

MATERIALI "ANTICHI" PER VITE MODERNE: COME DECLINARLI AI GIORNI NOSTRI

Alessandra Bazzarin, ingegnere CDM DOLMEN SRL - Gianmarco Massucco, ingegnere CDM DOLMEN SRL

Per tutti coloro che vivono in Italia, le costruzioni in muratura fanno parte del costruito storico di ogni città, del nostro cammino di ogni giorno. Ogni giorno abbiamo dinanzi ai nostri occhi murature, anche portanti, di ogni epoca e della più ampia gamma di valore architettonico, dal più aulico al più domestico.

Tutte condividono, a meno di variazioni stratificatesi nel corso degli anni e delle proprietà, la stessa concezione strutturale, intesa a realizzare quella scatola muraria che è premessa indispensabile per il corretto funzionamento strutturale, richiesta già dai semplici carichi verticali. Le finestre sono strette (anche se alte allo scopo di far passare la luce) e perfettamente allineate in verticale: i muri sono spessi, e



diffusamente distribuiti nelle due direzioni: la pianta è fissa, e i muri intoccabili (almeno in teoria) in quanto ogni elemento ha un suo ruolo strutturale.

Sono tutte caratteristiche delle quali ci si dimentica, nel momento in cui un moderno committente decide di desiderare un casa in muratura, per tutti quei vantaggi di ecosostenibilità, di isolamento termico e acustico, o anche solo di piacevolezza visiva, che il materiale laterizio comporta.

Ma ormai il nostro occhio dà per scontata una libertà progettuale che la muratura non consente: l'uso del



cemento armato, già dai primi albori, dona agli ambienti una luce che nasce da più ampie finestrate, consente personalizzazioni e movimenti agli ambienti, prevede aggetti altrimenti impossibili e in buona sostanza ci obbliga a rinnovare anche il modo di costruire in muratura.

Anche dal punto di vista strutturale le richieste sono ora maggiori: la coscienza di dover progettare anche nei confronti dei carichi sismici, non presente all'epoca delle murature "storiche", alza ancora di livello la sfida nei confronti di questo materiale.

Villa Savoye - Le Corbusier

Un interessante esempio di soluzione di queste problematiche è il caso di studio che ci è stato fornito da LateriziDanesi, che ha chiamato a confrontarsi su questo esempio più software house, nel corso di una serie di webinar dedicati alle possibili modellazioni e soluzioni alternative di un caso pratico abbastanza semplice ma proprio per questo emblematico.

L'edificio in questione è un edificio di recente realizzazione a Moniga del Garda (BS), zona sismica 2, con un impianto tipologico assimilabile a una villetta unifamiliare.



Sulle facciate del corpo di fabbrica sono presenti aperture verticalmente allineate mentre sui prospetti Nord-Est e Sud-Est sono presenti due balconi uno dei quali risulta sorretto da due pilastri in cemento armato. La struttura in elevazione è realizzata in muratura armata sp.40cm (blocchi Normablok Più S40 MA, malta M10 e acciaio B450C) coronata da cordolo in c.a. e sormontata da copertura leggera in legno lamellare (GL24h).

La struttura si presenta sostenuta da platea in cemento armato dello spessore di 35 cm, ha copertura lignea, e solaio intermedio in legno lamellare

Dati generali progetto

Tipo di costruzione 2 – Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari Vn 50 Classe d'uso II Vr 50

Vita nominale - 50 anni

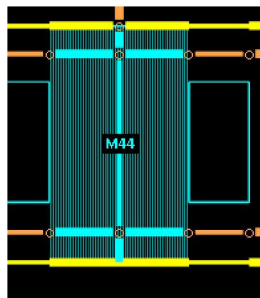
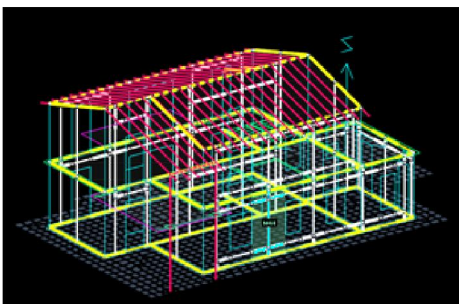
Classe d'uso - II

Località - Moniga del Garda – Desenzano del Garda Brescia (45,5272° – 10,5391°)

Categoria del suolo - B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Categoria topografica T1 – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Data la semplicità della costruzione, e considerando che tutte le aperture risultavano verticalmente allineate, la modellazione a telaio equivalente è parsa la scelta d'elezione.



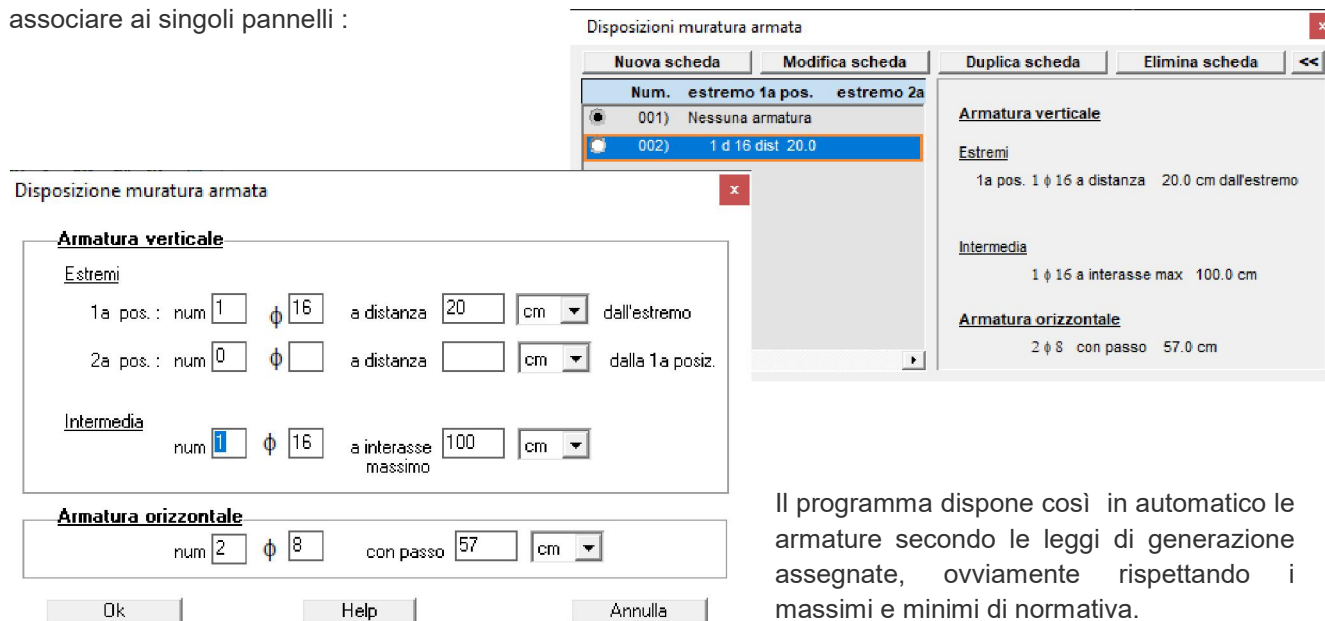
Questo tipo di modellazione comporta fra gli altri il vantaggio di descrivere il comportamento del pannello murario non per il tramite di uno specifico elemento finito ad esso dedicato, bensì per il tramite di un aggregato di elementi "beam" di specifiche caratteristiche, facilitando così la lettura e l'interpretazione dei risultati.

La struttura è stata quindi modellata a telaio all'interno di un CAD tridimensionale, dove è stata disegnata la scatola muraria corredata dalle sue aperture, che il software ha poi provveduto a tradurre nel telaio equivalente. Agli elementi finiti rappresentativi della scatola muraria sono poi stati aggiunti i gusci di discretizzazione della platea, i pilastri in c.a., le travi del tetto, carichi, vincoli etc.

Dopo aver eseguito l'analisi sismica statica lineare e l'analisi sismica dinamica, sono state generate e calcolate le combinazioni di carico previste dalla normativa, e fra esse quelle utilizzate in particolar modo per le verifiche delle murature sono state:

- 1 -- SLU SENZA SISMA
- 4 -- SLU con SISMAX PRINC
- 5 -- SLU con SISMAX PRINC

Fino a questo punto, cioè sino ad immediatamente prima della fase di verifica delle murature portanti, gli elementi murari non sono stati definiti come muratura armata. Il processo di assegnazione delle armature è particolarmente semplice, e consiste nella definizione di una o più leggi di generazione delle stesse, da associare ai singoli pannelli :



Disposizioni muratura armata

Num.	estremo 1a pos.	estremo 2a
001)	Nessuna armatura	
002)	1 d 16 dist 20.0	

Disposizione muratura armata

Armatura verticale

Estremi

1a pos. : num 1 ϕ 16 a distanza 20 cm dall'estremo

2a pos. : num 0 ϕ a distanza cm dalla 1a posiz.

Intermedia

num 1 ϕ 16 a interasse massimo 100 cm

Armatura orizzontale

num 2 ϕ 8 con passo 57 cm

Ok Help Annulla

Il programma dispone così in automatico le armature secondo le leggi di generazione assegnate, ovviamente rispettando i massimi e minimi di normativa.

Risulta molto agevole confrontare, in un caso così semplice e così emblematico delle odierne richieste alla muratura portante, il comportamento della muratura armata con quello della muratura non armata.

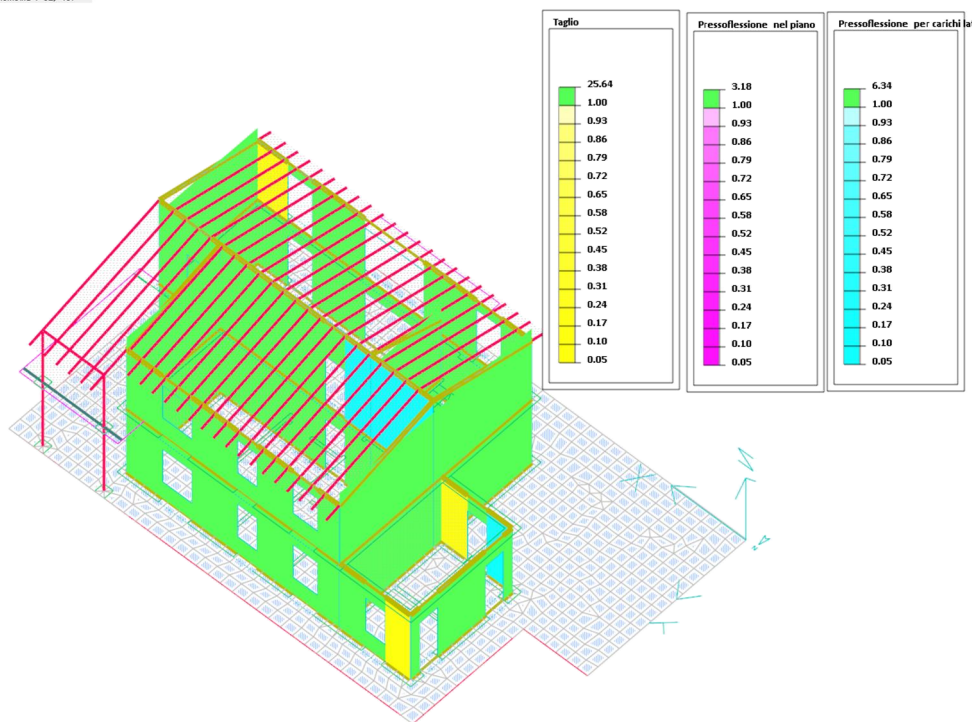
Il metodo di analisi generalmente utilizzato in DOLMEN per la verifica di strutture in murature portanti si basa su quello dell'analisi lineare "con redistribuzione". Come ben sappiamo, una semplice analisi elastica lineare non è sufficientemente rappresentativa del comportamento delle murature portanti. Raramente infatti la muratura soddisfa una verifica basata sulle sollecitazioni e le deformazioni nate dall'analisi elastica lineare, che non può che trascurare eventuali risorse ancora presenti nella struttura. Nasce quindi l'esigenza di un metodo che riesca a far emergere queste potenzialità, senza necessariamente addentrarsi nel livello di complessità e di astrazione inevitabilmente correlato all'analisi pushover con la sua conversione del modello strutturale a n gradi di libertà in un oscillatore semplice a un grado di libertà.

DOLMEN esegue quindi una prima analisi elastica lineare, e poi in base a risultati di essa modifica il modello in modo da rappresentare il grado di plasticizzazione degli elementi non verificati, incrementando lo svincolo relativo ai momenti delle aste rappresentative del pannello murario, e liberando così parzialmente questi elementi dalle azioni più gravose, che dovranno essere ripartite fra gli altri elementi costituenti la struttura.

Questa procedura viene ripetuta in automatico sino a quando la struttura è interamente verificata o quando il modello, a forza di svincolare, risulta labile. In questo modo viene simulato un “assestamento” strutturale rappresentato in DOLMEN attraverso una ripartizione automatica degli sforzi ridistribuiti ad ogni iterazione di calcolo tra gli elementi del telaio equivalente.

La prima analisi elastica lineare è stata eseguita sulla struttura priva di armatura, ma con le parti in muratura definite come di *nuova costruzione*, e quindi con le corrispondenti formule di verifica. Ne vediamo graficamente riassunti i risultati nella figura seguente:

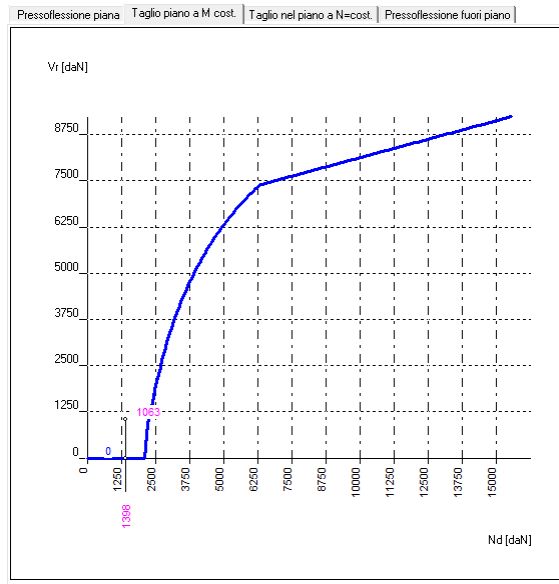
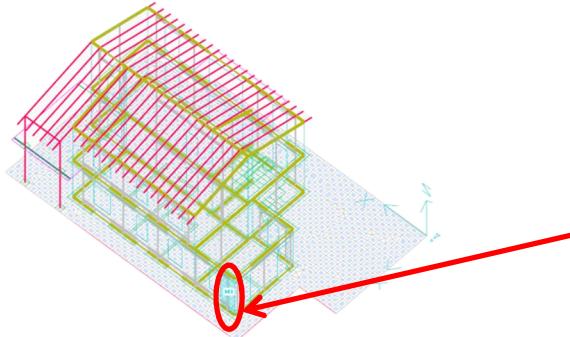
Assonometria : 52_497



La rappresentazione sinottica delle verifiche colora in verde i pannelli integralmente verificati, e in colori dipendenti dalla verifica di minor coefficiente di sicurezza i pannelli e le fasce non verificate, giallo per le verifiche di taglio, magenta per la pressoflessione nel piano, azzurro per le verifiche di pressoflessione fuori piano.

Possiamo interrogare i pannelli non verificati, richiedendo per essi la visione dei rispettivi domini di resistenza:

Assonometria - 1:2 - 487

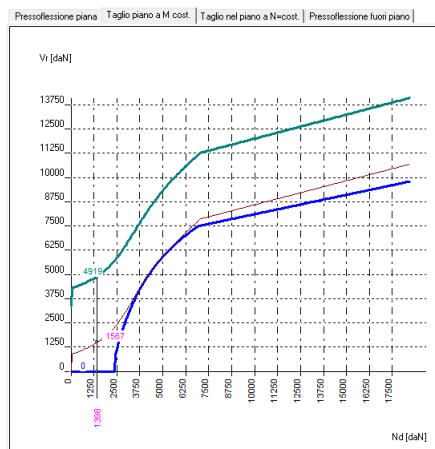
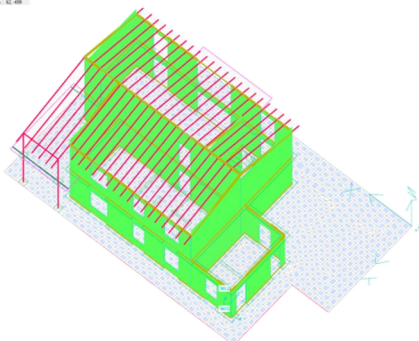


Come evidenziato dal dominio di resistenza $V_R(N)$, la normativa impone per il calcolo di V_R , sulle murature di nuova costruzione, una verifica a taglio per scorrimento con ipotesi di sezione parzializzata con mantenimento della sezione piana, analoga a quella che potrebbe descrivere il comportamento di una sezione in cls non armato. Questo tipo di verifica è fortemente influenzato dallo sforzo normale agente sulla sezione e facilmente potrebbe non essere soddisfatto, soprattutto nelle piccole costruzioni, o in piani più alti dove maggiormente è sentita l'azione sismica e le azioni dovute ai carichi verticali sono minori.

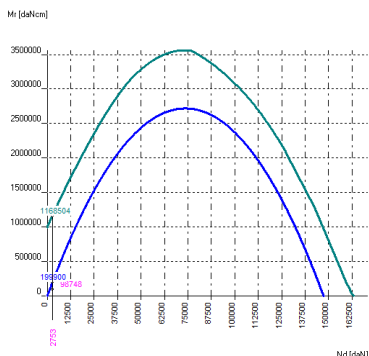
Abbiamo quindi proceduto a ricercare una soluzione non lineare per la struttura in muratura non armata: dopo più iterazioni, la struttura giunge a verifica, ma non senza aver invocato le riserve di plasticità ancora disponibili.

Sulla stessa struttura, la disposizione di una piccola quantità di armatura (la legge di generazione impostata in primo tentativo prevede la minima quantità possibile) comporta già l'immediata verifica in campo elastico lineare:

Assonometria - 1:2 - 488



La presenza dell'armatura modifica in modo sostanziale il comportamento della sezione: il grafico del dominio di resistenza ne mostra gli effetti sul pannello in esame (in blu senza armatura, in verde con armatura).



Anche il dominio di resistenza relativo ai momenti, nel piano e perpendicolari al piano, risulta significativamente modificato dalla presenza di una sia pur minima quantità di armatura: quest'ultima aumenta il valore del momento resistente sia nel tratto iniziale, dove lo sforzo normale è basso, sia nel tratto dove lo sforzo normale è più elevato, conferendo alla muratura, dal punto di vista strutturale, un comportamento a c.a.

Su altre strutture, meno semplici e meno adeguate alla filosofia di funzionamento della muratura portante, la soluzione "muratura armata" può costituire l'unica metodologia in grado di far coesistere muratura portante e richieste progettuali. Scelte architettoniche effettuate con un'ottica eccessivamente "odierna" potrebbero essere risolte solo con il ricorso alla muratura armata.