

La muratura armata per un villino sulle alture pavese

Progetto di trasformazione di un vecchio edificio rurale in residenza con la tecnica della muratura armata con i blocchi Normablok Danesi, utilizzando per il calcolo strutturale il metodo del telaio equivalente

Pasqualino Solomita, Architetto, PhD, libero professionista

KEYWORDS

Riuso

Muratura armata

Edificio rurale

Trasformazione

Reuse

Reinforced masonry

Rural building

Transformation

Sulle colline del territorio di Rivanazzano Terme (PV) un vecchio fienile in disuso è in corso di ricostruzione con la tecnica della muratura armata in Normablok Danesi. Il progetto di trasformazione del vecchio edificio rurale in residenza preserva sagoma e volumetria facendo ricorso alla muratura armata strutturale in osservanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. 17/01/2018. I progettisti dello studio Metamorphosys, consapevoli che la trasformazione del paesaggio deve necessariamente passare attraverso una adeguata conoscenza dei luoghi in cui si opera, intervengono attraverso un processo filologico di recupero della forma iniziale adattandola agli usi contemporanei.

Nel panorama collinare di Rivanazzano Terme gli edifici solitamente si pongono come emergenza fisica e visiva, con il rigore geometrico dei loro volumi e macchie di colore tra i contrasti del verde della vegetazione o i toni delle terre dei campi. In quest'ottica attraverso i sopralluoghi e le ricerche morfologiche e tipologiche condotte, i progettisti hanno intrapreso un percorso compositivo atto a giustapporre

gli elementi del progetto in relazione alle suggestioni e alle dissolvenze cromatiche e materiche che il luogo e l'azione antropica, insieme, hanno suggerito.

Caratteristiche dimensionali dell'edificio e dei materiali

L'intervento si configura come "nuova ricostruzione in muratura portante armata" con dimensioni in pianta pari a circa 11,55 x 14,40 m, su due livelli, e una altezza massima di 7,3 m. La struttura portante che a partire dalle fondazioni, poggia su suolo di categoria C è inclusa nella zona sismica 3, in base alla riclassificazione sismica del territorio nazionale e regionale.

La conformazione strutturale comprende:

- fondazioni dirette e continue a travi rovesce con anima variabile di spessore tra 25 e 40 cm. Le scarpe di fondazione, presentano spessore comune di 50 cm e larghezza variabile da 125 e 140 cm, la cui capacità portante è stata calcolata secondo la canonica interazione suolo-struttura su letto di molle elastiche alla Winkler;
- struttura portante in elevazione realizzata in muratura armata con blocchi Normablok® più S40 MA di spessore 40 cm e Poroton® P800 MA di spessore 25 cm, quest'ultimi per le pareti interne.

I blocchi Normablok Più S40 MA, abbinati alla malta termica Danesi MTM10, oltre ad assol-

Project for the transformation of an old rural building into a residence with the technique of masonry reinforced with Normablok Danesi blocks, using the equivalent frame method for the structural calculation

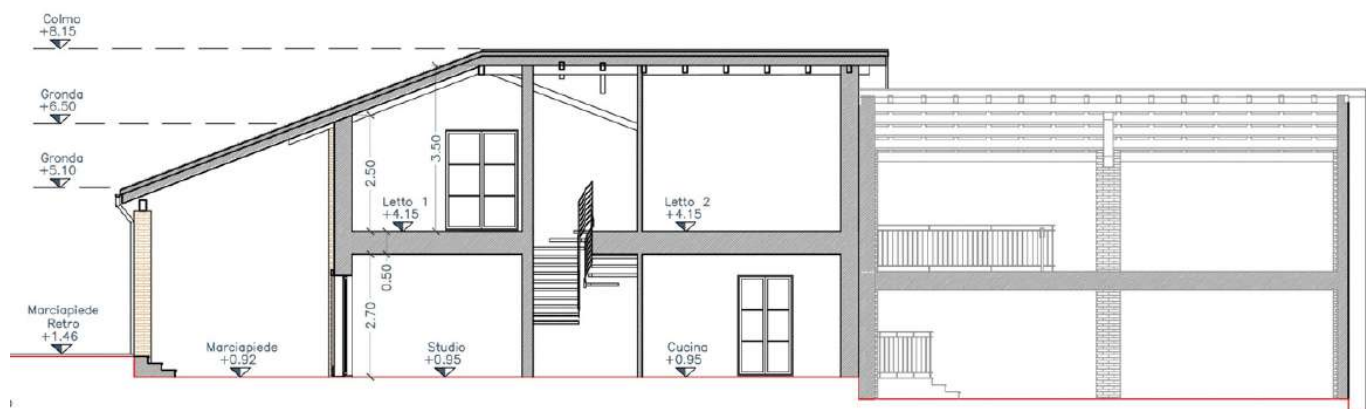
La muratura armata per un villino sulle alture pavese



Stato di fatto della cascina ante opera.



Rendering di progetto fronte principale.



Sezione longitudinale.

vere a funzioni di tipo strutturale, consentono di ottenere una trasmittanza in opera di $0,217 \text{ W/m}^2\text{K}$, senza l'impiego di un cappotto termico.

La malta cementizia è di tipo MTM10 della DANESI, strutturale e molto performante anche per le caratteristiche termiche; le armature metalliche verticali (diam. 16 mm) ed orizzontali (diam. 8 mm) sono di tipo B450C; - i solai del primo piano fuori terra presentano spessore globale pari a 27 cm; gli stessi sono realizzati in travetti armati prefabbricati con interposti blocchi di laterizio e getto collaborante di completamento (caldana) di spessore superiore a 4 cm; - la scala è in calcestruzzo armato gettato in opera con soletta di spessore di 12 cm; - la copertura è realizzata con un'orditura lignea che presenta sezioni 20×20 , 20×24 cm e 20×35 cm per la trave di colmo in legno lamellare.

Tali travi sono tra loro connesse mediante innesti ad incastro a coda di rondine (travetti su orizzontamento di colmo) e connessioni metalliche; gli inghisaggi tra corree e travetti, sul filo di gronda, sono realizzati con barre filettate di acciaio di classe 8.8 e opportuna resina bicomponente di ripresa strutturale. Al di sopra della travatura lignea di copertura, è stato interposto uno strato di assito ligneo dello spessore di 5 cm per conferire il più possibile una distribuzione omogenea delle sollecitazioni assiali sismiche. Sono inoltre presenti pilastri in calcestruzzo

armato, esterni e interni, ai quali è stata assegnata una funzione prevalentemente statica, in quanto sostegni della capriata di copertura e dei porticati, nonostante il loro comportamento nel rispetto delle sollecitazioni sismiche sia stato debitamente verificato; cordolature così come travi e architravi sono in calcestruzzo armato gettato in opera, barre longitudinali e staffe di tipo B450C, e sono disposte in modo tale da creare una maglia continua di collegamento delle murature portanti ad ogni piano.

Metodi di calcolo e analisi condotte

La valutazione delle sollecitazioni agenti sui differenti elementi strutturali è stata ricavata mediante analisi numeriche condotte secondo il metodo degli elementi finiti operando nell'ipotesi di comportamento elastico-lineare dei materiali.

Questo vale sia in ambiente statico gravitazionale sia in ambiente sismico. Per quest'ultimo, le analisi condotte hanno visto implementare due differenti spettri di risposta, uno agli SLD con fattore di struttura pari a 1 e uno agli SLV con fattore di struttura q pari a 2,5, secondo le prescrizioni della normativa. In definitiva sono state condotte due tipi di analisi:

- Analisi per i carichi da gravità SLU (Stato limite Ultimo);
- Analisi dinamica multimodale con spettro di risposta per le azioni sismiche (SLD, Stato



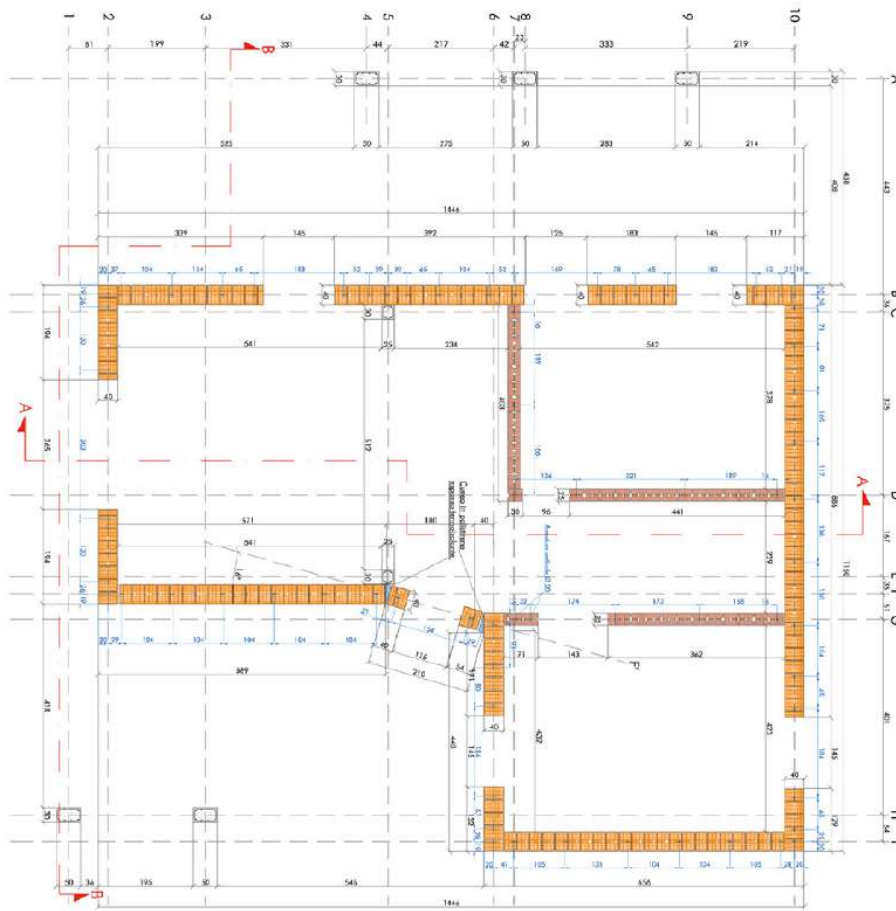
Spiccato di fondazione per la posa della muratura.

| Caratteristiche e prestazioni | |
|---|---------------------------|
| Tipologia | Muratura portante |
| Disposizione | Verticale |
| Spessore | 40 cm |
| Resistenza media a compressione nella direzione dei carichi verticali | 15 N/mm ² |
| Trasmittanza U | 0,217 W/m ² K |
| Massa areica | 360 kg/m ² |
| Attenuazione | 0,007 |
| Sfasamento | 28,13 h |
| Capacità termica periodica lato interno K1 | 42,00 kJ/m ² K |
| Potere fonoisolante RW | 52,6 dB |

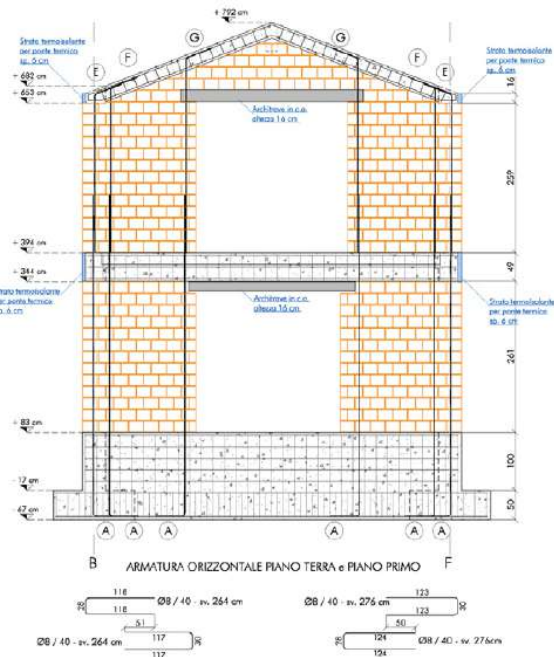


Spiccato di fondazione per la posa della muratura.

CANTIERE



Schema di posa della muratura al piano terra.



Schema armatura verticale orizzontale piano terra e piano primo.

La muratura armata per un villino sulle alture pavesi



Stato avanzamento cantiere fronte principale.



Posa del primo corso di blocchi della muratura armata.



Particolare armatura orizzontale e verticale.

SCHEDA TECNICA

| | |
|---------------------------------------|--|
| Oggetto | Ricostruzione di un fienile con la tecnica della muratura armata in Normablok |
| Committente | Dott. Enzo Paleari |
| Località | Rivanazzano Terme (PV) |
| Progetto Architettonico e strutturale | Metamorphosys- Arch. Ing. Massimiliano Bellinzi e Arch. Paolo Battezzore - Voghera - PV |
| Collaborazione alla progettazione | Ing. Alessandro Catricalà |
| Consulente scientifico | Ing. Paolo Morandi, Ricercatore Eucentre e Professore Associato |
| Indagine geologica | Geol. Felice Sacchi |
| Consumi energetici | Ing. Lorenzo Castagna |
| Cronologia | 2018 – in corso |
| Superficie | 280 m² |
| Impresa costruttrice | Ditta Osma Pullomb, Varzi (PV) |

Limite di Danno e SLV, Stato Limite di salvaguardia della Vita).

Il software di calcolo strutturale utilizzato esegue analisi multimodali, statiche lineari e non lineari mediante una modellazione a telaio equivalente. In particolare, il modello di calcolo è costituito da elementi "frame" che identificano gli elementi strutturali come i setti murari, i pilastri, le travi, i cordoli e la grossa orditura lignea della copertura. Il codice del modello è stato schematizzato secondo la teoria dei proff. G. Magenes² e P. Morandi dell'Università di Pavia, che prevede una modellazione tridimensionale a macroelementi, nella quale struttura pannelli e pilastri sono schematizzati ad asse verticale, cordoli, travi e bracci rigidi mediante elementi ad asse orizzontale. Tale schematizzazione prende il nome di telaio equivalente. Nel caso in esame, non si sono rese utili le fasce murarie. La modellazione in pianta dei maschi murari è così formata: introduzione di bracci rigidi (rigid offsets) di opportune dimensioni alle estremità del maschio murario, trave, cordolo, ecc. che consente di modellare la ridotta deformabilità dei campi di muratura delimitati dalle aperture nelle pareti. Per simulare il reale comportamento della copertura è stata modellata una membrana con rigidità ortotropa pari alla sola rigidità assiale (elemento membrana) del tavolato in legno ancorato alla struttura dei puntoni e delle travi di colmo, sia in direzione trasversale sia in direzione longitudinale. Con l'ausilio di un moltiplicatore di rigidità assiale, finalizzato a tenere in considerazione anche il contributo della travatura lignea collaborante, in sostanza si è voluto simulare il comportamento deformabile di un solaio che attinge dalle caratteristiche meccaniche dello strato di legno usato in realtà. Per evitare l'oscillazione dei nodi di membrana sparsi, agli stessi e per ciascuna quota, è stato assegnato un vincolo "constraint" atto ad evitare spostamenti fuori piano ovvero in $\pm Z$. Essendo la copertura non infinitamente rigida nel piano (discorso diverso per il primo

guida nel piano (discorso diverso per il primo solaio) e trovandoci in zona sismica 3, ovvero con l'obbligatorietà di effettuare le combinazioni delle forze sismiche sia in valore caratteristico con rotazione dei mutui contributi del 30% nelle due direzioni, sia considerando le conseguenze dovute all'eccentricità, gli effetti torcenti sono stati applicati al modello mediante un nodo master (master joint) al primo livello mentre in copertura si è proceduto applicando, negli elementi membrana delle falde del modello di calcolo, una pressione tangenziale nelle direzioni X e Y. Il progetto è stato effettuato considerando una Classe d'uso ordinaria, Vita Nominale VN=50 anni, Categoria Topografica T1=1 e Categoria di suolo di fondazione C (terreno a grana fine mediamente consistente). Sono stati ricercati i primi 50 modi di vibrare della struttura per raggiungere il 100% di massa partecipante. I modi vengono calcolati secondo il metodo agli autovalori. L'analisi spettrale combina i risultati dei singoli modi secondo il metodo CQG (combinazione quadratica completa) e la combinazione nelle due direzioni è fatta secondo il metodo della radice quadrata della somma dei quadrati. La sicurezza nei confronti delle azioni agenti e le prestazioni della struttura sono stati valutati verificando gli elementi portanti agli stati limite in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme attuali (percentuale minima di armatura, snellezza, pressoflessione nel piano e fuori piano e taglio).

Fasi di cantiere

La struttura in elevazione ha previsto l'ancoraggio di barre d'armatura verticali innestate alla fondazione per tutta la loro altezza di piano. Essendo le barre piuttosto rigide (diam. 16 mm) sono state predisposte prima del getto e conglobandole in esso. Si è preferito adottare questa tecnica in alternativa all'ancoraggio chimico per avere la massima precisione nella successiva posa dei blocchi di laterizio nel rispetto delle tavole

di progetto. Dopo il getto, i dettagli costruttivi delle murature e delle intersezioni d'angolo oltre agli incroci a "T" sia per le murature esterne sia per quelle interne, sono stati sviluppati a partire da quelli canonici previsti per questa tipologia costruttiva rispettando i dettagli geometrici previsti dalle NTC 2018. Il solaio di primo piano è realizzato in laterocemento, a travetti e blocchi interposti, soluzione che garantisce la cosiddetta rigidità nel piano, importante per una corretta ripartizione delle forze orizzontali sismiche, oltre che la distruzione ai muri dei carichi gravitazionali. Attraverso una progettazione mirata, attenta a preservare gli aspetti formali e ricorrendo a un materiale tradizionale come il laterizio sia per la parte strutturale sia per il rivestimento di facciata, la cascina in disuso ritorna al suo ruolo primigenio di focolare domestico.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D.M. 17/01/2018: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), G.U. n. 42 del 20/02/2018, Roma, Italia, 2018.
- [2] Manuale dell'utente: PRO_SAP build - 2019.07.185 (versione 19.0.0). 2 Luglio 2019
- [3] Manzini C. F., Morandi, P., Magenes, G., (2019) "SAM-II: sviluppi del codice di calcolo a telaio equivalente per l'analisi sismica di edifici in muratura", *Costruire in Laterizio* 180, 54-64
- [4] Venturini G., (2019) "Progettare edifici nuovi in muratura con PRO_SAM", *Costruire in Laterizio* 180, 66-71

Note

1. C. Marti Aris, *Le Variazioni dell'identità. Il tipo in architettura*, Città Studi Edizioni, 2006, pp. 11-12
2. PRO_SAM è il plugin del programma di calcolo PRO_SAP che si collega al motore di calcolo SAM II. Promosso dall'Industria dei Laterizi italiana e sviluppato dal Professor Magenes e dagli Ingg. Manzini e Morandi, esegue analisi multimodali, statiche lineari e non lineari (pushover) mediante una modellazione a telaio equivalente. Calcola di edifici in cemento armato, muratura ordinaria, muratura armata o mista. Il motore di calcolo, SAM II, è il codice di calcolo descritto ed utilizzato da anni nella letteratura tecnico-scientifica nazionale e internazionale. Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 hanno introdotto novità per le verifiche condotte con le analisi statiche non lineari, pertanto l'associazione dei produttori di laterizi ha incaricato 2S.I. (Software e servizi per l'ingegneria) di realizzare l'aggiornamento e dare la continuità al software ANDILWall.