

# FONDAZIONE OPERE LAICHE PALATINE

Fondazione di diritto privato - DPR 29.10.2010 n. 263

Presidente Dott. Michele Virgilio

## ACQUAVIVA DELLE FONTI (BARI) EX RICOVERO DI MENDICITÀ UMBERTO 1°

Edificio tutelato ai sensi dell'art. 10 del D.Lgs 42/2004

Proprietà FONDAZIONE OPERE LAICHE PALATINE

## PROGETTO DI POLO PLURIFUNZIONALE INTERGENERAZIONALE

Progetto architettonico

Dott. Ing. A. Bruno

Dott. Arch. G. Fraccascia

Consulenza impiantistica

Per. Ind. Biagio Montesano

Consulenza geologica

Dott. Geol. Vincenzo Casucci

Consulenza archeologica

Dott. Archeologo Lorella Lamanna

Consulenza conservazione

apparati decorativi

Restauri del Sole

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Dott. Ing. G. Didonna

PROGETTO  
BLOCCO SERVIZI  
VERIFICA ELEMENTI NON STRUTTURALI

BS.05-a

# Verifica degli elementi non strutturali

## 1. GENERALITÀ

Gli elementi costruttivi non strutturali sono "quelli con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone" (cfr. § 7.2.3 D.M. 2018).

## 2. AZIONE SUGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

Gli effetti dell'azione sismica sugli elementi costruttivi senza funzione strutturale possono essere determinati applicando a tali elementi una forza orizzontale  $F_a$  definita come segue (relazione 7.2.1 - § 7.2.3 D.M. 2018):

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a \quad [1]$$

dove:

- $F_a$  è la forza sismica orizzontale agente al centro di massa dell'elemento non strutturale nella direzione più sfavorevole;
- $W_a$  è il peso dell'elemento;
- $S_a$  è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1 NTC18);
- $q_a$  è il fattore di comportamento dell'elemento.

In assenza di specifiche determinazioni, per  $q_a$  si possono assumere (allo SLV) i valori riportati nella successiva Tabella C7.2.I della Circolare del 21-01-2019 n. 7.

**Tab.1: Valori di  $q_a$  per elementi non strutturali (Tabella C7.2.I - Circolare del 21-01-2019 n. 7)**

Elementi non-strutturali	$q_a$
Parapetti o decorazioni aggettanti Insegne e pannelli pubblicitari Comignoli, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza	1,0
Pareti interne ed esterne Tramezzatura e facciate Comignoli, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole non controventate per meno di metà della loro altezza o connesse alla struttura in corrispondenza o al di sopra del loro centro di massa Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti direttamente poggiati sul pavimento Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	2,0

Il D.M. 2018 (§ 7.8.1.5.2) consente di effettuare la verifica fuori piano di **pareti murarie** assumendo un fattore di comportamento  $q_a = 2$  (allo SLV) ed un'accelerazione massima ( $S_a$ ) data da:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot [1,5 \cdot (1 + z/H) - 0,5] \geq \alpha \cdot S \quad [2]$$

dove:

- $\alpha$  è il rapporto tra l'accelerazione massima del terreno  $a_g$  su sottosuolo tipo A da considerare nello stato limite in esame (v. § 3.2.1 delle NTC18) e l'accelerazione di gravità  $g$ ;
- $S = S_T \cdot S_s$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche secondo quanto riportato nel § 3.2.3.2.1 delle NTC18;
- $z$  è la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione (da assumersi sempre pari a 0 per strutture isolate);
- $H$  è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione.

### 3. VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITÀ DELLE TAMPONATURE

Le verifiche di resistenza e stabilità della tamponatura vengono fatte assumendo le seguenti ipotesi.

- **Ipotesi 1:** *Tamponatura doppiamente appoggiata in testa ed al piede con carico uniformemente distribuito*

Il momento sollecitante massimo, nella sezione di mezzzeria, è pari a:

$$M_{Ed,1} = F_a \cdot h^2 / (8 \cdot h) \quad [3]$$

Dove:

$F_a$  vedi relazione [1];

$h$  = altezza della parete di tamponamento.

Il momento resistente è pari a (relazione 7.8.2 - D.M. 2018):

$$M_{Rd,1} = (L \cdot s^2 \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - \sigma_0 / 0,85 \cdot f_d) \quad [4]$$

Dove:

$L$  = lunghezza della parete di tamponamento;

$s$  = spessore della parete di tamponamento;

$\sigma_0 = N_{Ed}/A$  = tensione normale media di compressione;

$N_{Ed} = W_a/2$  = peso della parete di tamponamento sulla sezione di mezzzeria;

$A = (L \cdot s)$  = area della parete di tamponamento.

$f_d = f_k/\gamma_M$  = resistenza di progetto a compressione;

$f_k$  = resistenza caratteristica a compressione del materiale della parete di tamponamento;

$\gamma_M$  = coefficiente di sicurezza del materiale della parete di tamponamento.

La verifica è soddisfatta se:

$$CS_1 = M_{Rd,1}/M_{Ed,1} \geq 1.$$

- **Ipotesi 2** *Tamponatura doppiamente appoggiata in testa ed al piede con carico concentrato*

Il momento sollecitante massimo, nella sezione di mezzzeria, è pari a:

$$M_{Ed,2} = F_a \cdot h/4 \quad [5]$$

Dove:

$F_a$  vedi relazione [1];

$h$  = altezza della parete di tamponamento;

$W_a$  = peso della parete di tamponamento;

$s$  = spessore della parete di tamponamento.

Il momento resistente è pari a (relazione 7.8.2 - D.M. 2018):

$$M_{Rd,2} = (L \cdot s^2 \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - \sigma_0 / 0,85 \cdot f_d) \quad [6]$$

Dove:

$L$  = lunghezza della parete di tamponamento;

$s$  = spessore della parete di tamponamento;

$\sigma_0 = N_{Ed}/A$  = tensione normale media di compressione;

$N_{Ed} = W_a/2$  = peso della parete di tamponamento sulla sezione di mezzzeria;

$A = (L \cdot s)$  = area della parete di tamponamento.

$f_d$  = resistenza di progetto del materiale della tamponatura;

La verifica è soddisfatta se:

$$CS_2 = M_{Rd,2}/M_{Ed,2} \geq 1.$$

- **Ipotesi 3** *Verifica a taglio nella sezione di testa*

Il taglio sollecitante massimo, nella sezione di verifica, è pari a:

$$V_{Ed} = F_a/2 \quad [7]$$

Dove:

$F_a$  vedi relazione [1].

Il taglio resistente è pari a (relazione [7.8.3] - D.M. 2018):

$$V_{Rd} = l' \cdot s \cdot f_{vd} \quad [8]$$

Dove:

$l'$  = lunghezza della parte compressa della sezione (assunta uguale alla lunghezza,  $L$ , della parete di tamponamento);

$s$  = spessore della parete di tamponamento;

$f_{vd}$  = resistenza di progetto a taglio della muratura [ $f_{vd} = (f_{vk0} + 0,4 \sigma_0) / \gamma_m$ ].

$f_{vk0}$  = resistenza caratteristica a taglio senza compressione;

$\gamma_m$  = coefficiente di sicurezza;

$\sigma_0 = 0$  = tensione normale media di compressione in testa al pannello.

La verifica è soddisfatta se:

$$CS_3 = V_{Rd} / V_{Ed} \geq 1.$$

#### 4. VERIFICA

Nel caso in esame si verificano i tamponamenti esterni, per i quali il fattore di struttura  $q_a$  è pari a 2.

Le tamponature oggetto di verifiche sono costituite da "blocchi forati".

I calcoli successivi fanno riferimento alle tamponature dell'ultimo livello dove le azioni dovute al sisma sono più gravose.

Le caratteristiche geometriche e meccaniche della tamponatura oggetto di verifica sono di seguito riportate:

- $L = 3,10 \text{ m} = 3100 \text{ mm}$ , lunghezza, in pianta, della parete di tamponamento.
- $s = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm}$ , spessore della parete di tamponamento (comprensivo di intonaco e isolamento).
- $h = 2,90 \text{ m} = 2900 \text{ mm}$ , altezza della tamponatura.
- $A = 200 \text{ mm} \cdot 3100 \text{ mm} = 620000 \text{ mm}^2$ , area di base della parete di tamponamento.
- $z = 1,40 \text{ m} = 1400 \text{ mm}$ , quota del baricentro della tamponatura rispetto allo spiccatto della fondazione.
- $H = 3,20 \text{ m} = 3200 \text{ mm}$ , altezza dell'edificio rispetto allo spiccatto della fondazione.
- $\gamma_{Mur} = 12000 \text{ N/m}^3 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}^3$ , peso per unità di volume del materiale della tamponatura.
- $f_k = 5,00 \text{ N/mm}^2$ , resistenza caratteristica a compressione del materiale della tamponatura.
- $f_{vk0} = 0,35 \text{ N/mm}^2$ , resistenza caratteristica a taglio senza compressione del materiale della tamponatura.
- $\gamma_m = 2,50$ , fattore parziale per murature in campo sismico allo SLV (§ 7.8.1.1 D.M. 2018).
- $f_{d,SLV} = f_k / \gamma_m = 2,00 \text{ N/mm}^2$ , resistenza di progetto a compressione del materiale della tamponatura allo SLV.
- $f_{d,SLD} = f_k = 5,00 \text{ N/mm}^2$ , resistenza di progetto a compressione del materiale della tamponatura allo SLD.
- $f_{vd0,SLV} = f_{vk0} / \gamma_m = 0,14 \text{ N/mm}^2$ , resistenza di progetto a taglio senza compressione del materiale della tamponatura allo SLV.
- $f_{vd0,SLD} = f_{vk0} = 0,35 \text{ N/mm}^2$ , resistenza di progetto a taglio senza compressione del materiale della tamponatura allo SLD.
- $W_a = \gamma_{Mur} \cdot s \cdot L \cdot h = 12 \cdot 0,20 \cdot 3,10 \cdot 2,9 = 21576 \text{ N}$ , peso complessivo della parete di tamponamento.
- $\sigma_0 = (W_a / 2) / A = (21576 \text{ N} / 2) / 620000 \text{ mm}^2 = 0,0174 \text{ N/mm}^2$ , tensione normale di compressione sulla sezione di mezzzeria.

Di seguito si riportano i dati sismici:

**Tab. 2: Parametri di Pericolosità Sismica**

Stato Limite	$a_g/g$	$F_0$	$T^*c$ [s]	$C_c$	$T_B$ [s]	$T_c$ [s]	Parametri di pericolosità sismica	
							$T_D$ [s]	$S_s$
SLO	0.0284	2.428	0.230	1.71	0.131	0.392	1.713	1.50
SLD	0.0353	2.472	0.282	1.59	0.150	0.450	1.741	1.50
SLV	0.0760	2.673	0.446	1.37	0.204	0.611	1.904	1.50
SLC	0.0946	2.707	0.528	1.30	0.228	0.684	1.979	1.50

#### • Verifica allo SLV

Il calcolo dell'accelerazione  $S_a = S_{a,SLV}$  è stato condotto facendo riferimento ai seguenti dati:

- $\alpha = \alpha_{SLV} = 0,076 a_g/g$ , accelerazione di riferimento allo SLV su sottosuolo rigido [ $a_g/g$  allo SLV riportato nella "Tab. 2: Parametri di pericolosità sismica"];]
- $S = S_{SLV} = S_T \cdot S_{s,SLV} = 1,00 \cdot 1,50 = 1,50$ , prodotto fra la categoria stratigrafica e topografica [ $S_{s,SLV}$  allo SLV riportato nella "Tab. 2: Parametri di pericolosità sismica";  $S_T$  riportato nella "Tab. 2: Parametri di pericolosità sismica"];
- 

Pertanto, il valore di  $S_a = S_{a,SLV}$  (vedi relazione [2]) vale:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot [1,5 \cdot (1 + z/H) - 0,5] = 0,076 a_g/g \cdot 1,50 \cdot [1,5 \cdot (1 + 1,40 \text{ m} / 3,20 \text{ m}) - 0,5] = 0,1888 a_g/g (> \alpha \cdot S = 0,114 a_g/g)$$

Di conseguenza, la forza sismica  $F_a$  orizzontale agente nel baricentro della tamponatura è pari a:

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a = 0,1888 \cdot 21576 / 2 = \mathbf{2036 \text{ N}}$$

con:

$$S_a = 0,1938 a_g / g$$

$$W_a [N] = 20832 \text{ N}$$

$$q_a = 2 \text{ (vedi "Tab. 1: Valori di } q_a \text{ per elementi non strutturali")}$$

Per le tre ipotesi, le **verifiche di resistenza e stabilità** della tamponatura forniscono:

<b>Ipotesi 1</b>	<p>Il momento sollecitante massimo, nella sezione di mezzzeria, vale:</p> $M_{Ed} = F_a \cdot h^2 / (8 \cdot h) = 2036 \cdot 2,8 / 8 = 712$ <p>Il momento resistente vale:</p> $M_{Rd} = (L \cdot S^2 \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - \sigma_0 / 0,85 \cdot f_{d,SLV}) = (3200 \cdot 2002 \cdot 0,024 / 2) \cdot (1 - 0,024 / 0,85 \cdot 2) = 1484851 \text{ Nmm} = 1485 \text{ Nm.}$ <p>La verifica risulta soddisfatta in quanto:</p> $\mathbf{CS_1} = M_{Rd} / M_{Ed} = 1485 / 706 = 2,1 \geq 1.$
<b>Ipotesi 2</b>	<p>Il momento sollecitante massimo, nella sezione di mezzzeria, vale:</p> $M_{Ed} = F_a \cdot h / 4 = 2036 \cdot 2,8 / 4 = 1425 \text{ Nm.}$ <p>Il momento resistente, nella sezione di mezzzeria, vale:</p> $M_{Rd} = (L \cdot S^2 \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - \sigma_0 / 0,85 \cdot f_{d,SLV}) = (3200 \cdot 2002 \cdot 0,0168 / 2) \cdot (1 - 0,0168 / 0,85 \cdot 2) = 1064574 \text{ Nmm} = 1064 \text{ Nm.}$ <p>La verifica risulta soddisfatta in quanto:</p> $\mathbf{CS_2} = M_{Rd} / M_{Ed} = 1064 / 1425 = 0,74 \geq 1.$
<b>Ipotesi 3</b>	<p>Il taglio sollecitante massimo, nella sezione di testa, vale:</p> $V_{Ed} = F_a / 2 = 2036 / 2 = 1018 \text{ N.}$ <p>Il taglio resistente vale:</p> $V_{Rd} = l' \cdot s \cdot f_{vd} = 3200 \cdot 200 \cdot 0,05 = 32000 \text{ N.}$ <p>La verifica risulta soddisfatta in quanto:</p> $\mathbf{CS_3} = V_{Rd} / V_{Ed} = 32000 / 1018 = 31,43 \geq 1.$