

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA E PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA CASA DI PRIMA ACCOGLIENZA SOCIO-ASSISTENZIALE

Sede della Caritas Diocesana di Imola

Progetto a cura degli ingg. Marco Peroni e Irene Fabbi – Marco Peroni Ingegneria, Faenza

INTRODUZIONE

Con il presente contributo intendiamo condividere l'esperienza maturata in relazione al recupero strutturale e architettonico del fabbricato ad uso magazzino della Caritas di Imola.

Il fabbricato in esame, costituito da un piano fuori terra in muratura, risale agli anni '70 all'inizio del '900 ed è collocato all'interno di un aggregato edilizio nel centro storico di Imola.

In particolare, sulla base dei documenti storici reperiti e dei rilievi eseguiti in situ, si evidenzia una marcata vulnerabilità sismica in termini di resistenza e rigidezza del fabbricato dovuta all'elevata lunghezza libera di inflessione delle pareti, alla copertura spingente e alla presenza di aperture che riducono la larghezza dei setti portanti in elevazione, in assenza di pareti trasversali di controventamento.

DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE

Gli interventi proposti si inquadrano nell'ambito delle attività socio assistenziali alle quali è chiamata la Caritas di Imola per fronteggiare le numerose richieste di aiuto che sempre più frequentemente giungono dalla società civile penalizzata nei diritti fondamentali dell'igiene personale, della casa e del vitto dalla crisi economica che ha colpito così pesantemente anche la città di Imola.

Sul finire degli anni '80 del secolo scorso la Diocesi di Imola si prese cura del recupero dell'edificio utilizzato dalla Caritas promuovendo un intervento di ristrutturazione radicale, poiché lo stato di conservazione era pessimo e l'edificio risultava già da tempo abbandonato ed inutilizzabile.

Il progetto proposto prende atto degli spazi a disposizione e delle peculiarità architettoniche che li caratterizzano per proporre una soluzione funzionale e nel rispetto e per la valorizzazione delle preesistenze.

Il fabbricato oggetto di intervento, risalente all'inizio del '900, è collocato all'interno di un aggregato edilizio nel centro storico di Imola (Figura 1) e presenta un andamento diagonale rispetto all'impianto complessivo degli edifici.

Il fabbricato (Figura 2), attualmente adibito ad uso magazzino della Caritas, è costituito da un unico ambiente lungo oltre 14 m e largo circa 3,5 m, coperto da un'unica falda in legno, a spiovere verso l'interno, con un'altezza minima di 5,0 m e una massima di 6,2 m. Nella parte alta della facciata sul cortile vescovile sono presenti finestroni di larghezza 1,5 m e altezza 2,3 m, sotto ai quali sono presenti delle tamponature in laterizio. Il solaio di copertura è realizzato in legno e non sono presenti piani intermedi nè interrati.



Figura 1 – Vista dall'alto del centro storico di Imola



Figura 2 – Vista interna del fabbricato

L'edificio è collegato ad un fabbricato adiacente a pianta rettangolare a tre piani fuori terra e un piano interrato nella parte prospiciente l'ingresso, risalente agli inizi del 1800. La prima porzione del fabbricato presenta un interrato voltato, una scala in muratura posta in centro e trasversale al primo corpo di fabbrica, che unisce tutti i piani. Oltre il cortiletto interno c'è un'altra porzione di fabbricato a soli due piani fuori terra non oggetto di intervento.

I fabbricati sono entrambi realizzati con struttura portante in muratura e solai lignei con impalcati di legno e/o in laterizio e legno.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La struttura del fabbricato oggetto di intervento si presenta assai debole sotto il profilo della resistenza alle azioni sismiche poiché la forma dell'edificio, la sua massa resistente, le grandi aperture poste in sommità e la tipologia della copertura spingente comportano necessariamente un intervento per renderlo fruibile a un uso civile.

Si evidenzia in particolare una marcata vulnerabilità sismica in termini di resistenza e rigidezza del fabbricato dovuta all'elevata lunghezza libera di inflessione delle pareti, alla copertura spingente e alla presenza di aperture che riducono la larghezza dei setti portanti in elevazione, in assenza di pareti trasversali di controventamento.

Il progetto proposto si pone innanzitutto l'obiettivo del recupero strutturale e architettonico del fabbricato ad uso magazzino per renderlo idoneo ad un utilizzo civile in sicurezza, individuando e valorizzando gli aspetti peculiari che lo caratterizzano (Figura 3).

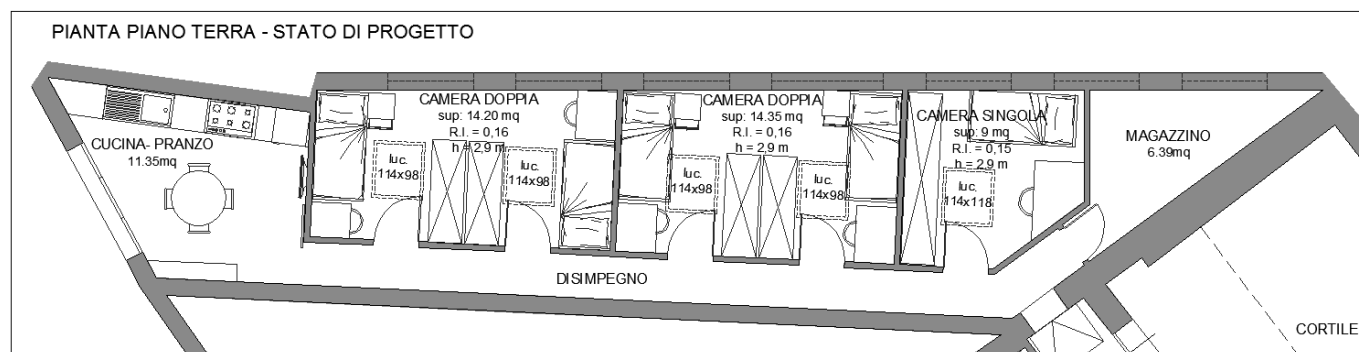
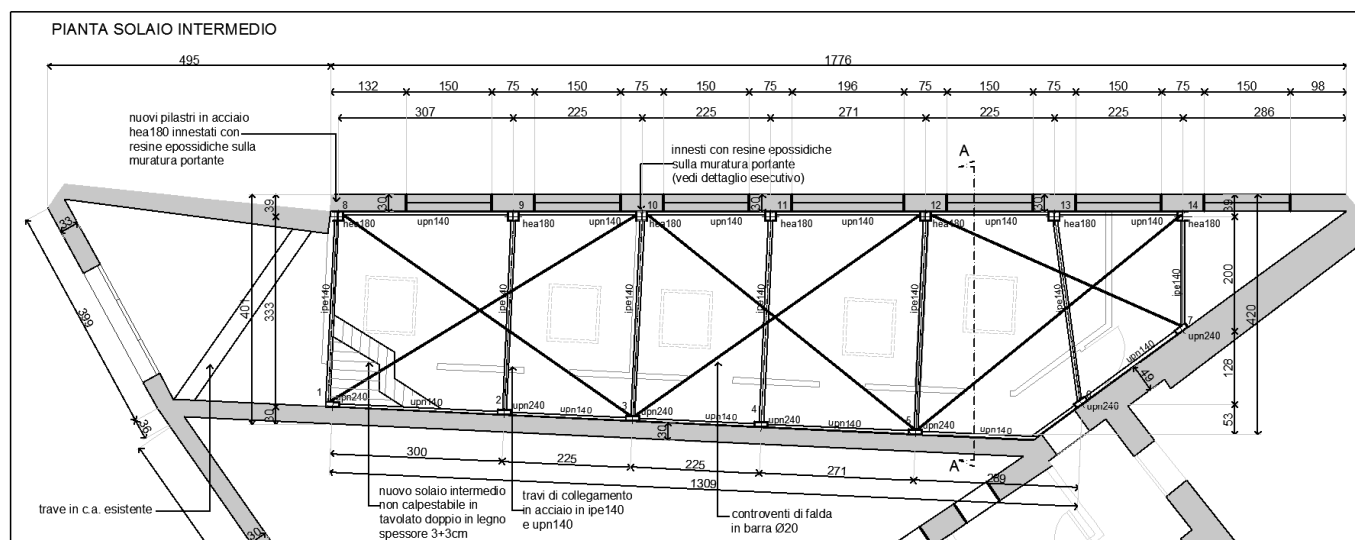
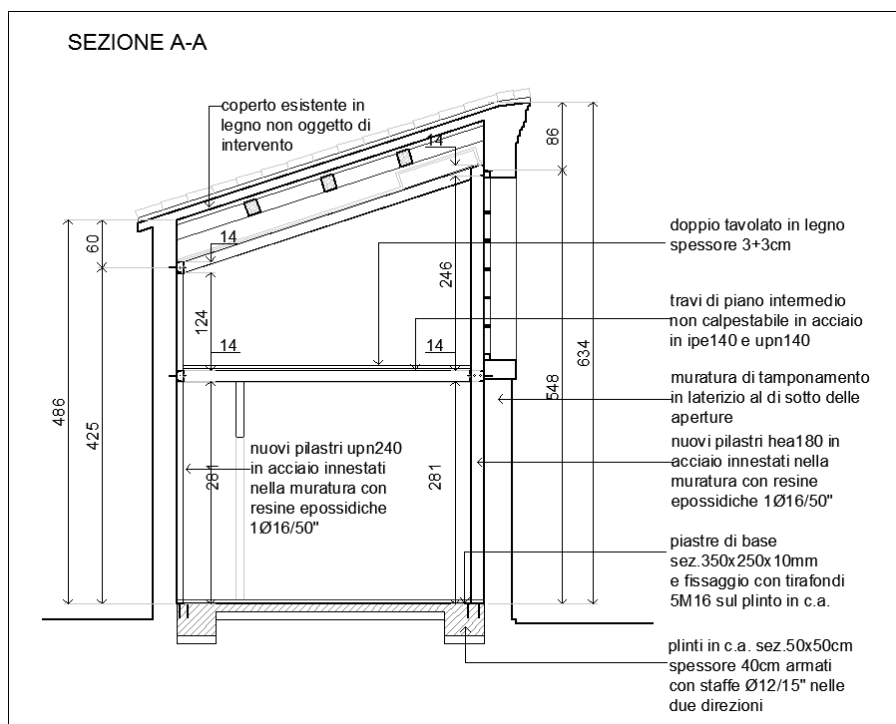


Figura 3 – Pianta piano terra progetto architettonico

Dal punto di vista strutturale è stata proposta la realizzazione di una struttura metallica costituita da montanti in hea180 in appoggio al muro esterno e Upn240 sul corridoio, con opportuni controventi di parete, fino al di sotto del solaio di copertura, con interposizione di un piano intermedio a quota 280cm e di un piano al di sotto del coperto, realizzati con traversi Upn140 e lpe140 (Figure 4 e 5).

L'impalcato intermedio, realizzato con doppio tavolato in legno di spessore 3+3cm, non sarà praticabile, ma solo accessibile per eventuale manutenzione.

L'impalcato al di sotto del coperto, invece ha la funzione di chiudere l'intelaiatura di rinforzo della struttura in muratura, pertanto dal punto di vista statico deve sostenere il solo peso proprio della struttura.



I montanti verranno collegati alle murature perimetrali mediante barre innestate con malta cementizia espansiva a rapida presa o resine epossidiche (Figura 6).

A livello delle fondazioni si realizzeranno plinti al di sotto di ciascun montante, collegati da una soletta integrativa e opportunamente innestati nelle murature esistenti. L'intervento comunque non comporta incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%.

Tale intervento mira a migliorare lo schema strutturale tramite la realizzazione di efficaci collegamenti trasversali tra le strutture murarie portanti, consentendo un'efficace cerchiatura dell'edificio e assicurando un funzionamento monolitico della porzione di fabbricato interessata. Tale intervento è inquadrato nell'ambito dell'adeguamento sismico ai sensi par. 8.4.1 delle NTC 2008, finalizzato ad accrescere la capacità di resistenza e duttilità del sistema costruttivo alle azioni.

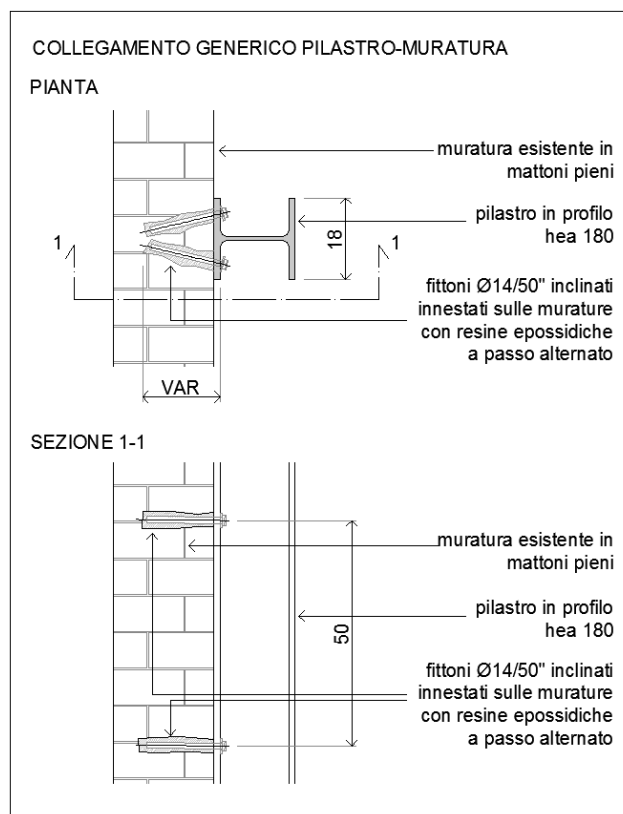


Figura 6 - Particolare fissaggio tra pilastri in acciaio e muratura

LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Secondo quanto indicato dal cap. 8.5.4 delle NTC08 e dal cap. C8A.1.A della Circ. n.617/09, gli aspetti che definiscono il livello di conoscenza sono:

- **caratteristiche geometriche**, ricavati dal rilievo visivo, piano per piano, di tutti gli elementi in muratura;
- **dettagli costruttivi**, parzialmente noti dai disegni strutturali originali e da una limitata verifica in situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti;
- **caratteristiche dei materiali**, note dalle specifiche originali di progetto con limitate prove in situ.

Sulla base delle informazioni complessivamente acquisite sul fabbricato, si assume un livello di conoscenza limitato LC1, che porta all'adozione di un fattore di confidenza $FC=1,35$.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Secondo quanto consentito dal cap. 8.7.2 delle NTC08 e dal cap. C8A.1.B.4 della Circ. n.617/09, i valori di calcolo delle resistenze da utilizzare sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza.

Sono state condotte verifiche visive in situ e si evince che la muratura che compone l'edificio sia in mattoni pieni con buona tessitura unita da giunti di malta di calce.

Come indicato al §8.7.1.5 della Circ. n.617/09, i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza e per il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali.

Per la muratura esistente si fa quindi riferimento ai valori minimi di resistenza e ai valori medi dei moduli di elasticità riportati nella Tabella C8A.2.1 (Circ. n.617 2/2/09).

I valori di calcolo sono pertanto i seguenti:

- resistenza a compressione di calcolo della muratura:

$$f_d = \frac{f_m}{FC} = \frac{240 N / cm^2}{1,35} \cong 180 N / cm^2$$

- resistenza a taglio di calcolo della muratura in assenza di compressione:

$$\tau_{0d} = \frac{\tau_0}{FC} = \frac{6 N / cm^2}{1,35} = 4,5 N / cm^2$$

- modulo di elasticità normale: $E = \frac{E_m}{FC} = \frac{1500 N / mm^2}{1,35} = 1110 N / mm^2$

- modulo di elasticità tangenziale: $G = \frac{G_m}{FC} = \frac{500 N / mm^2}{1,35} = 370 N / mm^2$

CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE

La valutazione della sicurezza del fabbricato esistente in muratura è stata elaborata in particolare mediante un'analisi cinematica lineare dei meccanismi locali di collasso che con maggiore probabilità possono interessare la struttura.

Pertanto la costruzione è stata studiata in modo da individuare, sulla base dell'organizzazione strutturale, delle sue carenze e dello stato di fatto, i cinematismi di collasso che possono essere attivati; in particolare sono state valutate le forme di vulnerabilità ricercando i fattori che rappresentano le condizioni di "debolezza" locale e che possono influenzare il processo verso particolari modalità di danno.

L'approccio cinematico svolto nasce dalla constatazione che negli edifici esistenti in muratura spesso il sisma produce collassi parziali, in genere per perdita dell'equilibrio delle porzioni murarie. Il collasso deriva dall'attivazione di un meccanismo che richiede un'adeguata monoliticità delle pareti murarie, così che siano impediti collassi localizzati per disgregazione della muratura. Il meccanismo di collasso che con maggiore probabilità può interessare la struttura in esame, soggetta ad azione sismica perpendicolare alla parete, è rappresentata dal flessione verticale di parete monolitica, in quanto in particolare la parete esterna del magazzino di spessore 30cm e lunghezza di circa 15,0m si sviluppa in elevazione ad un solo piano fuori terra di altezza pari a 460cm; inoltre sono presenti aperture di dimensioni 150x230cm distanti tra loro 75cm.

La verifica non è risultata soddisfatta allo stato di fatto, evidenziando quindi una marcata vulnerabilità dovuta all'elevata lunghezza libera di inflessione delle pareti e alla presenza di aperture che riducono la larghezza dei setti portanti in elevazione, in assenza di pareti trasversali di controventamento.

La progettazione della nuova struttura metallica è stata sviluppata con i criteri specifici di un'analisi dinamica lineare considerando un comportamento strutturale non dissipativo nei confronti dell'azione sismica, assumendo lo spettro di risposta SLV con fattore di struttura **q=1,0**, vita nominale 50 anni, classe d'uso II per normale affollamento, $T_R=475$ anni, suolo di categoria C.

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia).

La struttura è schematizzata mediante un telaio spaziale costituito dagli elementi tipo "frame" per

pilastri e travi in acciaio resistenti dei telai portanti e da vincoli ad incastro alla base. Il modello (Figura 6) tiene conto della distribuzione delle masse e non considera rigidzze aggiuntive costituite da elementi non strutturali.

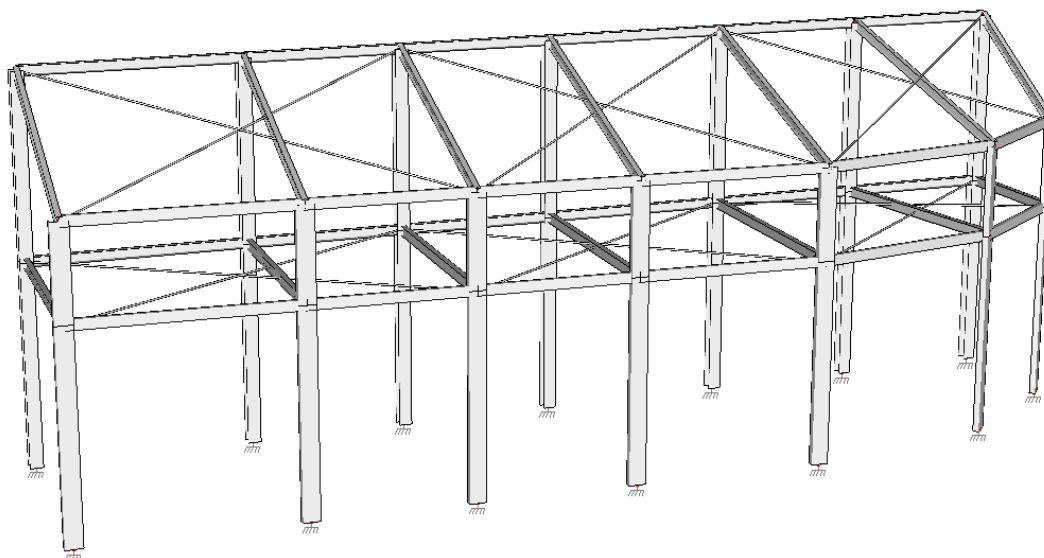


Figura 6 – Modello di calcolo telaio in acciaio

Applicazione dei carichi della muratura ai montanti in acciaio:

Realizzando la nuova struttura resistente in acciaio, si ritiene di poter considerare in prima approssimazione le pareti in muratura come pannelli di tamponamento non sismo resistenti e quindi come elementi sismici secondari.

Secondo quanto consentito dal cap.7.2.6. delle NTC08, gli elementi strutturali “secondari” possono essere modellati unicamente in termini di massa visto che non sono dotati di rigidezza e resistenza tale da modificare significativamente il comportamento del modello.

In realtà le tamponature migliorano il comportamento sismico della struttura incrementandone la capacità portante, pertanto trascurarle è a favore di sicurezza.

Dal punto di vista sismico la relativa massa viene trasmessa agli elementi a cui risultano connessi in testa, cioè alle travi.

Per assegnare la sola massa del pannello agli elementi di competenza nel modello di calcolo si può semplicemente, oltre che assegnare masse dinamiche nodali, applicare il carico del tamponamento alle travi, assegnando un'aliquota inerziale unitaria e definendo il carico in una condizione dedicata (Figura 7). Il carico va poi assegnato con un moltiplicatore di carico pari alla larghezza dell'area di competenza, in questo caso metà altezza del tamponamento. In tutte le combinazioni di carico questa condizione di carico deve essere ignorata (moltiplicata per zero o non inserita): in questo modo il carico applicato resta solo sotto forma di massa (aliquota inerziale unitaria) ma la forza statica viene ignorata. Tale aspetto si può notare osservando i diagrammi delle sollecitazioni di sforzo normale ottenuti per le combinazioni statica (Figura 8) e dinamica (Figura 9).

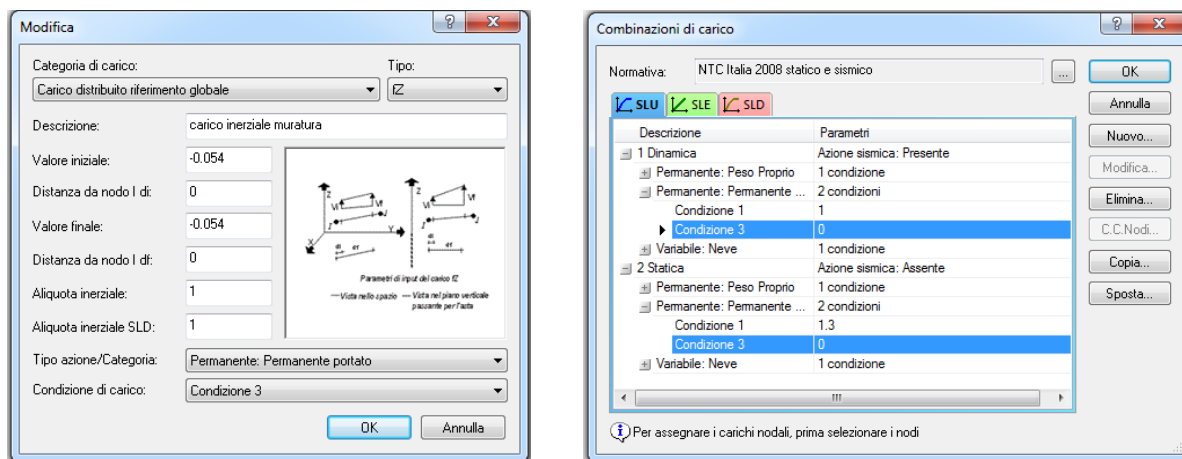


Figura 7 – Tabelle carichi e combinazioni di carico

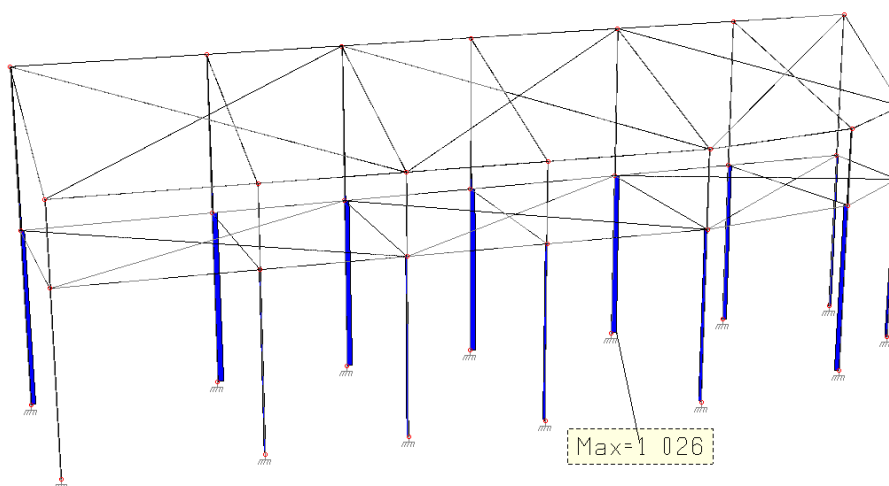


Figura 8 – Diagramma sforzo normale N [daN] – combinazione fondamentale

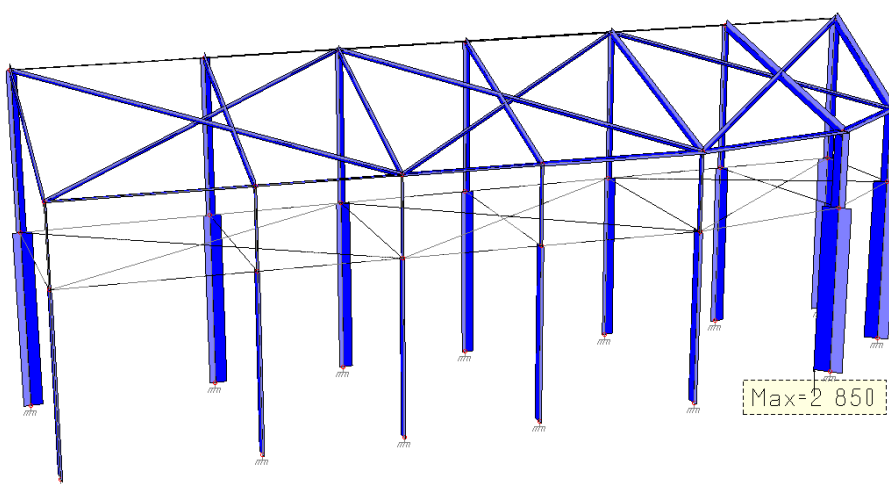


Figura 9 – Diagramma sforzo normale N [daN] – combinazione dinamica

CONCLUSIONI

Il progetto proposto si è posto l'obiettivo del recupero strutturale e architettonico del fabbricato ad uso magazzino della Caritas di Imola per renderlo idoneo ad un utilizzo civile in sicurezza. Dal punto di vista strutturale la realizzazione di una struttura metallica interna e collegata alle

murature perimetrali (Figura 10) mira a migliorare lo schema strutturale tramite la realizzazione di efficaci collegamenti trasversali tra le strutture murarie portanti, consentendo un'efficace cerchiatura dell'edificio e assicurando un funzionamento monolitico della porzione di fabbricato interessata.

Tale intervento è inquadrato nell'ambito dell'adeguamento sismico ai sensi par. 8.4.1 delle NTC 2008, finalizzato ad accrescere la capacità di resistenza e duttilità del sistema costruttivo alle azioni.

SEZIONE B-B

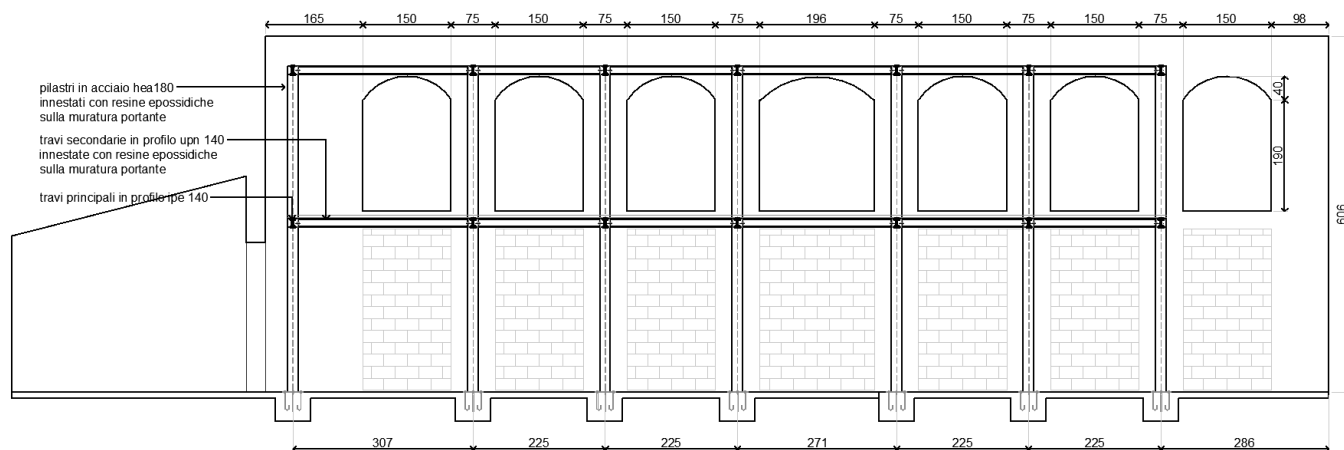


Figura 10 – Sezione longitudinale di progetto