

Interventi di miglioramento sismico in un fabbricato in muratura con impiego della carpenteria metallica

(progettista strutturale Ing. Corrado Prandi, progettista architettonico Arch. Mauro Severi,)



La costruzione comprendente la palazzina e i retrostanti capannoni è stata realizzata agli inizi del secolo trascorso, in una unica soluzione e in continuità strutturale; probabili interventi successivi, hanno portato alla realizzazione di un livello rilevato nei capannoni con sovrastanti suddivisioni murarie, alterando la buona simmetria dei setti presenti nella costruzione iniziale.

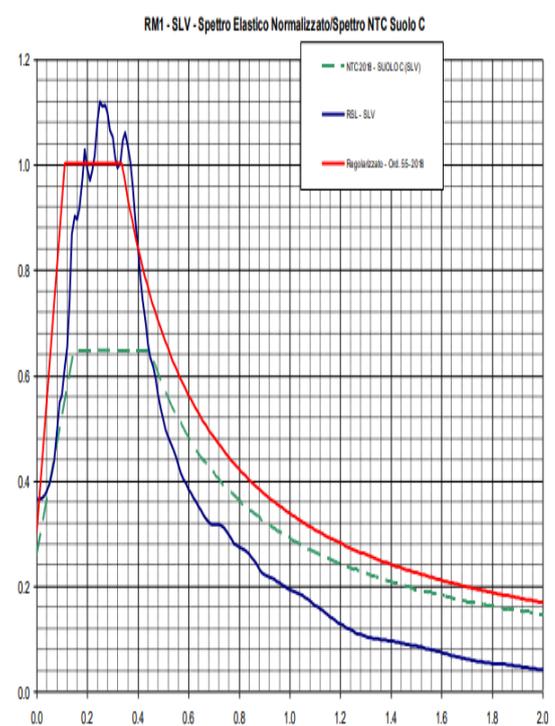
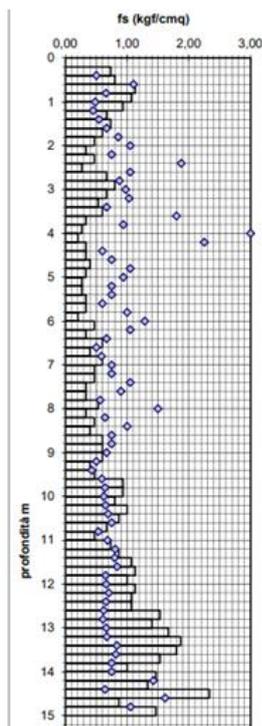
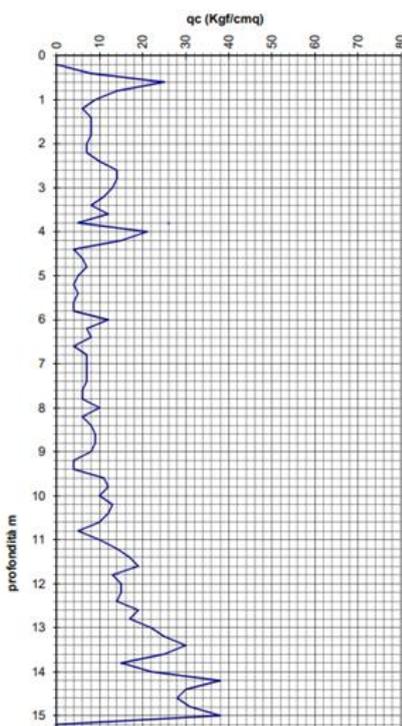
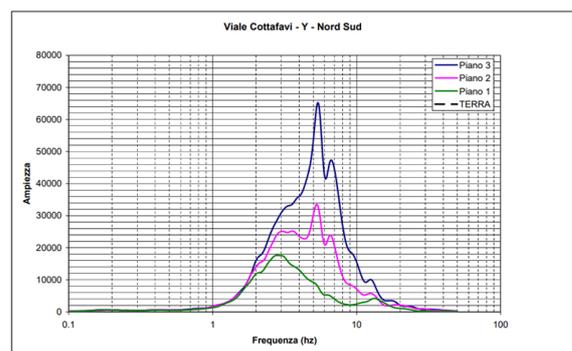
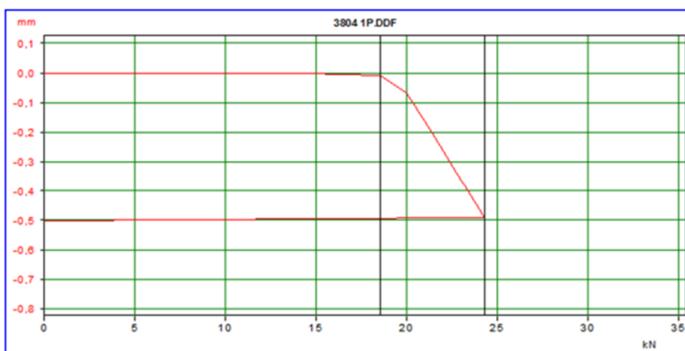


Le coperture hanno orditura lignea, gli impalcati prevedono profili metallici con interposti tavelloni laterizi, i setti murari sono in muratura laterizia con mattoni pieni legati a malta di calce; lo stato delle murature e degli impalcati è mediamente ordinario eccetto la presenza di un evidente cedimento fondale interessante un angolo della palazzina; le coperture lignee dei capannoni sono fortemente deteriorate per effetto della diffusa infiltrazione di acqua piovana, presentano un crollo totale di una delle capriate e un generale abbassamento delle stesse; i puntoni delle capriate hanno spinto in modo anomalo sulle murature

perimetrali, che in sommità ora presentano evidenti dislocazioni orizzontali, contenute più o meno efficacemente in passato con tiranti metallici.

Già l'**osservazione** della costruzione e il contesto di edificazione hanno indirizzato nell'individuazione delle problematiche presenti: l'area di sedime del fabbricato risultava sormontare il tracciato di ampie canalizzazioni storiche ed era più bassa delle aree contigue; questa circostanza confermerebbe l'antica effettuazione di operazioni di colmata e pertanto la presenza di terreno con limitato grado di compattazione, compatibile con un cedimento fondale; il compluvio delle coperture dei capannoni, con incerta efficacia delle canalizzazioni di scarico, avrebbe consentito infiltrazioni piovane e il deterioramento dei legnami, il che giustificherebbe il crollo di una capriata; infine la parte in rilevato presente internamente ai capannoni, con i manufatti sovrastanti, avrebbe sfavorevolmente aumentato la massa sismica e le eccentricità rispetto a una probabile configurazione iniziale; si è avuto invece riscontro positivo per gli ammorsamenti tra setti murari, che risultavano adeguati.

Le **indagini diagnostiche** (shove-test, penetrometrie, masw-remi, analisi della risposta sismica locale) hanno indirizzato la caratterizzazione delle murature e del terreno di fondazione, oltre ai valori di una più probabile azione sismica; diffuse prove con velocimetro attivato da microtremori ambientali, hanno individuato le principali frequenze di vibrazione della costruzione.

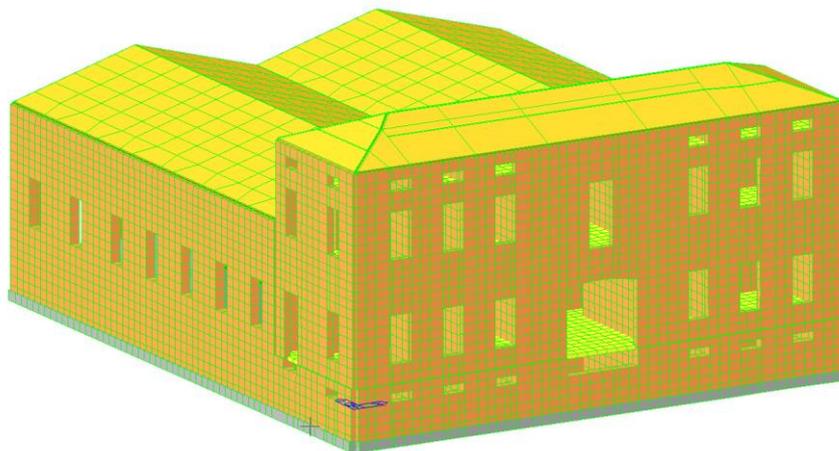


Dall'esecuzione delle prove diagnostiche risultava:

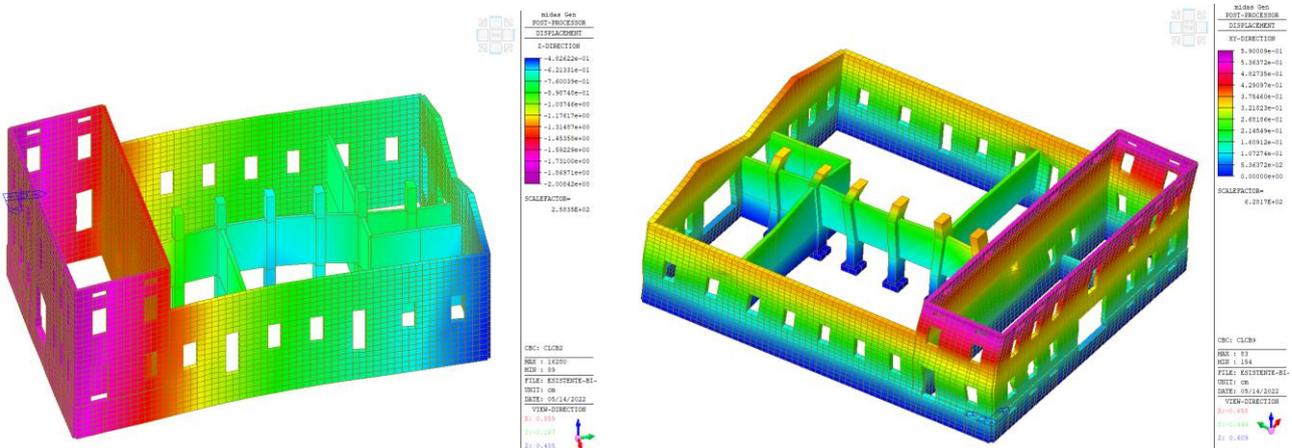
- ✚ che i valori della resistenza media a taglio della muratura T_0 erano allineati a quanto riportato nella circolare C.S.LL.PP 7/2019 per la specifica tipologia muraria;
- ✚ che le frequenze dei modi principali di vibrazione e le relative intensità risultavano coerenti al comportamento dinamico atteso per la costruzione, sulla base dei risultati della modellazione F.E.M.;
- ✚ che la caratterizzazione del terreno di fondazione giustificava il cedimento fondale riconosciuto;
- ✚ che lo spettro elastico ottenuto dall'analisi della risposta sismica locale indicava valori di accelerazioni al suolo e di pseudo-accelerazioni ai bassi periodi, molto superiori ai valori ottenibili dagli spettri normativi.

Le indagini eseguite hanno fornito importanti indirizzi alle fasi successive della progettazione, anche se prudenzialmente non è stato considerato un livello di conoscenza superiore a LC1.

Il rilievo geometrico e i risultati delle indagini diagnostiche hanno prima permesso, poi indirizzato le integrazioni e infine dato validità alla **modellazione** al continuo eseguita per il fabbricato;



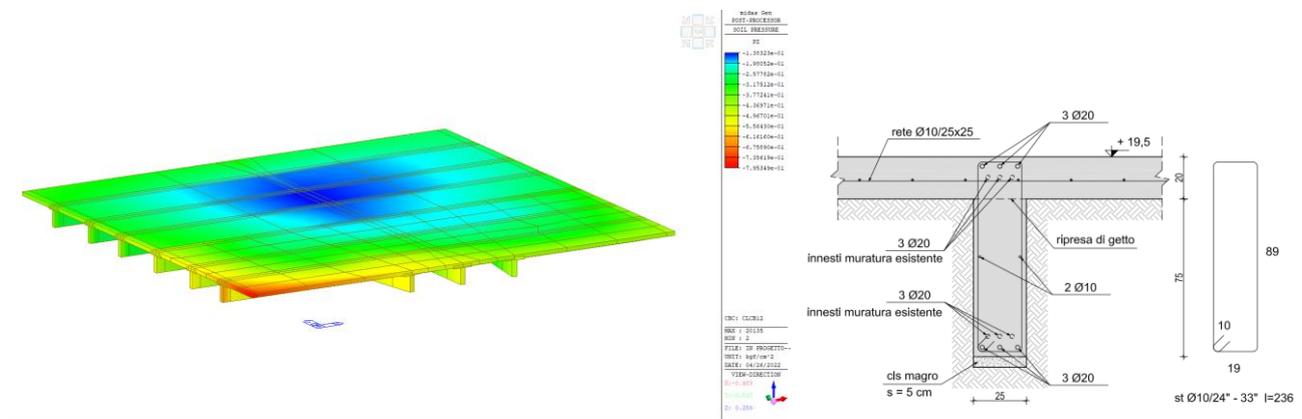
la modellazione ha previsto elementi bidimensionali per le murature e gli impalcati ed elementi trave per fondazioni e coperture; il vincolo in fondazione è dato da molle elastiche con rigidezza commisurata alla caratterizzazione del terreno negli strati più superficiali.



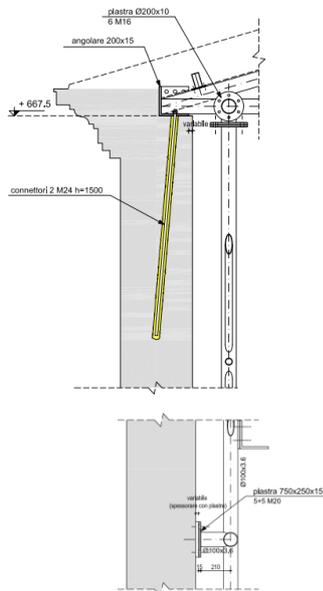
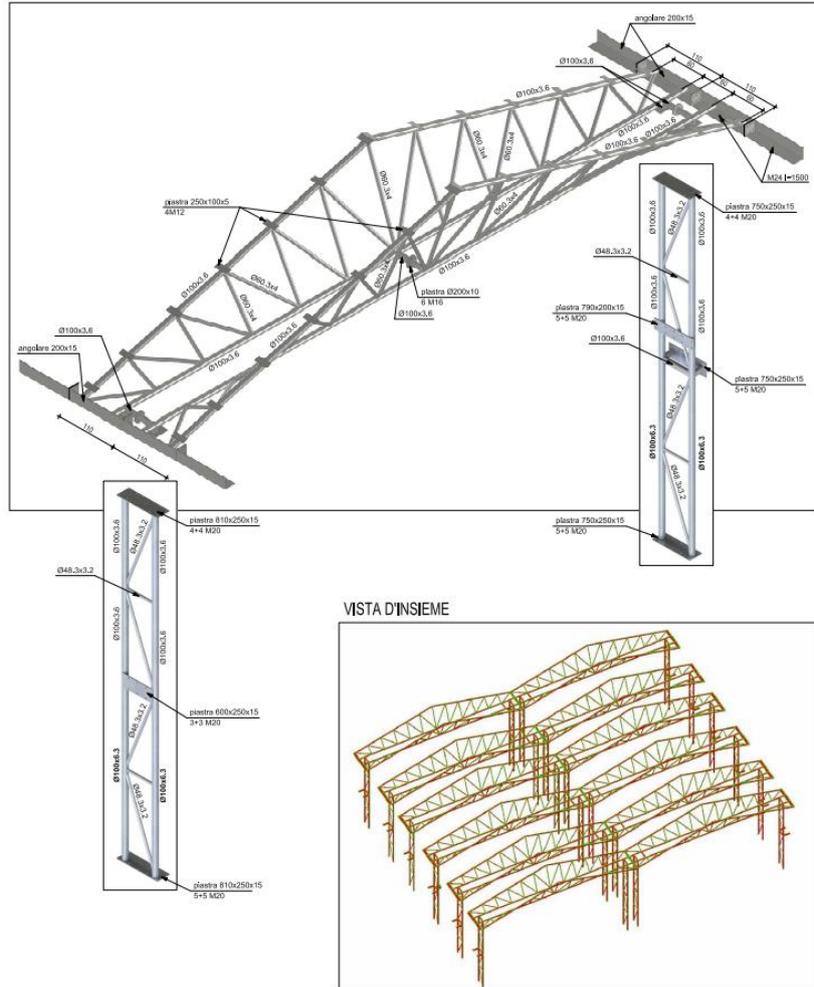
La soluzione del modello ha permesso di riconoscere abbassamenti diversi nelle varie parti della costruzione, ciò principalmente nella combinazione di carico allo stato limite ultimo che massimizza le azioni verticali; si è ottenuta inoltre evidenza di spostamenti disuniformi nel piano orizzontale per le combinazioni di carico allo stato limite di salvaguardia della vita umana e agli stati limite di danno.

Le considerazioni derivate dal rilievo e dalle osservazioni preliminari, confermate e integrate dalla modellazione, hanno indirizzato le **ipotesi di progetto**:

- ✚ rimozioni dei volumi aggiunti nei capannoni;
- ✚ collegare reciprocamente le fondazioni e conseguire una distribuzione più uniforme del carico sul terreno;
- ✚ ottenere una sufficiente rigidezza della costruzione, contenendo i possibili ribaltamenti fuori piano dei setti murari esterni e limitando gli spostamenti reciproci tra le strutture dei capannoni;
- ✚ adeguare ai sovraccarichi richiesti gli orizzontamenti esistenti e in progetto.



Una volta demolito il piano rialzato (con i manufatti sovrastanti) nei capannoni, è previsto in progetto un solettone nervato in c.a., che collegherebbe le murature perimetrali con i pilastri interni e ridurrebbe sensibilmente le tensioni sul terreno, oltre a fornire l'ancoraggio per i nuovi controventi in acciaio.



L'intervento principale in progetto è una struttura in carpenteria metallica, comprendente capriate conformate per conseguire una buona rigidezza nel piano, sostenute e connesse alle murature esistenti grazie ai nuovi controventi, in più parti solidali con le murature, con le quali condividono il contenimento dei taglianti sismici, oltre a contrastare le azioni di ribaltamento per le facciate dei capannoni.

- ✚ cerchiature ben connesse alla cortina muraria, per consentire il progetto e il riposizionamento di nuove aperture, con modesta alterazione delle capacità taglianti e delle rigidità.

L'impostazione data all'intervento è stata quella di comporre i nuovi elementi alle strutture esistenti, mantenendo la funzionalità di queste ultime e contenendone l'impegno.

I nuovi interventi, conformi alle NTC2018, prevedono un fattore di comportamento superiore a 2 per l'applicazione dell'azione sismica all'intero fabbricato, riducendolo poi al valore unitario per il dimensionamento delle sole parti in acciaio; la Proprietà del fabbricato è privata e i rapporti di capacità tra la condizione pre-post intervento si differenziano almeno per 0,1, ma per i comportamenti strutturali più rilevanti ai fini della sicurezza le differenze tra i rapporti sono pari almeno a 0,6.