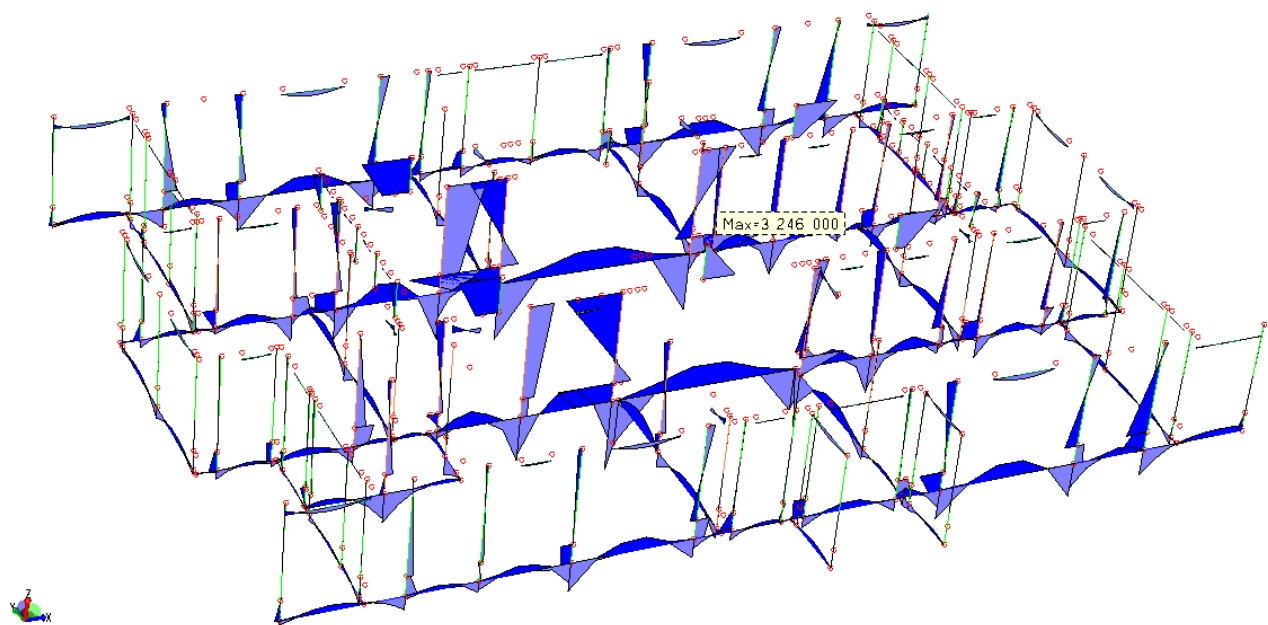


Figura 13 - momenti flettenti (espresso in kg*cm)

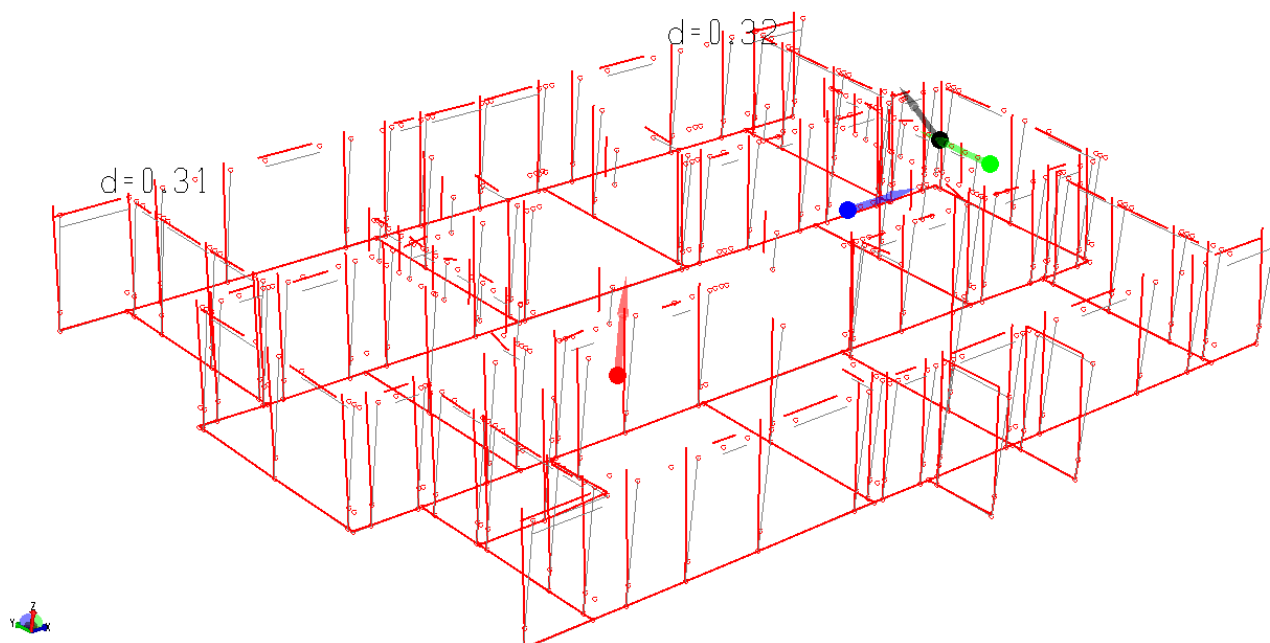


Figura 14 – involucri dinamici SLU Ey (espressi in cm)

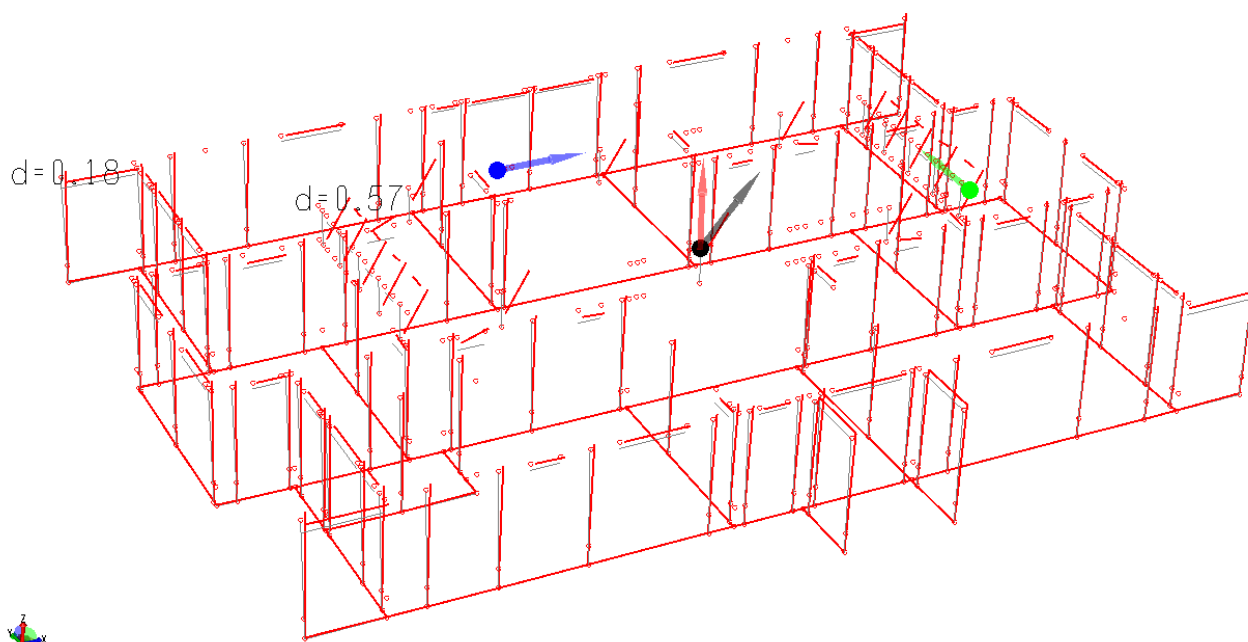


Figura 15 – involucri dinamici SLU Ex (espressi in cm)

Si riportano di seguito i modi di vibrare più significativi per la struttura in esame.

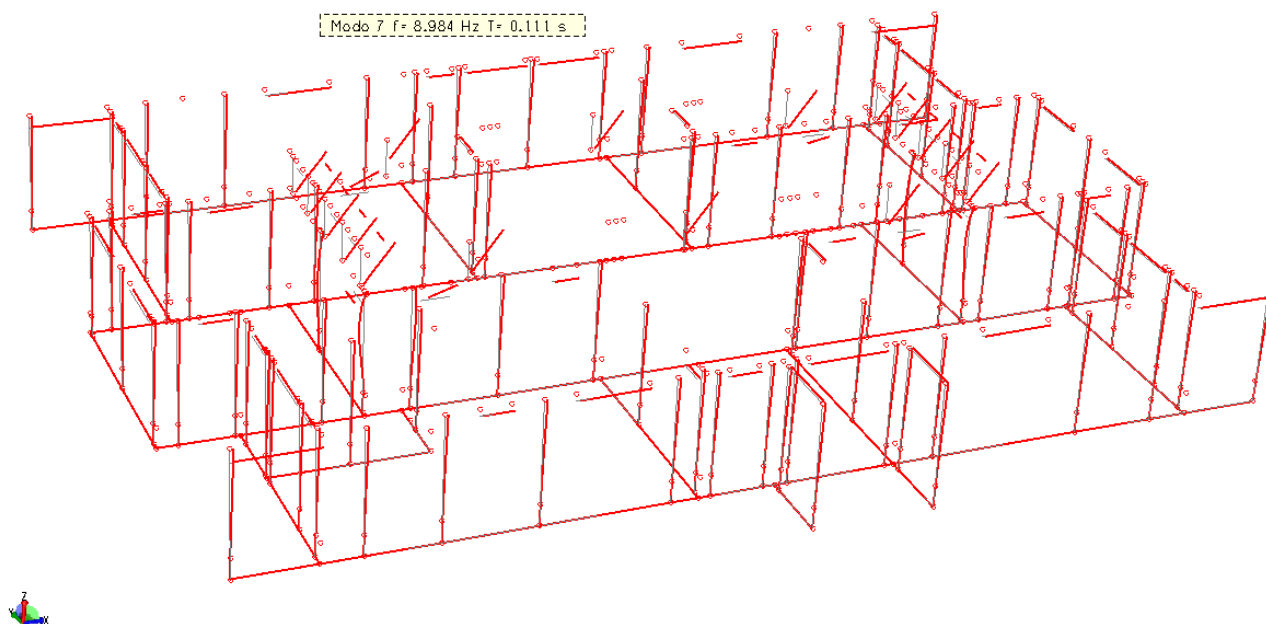


Figura 16 - modo di vibrare 7x

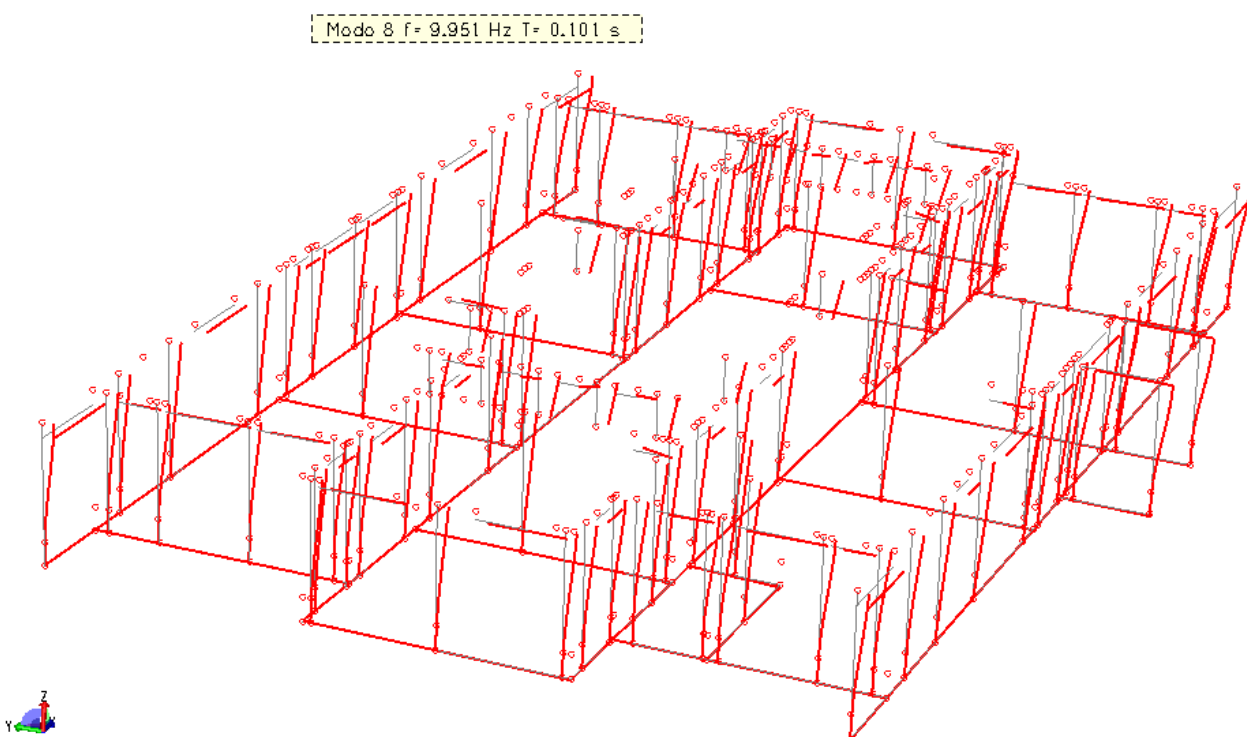


Figura 17 - modo di vibrare 8y

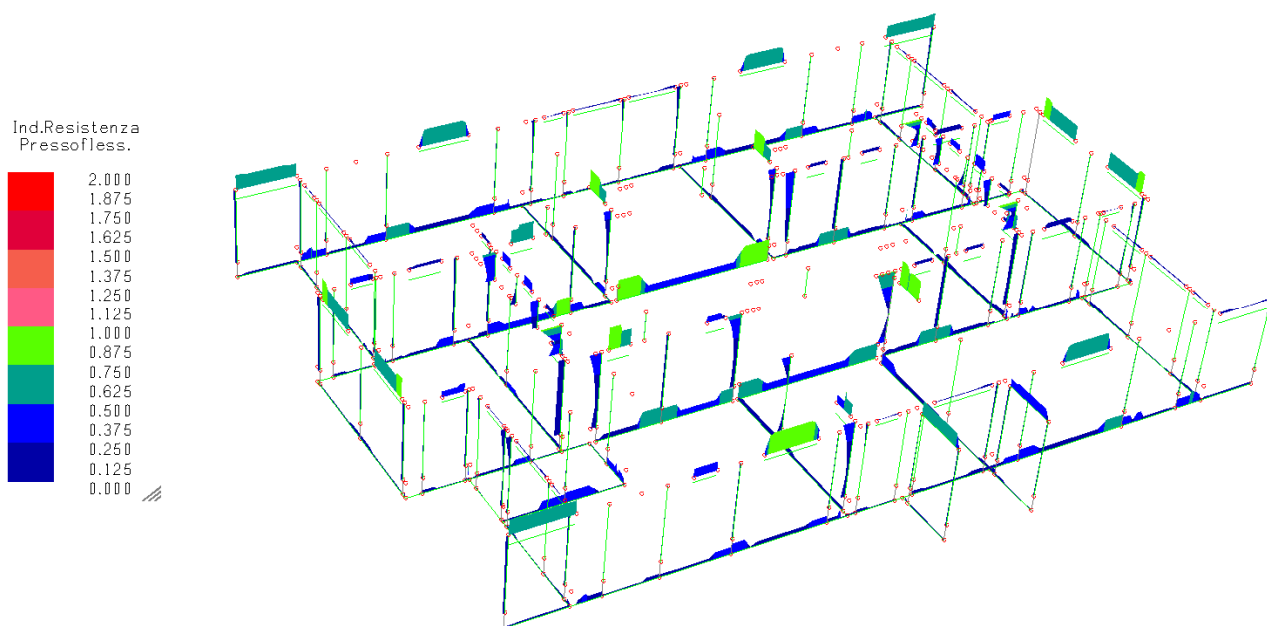


Figura 18 – indici di resistenza a pressoflessione

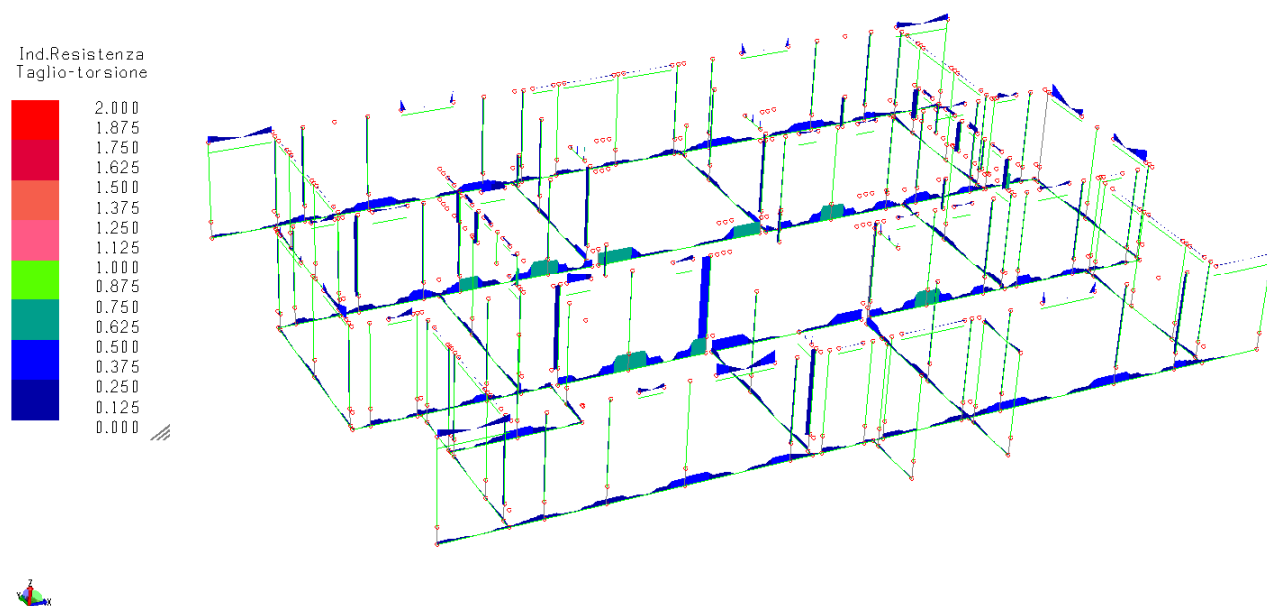


Figura 19 – indici di resistenza a taglio

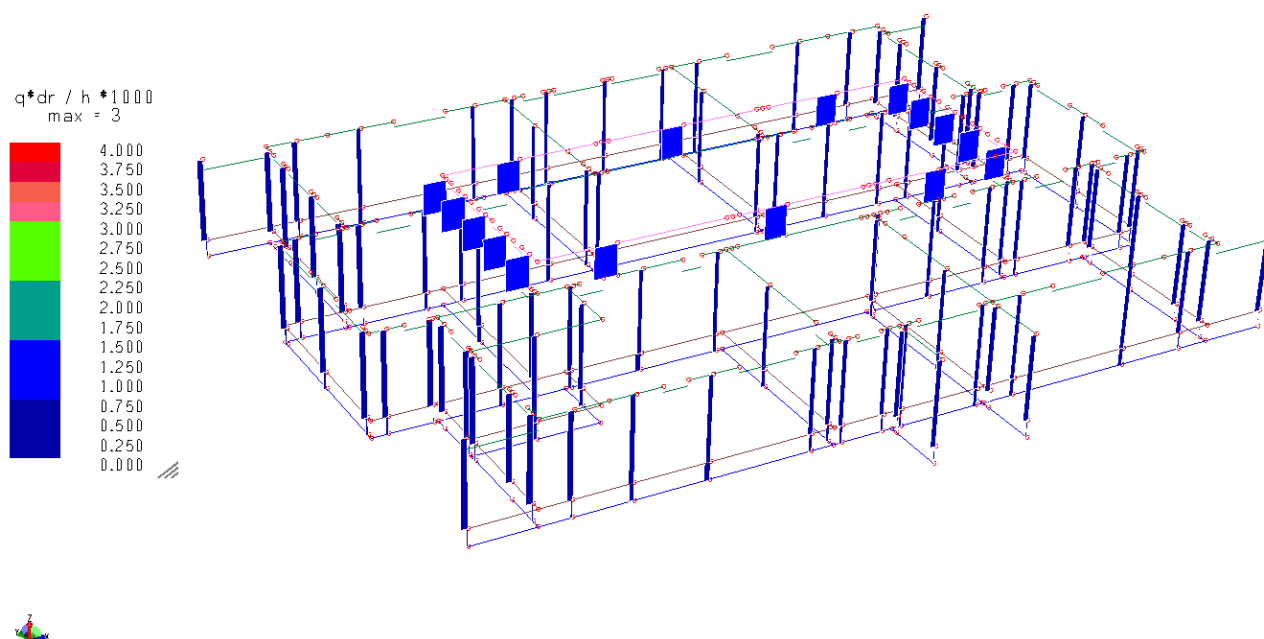


Figura 20 – deformazioni relative SLD

Le verifiche dei meccanismi duttili e fragili dei setti e delle fasce di piano sono riportati nel fascicolo dei calcoli allegato. Le verifiche delle travi di fondazione sono riportate nella relazione sulle fondazioni allegata. Le verifiche risultano soddisfatte.

Verifiche dei solai

Si riportano di seguito le verifiche dei solai di calpestio e di copertura esistenti.

VERIFICA DEL SOLAIO DI CALPESTIO

Per la verifica del solaio di calpestio è stato effettuato un modello di calcolo agli elementi finiti schematizzando la lastra nervata di solaio con elementi trave monodimensionali. Assegnando a tale modello l'armatura reperita dagli elaborati di progetto originari è stato possibile verificare il solaio in oggetto. Le verifiche risultano soddisfatte.

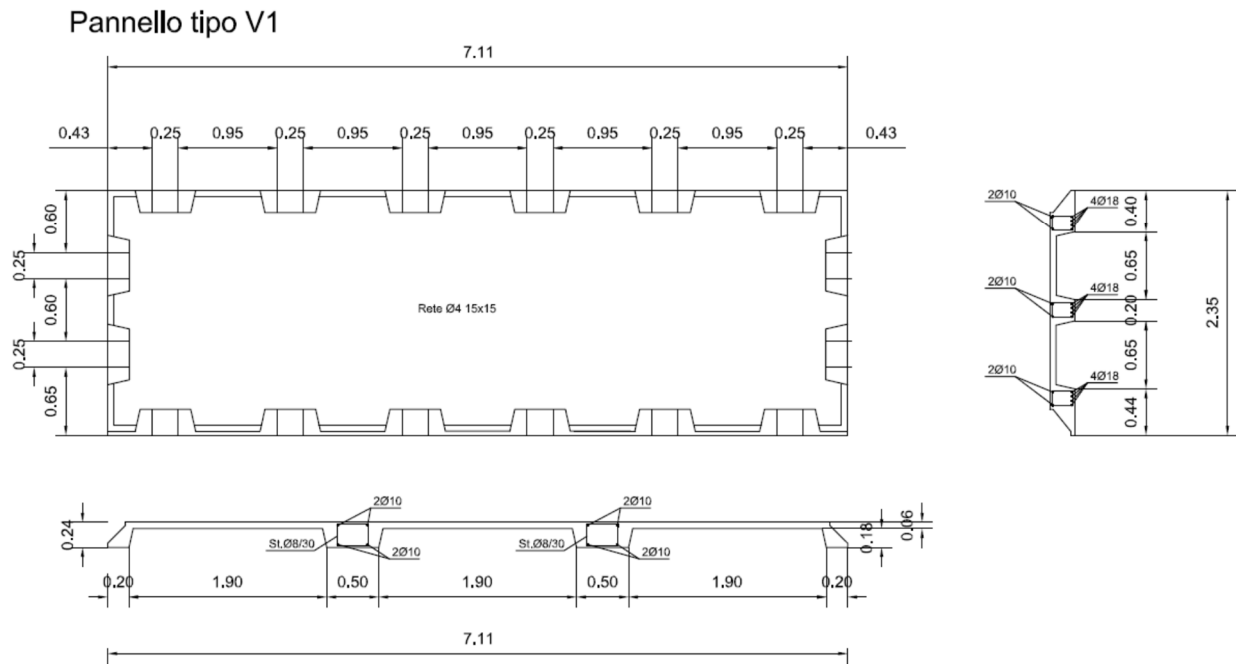


Figura 21 – schema strutturale del solaio di calpestio

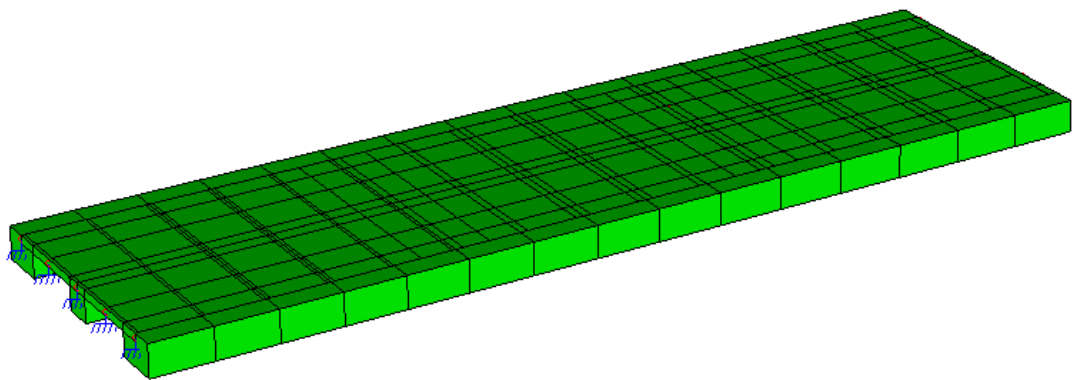


Figura 22 – modello di calcolo agli elementi finiti

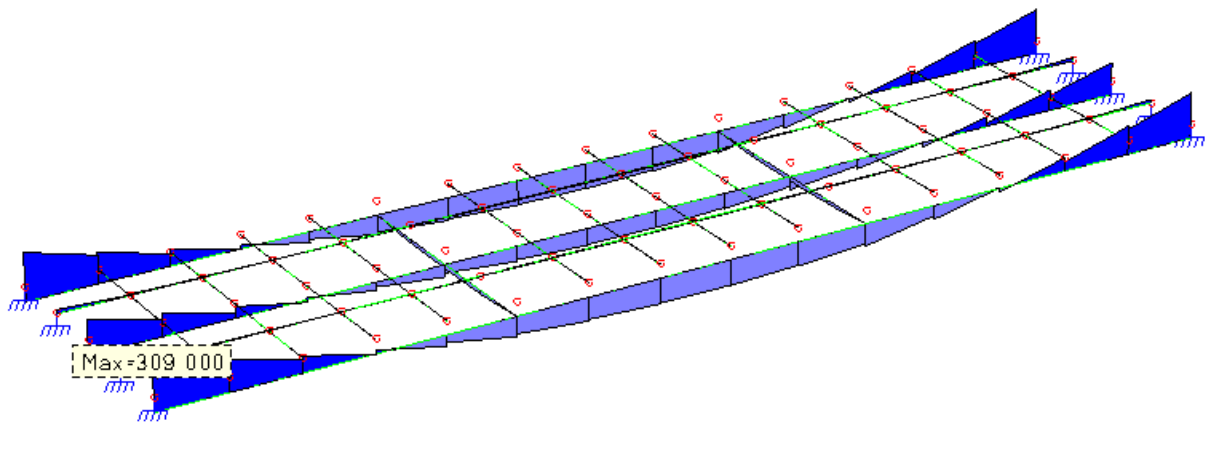


Figura 23 – momento flettente (espresso in kg*cm)

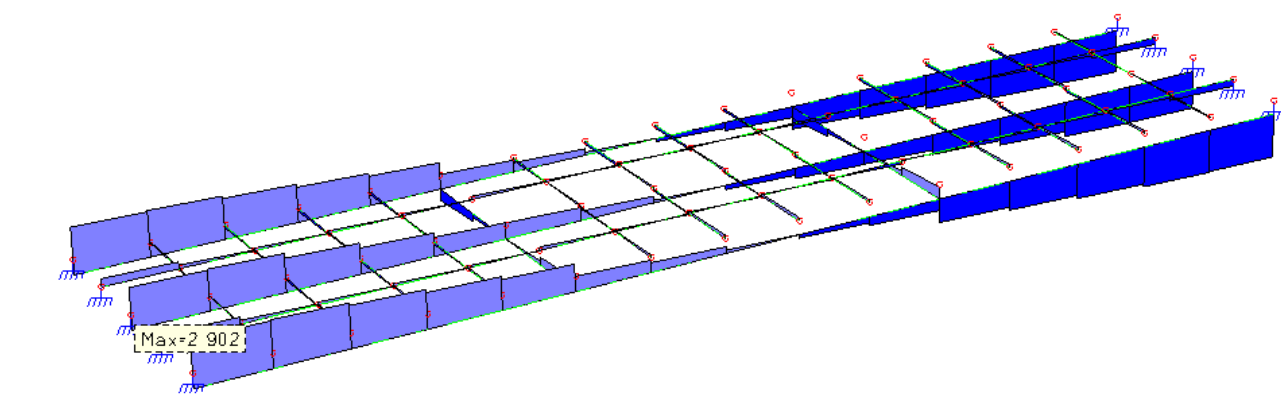


Figura 24 – taglio (espresso in kg)

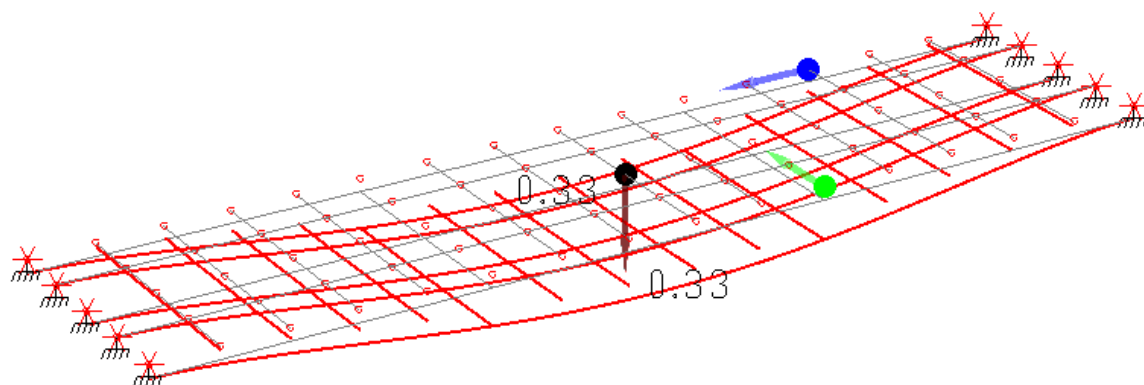


Figura 25 – deformazioni (comb. SLE rara, espresse in cm)

Ind.Resistenza
Pressofless.



2.000
1.875
1.750
1.625
1.500
1.375
1.250
1.125
1.000
0.875
0.750
0.625
0.500
0.375
0.250
0.125
0.000

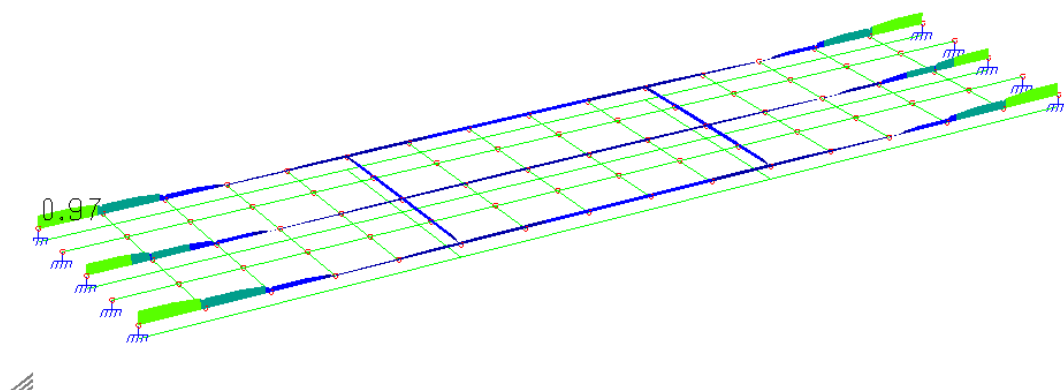


Figura 26 – indici di resistenza a pressoflessione

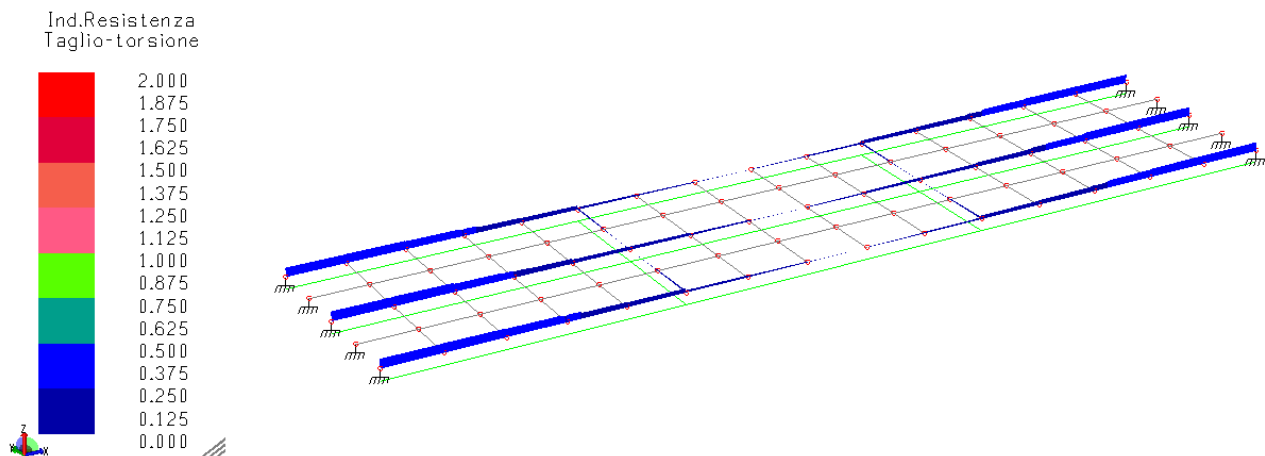
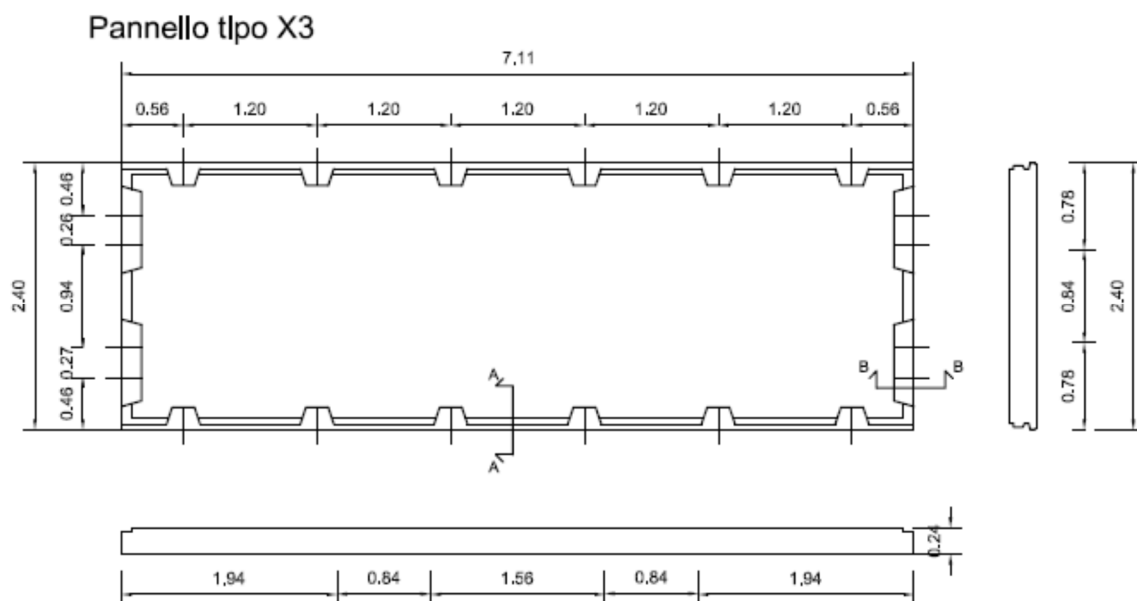


Figura 27 – indici di resistenza a taglio

I tabulati di verifica del solaio di calpestio sono riportati nel fascicolo dei calcoli allegato.

VERIFICA SOLAIO DI COPERTURA

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per il solaio esistente di copertura. I solai di copertura sono realizzati con lastre piene di calcestruzzo armato alleggerito spesse 24cm.



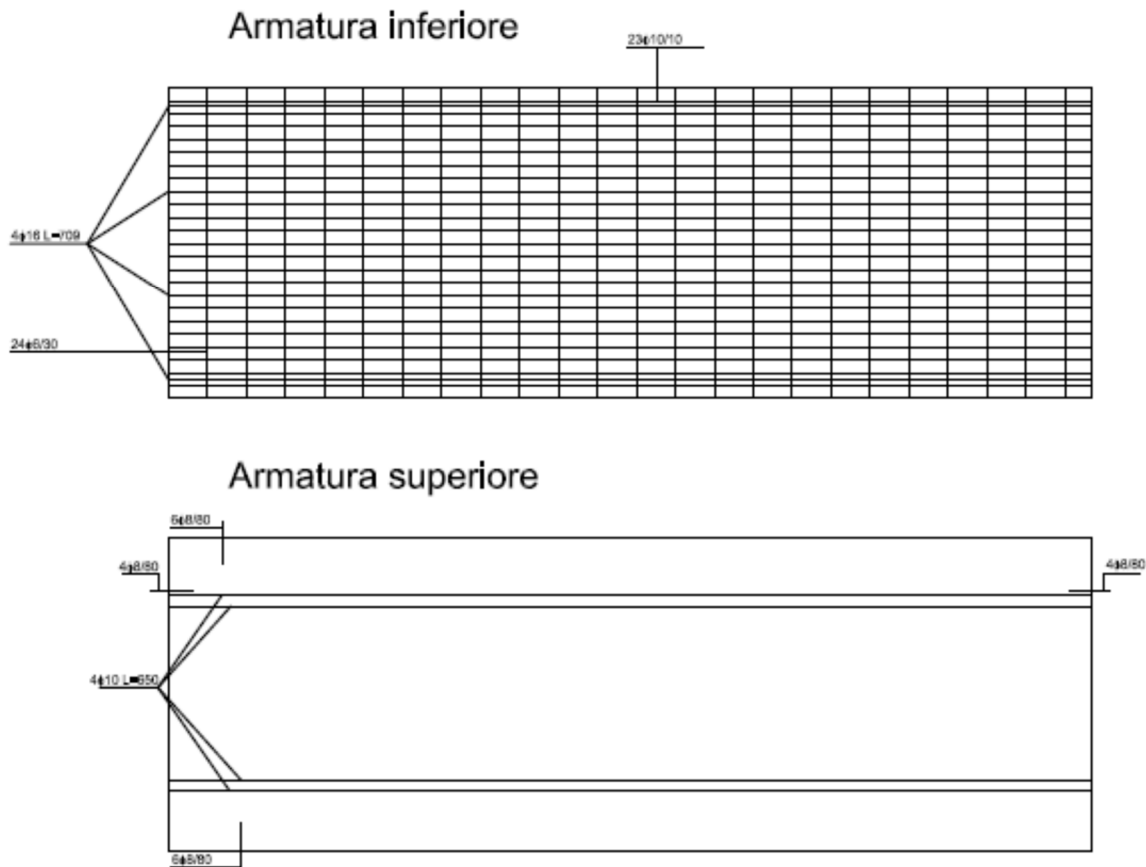


Figura 28 – schema strutturale del solaio di copertura

MATERIALI			
	resistenza caratteristica a compressione cilindrica	resistenza media a trazione per flessione	modulo elastico
classe del calcestruzzo	fck (N/mm ²)	fctk (N/mm ²)	E (N/mm ²)
Leca 1400	9.22	0.92	25'897.00
acciaio	fyk (N/mm ²)	ftk (N/mm ²)	E (N/mm ²)
FeB38k	277.8	318.5	210'000.00
	α_{cc}	γ_c	γ_s
coefficienti parziali per le resistenze	0.85	1.5	1.15
			coeff.
riduzione per elementi piani (solette, pareti....) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm		NO	1
resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		fcd (N/mm ²)	5.22
resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo		fctd (N/mm ²)	0.61
resistenza di calcolo dell'acciaio		fyd (N/mm ²)	241.57
tensione tangenziale di aderenza acciaio - calcestruzzo			
diametro del tondino (mm)	16		
η	1		coeff.
riduzione per armature molto addensate o ancoraggi in zona di calcestruzzo teso		SI	1.5
		fbk (N/mm ²)	2.07
		fbd (N/mm ²)	0.92

COMBINAZIONI DI CARICO			
	qSLU	qSLE rara	qSLE quasi permanente
totali (kN/mq)	8.37	6.16	5.23
sull'elemento (kN/m)	7.11	5.24	4.45
CARATTERISTICHE SOLAIO			
luce del solaio	interasse dei travetti		
l (cm)	i (cm)		
711	85		
altezza della sezione	larghezza del travetto	copriferro superiore	adeguatezza del copriferro
h (cm)	b (cm)	cs (cm)	controllo
24	240	2.5	verificato
altezza utile della sezione	spessore della soletta superiore	copriferro inferiore	adeguatezza del copriferro
h (cm)	s (cm)	ci (cm)	controllo
21.5	0	2.5	verificato
SOLLECITAZIONI			
grado di vincolo	10	semincastro	
	SLU	SLE rara	SLE quasi permanente
momento (kNm)	36	26	22
taglio (kN)	25	19	16
ARMATURA SEZIONE			
superiore	numero	Ø (mm)	Af (cmq)
	4	10	3.14
	4	8	2.01
	0		0.00
	soletta omogeneizzata (cmq)		0.00
		Afs (cmq)	5.15
Inferiore	numero	Ø (mm)	Af (cmq)
	4	16	8.04
	23	10	18.06
	0		0.00
		Afi (cmq)	26.11
		μ	0.20
coefficiente di omogeneizzazione n	15		

momento d'inerzia			
y (cm)	6.74		
j (cm ⁴)	111'197		
VERIFICHE			
calcestruzzo	σ_c (N/mm²)	$\leq 0.60 f_{ck}$	esito
4.1.15 NTC 2018	1.60	5.532	verificata
calcestruzzo	σ_c (N/mm²)	$\leq 0.45 f_{ck}$	esito
4.1.16 NTC 2018	1.36	4.15	verificata
verifica a taglio			
k	1.96		
v _{min}	0.29		
d (mm)	215		
ρ_l	0.01		
σ_{cp} (N/mm ²)	0.00		
b _w (mm)	2400		
V _{rd} (kN)	limite inferiore V _{rd} (kN)		
215.82	150.99		
calcestruzzo	V_{ed} (kN)	$\leq V_{rd}$ (kN)	esito
4.1.22 NTC 2018	25.29	215.82	verificata
acciaio teso	σ_s (N/mm²)	$\leq 0.8 f_{yk}$	esito
4.1.17 NTC 2018	52.70	222.24	verificata
acciaio compresso	σ_s (N/mm²)	$\leq 0.8 f_{yk}$	esito
4.1.17 NTC 2018	0.00	222.24	verificata
deformabilità	f_{max}(mm)	l/500 (mm)	esito
	3.03	14.22	verificata

Tabella 6 – verifiche SLE solaio di copertura

Titolo: solaio copertura

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	240	24

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.15	3
2	26.11	21

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 36 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
Feb38k (F) Leca 1400

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 241.6 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 5.225 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.208 ‰ σ_{c,adm} 5.025 N/mm²
σ_{s,adm} 215 N/mm² τ_{co} 0.348
τ_{cl} 1.289

M_{xRd} 118.2 kNm
σ_c -5.225 N/mm²
σ_s 241.6 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 11.24 ‰
d 21 cm
x 4.986 x/d 0.2374
δ 0.7368

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Figura 29 – verifiche SLU solaio di copertura

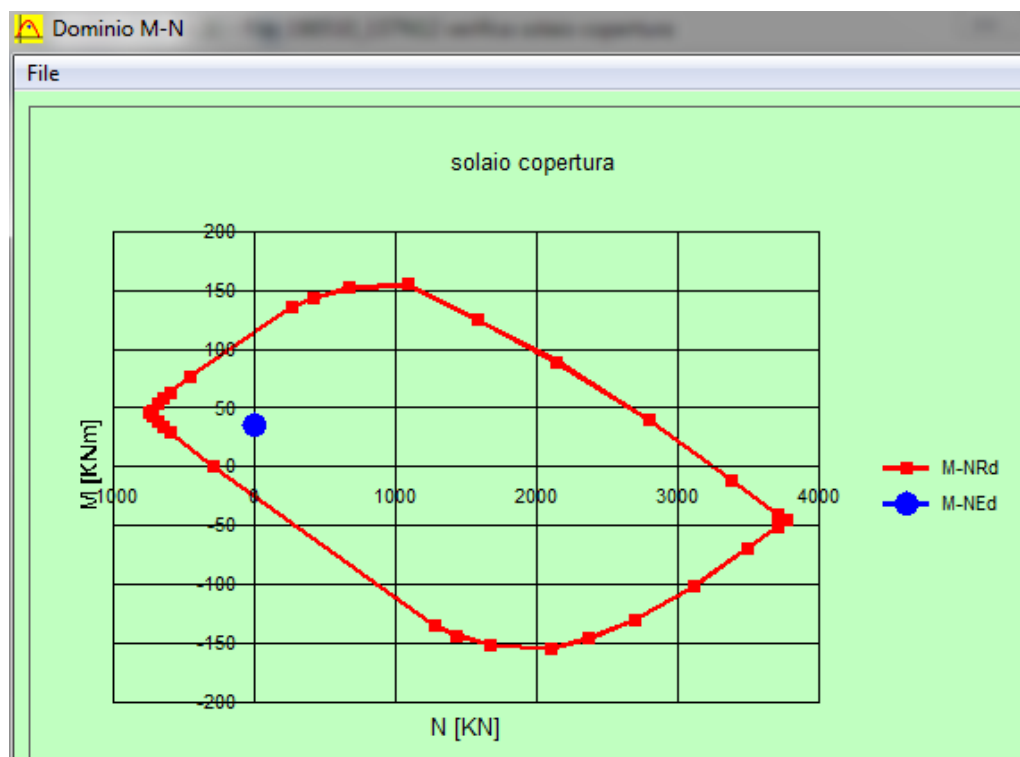


Figura 30 – dominio di resistenza SLU

VERIFICA DEL SOLAIO DI COPERTURA FORATO

Si riportano di seguito le verifiche eseguite per le lastre di solaio di copertura forate. Per la verifica è stato effettuato un modello di calcolo agli elementi finiti schematizzando la lastra nervata di solaio con elementi trave monodimensionali. Assegnando a tale modello l'armatura reperita dagli elaborati di progetto originari è stato possibile verificare il solaio in oggetto. Le verifiche risultano soddisfatte.

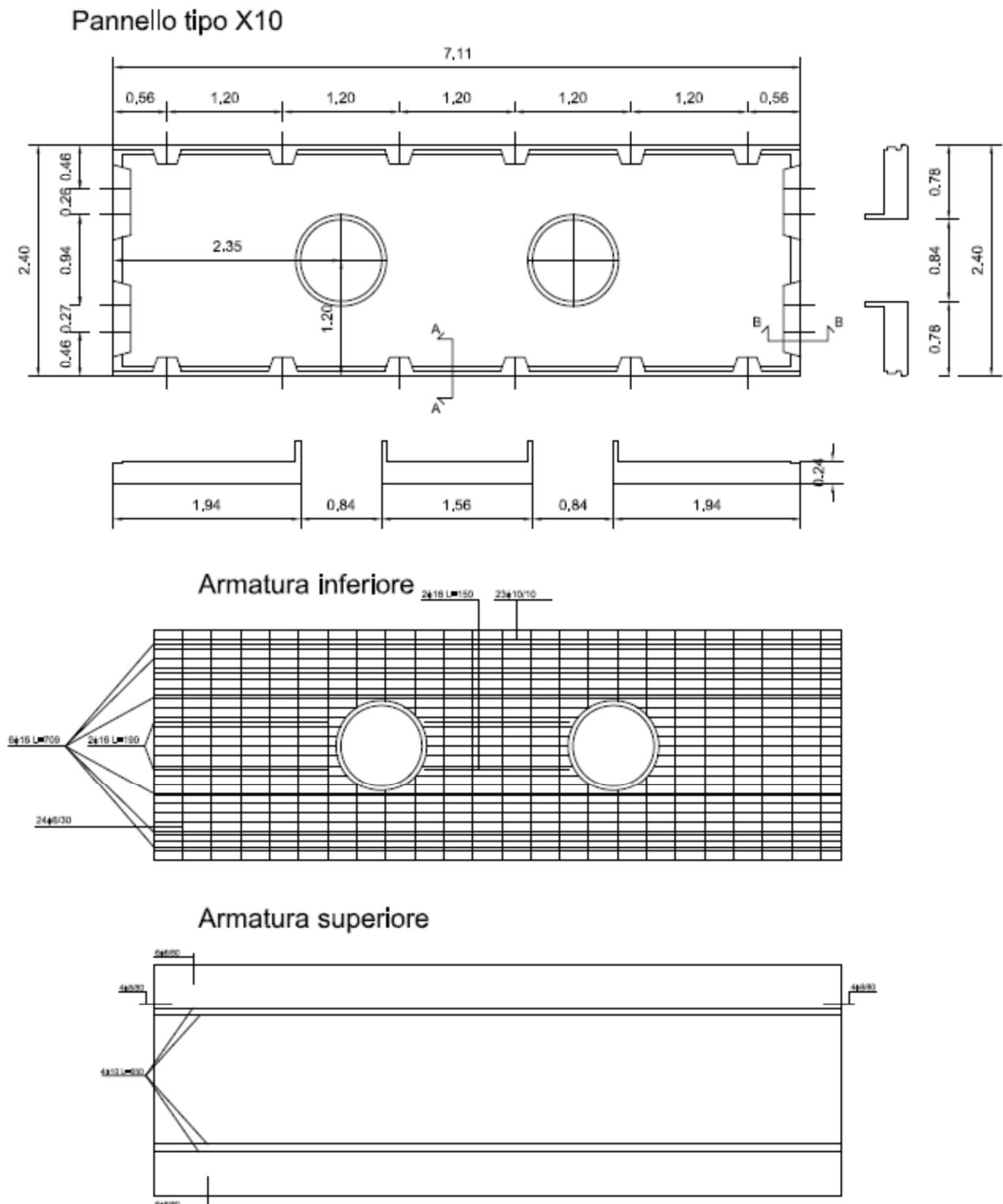
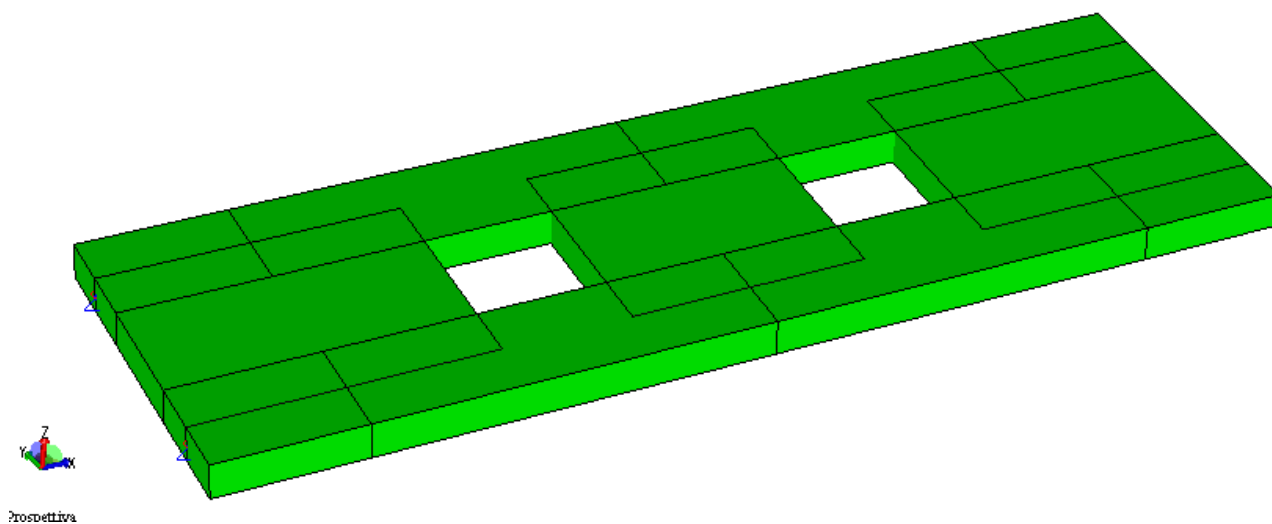
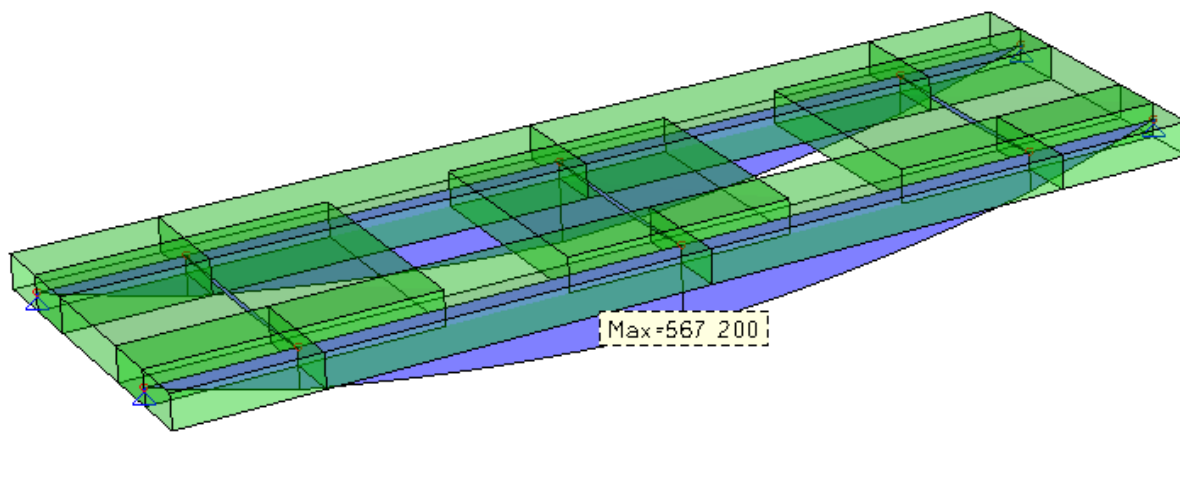


Figura 31 – schema strutturale del solaio di copertura forato



Prospettiva

Figura 32 – il modello di calcolo agli elementi finiti



Prospettiva

Figura 33 – momento flettente (espresso in kg*cm)

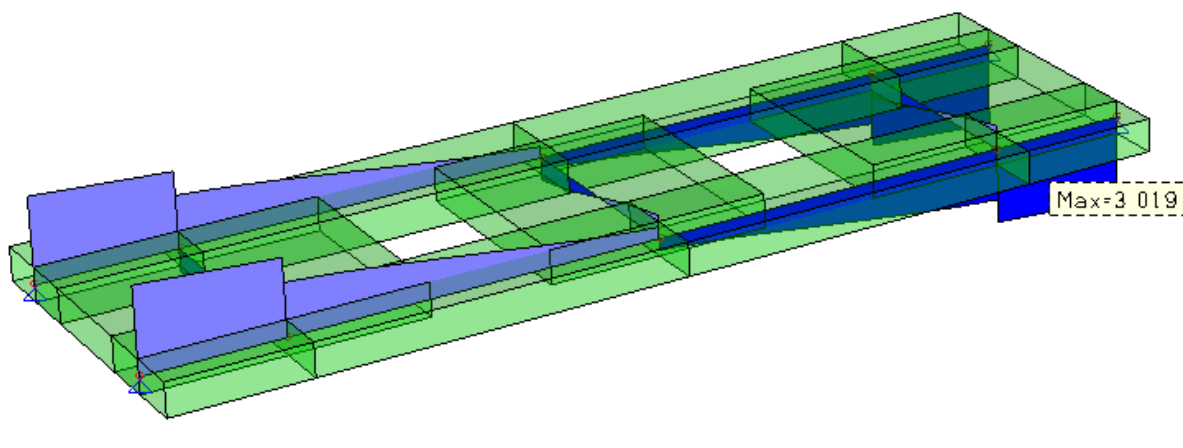


Figura 34 – taglio (espresso in kg)

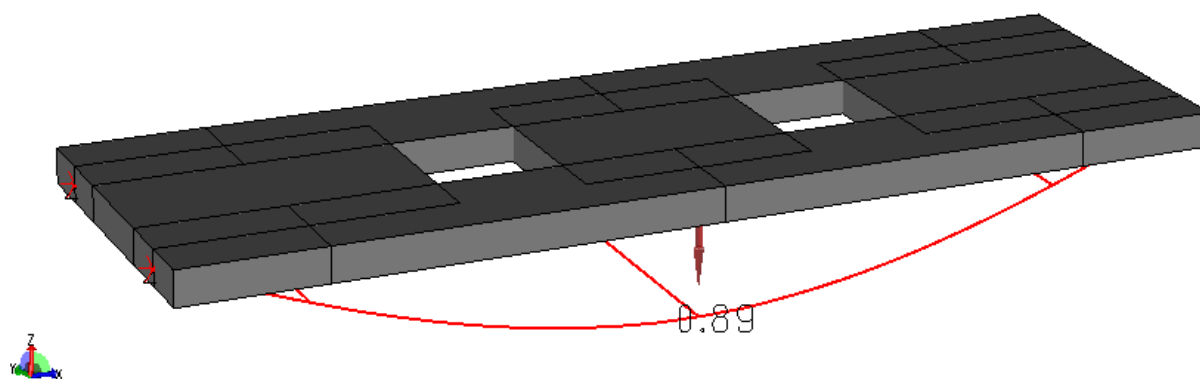


Figura 35 – deformazioni (comb. SLE rara, espresse in cm)

Ind.Resistenza
Pressofless.



2.000
1.875
1.750
1.625
1.500
1.375
1.250
1.125
1.000
0.875
0.750
0.625
0.500
0.375
0.250
0.125
0.000

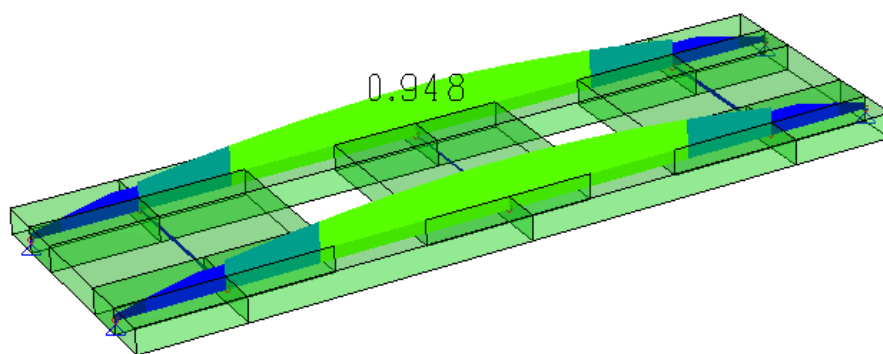


Figura 36 – indici di resistenza a pressoflessione

Ind.Resistenza
Taglio-torsione



2.000
1.875
1.750
1.625
1.500
1.375
1.250
1.125
1.000
0.875
0.750
0.625
0.500
0.375
0.250
0.125
0.000

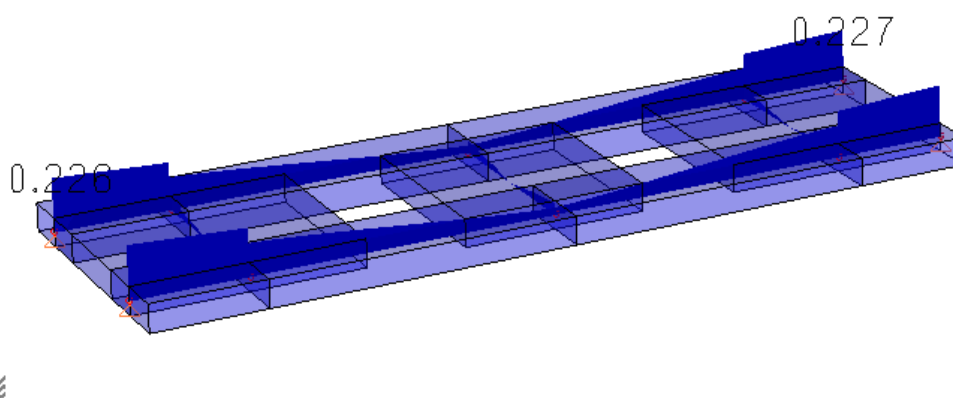


Figura 37 – indici di resistenza a taglio

I tabulati di verifica del solaio di copertura forato sono riportati nel fascicolo dei calcoli allegato.

Elementi Non Strutturali

I tramezzi non strutturali esistenti all'interno dell'edificio verranno interamente demoliti e ricostruiti nelle medesime posizioni utilizzando pareti in cartongesso antisismico.

Il controsoffitto con lama d'aria presente nella parte centrale del fabbricato che ha altezza maggiorata verrà anch'esso rimosso e sostituito con un opportuno controsoffitto antisismico verificato in funzione dello spessore della lama d'aria.

La verifica di tali elementi non strutturali (compresi i sostegni antisismici per gli impianti) dovrà essere eseguita in seguito alla scelta dei sistemi costruttivi specifici effettivamente posti in opera e sarà a carico dell'installatore che dovrà produrre opportuna documentazione a firma di tecnico abilitato; tale documentazione dovrà essere allegata alla relazione a strutture ultimate.

Verifica degli Interventi di Rinforzo

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO DEI COLLEGAMENTI ALLA BASE ED IN SOMMITÀ ALLE PARETI

La verifica a taglio del collegamento alla base ed in sommità alle pareti è stata svolta considerando un fattore di comportamento $q=1.5$ (meccanismo fragile). Ci si è riferiti al più debole dei possibili meccanismi di rottura sotto-indicati:

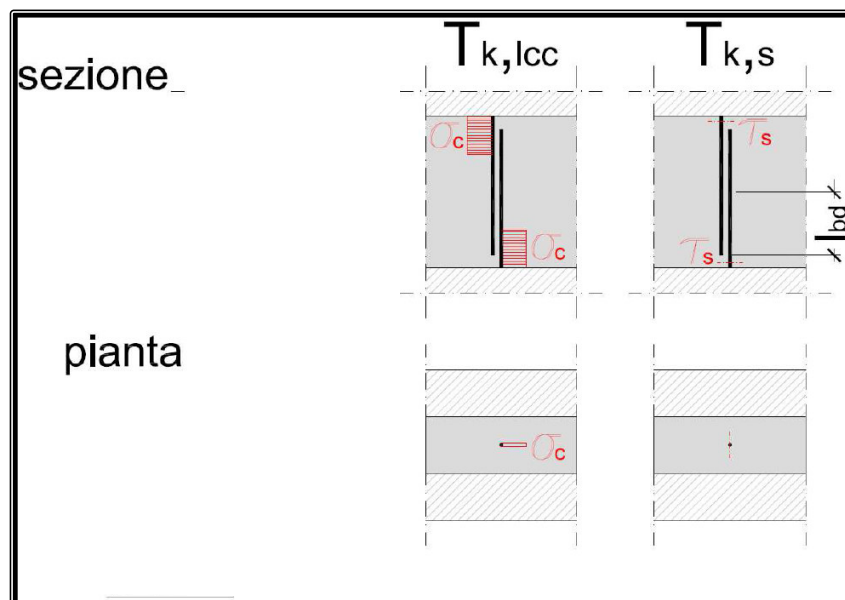


Figura 38 – meccanismi di rottura a taglio lato calcestruzzo (a sinistra) e lato barra d'acciaio (a destra)

In particolare i meccanismi considerati sono:

- Rottura per taglio degli spezzoni di acciaio
- Rottura per compressione del cls a contatto con lo spezzone di acciaio.

Si riporta di seguito la verifica eseguita per la parete maggiormente sollecitata, al piede ed in testa.

Dalle tabelle di verifica sotto riportate si evincono i dati di progetto (diametro e passo delle barre di collegamento e caratteristiche del calcestruzzo) riscontrabili poi anche nelle tavole grafiche.

Il valore del taglio massimo sollecitante è stato desunto dal modello di calcolo agli elementi finiti (vedi “Figura 39”). Si specifica che il valore del taglio sulla parete indicato nell’immagine sottostante risulta il massimo valore a metro lineare di parete riscontrato nel modello di calcolo; tale valore viene utilizzato nelle verifiche che seguono.

Il valore del taglio resistente è il minimo tra le resistenze dei singoli meccanismi.

Dalle seguenti tabelle si evince come tale verifica risulta soddisfatta.

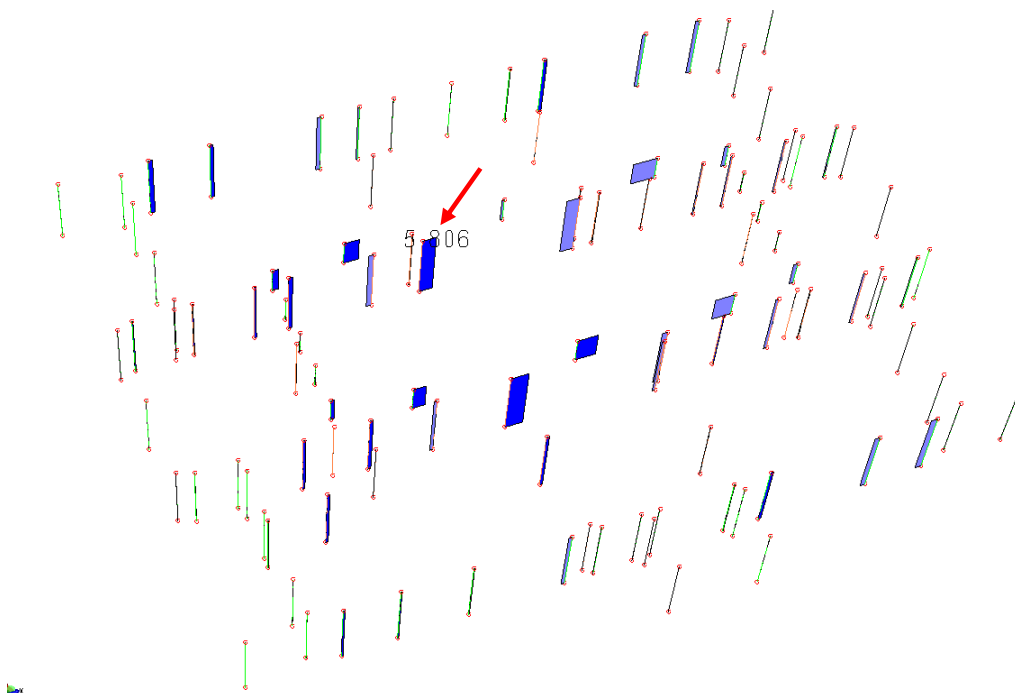


Figura 39 – individuazione del taglio massimo sollecitante sulle pareti (valore espresso in kg)

Verifica al piede

MECCANISMO DI ROTTURA PER TAGLIO DELLE BARRE DI ACCIAIO

Resistenza collegamento esistente			
diametro ferri di collegamento	ϕ [mm]	6	
passo ferri di collegamento	passo [mm]	300	
numero ferri di collegamento	-	2	
area resistente a taglio	A_{res} [mmq/m]	188.5	
tensione di snervamento acciaio	f_{yk} [N/mm ²]	375	
fattore di sicurezza	γ_m	1.5	
fattore di confidenza	FC	1.35	
resistenza a taglio	$V_{rd,s}$ [kN/m]	20.15	$V_{rd,s} = \frac{A_{res} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_m \cdot FC}$ [4.2.17 NTC2018]
Resistenza rinforzo			
diametro barre di collegamento	ϕ [mm]	16	
passo barre di collegamento	passo [mm]	400	
numero barre di collegamento	-	2	
area resistente singola barra	A_{res_barra} [mmq]	157	
area resistente a taglio	A_{res} [mmq/m]	785.0	
classe barre	-	8.8	
tensione di rottura barre	f_{tbk} [N/mm ²]	800	
coefficiente di sicurezza unioni	γ_{m2}	1.25	
resistenza a taglio	$V_{rd,s}$ [kN/m]	301.44	$V_{rd,s} = \frac{0.6 \cdot f_{tbk} \cdot A_{res}}{\gamma_{m2}}$ [4.2.63 NTC2018]
Resistenza totale			
resistenza a taglio totale	$V_{rd,s}$ [kN/m]	321.59	

MECCANISMO DI ROTTURA PER COMPRESSIONE DEL CLS A CONTATTO CON LE BARRE DI ACCIAIO

Resistenza collegamento esistente			
diametro ferri di collegamento	ϕ [mm]	6	
passo ferri di collegamento	passo [mm]	300	
numero ferri di collegamento	-	1	
lunghezza ferri di collegamento	l [mm]	60	
impronta su calcestruzzo singolo ferro	A_{c_ferro} [mmq]	360	$A_c = l \cdot \phi$ $l = 10 \cdot \phi$
impronta su calcestruzzo	A_c [mmq/m]	1200	
resistenza caratteristica a compressione	f_{ck} [N/mm ²] (FC)	9.22	
fattore di sicurezza	γ_m	1.5	
fattore di confidenza	FC	1.35	
resistenza di progetto a compressione cls	f_{cd} [N/mm ²] (FC)	6.15	
resistenza a taglio	$V_{rd,lcc}$ [kN/m]	7.38	
Resistenza rinforzo			
diametro barre di collegamento	ϕ [mm]	16	
passo barre di collegamento	passo [mm]	400	
numero barre di collegamento	-	2	
lunghezza barre di collegamento	l [mm]	240	
impronta su calcestruzzo singola barra	A_{c_barra} [mmq]	3840	
impronta su calcestruzzo	A_c [mmq/m]	19200	
resistenza caratteristica a compressione	f_{ck} [N/mm ²] (FC)	18.44	
fattore di sicurezza	γ_m	1.5	
fattore di confidenza	FC	1.35	
resistenza di progetto a compressione cls	f_{cd} [N/mm ²] (FC)	12.3	
resistenza a taglio	$V_{rd,lcc}$ [kN/m]	236.16	
Resistenza totale			
resistenza a taglio totale	$V_{rd,s}$ [kN/m]	243.54	

RESISTENZA A TAGLIO (minima resistenza dei singoli meccanismi)

resistenza a taglio finale	V_{rd} [kN/m]	243.54	
VERIFICA			
resistenza a taglio	V_{rd} [kN/m]	243.54	
taglio su parete più sollecitata	V_{ed} [kN/m]	90	
verifica	V_{rd}/V_{ed}	2.71	

Verifica in testa

MECCANISMO DI ROTTURA PER TAGLIO DELLE BARRE DI ACCIAIO

Resistenza collegamento esistente

diametro ferri di collegamento	ϕ [mm]	6	
passo ferri di collegamento	passo [mm]	300	
numero ferri di collegamento	-	2	
area resistente a taglio	A_{res} [mmq/m]	188.5	
tensione di snervamento acciaio	f_{yk} [N/mm ²]	375	
fattore di sicurezza	γ_m	1.5	
fattore di confidenza	FC	1.35	
resistenza a taglio	$V_{rd,s}$ [kN/m]	20.15	$V_{rd,s} = \frac{A_{res} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_m \cdot FC}$ [4.2.17 NTC2018]

Resistenza rinforzo

diametro barre di collegamento	ϕ [mm]	12	
passo barre di collegamento	passo [mm]	400	
numero barre di collegamento	-	2	
area resistente singola barra	A_{res_barra} [mmq]	84.3	
area resistente a taglio	A_{res} [mmq/m]	421.5	
classe barre	-	8.8	
tensione di rottura barre	f_{tbk} [N/mm ²]	800	
coefficiente di sicurezza unioni	γ_{m2}	1.25	
resistenza a taglio	$V_{rd,s}$ [kN/m]	161.856	$V_{rd,s} = \frac{0.6 \cdot f_{tbk} \cdot A_{res}}{\gamma_{m2}}$ [4.2.63 NTC2018]

Resistenza totale

resistenza a taglio totale	$V_{rd,s}$ [kN/m]	182.01	
----------------------------	-------------------	--------	--

MECCANISMO DI ROTTURA PER COMPRESSIONE DEL CLS A CONTATTO CON LE BARRE DI ACCIAIO

Resistenza collegamento esistente

diametro ferri di collegamento	ϕ [mm]	6	
passo ferri di collegamento	passo [mm]	300	
numero ferri di collegamento	-	1	
lunghezza ferri di collegamento	l [mm]	60	
impronta su calcestruzzo singolo ferro	A_{c_ferro} [mmq]	360	$A_c = l \cdot \Phi$ $l = 10 \cdot \Phi$
impronta su calcestruzzo	A_c [mmq/m]	1200	
resistenza caratteristica a compressione	f_{ck} [N/mm ²] (FC)	9.22	
fattore di sicurezza	γ_m	1.5	
fattore di confidenza	FC	1.35	
resistenza di progetto a compressione cls	f_{cd} [N/mm ²] (FC)	6.15	
resistenza a taglio	$V_{rd,lcc}$ [kN/m]	7.38	

Resistenza rinforzo

diametro barre di collegamento	ϕ [mm]	12	
passo barre di collegamento	passo [mm]	400	
numero barre di collegamento	-	2	
lunghezza barre di collegamento	l [mm]	240	
impronta su calcestruzzo singola barra	A_{c_barra} [mmq]	2880	
impronta su calcestruzzo	A_c [mmq/m]	14400	
resistenza caratteristica a compressione	f_{ck} [N/mm ²] (FC)	9.22	
fattore di sicurezza	γ_m	1.5	
fattore di confidenza	FC	1.35	
resistenza di progetto a compressione cls	f_{cd} [N/mm ²] (FC)	6.15	
resistenza a taglio	$V_{rd,lcc}$ [kN/m]	88.56	

Resistenza totale

resistenza a taglio totale	$V_{rd,s}$ [kN/m]	95.94	
----------------------------	-------------------	-------	--

RESISTENZA A TAGLIO (minima resistenza dei singoli meccanismi)

resistenza a taglio finale	V_{rd} [kN/m]	95.94	
----------------------------	-----------------	-------	--

VERIFICA

resistenza a taglio	V_{rd} [kN/m]	95.94	
taglio su parete più sollecitata	V_{ed} [kN/m]	90	
verifica	V_{rd}/V_{ed}	1.07	

VERIFICA DEGLI ANCORANTI IN TESTA AI PANNELLI SOGGETTI A MOMENTO FLETTENTE FUORI PIANO

Per la verifica è stato considerato il massimo momento flettente sollecitante fuori dal piano riscontrato nel modello di calcolo in testa ai pannelli prefabbricati.

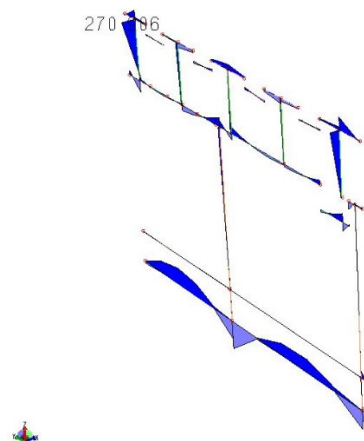


Figura 40 – momento flettente massimo (valore espresso in kgcm)

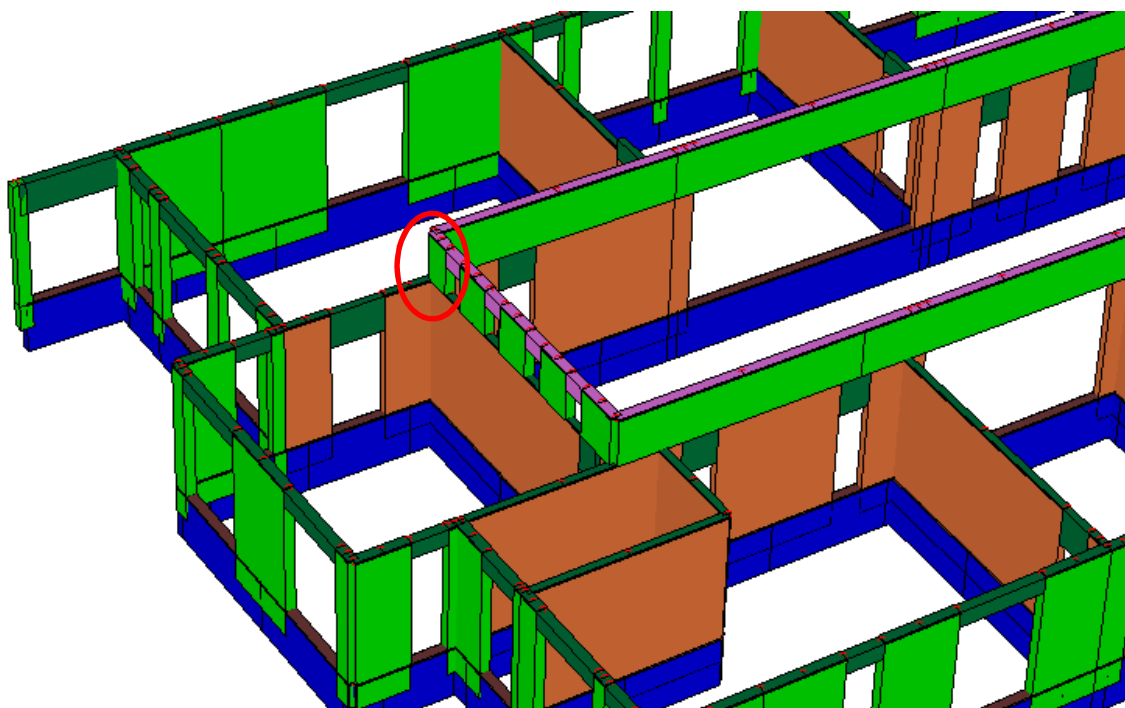


Figura 41 – individuazione del pannello soggetto al massimo momento flettente fuori dal piano

Si riportano di seguito gli estratti della verifica relativa alle barre filettate previste nel progetto e soggette alla suddetta sollecitazione. Il valore dello sforzo normale a cui è soggetto ciascun ancorante è pari a circa 22kN.

1 Dati da inserire

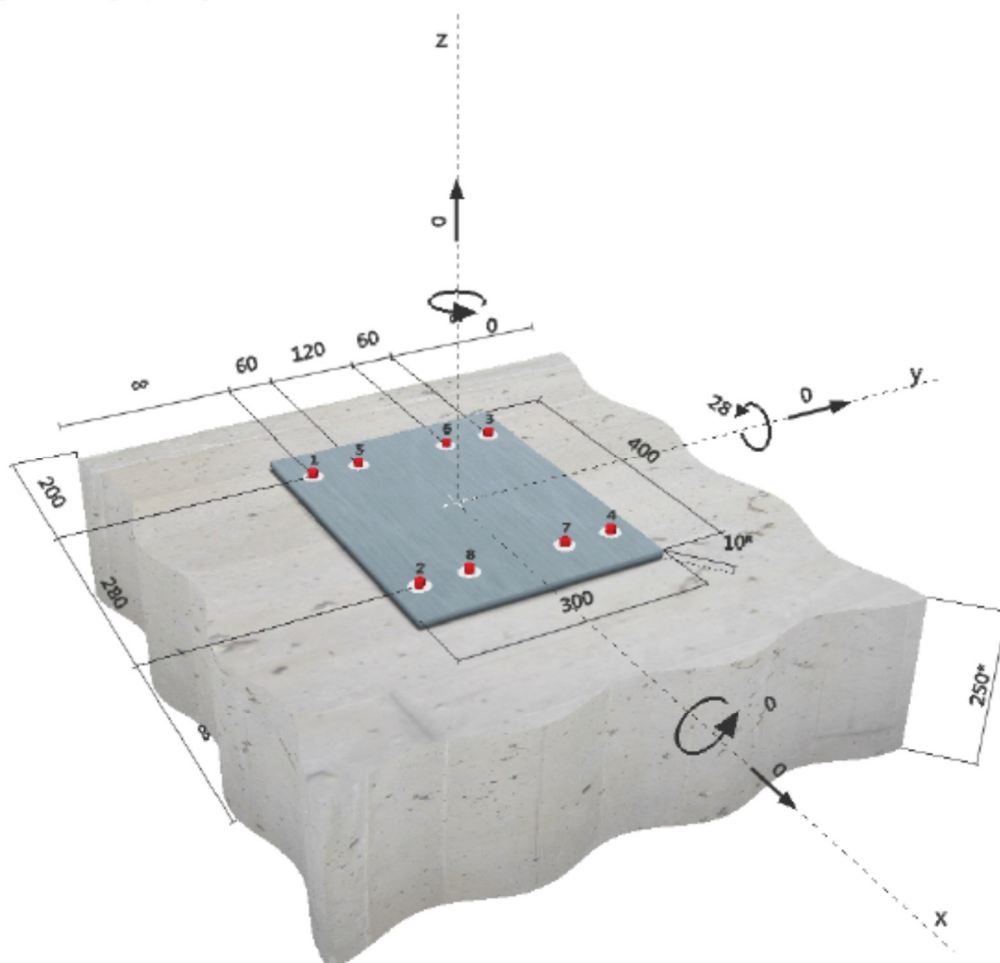
Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V3 + AM-HDG (8.8) M12
Hilti Seismic set o altro sistema per il riempimento dello spazio aulare tra piastra e anco	
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,act} = 200 \text{ mm}$ ($h_{ef,lim} = - \text{ mm}$)
Materiale:	8.8
Certificazione No.:	Dati Tecnici Hilti
Emesso l Validato:	- -
Prova:	Valutazione ingegneristica SOFA BOND dopo la campagna di test ETAG BOND
Fissaggio distanziato:	$e_b = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 10 \text{ mm}$
Piastra d'ancoraggio:	$l_x \times l_y \times t = 400 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)
Profilo:	nessun profilo
Materiale base:	non fessurato calcestruzzo, C12/15, $f_{c,cube} = 15.00 \text{ N/mm}^2$, $h = 250 \text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C
Installazione:	Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque \varnothing) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\varnothing \leq 10 \text{ mm}$) senza armatura di bordo longitudinale



^R - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



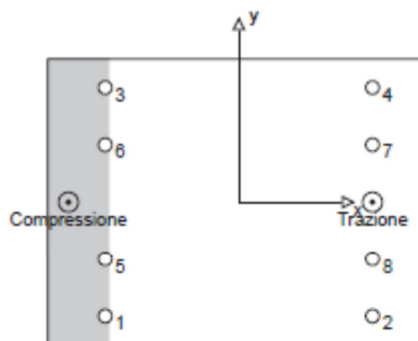
2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	21.973	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	21.973	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000
7	21.973	0.000	0.000	0.000
8	21.973	0.000	0.000	0.000



Compressione max. nel calcestruzzo: 0.30 [‰]
 Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 9.12 [N/mm²]
 risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(140/0): 87.892 [kN]
 risultante delle forze di compressione (x/y)=(-179/0): 87.892 [kN]

Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.

3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_A [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	21.973	44.960	49	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	87.892	135.127	66	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	87.892	103.264	86	OK
Fessurazione**	87.892	98.678	90	OK

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
67.440	1.500	44.960	21.973

3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,cor,25}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
217'279	130'560	17.00	361	181	480
ψ_c	$\tau_{Rk,cor}$ [N/mm ²]	k	$\psi_{s,Np}^0$	$\psi_{s,Np}$	
0.950	16.15	3.200	1.000	1.000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{rs,Np}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	
121.794	202.691	1.500	135.127	87.892	

3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
504'000	380'000	300	600		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{rs,N}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	
10.100	110.640	1.500	103.264	87.892	

3.4 Fessurazione

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$		
1'034'176	817'216	452	904	1.057		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{rs,N}$	k_1
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000	10.100
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{Ed} [kN]			
110.640	1.500	98.678	87.892			

4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo μ_v [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

5 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

N_{Sk}	=	16.276 [kN]	δ_N	=	0.108 [mm]
V_{Sk}	=	0.000 [kN]	δ_V	=	0.000 [mm]
			δ_{NV}	=	0.108 [mm]

Carichi a lungo termine:

N_{Sk}	=	16.276 [kN]	δ_N	=	0.250 [mm]
V_{Sk}	=	0.000 [kN]	δ_V	=	0.000 [mm]
			δ_{NV}	=	0.250 [mm]

Commenti: Gli spostamenti a trazione risultano validi con metà del valore della coppia di serraggio richiesta per non fessurato calcestruzzo! Gli spostamenti a taglio sono validi trascurando l'attrito tra il calcestruzzo e la piastra d'ancoraggio! Lo spazio derivante dal foro eseguito con perforatore e dalle tolleranze dei fori non viene considerato in questo calcolo!

Gli spostamenti ammissibili dell'ancorante dipendono dalla struttura fissata e devono essere definiti dal progettista!

6 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- Hai selezionato il riempimento dei fori. Assicurati che vi sia un metodo corretto per riempire lo spazio anulare tra l'installazione e HIT-RE 500 V3 + AM-HDG (8.8) M12, e contatta Hilti in caso di domande.
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- Il metodo SOFA (fori riempiti) assume l'assenza di spazi anulari tra gli ancoranti e la piastra di ancoraggio. Questo può essere ottenuto mediante il riempimento con resina di sufficiente resistenza a compressione (p.e. usando il sistema Hilti Seismic/Filling set) o attraverso altri mezzi idonei.
- L'utente è responsabile della conformità alle norme correnti (e.g. EC3)
- Una verifica agli Stati Limite d'Esercizio non è eseguita da SOFA e deve essere effettuata dall'utente!

L'ancoraggio risulta verificato!

MODELLAZIONE DI DETTAGLIO NODO DI BASE

È stata eseguita una modellazione di dettaglio del nodo di base in modo da rappresentare il collegamento di progetto tra magrone di fondazione e parte in elevazione della fondazione.

Per la modellazione è stato utilizzato il software agli elementi finiti Straus7 il cui rivenditore per l'Italia è la HSH s.r.l. con sede a Padova.

Definizione del modello

Il modello è stato realizzato mediante elementi brick tridimensionali in modo da poter rappresentare nel modo più fedele possibile il meccanismo di collegamento e lo scorrimento tra le varie superfici tramite meccanismi ad attrito.

Cautelativamente è stato analizzato un tratto di fondazione di lunghezza 1m al quale sono state applicate una forza orizzontale rappresentante l'azione sismica ed una verticale dovuta ai pesi permanenti.

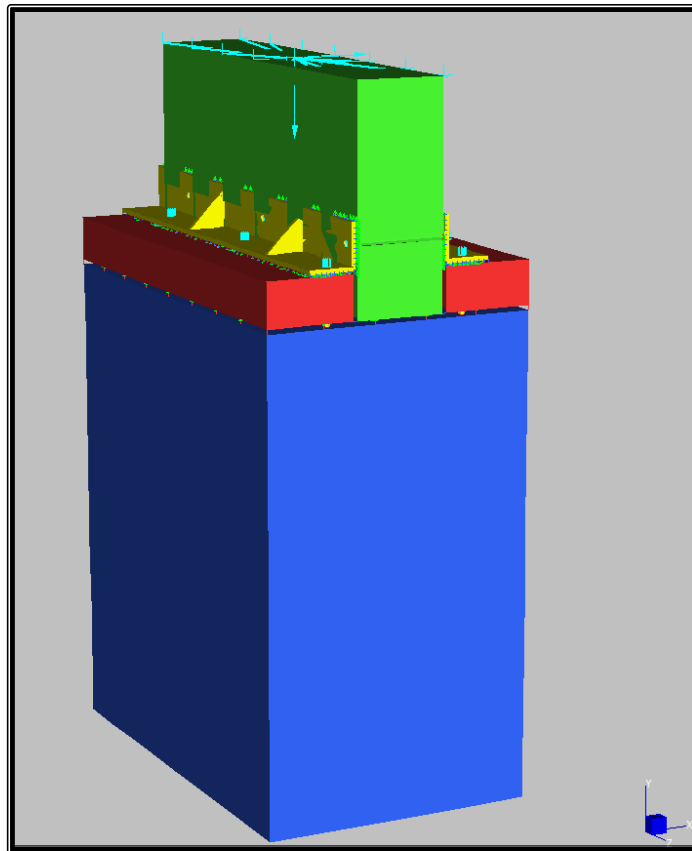


Figura 42 – modello di calcolo

Sono stati modellati la fondazione in elevazione, il magrone di base, i due nuovi getti di completamento ed i profili ad 'L' collegati tra loro ed al magrone sottostante tramite barre filettate opportunamente inghisate.

Analisi e risultati

È stata eseguita un'analisi non lineare e si riportano di seguito i risultati ottenuti che sono stati interpretati tenendo conto delle approssimazioni effettuate a favore di sicurezza nella creazione del modello.

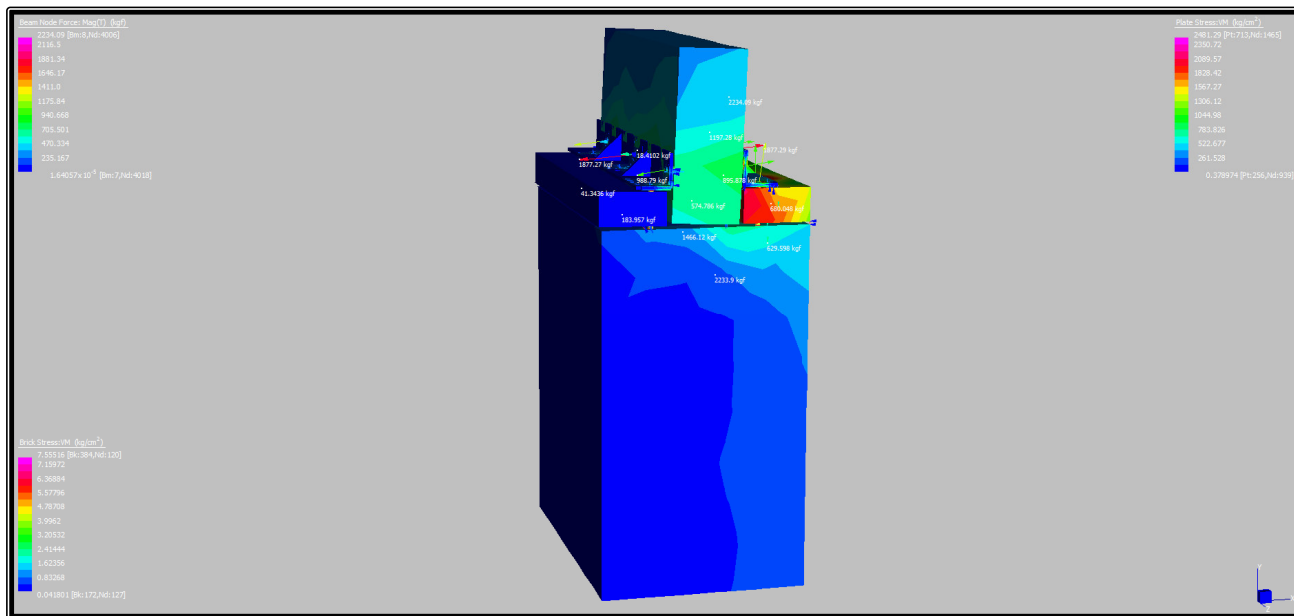


Figura 43 – sforzo sul magrone e cls di completamento, sforzo su profilo in acciaio, reazioni sulle barre di collegamento

I risultati ottenuti risultano ammissibili in relazione alle resistenze di calcolo disponibili dei materiali.

VERIFICA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO BARRE

Sulla base del modello precedentemente illustrato è stata verificata la lunghezza minima di ancoraggio delle barre all'interno del magrone di base.

La verifica dell'ancorante è stata svolta tramite il software di calcolo Profis Anchor 2.7.8 della Hilti, utilizzando una resina tra quelle disponibili del produttore.

L'ancorante effettivamente utilizzato in opera e scelto dall'impresa aggiudicataria tra quelli disponibili sul mercato, non necessariamente corrispondente a quello utilizzato per il calcolo (ma comunque qualificato sismico ETA C2), dovrà in ogni caso essere verificato secondo le indicazioni del produttore. Si faccia riferimento alle tavole per i particolari esecutivi.

www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono | Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

1

14/05/2019

Commenti del progettista:

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-RE 500 V3 + AM (8.8) M16

Profondità di posa effettiva: $h_{ef,act} = 320 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)

Materiale: 8.8

Certificazione No.: Dati Tecnici Hilti

Emesso | Valido: - | -

Prova: metodo di calcolo Extended ETAG BOND (EOTA TR 029)

Fissaggio distanziato: - (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

Profilo:

Materiale base: fessurato calcestruzzo, C12/15, $f_{c,cube} = 15.00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1'100 \text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

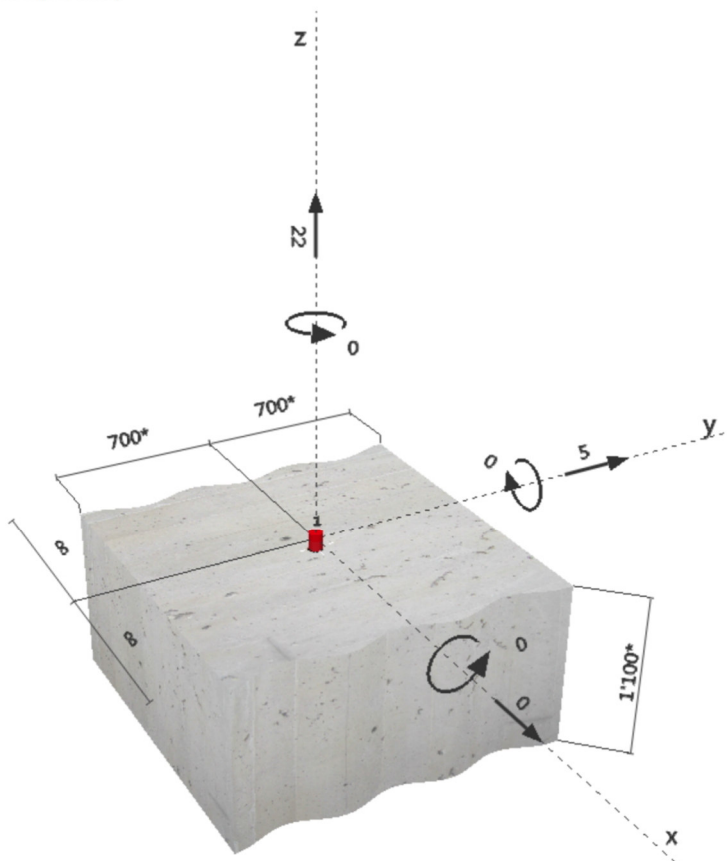
Installazione: Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

Armatura: nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque \varnothing) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\varnothing \leq 10 \text{ mm}$)
senza armatura di bordo longitudinale



^R - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]





Profis Anchor 2.8.2

www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

2

14/05/2019

2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	22.000	5.000	0.000	5.000

Compressione max. nel calcestruzzo: - [%]

Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: - [N/mm²]

risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	22.000	83.733	27	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	22.000	81.514	27	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	22.000	106.417	21	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
125.600	1.500	83.733	22.000

3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
218'453	218'453	16.00	467	234	700
ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	k	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
0.950	7.60	2.300	1.000	1.000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]	
122.271	122.271	1.500	81.514	22.000	

3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
921'600	921'600	480	960		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]	
7.200	159.626	1.500	106.417	22.000	



Profis Anchor 2.8.2

www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

3

14/05/2019

4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_V [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	5.000	50.240	10	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	5.000	163.029	4	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y+**	5.000	120.325	5	OK

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
62.800	1.250	50.240	5.000

4.2 Rottura per pryout (adesione)

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm ²]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
218'453	218'453	16.00	234	467	700
ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	k	k-factor	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$
0.950	7.60	2.300	2.000	1.000	1.000
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Sd} [kN]	
122.271	122.271	1.500	163.029	5.000	

4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y+

h_{ef} [mm]	d_{nom} [mm]	k_1	α	β	
192	16.0	1.700	0.052	0.047	
c_1 [mm]	$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]			
700	2'205'000	2'205'000			
$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{a,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$
1.000	1.000	1.000	0	1.000	1.000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Sd} [kN]		
180.487	1.500	120.325	5.000		

5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.4)

β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0.270	0.100	1.500	18	OK

$$\beta_N + \beta_V \leq 1.0$$



Profis Anchor 2.8.2

www.hilti.it

Impresa:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono / Fax:

E-mail:

Pagina:

Progetto:

Contratto N°:

Data:

4

14/05/2019

6 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

N_{Sk}	= 16.296 [kN]	δ_N	= 0.081 [mm]
V_{Sk}	= 3.704 [kN]	δ_V	= 0.148 [mm]
		δ_{NV}	= 0.169 [mm]

Carichi a lungo termine:

N_{Sk}	= 16.296 [kN]	δ_N	= 0.192 [mm]
V_{Sk}	= 3.704 [kN]	δ_V	= 0.222 [mm]
		δ_{NV}	= 0.294 [mm]

VERIFICA BARRE DI COLLEGAMENTO PROFILATI

Si riporta di seguito la verifica di resistenza delle barre di collegamento tra profilati utilizzate nei rinforzi proposti.

Verifica Barre M16

materiali				
bulloni				
vite	dado	fyb (N/mm ²)	ftb (N/mm ²)	
8.8	8	640	800	
caratteristiche dei profili da collegare				
tipo				
laminati a caldo a sezione aperta				
qualità				
S 275				
spessore				
t ≤ 40mm				
spessore minimo degli elementi esterni collegati (mm)		12		
norme				
UNI EN 10025-2	275	430		
geometria dell'unione				
diametro (mm)	16			
A (mm)	201			
Ares (mm)	157			
tab. 4.2.XII				
γ _{m2}	1.25			
diametro massimo del foro (mm)	17			
piani di taglio (n°pt)	1			
dm (mm)	24			
categoria di esposizione dell'unione				
unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali				

calcolo resistenze				
resistenza di calcolo a taglio dei bulloni		Fv,Rd (kN)	$\frac{0.6 f_{tb} A_{res} n^{\circ} p t}{\gamma M2}$	60.29
calcolo della resistenza a rifollamento				
diametro del gambo del bullone (mm)		16		
spessore della piastra collegata (mm)		12		
resistenza a rottura del materiale della piastra collegata (N/mm ^q)		430		
α	0.49	per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato		
α	1.00	per bulloni interni nella direzione del carico applicato		
k	2.42	per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato		
k	2.01	per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato		
resistenza minima a rifollamento		Fb,Rd (kN)	$\frac{k \alpha f_{tk} d t}{\gamma M2}$	64.94
resistenza di calcolo a trazione degli elementi di connessione		Ft,Rd (kN)	$\frac{0.9 f_{tb} A_{res}}{\gamma M2}$	90.43
resistenza a punzonamento del piatto collegato		Bp,Rd (kN)	$\frac{0.6 \pi d m t p f_{tk}}{\gamma M2}$	186.75
resistenza complessiva della singola unione a taglio			Fv,Rd (kN)	60.29
resistenza complessiva a trazione della singola unione			Ft,Rd (kN)	90.43
sollecitazioni				
trazione	taglio			
Ft,Ed (kN)	Fv,Ed (kN)			
22	5			
verifiche				
trazione				
Ft,Ed (kN)	Ft,Rd (kN)	Ft,Ed/Ft,Rd		
22	90.43	0.24	\leq	1
		verificata		
taglio				
Fv,Ed (kN)	Fv,Rd (kN)	Fv,Ed/Fv,Rd		
5	60.29	0.08	\leq	1
		verificata		
combinata (4.2.65)				
Fv,Ed/Fv,Rd	Ft,Ed//1.4Ft,Rd	totale		
0.08	0.17	0.26	\leq	1
		verificata		

Verifica Barre M12

materiali			
bulloni			
vite	dado	fyb (N/mm ²)	ftb (N/mm ²)
8.8	8	640	800
caratteristiche dei profili da collegare			
tipo			
laminati a caldo a sezione aperta			
qualità			
S 275			
spessore			
t ≤ 40mm			
spessore minimo degli elementi esterni collegati (mm)		12	
norme			
UNI EN 10025-2		fyk (N/mm ²)	ftk (N/mm ²)
		275	430

geometria dell'unione			
diametro (mm)	12		
A (mm ²)	113		
Ares (mm ²)	84.3		
tab. 4.2.XII			
γ _{M2}	1.25		
diametro massimo del foro (mm)	13		
piani di taglio (n°pt)	1		
dm (mm)	19		
categoria di esposizione dell'unione			
unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali			

calcolo resistenze			
resistenza di calcolo a taglio dei bulloni	F _{v,Rd} (kN)	$\frac{0.6 \cdot ftb \cdot Ares \cdot n^{\circ}pt}{\gamma_{M2}}$	32.37
calcolo della resistenza a rifollamento			
diametro del gambo del bullone (mm)	12		
spessore della piastra collegata (mm)	12		
resistenza a rottura del materiale della piastra collegata (N/mm ²)	430		
α	0.64	per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato	
α	1.00	per bulloni interni nella direzione del carico applicato	
k	2.50	per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato	
k	2.50	per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato	
resistenza minima a rifollamento	F _{b,Rd} (kN)	$\frac{k \cdot \alpha \cdot ftk \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$	79.38
resistenza di calcolo a trazione degli elementi di connessione	F _{t,Rd} (kN)	$\frac{0.9 \cdot ftb \cdot Ares}{\gamma_{M2}}$	48.56
resistenza a punzonamento del piatto collegato	B _{p,Rd} (kN)	$\frac{0.6 \cdot \pi \cdot dm \cdot tp \cdot ftk}{\gamma_{M2}}$	147.84
resistenza complessiva della singola unione a taglio	F _{v,Rd} (kN)		32.37
resistenza complessiva a trazione della singola unione	F _{t,Rd} (kN)		48.56

sollecitazioni				
trazione	taglio			
F _t ,Ed (kN)	F _v ,Ed (kN)			
22	5			
verifiche				
trazione				
F _t ,Ed (kN)	F _t ,Rd (kN)	F _t ,Ed/F _t ,Rd		
22	48.56	0.45	≤	1
		verificata		
taglio				
F _v ,Ed (kN)	F _v ,Rd (kN)	F _v ,Ed/F _v ,Rd		
5	32.37	0.15	≤	1
		verificata		
combinata (4.2.65)				
F _v ,Ed/F _v ,Rd	F _t ,Ed//1.4F _t ,Rd	totale		
0.15	0.32	0.48	≤	1
		verificata		

VERIFICA ANCORAGGIO BARRE NEI NUOVI CORDOLI

Si verifica di seguito l'ancoraggio delle barre all'interno dei nuovi cordoli realizzato mediante barra con anello.

materiali				
tipo di materiale costituente il tirafondo	acciaio 8.8			
dado	f _y b (N/mm ²)	f _t b (N/mm ²)		
f _t b (N/mm ²)	640	800		
acciaio				
tipo				
laminati a caldo a sezione aperta				
qualità				
S 275				
spessore				
t ≤ 40mm				
spessore minimo degli elementi esterni collegati (mm)		10		
norme	f _y k (N/mm ²)	f _t k (N/mm ²)		
UNI EN 10025-2	275	430		
calcestruzzo				
C28/35				
aderenza calcestruzzo				
non buona aderenza				

sollecitazioni sul singolo tirafondo				
trazione	taglio			
F _{t,Ed} (kN)	F _{v,Ed} (kN)			
10	5			
RESISTENZA DEI TIRAFONDI				
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
diam (mm)	a (mm)	L (mm)	modello	
16	50	250	anello	
r (mm)	L1 (mm)	alfa	coef secur	
30	0	0.40	1.5	
N1 (kgf) uncino				
769				
N1 (kgf) anello				
1,241				
VERIFICA				
azione sollecitante (kgf)		azione resistente (kgf)		
1,000	inferiore	1,241	verificato	
tensione per trazione lato acciaio (N/mm ²)		azione resistente (N/mm ²)		
61.73	inferiore	512.00	verificato	
diametro (mm)	16			
A (mm ²)	201			
Ares (mm ²)	157			
tab. 4.2.XII				
γ _{m2}	1.25			
diametro massimo del foro (mm)	17			
diametro dado (mm)	24			
categoria di esposizione dell'unione				
unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali				

calcolo resistenze				
resistenza di calcolo a taglio del tirafondo		Fv,Rd (kN)	0.6 f _{tb} A _{res}	60.29
			γM2	
calcolo della resistenza a rifollamento				
diametro del gambo del bullone (mm)		16		
spessore della piastra collegata (mm)		10		
resistenza a rottura del materiale della piastra collegata (N/mmq)		430		
α	0.59	per bulloni di bordo nella direzione del carico		
α	1.00	per bulloni interni nella direzione del carico		
k	2.50	per bulloni di bordo nella direzione		
k	2.50	per bulloni interni nella direzione		
resistenza minima a rifollamento		Fb,Rd (kN)	k α f _{tk} d t	80.94
			γM2	
resistenza di calcolo a trazione degli elementi di connessione		Ft,Rd (kN)	0.9 f _{tb} A _{res}	90.43
			γM2	
resistenza a punzonamento del piatto collegato		Bp,Rd (kN)	0.6 π d _m t _p f _{tk}	155.62
			γM2	
resistenza complessiva della singola unione a taglio			Fv,Rd (kN)	60.29
resistenza complessiva a trazione della singola unione			Ft,Rd (kN)	90.43
verifiche				
trazione				
Ft,Ed (kN)	Ft,Rd (kN)	Ft,Ed/Ft,Rd		
10	90.43	0.11	≤	1
		verificata		
taglio				
Fv,Ed (kN)	Fv,Rd (kN)	Fv,Ed/Fv,Rd		
5	60.29	0.08	≤	1
		verificata		
combinata (4.2.65)				
Fv,Ed/Fv,Rd	Ft,Ed//1.4Ft,Rd	totale		
0.08	0.08	0.16	≤	1
		verificata		

SCELTA DELLA DISPOSIZIONE DEGLI ELEMENTI DI RINFORZO

La scelta del posizionamento dei profilati metallici, come riportato nelle tavole allegate, è derivata al fine di garantire un passo costante delle barre filettate utili all'irrigidimento dei nodi di collegamento, passo che è ritenuto efficace sulla base delle modellazioni FEM effettuate e riportate nella presente relazione di calcolo.

Sia nel caso dei profilati metallici posti nel piano delle fondazioni che quelli posti al piano terra, a causa della difficoltà della loro posa in opera dovuta a spazi ristretti ed alla presenza di aperture ed elementi impiantistici fissi, laddove opportuno è stato previsto di porre tali profili sotto forma di spezzoni e non di elementi continui. Si riportano di seguito gli schemi relativi alle disposizioni degli elementi di

rinforzo a livello delle fondazioni e del piano terra. Per maggiori dettagli in merito si rimanda alle tavole di progetto allegate.

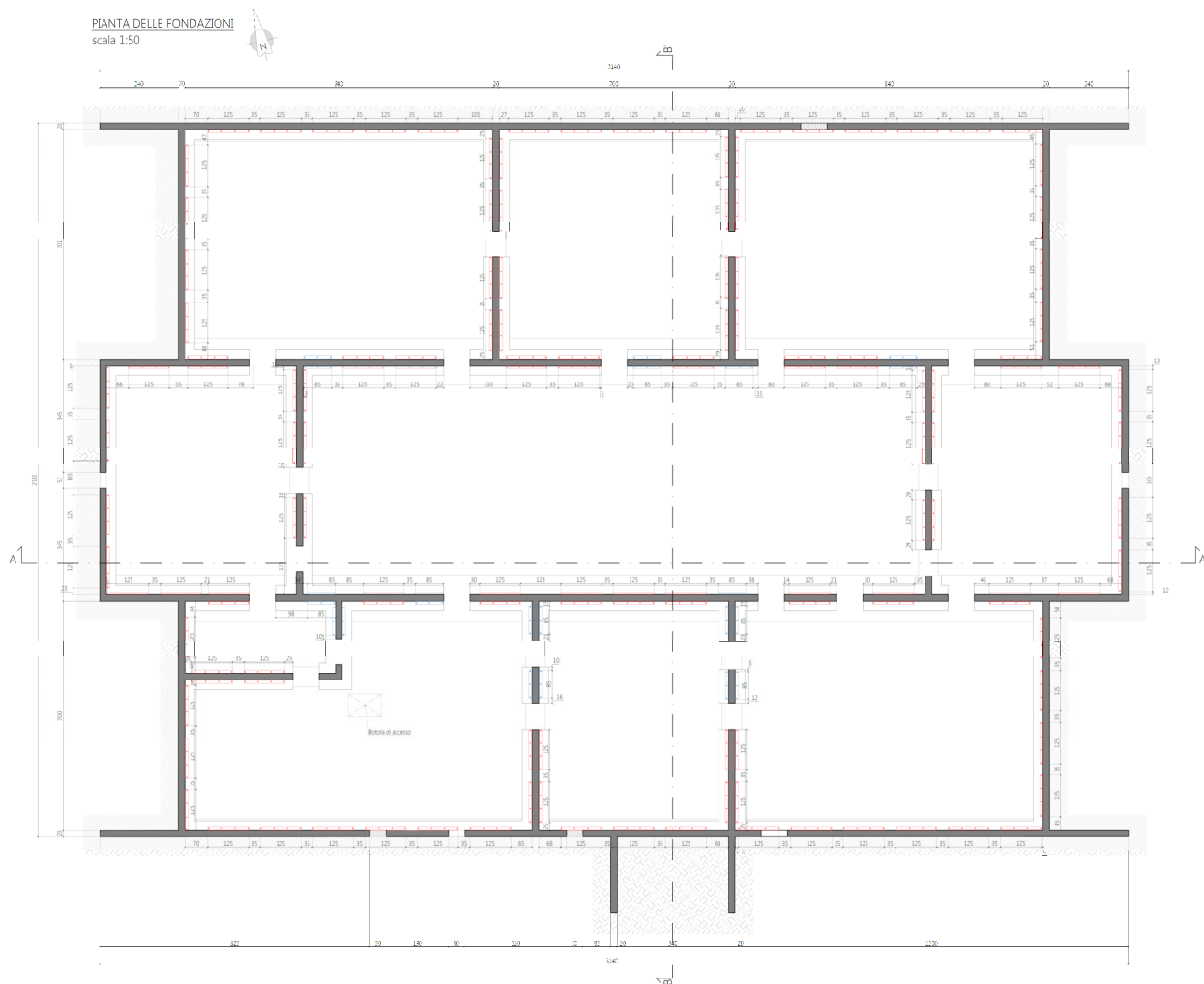


Figura 44 – schema tipologico della disposizione degli elementi di rinforzo in fondazione

PIANTA PIANO TERRA
scala 1:50

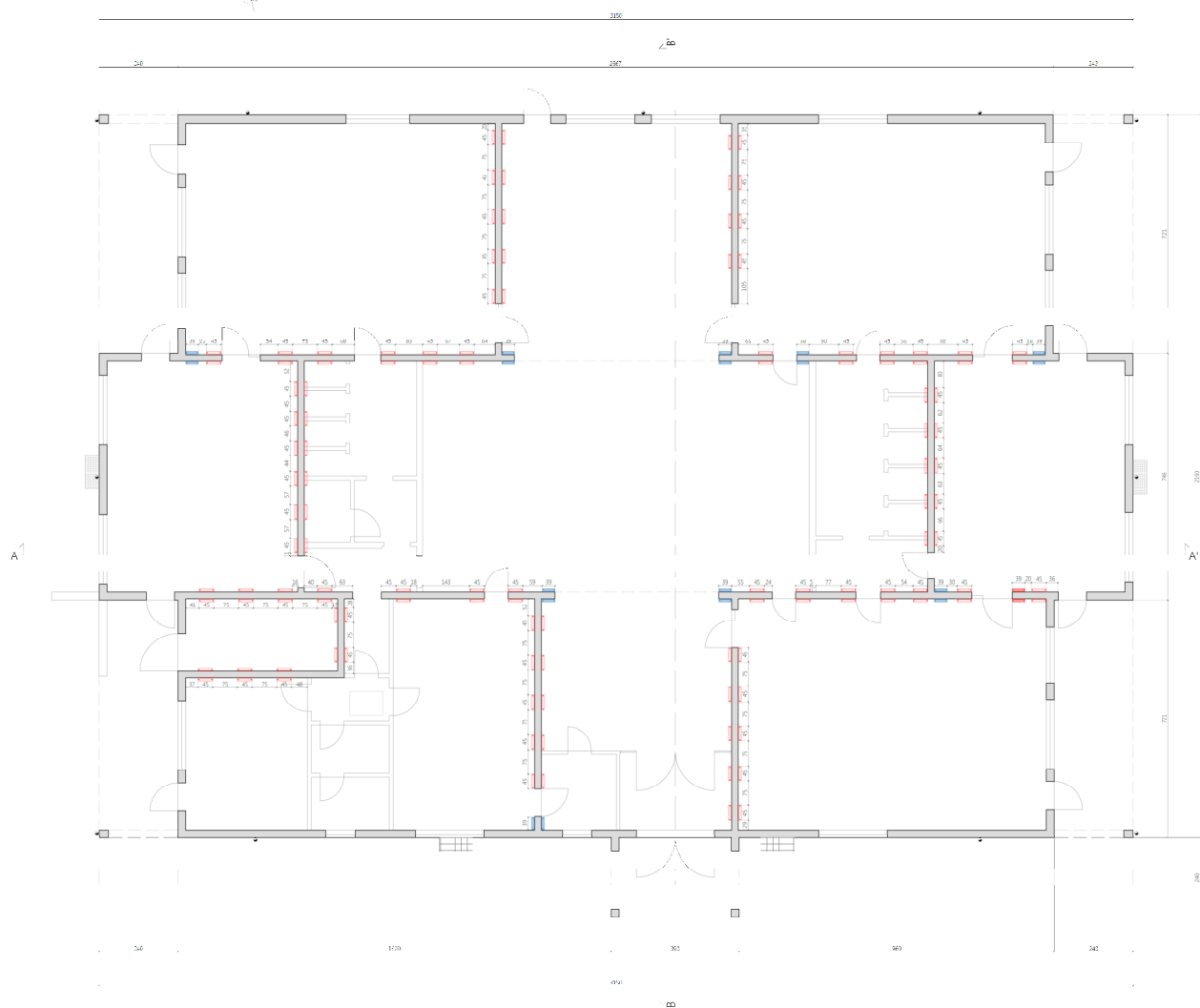


Figura 45 – schema tipologico della disposizione degli elementi di rinforzo al piano terra

INDICE

Premessa	2
Relazione di Calcolo	3
Il progetto di adeguamento sismico	3
Generalità sui software di calcolo utilizzati	3
Generalità sul modello di calcolo	3
I nodi	3
I materiali	4
Le sezioni	4
I carichi	4
Gli elementi finiti	5
Elemento truss (asta reticolare)	5
Elemento frame (trave e pilastro, trave di fondazione)	5
Elemento shell (guscio)	6
Elemento plane (stato piano di tensione, stato piano di deformazione, assialsimmetrico)	7
Elemento boudary (vincolo)	8
Elemento plinto	8
Presentazione dei risultati	9
I metodi di calcolo	9
Analisi Statica Lineare	9
Analisi Dinamica Modale	9
Presentazione dei risultati dell'analisi strutturale	11
Deformate	11
Aspetti Particolari dell'Analisi Dinamica	11
Aste Reticolari	11
Travi, Pilastri e Travi di Fondazione	12
GUSCI	13
Elemento in Stato Piano di Tensione, Stato Piano di Deformazione, Assialsimmetrici	14
Vincoli	15
Plinti	15

Verifiche di sicurezza degli elementi	16
Verifiche di opere in cemento armato con il metodo degli stati limite	16
Travi, Pilastri, Setti e Travi di Fondazione	16
Considerazioni per l'Analisi Dinamica.	19
Risultati gerarchia delle resistenze (NTC 2018)	19
I Risultati per i Plinti	19
I Risultati per Elementi in Stato Piano di Tensione, Stato Piano di Deformazione, Assialsimmetrici	21
I Risultati per Elementi Guscio	21
I Risultati per le Pareti	23
Verifiche di opere in legno con il metodo dell'Eurocodice 5	23
I Risultati per Aste Reticolari	23
I Risultati per Travi e Pilastri	23
Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità	24
Generalità su Straus7	25
Riassunto delle Caratteristiche del Codice di Calcolo	25
Gruppi	25
Sistemi di Coordinate	25
Elementi Trave	25
Elementi Piastra	25
Il Sub-Modelling	25
Inserimento dei Dati	26
Condizioni di Vincolo	26
Esame dei risultati del calcolo	26
Combinazioni di condizioni di carico	26
Stampa dei Risultati	26
Funzioni di ricerca	27
Grafici XY	27
Elementi ed attributi	27
Attributi degli Elementi Beam	27
Elementi Plate	28
Attributi degli Elementi Plate	28

Elementi Brick	29
Attributi degli Elementi Brick	29
Elementi Link	29
Materiali	29
Analisi dello spettro di risposta.	30
Ipotesi	30
Implementazione computazionale	30
Numero di modi propri di vibrazione	31
Sovrapposizione delle Singole Risposte Modali	31
Il modello di calcolo agli elementi finiti	32
Il modello a telaio equivalente	32
Valutazione della Sicurezza e delle Prestazioni della Struttura	33
Azioni	33
Prestazioni di progetto, Classe della struttura, Vita Utile e Procedure di Qualità	33
Criteri per la Misura della Sicurezza	34
Analisi dei carichi	35
CARICHI DA NEVE	35
Analisi dei Carichi Solaio di Calpestio	36
Analisi dei Carichi Solaio di Copertura	36
Azioni Termiche	36
Combinazioni di Carico Elementari	36
Combinazioni Elementari del Solaio di Calpestio	37
Combinazioni Elementari del Solaio di Copertura	37
Azione sismica	37
Stato Limite di Danno	38
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	39
Elementi del Modello	40
Verifiche dei solai	55
Verifica del solaio di calpestio	55
Verifica solaio di copertura	58
Verifica del solaio di copertura forato	64

Elementi Non Strutturali	67
Verifica degli Interventi di Rinforzo	67
Verifica di Resistenza a Taglio dei Collegamenti alla Base ed in Sommità alle Pareti	67
Verifica degli ancoranti in testa ai pannelli soggetti a momento flettente fuori piano	71
Modellazione di Dettaglio Nodo di Base	74
Verifica Lunghezza di Ancoraggio Barre	76
Verifica Barre di Collegamento Profilati	80
Verifica Ancoraggio Barre nei Nuovi Cordoli	83
Scelta della disposizione degli elementi di rinforzo	85
Indice	88