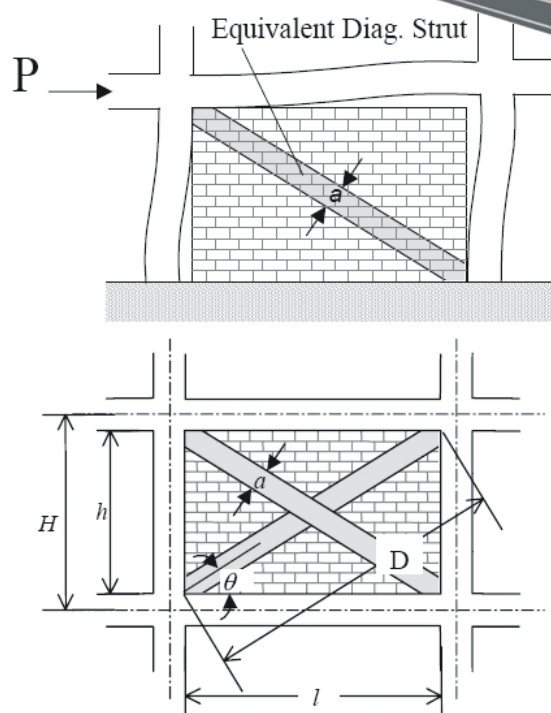
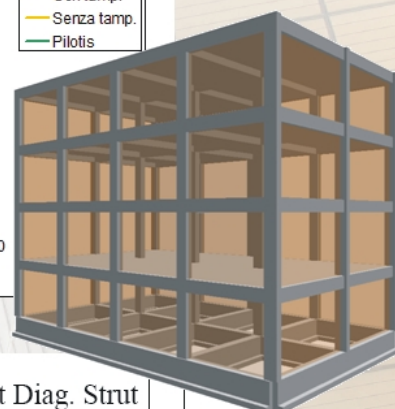
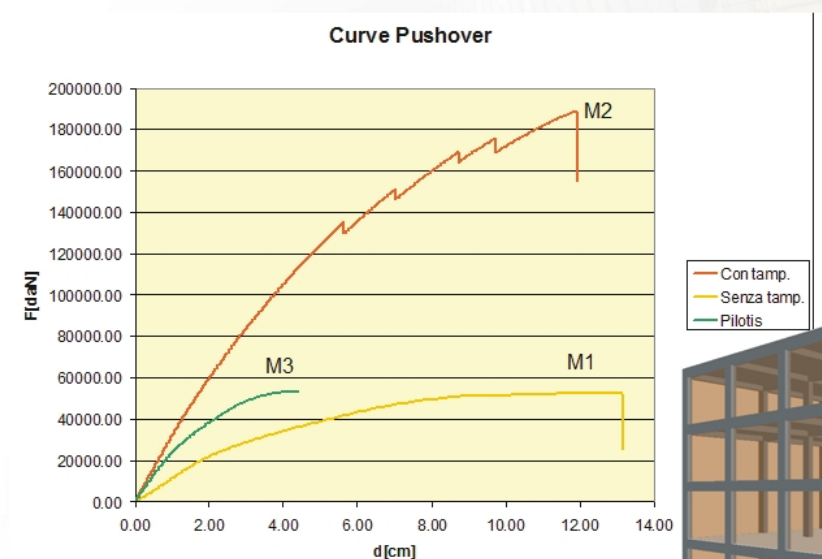


Il contributo dei tamponamenti nelle strutture in c.a.

FaTA-E

Software per il calcolo strutturale

Il contributo dei tamponamenti nelle strutture in c.a.



STACEC



Contributo dei tamponamenti nelle strutture in c.a

Metodo utilizzato da FaTA-e

La presenza dei tamponamenti in una struttura in c.a., come evidenziato nei vari eventi tellurici avvenuti, riveste un'importanza fondamentale. Considerare la presenza dei tamponamenti richiede l'utilizzo di analisi non lineari. In FaTA-e ciò è stato implementato all'interno dell'analisi statica non lineare (Pushover).

Tra i vari modelli presenti in letteratura è stato scelto il metodo di Ghassan Al-Chaar, descritto in '*Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry Infill Structures*' edito da US Army Corps of Engineers, nel 2002.

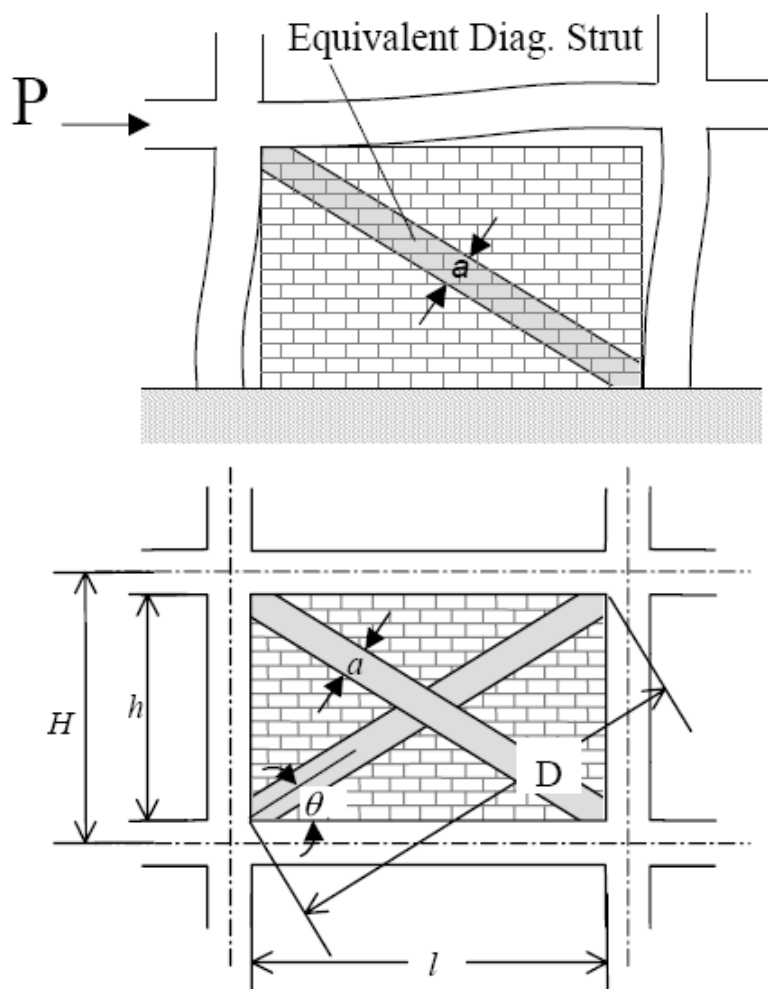
Il metodo descritto viene completato con le indicazioni presenti nelle '*NEHRP GUIDELINES FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS*' – FEMA 273.

Metodo proposto da Al-Chaar (2002)

La ricerca proposta nelle linee guida precedentemente citate è la valutazione della resistenza e della rigidezza nel piano di pannelli di tamponatura non armati soggetti a carichi laterali, anche in presenza di aperture.

Il modello utilizzato per l'analisi del sistema telaio-tamponatura consiste nella schematizzazione di un telaio contenente dei puntoni equivalenti eccentrici che rappresentano la muratura.

Il pannello di tamponatura viene rappresentato da un puntone diagonale equivalente resistente a compressione, di larghezza a , lunghezza D e spessore t pari allo spessore netto della muratura:



La larghezza a dipende dalla rigidezza flessionale relativa telaio-pannello, che Stafford Smith & Carter (1969) valutano come segue:

$$\lambda_1 H = H \cdot \sqrt[4]{\frac{E_m t \sin(2\theta)}{4 E_c I_{col} h}}$$

dove: E_c e E_m sono i moduli elastici del calcestruzzo e della muratura;

I_{col} è il momento d'inerzia del pilastro.

A partire dalla relazione precedente, Mainstone (1971) fornisce l'espressione della larghezza del puntone equivalente:

$$a = 0.175 D (\lambda_1 H)^{-0.4}$$

Se nel pannello sono presenti delle aperture e/o dei danneggiamenti, la larghezza a viene ridotta utilizzando la seguente relazione:

$$a_{red} = a(R_1)_i(R_2)_i$$

Il fattore di riduzione che tiene conto delle aperture, $(R1)_i$, è pari a:

$$(R_1)_i = 0.6 \cdot \left(\frac{A_{open}}{A_{panel}} \right)^2 - 1.6 \cdot \left(\frac{A_{open}}{A_{panel}} \right) + 1$$

con: A_{open} area delle aperture;

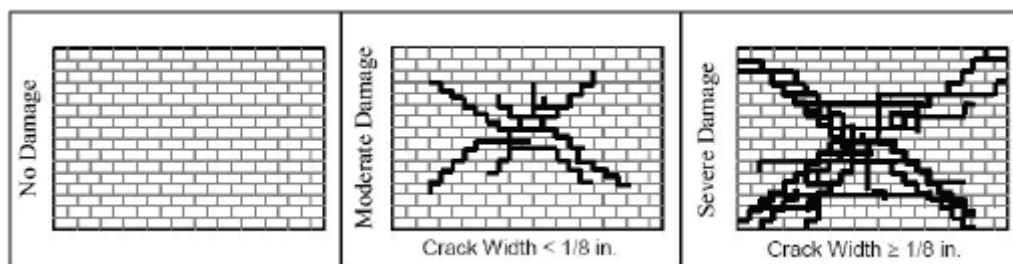
$A_{panel} = l \times h$ area del pannello.

Se l'area delle aperture è maggiore del 60% di quella del pannello, l'effetto della tamponatura viene trascurato per cui risulta $(R1)_i = 0$.

Il fattore di riduzione che tiene conto del danneggiamento del pannello, $(R2)_i$, è valutabile attraverso la seguente Tabella

h/t	$(R2)_i$ per tipo di danno	
	Moderato	Severo
≤ 21	0.7	0.4
> 21	necessaria la riparazione del pannello	

a seconda che la tamponatura risulti non danneggiata, moderatamente danneggiata o severamente danneggiata:



Il legame carico-scorrimento laterale del puntone equivalente è fornito nella figura sottostante, dove il parametro d , che indica lo scorrimento laterale non lineare associato al pannello, è definito nella Tabella 7-7 della FEMA 273.

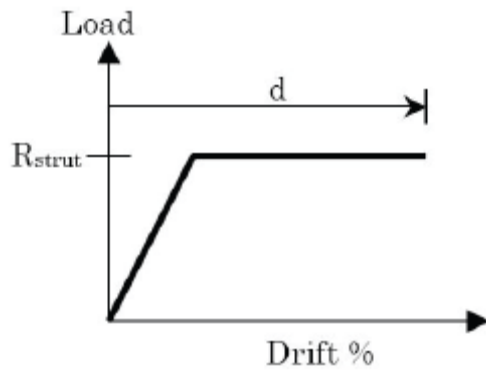


Table 7-7 Nonlinear Static Procedure—Simplified Force-Deflection Relations for Masonry Infill Panels

$\beta = \frac{V_{fre}}{V_{ine}}$	$\frac{L_{inf}}{h_{inf}}$	c	d %	e %	Acceptance Criteria	
					LS %	CP %
$0.3 \leq \beta < 0.7$	0.5	n.a.	0.5	n.a.	0.4	n.a.
	1.0	n.a.	0.4	n.a.	0.3	n.a.
	2.0	n.a.	0.3	n.a.	0.2	n.a.
$0.7 \leq \beta < 1.3$	0.5	n.a.	1.0	n.a.	0.8	n.a.
	1.0	n.a.	0.8	n.a.	0.6	n.a.
	2.0	n.a.	0.6	n.a.	0.4	n.a.
$\beta \geq 1.3$	0.5	n.a.	1.5	n.a.	1.1	n.a.
	1.0	n.a.	1.2	n.a.	0.9	n.a.
	2.0	n.a.	0.9	n.a.	0.7	n.a.

La resistenza a compressione del puntone R_{strut} è determinata calcolando il carico richiesto per raggiungere la resistenza a schiacciamento, R_{cr} , e quello richiesto per raggiungere la resistenza a taglio, R_{shear} , della muratura.

$$R_{strut} = \min\{R_{cr}, R_{shear} / \cos \theta_{strut}\}$$

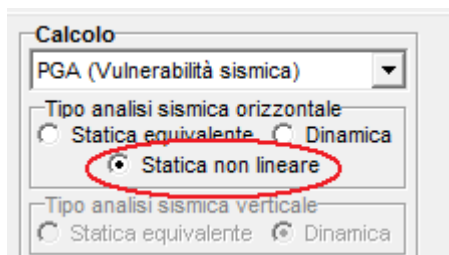
$$\tan \theta_{strut} = \frac{h - 2 l_{column}}{l}$$

$$R_{cr} = a_{red} t f'_m$$

$$R_{shear} = A_n f'_v (R_1)_1 (R_2)_1$$

L'utilizzo in FaTAe

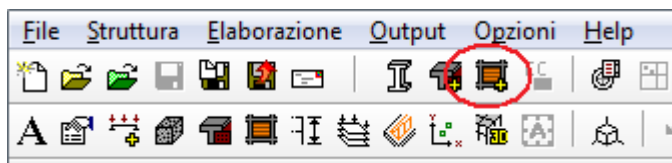
Come precedentemente riportato, l'analisi strutturale è relativa all'utilizzo dell'analisi statica non lineare:



Per un corretto utilizzo si consiglia di utilizzare come opzione di modellazione la presenza di conci rigidi:



La modellazione richiede l'inserimento di tamponamenti definiti nei vari strati mediante l'apposito editor delle tipologie:



In particolare, oltre alle caratteristiche dimensionali degli strati, sono fondamentali per la modellazione della resistenza dei puntoni equivalenti i parametri di resistenza dei blocchi e della malta, evidenziati nella figura sottostante:

Tipologia chiusura verticale

Tipologia: Rigidamente connessa (es. tamp. in mattoni forati)

Rigidamente connessi

Strati

Numero: 6 Peso [daN/m²]: 194.00

	Descrizione	Sp. [cm]	Peso [daN/m ²]	Connesso
1	Intonaco	2.0	1600.0	<input type="checkbox"/>
2	Mattone forato	8.0	600.0	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Camera d'aria	4.0	0.0	<input type="checkbox"/>
4	Isolante termico	4.0	150.0	<input type="checkbox"/>
5	Mattone forato	12.0	600.0	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Intonaco	2.0	1800.0	<input type="checkbox"/>

Malta

Tipo: M2.5

Tipo	f _m [daN/cm ²]	f _{vm} [daN/cm ²]
M2.5	25.0	2.5

Blocco

f_{bk} [daN/cm²]: 20

Descrizione

OK Annulla

Per attivare la presenza del modello con tamponamenti basta spuntare il campo "Considera modello con tamponamenti".

Analisi

☒ Usa nodo master per il controllo

☒ Considera softening Iterazioni per convergenza: 200

Passo incremento forze sismiche: 10

Percentuale riduzione carico massimo: 15 %

☒ Considera modello con tamponamenti

Varie

Modello cerniera plastica: Circ 617/EC8-3 A.5

☒ Considera confinamento delle staffe per elementi in c.a.

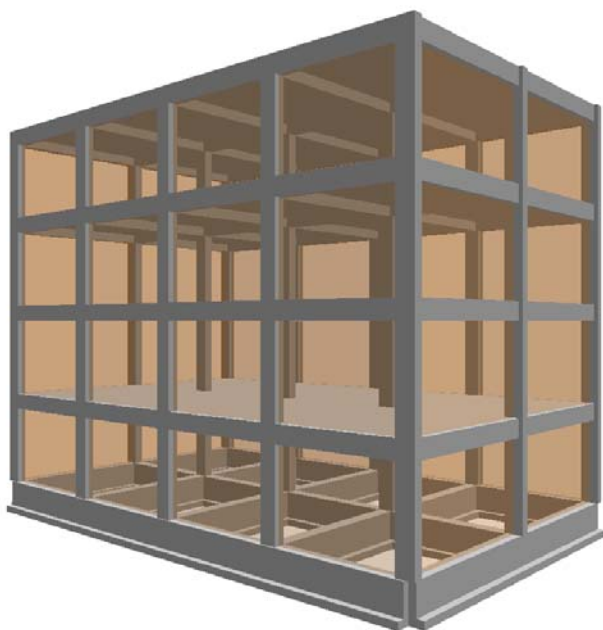
Considera Consolidamenti ☒

☒ Considera confinamento pilastri

Risultati della presenza di tamponamenti

In questa sezione dell'articolo, faremo un confronto tra tre casi diversi, evidenziando l'influenza dei tamponamenti sui risultati di calcolo nell'analisi pushover.

La struttura analizzata presenta 4 piani, 4 campate in direzione X e 2 in direzione Y:



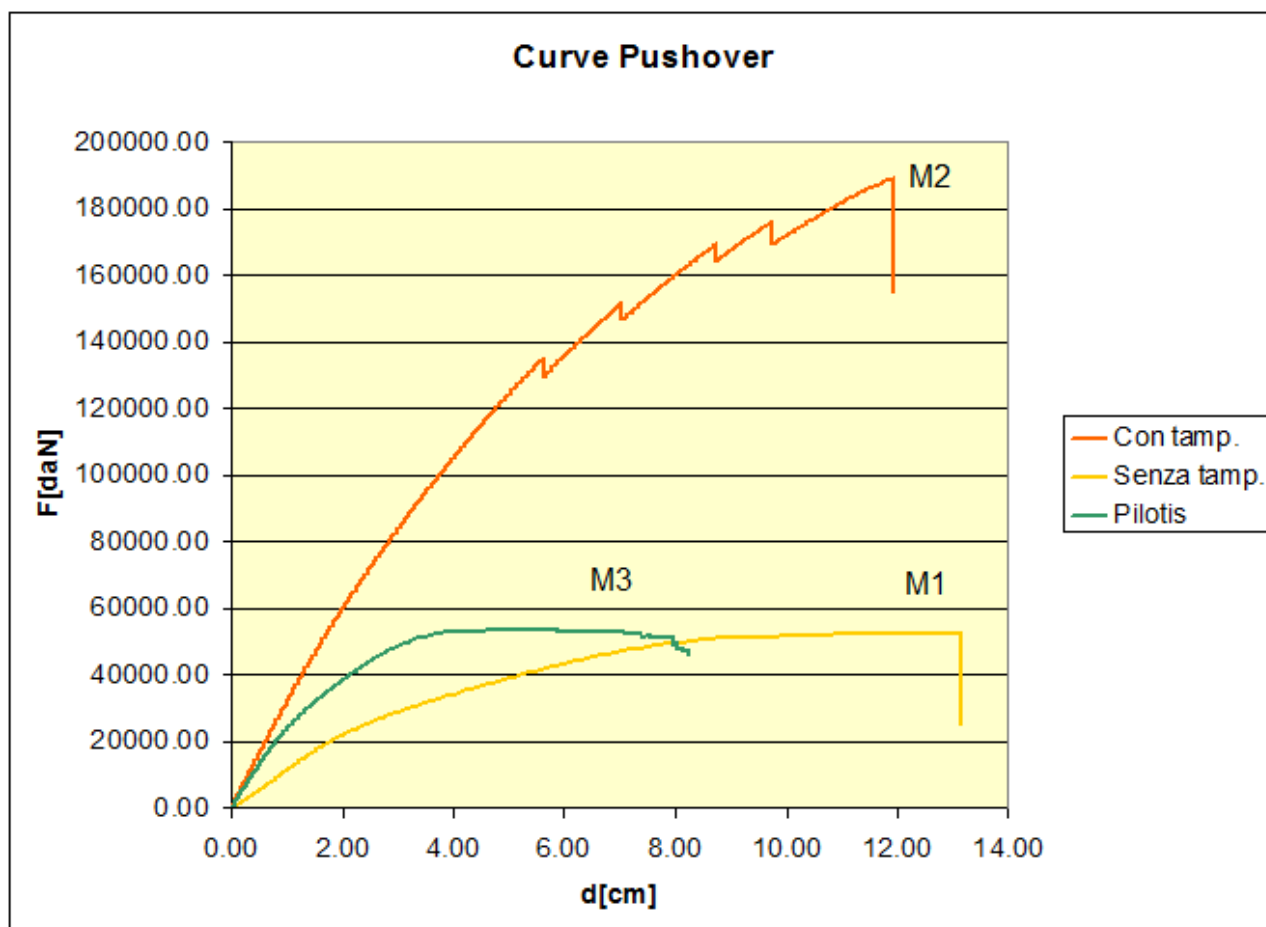
I tamponamenti della struttura presentano delle aperture tali da ridurre la presenza degli stessi al 50% dell'area in prospetto di ogni singolo pannello.

I casi analizzati sono:

1. Modello senza l'influenza dei tamponamenti (M1)
2. Modello con l'influenza dei tamponamenti (M2)
3. Modello con presenza di struttura con pilotis a piano terra (M3)

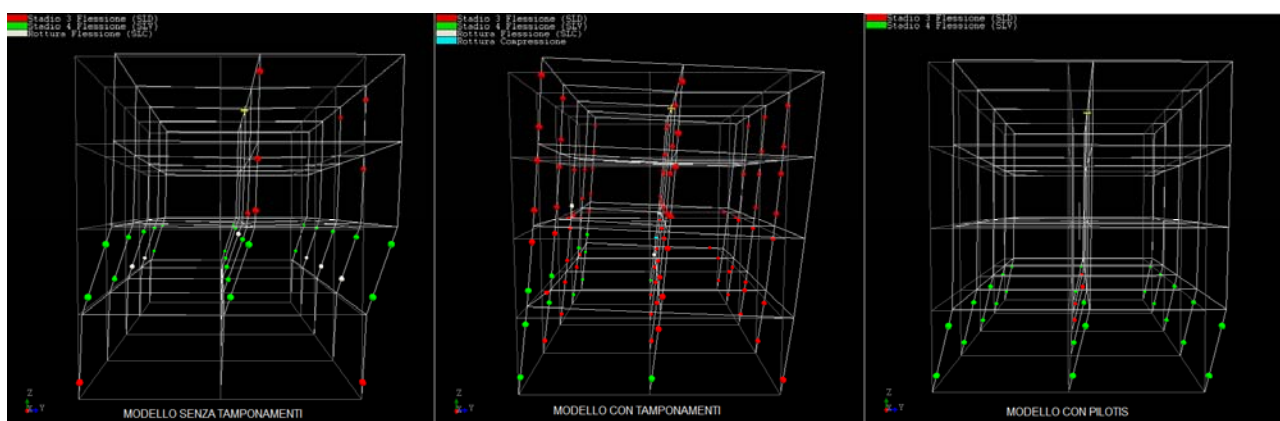
Dal confronto delle curve pushover dei tre casi notiamo che rispetto al Modello M1, la presenza dei tamponamenti, seppur con evidenti aperture, contribuisce alla resistenza di una struttura in modo determinante. In termini di resistenza notiamo che il modello M2 ha una resistenza di picco pari a circa 190000 daN contro 52000 del modello M1, in rapporto pari a 3.62. D'altro canto, come ci sia aspettava, il modello M2 presenta una maggiore

rigidezza e di conseguenza una minore deformabilità laterale. Il rapporto in spostamento tra i due modelli è pari 0.91 con spostamento del modello M1 pari a 13.15 cm.



E' importante notare che il non considerare i tamponamenti nel caso dell'edificio su pilotis (modello M3), porta a risultati completamente diversi dalla realtà. Come ci si aspettava il modello su pilotis presenta un taglio resistente massimo simile a quello del modello M1, in quanto in entrambi i casi si ha il meccanismo di piano per piani diversi ma con sezioni e armature analoghe. Gli spostamenti di collasso del modello M3 sono molto inferiori rispetto a quelli stimati con il modello M1 senza tamponamenti, con rapporto pari a 0.63.

Evidenziando il danneggiamento della struttura vediamo come il modello M1 (senza tamponamenti) presenta meccanismo di piano al primo piano, il modello M3 (su pilotis) presenta come piano debole il piano terra, e il piano M2 invece presenta un danneggiamento diffuso che però ha reso possibile che la struttura resista ad azioni sismiche tre volte superiori.



Modello senza tamponamenti (M1)

Modello con tamponamenti (M2)

Modello con pilotis (M3)

In merito alle verifiche disposte dalla normativa, si sono evidenziati i seguenti risultati:

Modello	SLV	SLC	SLD	SLO
M1	1.69	1.34	2.77	3.85
M2	1.22	2.01	2.44	3.40
M3	1.27	1.25	1.83	2.55

Anche dall'analisi dei risultati otteniamo considerazioni aggiuntive rispetto alle varie modellazioni:

1. Il modello M2 presenta una sicurezza al collasso molto superiore di M1;
2. Il modello M2 presenta un danno superiore ad M1;
3. Il modello M3 presenta minore sicurezza per ogni SL di M1.

La prima considerazione è giustificata dalla maggiore dissipazione energetica dovuta al contributo dei tamponamenti che distribuisce l'azione sismica a più elementi.

La seconda evidenza ciò che in pratica è stato riscontrato nei vari eventi sismici: i tamponamenti scambiano con la struttura spinte che ne aumentano il danneggiamento, in particolare nei nodi strutturali.

La terza considerazione denota che, per certi tipi di struttura, gli elementi non strutturali interferiscono sulla resistenza degli elementi strutturali. In merito a queste tipologie di edifici nel punto 7.2.3 ciò trova una corretta giustificazione nell'utilizzo del fattore amplificativo 1.4 da applicare alle sollecitazioni di colonne e pareti dei piani con riduzione dei tamponamenti, per gli edifici di nuova costruzione.

