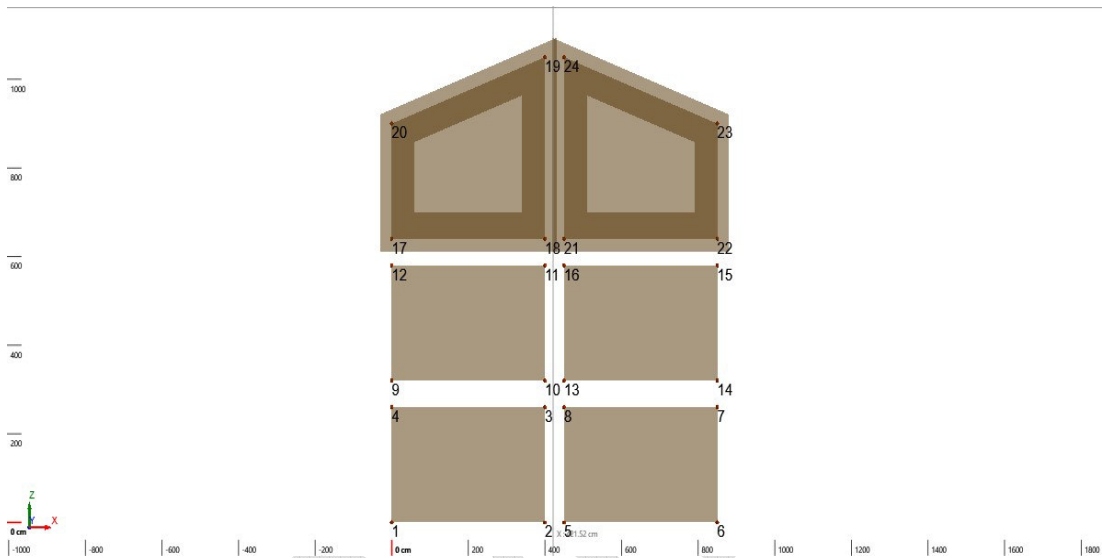


Comune:  
Provincia:

RELAZIONE DI CALCOLO

Archivio: Esempio\_01.tpx - Data : 09/06/2021



Oggetto:

Committente:	Progettista	Progettista strutturale	Direttore dei Lavori

ESEMPIO

## Sommario

1 Verifica Tamponature.....	4
1.1 Introduzione.....	4
1.2 Dati sismici .....	4
1.3 Tipologie di tamponatura .....	4
1.4 Tipologie di rinforzo.....	5
1.5 Calcolo dell'azione sismica.....	5
1.6 Verifica pannelli rigidamente connessi.....	6
1.7 Indicazioni costruttive .....	7
1.8 Risultati Vulnerabilità .....	8
1.8.1 Tamponature SLV .....	8

# 1 Verifica Tamponature

## VERIFICA FUORI PIANO DI PANNELLI DI TAMPONAMENTO

Ai sensi del par. 7.3.6.2 e 7.2.3 del D.M. 17/01/2018

### 1.1 Introduzione

La seguente relazione è relativa alla verifica delle tamponature secondo i paragrafi 7.3.6.2 e 7.2.3 del D.M. 17/01/2018. Secondo le "Norme Tecniche per le Costruzioni", gli elementi costruttivi senza funzione strutturale devono essere verificati sotto l'azione sismica  $F_a$ , al fine di evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione in merito allo *Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)*.

L'azione sismica corrispondente allo *SLV*, calcolata per ogni pannello, viene elaborata considerando una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari a 10%, e verrà applicata nel baricentro di ogni tamponatura in direzione ortogonale al piano del telaio in modo da produrre spostamenti e sollecitazioni "fuori piano".

La verifica consisterà nel confronto tra le sollecitazioni resistenti con quelle di calcolo generate dall'azione sismica. In presenza di più strati resistenti (ad esempio per le tamponature a cassetta) si considera che gli strati siano collegati trasversalmente. Nel caso di un solo strato la connessione non è necessaria.

Gli elementi rinforzati mediante FRP o FRCM sono stati verificati utilizzando le rispettive norme e linee guida di riferimento.

### 1.2 Dati sismici

Al fine di calcolare l'azione sismica *SLV* verranno utilizzati i seguenti parametri:

$$a_g/g = 0.194$$

$$F_0 = 2.398$$

$$Suolo = B$$

$$Cat.T. = T1$$

dove:

$a_g/g$  : Accelerazione massima orizzontale al sito rapportata a  $g$ ;

$F_0$  : Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

*Suolo* : Categoria del sottosuolo di fondazione (Par. 3.2.2);

*Cat.T.* : Categoria topografica del sito (Par. 3.2.2);

### 1.3 Tipologie di tamponatura

Le tipologie di tamponatura utilizzate nella struttura hanno le seguenti caratteristiche:

#### Tipologia N.1 (Tip Tamp (1))

Elementi	: Rigidamente connessa (es. tamp. in mattoni forati)
Descrizione	: Tamponatura in mattoni forati con intercapedine e isolante termico. Spessore totale 32 cm.
Tipo malta	: M10
Resistenza malta ( $f_m$ )	: 10.00 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza blocco ( $f_{bk}$ )	: 3.00 N/mm <sup>2</sup>
Peso	: 1.94 kN/m <sup>2</sup>

Strato	Descrizione	Spessore cm	Peso kN/m <sup>3</sup>	Connesso
1	Intonaco	2.00	16.00	NO
2	Mattone forato	8.00	6.00	SI

3	Camera d'aria	4.00	0.00	NO
4	Isolante termico	4.00	1.50	NO
5	Mattone forato	12.00	6.00	SI
6	Intonaco	2.00	18.00	NO

Gli strati considerati “connessi” contribuiscono sia come massa che come resistenza. I rimanenti strati si considerano solo come massa portata dagli strati connessi.

## 1.4 Tipologie di rinforzo

Le tipologie di rinforzo presenti nella relazione hanno le seguenti caratteristiche:

Tipologia N.1 (TR_Rib_Tamp (1))
Specifiche rinforzo: TR_Rib_Tamp (1)
Fibre: Carbonio (alta resistenza)/Tipo FRP - 260(Ef [GPa])-4.34(ffk [MPa])
Disposizione: solo lungo i bordi con sovrapposizione di 300 mm con l'elemento strutturale adiacente e ulteriori 300 cm di ancoraggio sulla tamponatura.
Numero strati: 1
Note costruttive: L'applicazione delle fibre è da effettuare, previa rimozione dell'intonaco e pulizia delle superfici dell'elemento.

## 1.5 Calcolo dell'azione sismica

Per ogni pannello di tamponatura, l'azione sismica fuori piano è stata calcolata considerando le indicazioni del paragrafo 7.2.3 delle NTC. La formulazione utilizzata è la seguente:

$$F_s = \frac{S_a \cdot W}{q_a}$$

dove, per il metodo “formulazione semplificata”:

$$S_a(T_a) = \begin{cases} \alpha \cdot S \cdot (1 + z/H) \cdot \left[ \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left( 1 - T_a/a \cdot T_1 \right)^2} \right] \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a < a \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot (1 + z/H) \cdot a_p & \text{per } a \cdot T_1 < T_a < b \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot (1 + z/H) \cdot \left[ \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left( 1 - T_a/b \cdot T_1 \right)^2} \right] \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a \geq b \cdot T_1 \end{cases}$$

	<i>a</i>	<i>B</i>	<i>a<sub>p</sub></i>
$T_1 < 0,5 \text{ s}$	0.8	1,4	5,0
$0,5 \text{ s} < T_1 < 1,0 \text{ s}$	0.3	1,2	4,0
$T_1 > 1,0 \text{ s}$	0.3	1,0	2,5

$S_s$  : coefficiente che tiene conto della categoria del sottosuolo, pari a:

Categoria sottosuolo	$S_s$
A	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F a_g/g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F a_g/g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F a_g/g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F a_g/g \leq 1.60$

$S_t$  : coefficiente che tiene conto della categoria topografica, pari a:

Categoria topografica	$S_t$
T1	1.00
T2	1.20
T3	1.20
T4	1.40

$T$  : periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;

$T_1$  : periodo fondamentale di vibrazione della costruzione;

$Z$  : quota del baricentro della tamponatura;

$H$  : altezza della tamponatura;

$q_a$  : fattore di comportamento dell'elemento;

$F_s$  : forza sismica agente sull'elemento;

Tipo : tipologia di tamponatura associata ai pannelli;

Mod. acc. : modello di accelerazioni: "FS" se formulazione semplificata, "MV" se accelerazioni modi di vibrare;

Si riportano, per il caso in esame, le azioni sismiche per ogni pannello:

Tamp.	Piano	Pannello	Tipo	Mod. acc.	$Z$ [cm]	$H$ [cm]	$T$ [sec]	$T_1$ [sec]	$W$ [kN]	$q_a$	$F_s$ [kN]
Tamp. 1 (4-1-2-3)	-	1	1	FS	130.00	260.0	0.05	0.30	20.18	2	8.775
Tamp. 2 (8-5-6-7)	-	1	1	FS	130.00	260.0	0.05	0.30	20.18	2	8.775
Tamp. 3 (12-9-10-11)	-	1	1	FS	450.00	260.0	0.05	0.30	20.18	2	8.758
Tamp. 4 (16-13-14-15)	-	1	1	FS	450.00	260.0	0.05	0.30	20.18	2	8.758
Tamp. 5 (20-17-18-19)	-	1	1	FS	810.30	335.0	0.083	0.30	26.00	2	52.054
Tamp. 6 (24-21-22-23)	-	1	1	FS	810.30	335.0	0.083	0.30	26.00	2	52.054

## 1.6 Verifica pannelli rigidamente connessi

I pannelli rigidamente connessi, ovvero che interferiscono con la deformabilità della struttura, vengono verificati, utilizzando l'azione sismica "fuori piano", ipotizzando lo schema "dell'articolazione", tenendo conto del meccanismo resistente ad arco (Paulay, T., & Priestley, M. J. N., "Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings", John Wiley & Sons, 1992), in base al quale sotto l'azione "fuori piano" si formano delle cerniere agli estremi del pannello e in mezzzeria.

La verifica verrà effettuata confrontando il valore resistente della forza orizzontale (relativa allo schema di plasticizzazione) con la forza sismica agente sul pannello. La forza resistente viene calcolata mediante l'analisi plastica del modello iniziale vincolato con:

- Cerniera in testa
- Incastro al piede

Il modello finale, equilibrato dai momenti resistenti applicati al piede e in mezzzeria presenta i seguenti vincoli:

- Cerniera in testa
- Cerniera in mezzzeria
- Cerniera al piede

Il modello utilizzato è applicabile per le tamponature interamente confinate dal telaio in c.a., grazie all' meccanismo di resistenza "ad arco" che si oppone all'espulsione fuori dal piano. I parapetti vengono invece verificati come una mensola incastrata alla base e considerando, dopo la rottura, l'equilibrio a ribaltamento della stessa.

La verifica all'azione sismica ha esito positivo se:

$$F_s \leq F_u$$

La verifica ai carichi orizzontali  $H_k$  ha esito positivo se:

$$H_k \leq F_u - H_k$$

dove:

$F_s$	: forza sismica agente sulla tamponatura;
$H_k$	: carico variabile totale orizzontale (punto 3.1.4.1) agente sulla tamponatura;
$F_u$	: forza massima resistente del meccanismo di collasso della tamponatura (azione sismica);
$F_{u-Hk}$	: Forza massima resistente del meccanismo di collasso della tamponatura (azione $H_k$ );
$Mu_p$	: momento resistente al piede del pannello;
$Mu_M$	: momento resistente in mezzzeria del pannello;

I momenti resistenti sono calcolati mediante la seguente relazione:

$$M_r = \left( \frac{t^2 l_c \sigma_0}{2} \right) \left( 1 - \frac{\sigma_0}{0.85 f_m} \right)$$

dove:

Tipo	: tipologia di tamponatura associata ai pannelli;
Tipo Rinf.	: tipologia di rinforzo associata ai pannelli;
$t$	: spessore della sezione da verificare considerando gli strati "connessi";
$l_c$	: lunghezza della sezione da verificare;
$\sigma_0$	: tensione media agente sulla sezione calcolata come $N/l_t$ ;
$f_m$	: resistenza unitaria della muratura;
$s$	: $F_u/F_s$ ;

Si riportano i dati relativi alla verifica all'azione sismica dei singoli pannelli:

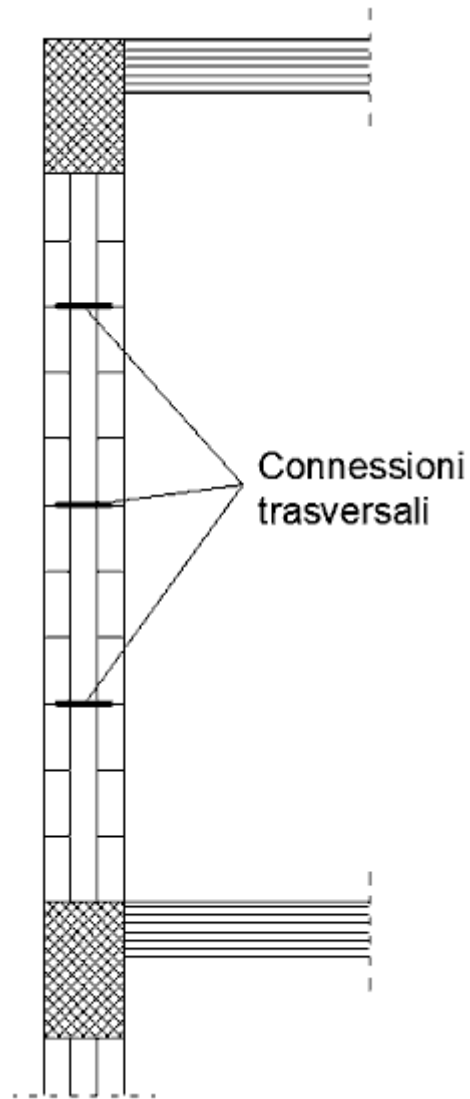
Tamp.	Piano	Pannello	Tipo	Tipo Rinf.	$t$ [cm]	$l_c$ [cm]	$f_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$Mu_p$ [kNm]	$Mu_M$ [kNm]	$F_u$ [kN]	$F_s$ [kN]	$s$	Esito
Tamp. 1 (4-1-2-3)	-	1	1	-	28.0	400.0	1.10	2.77	1.399	8.566	8.775	0.98	NV
Tamp. 2 (8-5-6-7)	-	1	1	-	28.0	400.0	1.10	2.77	1.399	8.566	8.775	0.98	NV
Tamp. 3 (12-9-10-11)	-	1	1	-	28.0	400.0	1.10	2.77	1.399	8.566	8.758	0.98	NV
Tamp. 4 (16-13-14-15)	-	1	1	-	28.0	400.0	1.10	2.77	1.399	8.566	8.758	0.98	NV
Tamp. 5 (20-17-18-19)	-	1	1	1	28.0	400.0	1.10	42.195	1.797	54.674	52.054	1.05	V
Tamp. 6 (24-21-22-23)	-	1	1	1	28.0	400.0	1.10	42.195	1.797	54.674	52.054	1.05	V

Si riportano i dati relativi alla verifica ai carichi orizzontali  $H_k$  (punto 3.1.4.1 NTC) per i singoli pannelli:

Tamp.	Piano	Pannello	Tipo	Tipo Rinf.	$t$ [cm]	$l_c$ [cm]	$f_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$Mu_p$ [kNm]	$Mu_M$ [kNm]	$F_{u-Hk}$ [kN]	$H_k$ [kN]	$s$	Esito
Tamp. 1 (4-1-2-3)	-	1	1	-	28.0	400.0	0.733	2.743	1.497	4.603	4.00	1.15	V
Tamp. 2 (8-5-6-7)	-	1	1	-	28.0	400.0	0.733	2.743	1.497	4.603	4.00	1.15	V
Tamp. 3 (12-9-10-11)	-	1	1	-	28.0	400.0	0.733	2.743	1.497	4.603	4.00	1.15	V
Tamp. 4 (16-13-14-15)	-	1	1	-	28.0	400.0	0.733	2.743	1.497	4.603	4.00	1.15	V
Tamp. 5 (20-17-18-19)	-	1	1	1	28.0	400.0	0.733	28.125	2.28	26.397	4.00	6.60	V
Tamp. 6 (24-21-22-23)	-	1	1	1	28.0	400.0	0.733	28.125	2.28	26.397	4.00	6.60	V

## 1.7 Indicazioni costruttive

La realizzazione della muratura dovrà essere completata mediante elementi di connessione trasversale tra i paramenti verticali del tamponamento. La soluzione tecnologica proposta riguarda l'utilizzo di appositi connettori (in numero pari a  $4/m^2$ ) oppure mediante strisce di rete elettrosaldata posta orizzontalmente tra i letti di malta.



## 1.8 Risultati Vulnerabilità

### 1.8.1 Tamponature SLV

Tamponatura : Tamponature di input;  
 $PGA_C$  : Valore della capacità dell'accelerazione di picco al suolo per lo stato limite considerato;  
 $PGA_D$  : Valore della domanda dell'accelerazione di picco al suolo per lo stato limite considerato;  
 Tipo verifica : Verifica che determina il risultato della vulnerabilità;  
 $\zeta_E$  : Indicatore della sicurezza per l'azione sismica delle accelerazioni;  
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Tamponatura	$PGA_C$ [g]	$PGA_D$ [g]	Tipo verifica	$\zeta_E$	Esito
Tamp. 1 (4-1-2-3)	0.528	0.233	SLV - Verifica Sismica	2.27	V
Tamp. 2 (8-5-6-7)	0.528	0.233	SLV - Verifica Sismica	2.27	V
Tamp. 3 (12-9-10-11)	0.412	0.233	SLV - Verifica Sismica	1.77	V
Tamp. 4 (16-13-14-15)	0.412	0.233	SLV - Verifica Sismica	1.77	V
Tamp. 5 (20-17-18-19)	1.20	0.233	SLV - Verifica Sismica	5.15	V
Tamp. 6 (24-21-22-23)	1.20	0.233	SLV - Verifica Sismica	5.15	V