

# PROVINCIA DI SALERNO COMUNE DI SALERNO

*VERIFICA STRUTTURALE SECONDO LE NORME TECNICHE  
PER LE COSTRUZIONI 2018 DELLA TAMPONATURA  
ESTERNA, REALIZZATA CON SISTEMA COSTRUTTIVO  
"ISOLAREFLEX"*

*ELABORATO N°*

*RELAZIONE DI  
CALCOLO STRUTTURALE*

**S1**

PROGETTISTA STRUTTURALE



*Ing. Gianluca DE LIGIO*

COMMITTENTE

**FAVIMA srl**  
di Farina Michele  
Via S. Leonardo, Tray. Mugillaro, 120  
84131 SALERNO  
C.F. FRN MHL 72R20 H703V  
Partita IVA 0568342 065 6

*Favima Srl  
Via San Leonardo, Salerno*

*Data:*

*03/09/2018*

Si riporta di seguito l'esempio della verifica strutturale secondo le *Norme Tecniche per le Costruzioni 2018* della tamponatura esterna, realizzata con sistema costruttivo "Isolareflex", capace di offrire una soluzione di continuità unica in facciata garantendo una barriera ventilata continua su tutto il perimetro dell'involucro edilizio.

La parete esterna in esame ha uno spessore totale pari a circa 335 mm e, oltre ad usufruire di tutti i vantaggi derivanti dalla tecnologia del sistema costruttivo Isolareflex, è stata progettata con grande attenzione alla sostenibilità ambientale assicurando l'utilizzo di pannelli isolanti in fibra di legno naturale con una quantità di legno > 90% in peso del prodotto stesso; Il lato interno della tamponatura è stato ideato prevedendo l'utilizzo di due accoppiate lastre di gesso rivestite ad alte prestazioni dotate di un'elevata resistenza meccanica con una massa superficiale pari a 12,6 kg/mq che conferisce alla struttura elevate prestazioni in termini di acustica.

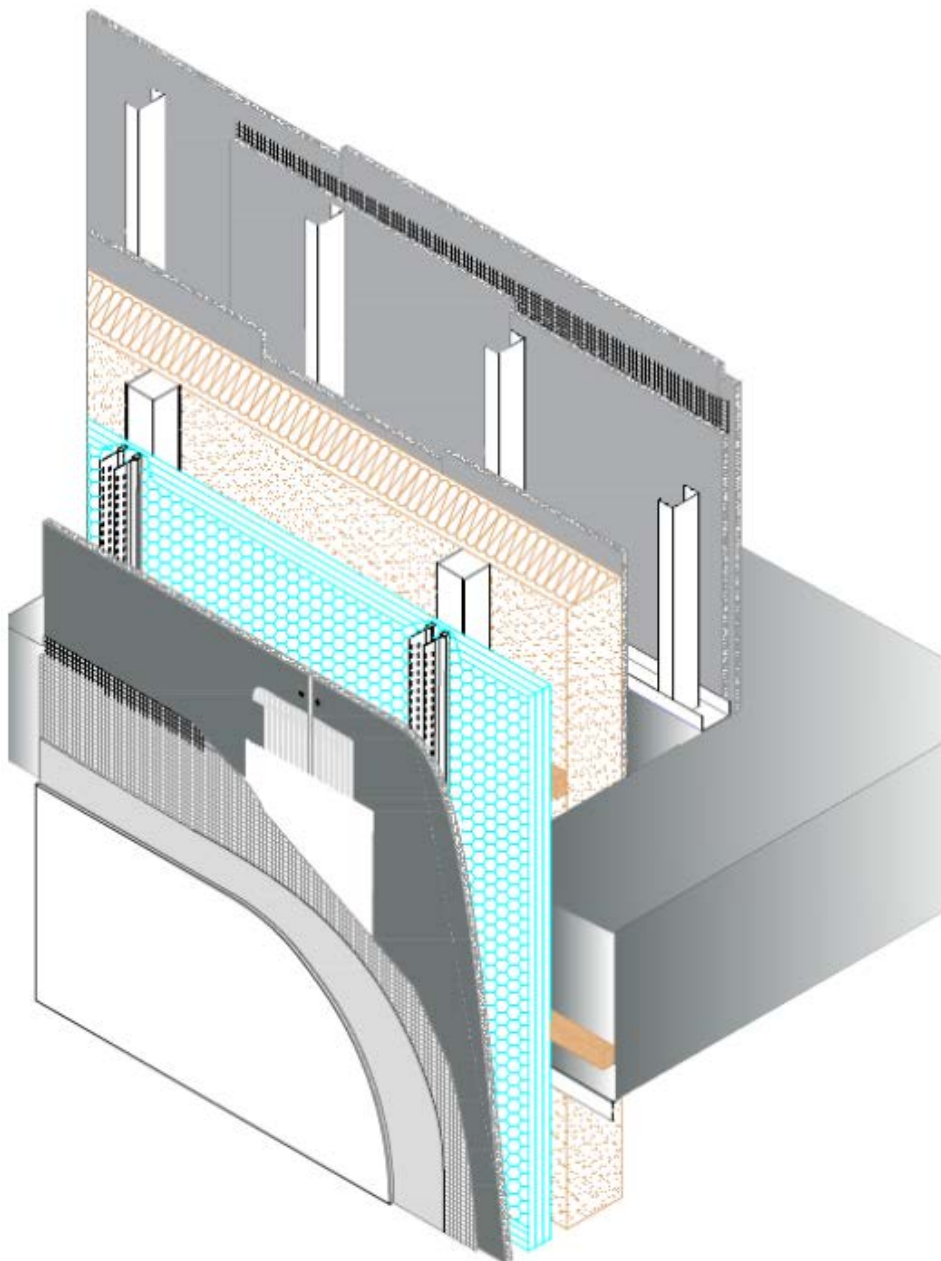
La tamponatura esterna *Isolareflex* è costituita dagli elementi di seguito elencati:

1. lastra di gesso rivestito in parete *Isolareflex* da 12,5 mm, posta come paramento esterno dal lato interno della parete; Le lastre di gesso *Isolareflex* sono in Euroclasse A2-s1, d0 di reazione al fuoco, sono dotate di una notevole resistenza meccanica oltre che un'elevata massa superficiale che conferisce alla struttura elevate prestazioni in termini di acustica, con un peso specifico pari a 1010 kg/mc ;
2. lastra di cartongesso in parete *Isolareflex* da 12,5 mm, posta in aderenza al pannello in fibra di legno; con Euroclasse A2-s1, d0 di reazione al fuoco, e densità pari a 680 kg/mc;
3. lastra *Isolareflex* perma board da 12,5 mm, posta al lato esterno della tamponatura esterna *Isolareflex*, in cemento alleggerito fibro-rinforzato ed in Euroclasse A1 (incombustibile), con un peso di 14,2 kg/mq;
4. distanziatore in lana di legno di abete rosso mineralizzata e legata con cemento portland, conforme alla norma UNI EN 13168, di dimensioni 30x20x2000 mm, classificato con Euroclasse B-s1, d0 in termini di reazione al fuoco;
5. struttura metallica interna composta da profili *Isolareflex* come specificato di seguito:
  - guida ad U di dimensioni 40x50x40 mm Sp.8/10 in acciaio con lega Zn-Mg; lunghezza da 3000 a 4000mm;
  - montante a C di dimensioni 50x49x47 mm Sp.6/10 in acciaio con lega Zn-Mg; lunghezza da 3000 a 4000 mm;
6. guida ad U in acciaio zincato con lega Zn-Mg, Sp.8/10 di dimensioni 40x50x40mm;
7. struttura di sostegno del sistema costruttivo *Isolareflex*, costituiti da tubolari zincati di dimensioni 50x50x2 mm con predisposizione di sistema di ancoraggio;
8. struttura del sistema costruttivo *Isolareflex*, composto da:
  - guida a scatto ad U di dimensioni 40x28x40 mm in acciaio rivestito da lega di Zinco Magnesio ZM 310 dotato di protezione anticorrosione idonee alla classe di corrosività C5-M, lunghezza variabile: L=3000/4000 mm;
  - montante a "C" di dimensioni 15x48x15x3000 mm oppure 27x48x3000 mm in acciaio rivestito da lega di Zinco Magnesio ZM 310 dotato di protezione anticorrosione idonee alla classe di corrosività C5-M
9. pannello in fibra di legno *Isolareflex* ad alto potere isolante dello spessore di 10 cm, densità pari a 150 kg/mc, quantità di legno > 90% in peso del prodotto, conduttività

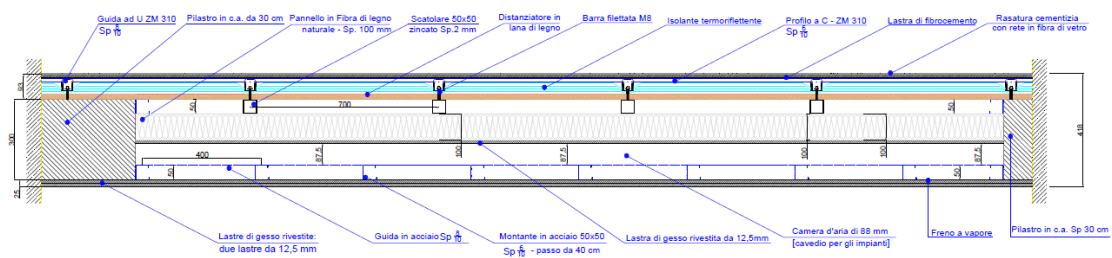
termica dichiarata  $\lambda=0,04 \text{ W/mK}$ , capacità termica massica pari a  $C=2.400 \text{ J/kgK}$  ed assorbimento d'acqua per immersione  $Ws=1.0$ ;

10. isolante termoriflettente *Isolareflex Foil* composto da 19 strati in alluminio puro, spessore nominale pari a  $40 \text{ mm}$ , dotato di elevati valori di resistenza termica in intercapedine certificati in laboratorio:  $R= 3,00 \text{ mqK/W}$ , con classe di reazione al fuoco E.
11. freno a vapore e barriera d'aria ad alta prestazione, dotato di una resistenza al passaggio del vapore  $m=18.750$ , classe di reazione al fuoco E, spessore pari a circa  $0,40 \text{ mm}$ .

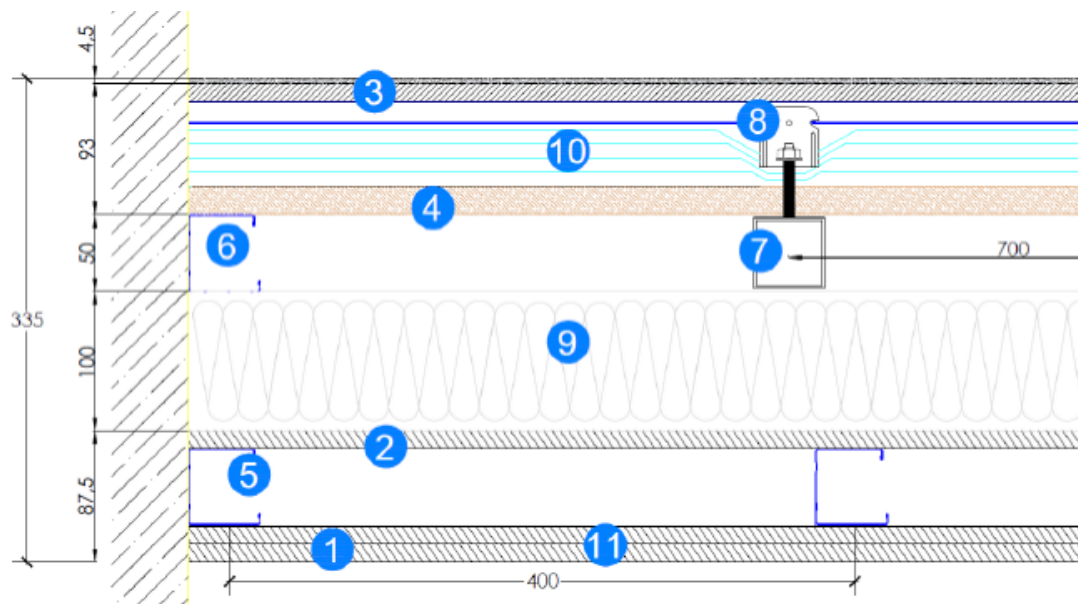
Per maggiori dettagli in merito a quanto appena descritto, si rimanda ai dettagli grafici di seguito riportati, nonché al sito ufficiale [www.isolareflex.it](http://www.isolareflex.it), per la consultazione delle soluzioni costruttive, delle schede tecniche e delle prove effettuate:



*Vista tridimensionale della compagnatura esterna Isolareflex*



Vista in pianta della tompagnatura esterna Isolareflex



Dettaglio in pianta della tompagnatura esterna Isolareflex

Secondo il § 7.2.3 delle NTC18, 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*”.

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:

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a$$

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 i valori riportati nel Prospetto 4.4 della UNI EN 1998-1:2013.

**Valori di  $q_a$  per elementi non strutturali**

Tipologia di elementi non-strutturali	$q_a$
Parapetti a sbalzo o decorazioni; Insegne e cartelloni pubblicitari; Camini, pali e serbatoi su sostegni che si comportano come mensole libere per più di metà dello loro altezza totale.	1,0
Muri esterni e interni; Tramezzi e facciate; Camini, pali e serbatoi su sostegni che si comportano come mensole libere per meno di metà dello loro altezza totale o vincolate alla struttura in corrispondenza o sopra il loro baricentro; Elementi di ancoraggio per mobili e librerie sostenuti da pavimenti; Elementi di ancoraggio per controsoffitti e dispositivi di illuminazione.	2,0

In mancanza di analisi più accurate  $S_a$  può essere calcolato con (Eq. (4.2.4) UNI EN 1998-1:2013):

$$S_a = \alpha S \left[ \frac{3 \left( 1 + \frac{z}{H} \right)}{\left( 1 + \left( 1 - \frac{T_a}{T_1} \right)^2 \right)} \right] - 0,5 \geq \alpha S$$

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;
- $T_a$  è il periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;
- $T_1$  è il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata;
- $z$  è la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione;
- $H$  è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione.

A vantaggio di sicurezza, nel calcolo dell'azione  $S_a$  si può porre il rapporto  $T_a/T_1$  pari a 1.

Relativamente al calcolo del periodo di vibrazione dell'elemento non strutturale ( $T_a$ ) si può fare riferimento alla seguente formulazione:

$$T_a = \frac{2h^2}{(\pi k^2)} \sqrt{\frac{A \gamma_m}{E I g}}$$

dove:

- $k$  è un numero intero ed indica il modo di vibrare preso in esame per l'elemento non strutturale (=1,2,3, per il primo, secondo, terzo modo di vibrazione, ...)
- $h$  [mm] è l'altezza della tamponatura;
- $A = s \cdot L$  [mm<sup>2</sup>] è l'area di base della tamponatura, con:
  - o  $s$  è lo spessore della tamponatura comprensivo anche delle parti non aventi funzione resistente (intonaco, isolamento, ecc.)

- $L$  è la lunghezza della tamponatura;
- $\gamma_m$  [N/mm<sup>3</sup>] è il peso per unità di volume della tamponatura;
- $E=1000 \cdot f_k$  [N/mm<sup>2</sup>] è il modulo elastico della tamponatura, con:
  - $f_k$  [N/mm<sup>2</sup>] è resistenza caratteristica a compressione della tamponatura (vedi Tab. 11.10.V NTC 08);
- $I$  [mm<sup>4</sup>] è il momento di inerzia della tamponatura rispetto all'asse baricentrico ortogonale alla forza  $F_a$ ;
- $g$  [mm/s<sup>2</sup>] è l'accelerazione di gravità.

Le **verifiche di resistenza e stabilità** della tamponatura vengono fatte assumendo l'ipotesi di *tamponatura doppiamente incastrata in testa ed al piede con carico puntuale applicato nella mezzeria dell'elemento metallico resistente*.

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

Nell'esempio numerico di seguito riportato, si è fatto riferimento alle tamponature dell'ultimo livello di un edificio alto 24 metri, dove le azioni dovute al sisma sono più gravose.

Visto il dettaglio costruttivo della tamponatura in esame, si ipotizza che la resistenza della stessa all'azione sismica di progetto, sia affidata agli elementi scatolari 50x50x2 mm, posizionati in verticale ad interasse pari a 70 cm.

Il momento sollecitante massimo, nella sezione di mezzeria di ciascun elemento scatolare di altezza pari a 3,00 m ( $h$ ), ipotizzando è pari a:

$$M_{Ed} = F_a \cdot h / 8 = 50 \text{ kg m}$$

dove  $F_a$  è pari a 130 kg.

Il momento resistente della sezione scatolare 50x50x2 mm con  $W_x$  pari a 5,91 cm<sup>3</sup>, è pari a:

$$M_{Rd} = W_x F_{yd} = 140 \text{ kg m}$$

dove  $F_{yd}$  è la tensione di snervamento dell'acciaio S235 con spessori inferiori a 4 mm.

Confrontando il valore del momento sollecitante  $M_{Ed}$  con quello resistente  $M_{Rd}$ , si evince che la verifica è soddisfatta.

Si precisa che in virtù del particolare costruttivo della parete in questione, ovvero priva dei giunti orizzontali, si esclude la possibilità che si possa verificare un cinematismo di rottura della parete sottoposta all'azione sismica, verso l'esterno, per effetto del insorgenza di cerniere plastiche in appoggio e mezzeria – spanciamiento, tipico delle murature in blocchi di laterizio di qualunque spessore.

A titolo informativo, si ricorda altresì che secondo quanto indica la Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 al § C7.3.6.3, la verifica del collasso fragile e prematuro e la possibile espulsione sotto l'azione sismica  $S_a$  delle tamponature si può ritenere conseguita con l'inserimento di leggere reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate tra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500 mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale, ovvero

con l'inserimento di elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500 mm.

Nel caso della tompagnatura esterna realizzata con sistema costruttivo "Isolareflex", tale condizione sarebbe comunque sempre soddisfatta in virtù delle molteplici connessioni, verticali ed orizzontali, tra gli elementi costituenti la stratigrafia della parete.

Si conclude evidenziando che oltre alle capacità altamente isolanti della parete esterna dal punto di vista termico ed acustico, l'estrema leggerezza della stessa (meno di 40 kg/mq), contribuisce a ridurre notevolmente le forze agenti in caso di sisma, non solo sulla parete esterna stessa, ma anche sull'intera costruzione, oltre all'alleggerimento delle sollecitazioni gravanti sulle strutture di fondazione, con particolare riferimento alle fondazioni profonde (tipiche di fabbricati alti) e pertanto, la tompagnatura esterna, realizzata con sistema costruttivo "Isolareflex", risulta particolarmente adatta alle più moderne costruzioni antisismiche.

Il Tecnico  
*Ing. Gianluca De Ligio*

