

8. Verifica semplificata

■ Applicazione

Verificare con metodo semplificato un edificio di tre piani fuori terra adibito a civile abitazione, costruito in muratura ordinaria. La disposizione muraria (► FIGURA 1) e l'altezza strutturale ($h = 2,80$ m) sono le stesse a ogni piano. Tutti i muri sono monostrato e hanno lo stesso spessore resistente ($t = 30$ cm) e le stesse caratteristiche fisiche e meccaniche. I solai in latero-cemento hanno spessore $20 + 4 = 24$ cm.

● Materiale

Muratura in blocchi porizzati di categoria I, $30\text{ cm} \times 25\text{ cm} \times 25\text{ cm}$ ($\varphi = 45\%$) e malta di classe M5; peso specifico: $\gamma_M = 12\text{ kN/m}^3$. Resistenza caratteristica a compressione in direzione parallela ai fori: $f_{bk} = 15\text{ N/mm}^2$.

Dai dati precedenti si ricava la resistenza caratteristica a compressione (► TABELLA 2):

$$f_k = 6,0\text{ N/mm}^2$$

● Analisi areale dei carichi verticali

● Carichi permanenti.

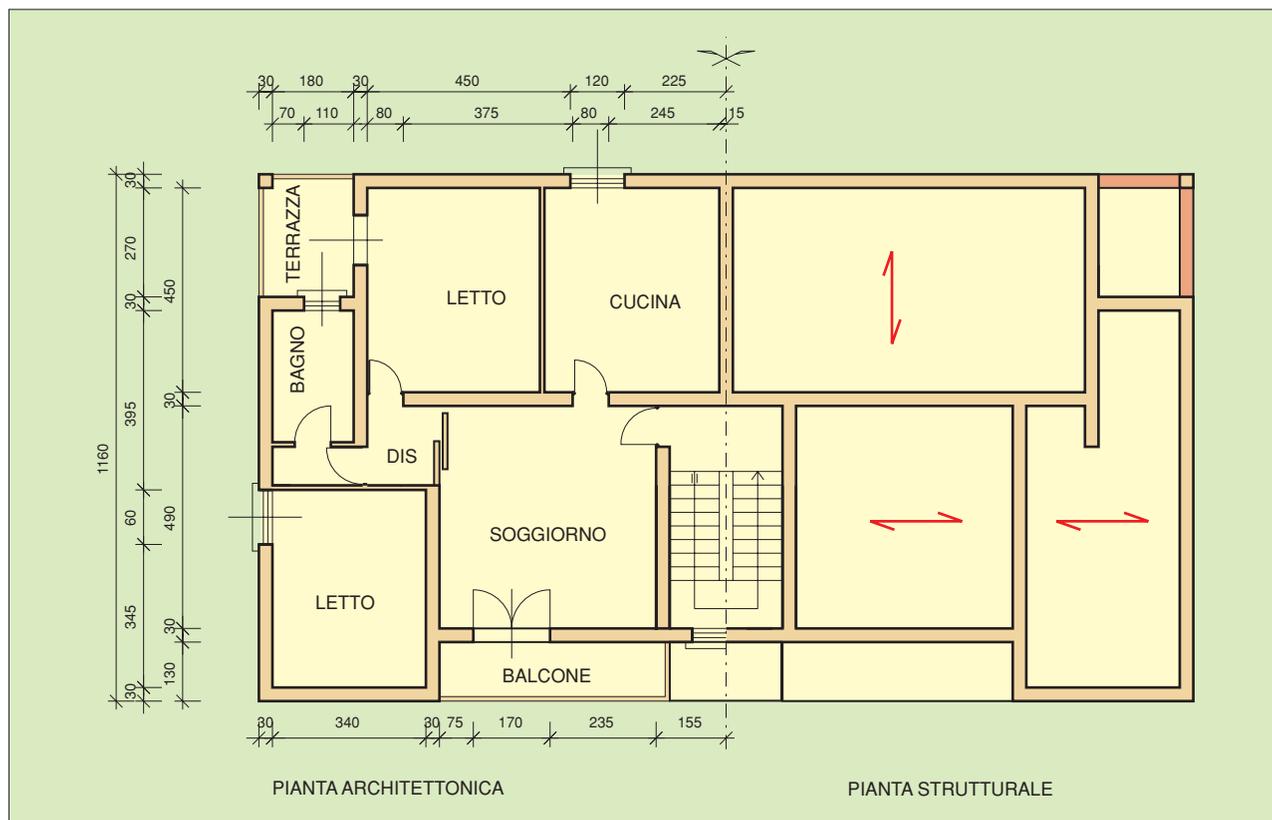
Solai	4,5 kN/m ²
Scale e balconi	5,0 kN/m ²

● Carichi variabili.

Solai di piano (carico di esercizio)	2,0 kN/m ²
Copertura (neve)	1,3 kN/m ²
Balconi e scale	4,0 kN/m ²



FIGURA 1 Piano tipo di edificio in muratura: pianta architettonica e pianta strutturale.



- **Schema resistente**

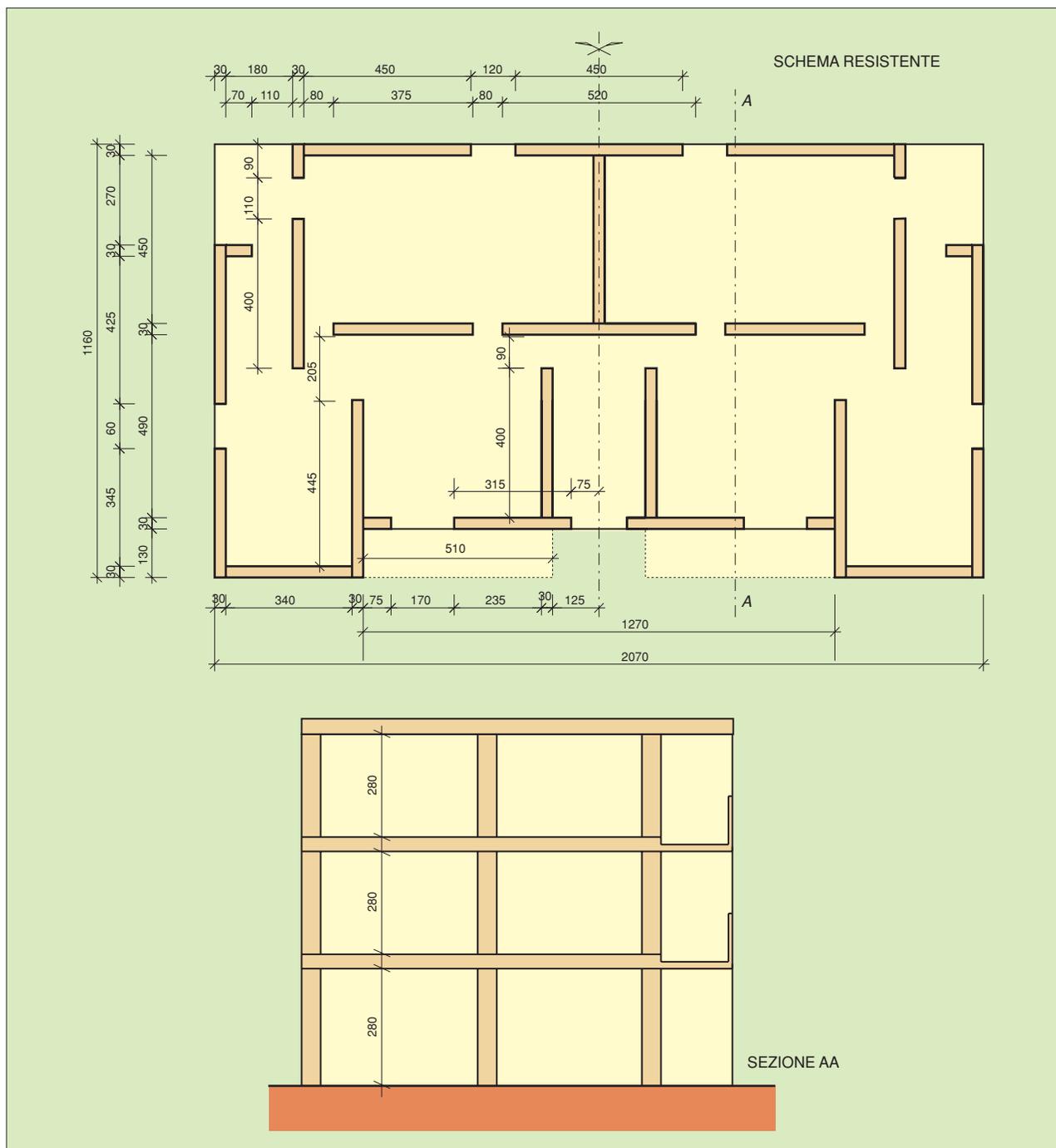
Si ottiene eliminando dalla pianta architettonica (► FIGURA 2) i muri divisori, i pilastri, i muri di lunghezza inferiore a $0,30 \cdot h$, l'ingombro delle aperture.

- **Verifica in assenza di sisma**

È lecito eseguire la verifica semplificata perché sono soddisfatte tutte le condizioni necessarie alla sua applicabilità. Infatti:

a) sono considerati resistenti solo i muri continui dalle fondazioni alla sommità, che sono tutti in blocchi semipieni;

FIGURA 2 Pianta dei muri resistenti e schema in elevazione.



- b) nessuna altezza d'interpiano è superiore a 3,5 m;
 c) l'edificio non si sviluppa per più di tre piani complessivi;
 d) la planimetria può essere iscritta in un rettangolo con rapporto tra lato minore e lato maggiore pari a

$$\frac{11,60}{20,70} = 0,56 > 0,33$$

- e) la snellezza di tutti muri vale

$$\frac{280}{30} = 9,33 < 12$$

- f) il carico variabile sui solai è di 2,00 kN/m²;
 g) sia l'area resistente A_x dei muri disposti in direzione x , sia l'area resistente A_y dei muri disposti in direzione y superano il 4,5% della superficie totale A dell'impalcato, dalla quale va esclusa l'area dei balconi (parti aggettanti). Si ha, infatti, a ogni piano:

$$A_x = 0,30 \cdot 2 \cdot \left(3,40 + 0,75 + 3,15 + 3,75 + \frac{5,20}{2} + \frac{4,50}{2} + 4,50 + 0,70 \right) = 12,66 \text{ m}^2$$

$$A_y = 0,30 \cdot [2 \cdot (3,75 + 4,45 + 4,00 + 0,90 + 4,75 + 4,00) + 4,50] = 14,46 \text{ m}^2$$

$$A_{tot} = 11,60 \cdot 20,70 - 2 \cdot 5,10 \cdot 1,30 - 12,66 - 14,46 = 199,54 \text{ m}^2 \cong 200 \text{ m}^2$$

Essendo:

$$A_{tot} \cdot 4,5\% = 200 \cdot 0,045 = 9 \text{ m}^2$$

si ha:

$$A_x > 9 \text{ m}^2 \quad A_y > 9 \text{ m}^2$$

Deve inoltre essere:

$$\sigma = \frac{N}{0,65A} \leq \frac{f_k}{4,2}$$

Questo controllo, qui limitato alla base del primo piano, andrebbe eseguito a tutti i livelli.

Il carico totale N , valutato alla base dell'edificio, è la somma dei carichi seguenti:

Copertura	$200 \cdot 5,8 = 1160 \text{ kN}$
Solai piano 1° e 2°	$2 \cdot 200 \cdot 6,5 = 2600 \text{ kN}$
Balconi	$2 \cdot 13,26 \cdot 9,00 = 239 \text{ kN}$
Scala	$3 \cdot 2,50 \cdot 4,90 \cdot 9,00 = 331 \text{ kN}$
Muri	$3 \cdot (12,66 + 14,66) \cdot 2,80 \cdot 12 = 2754 \text{ kN}$
Cordoli	$3 \cdot 0,24 \cdot 32,82 \cdot 25 = 591 \text{ kN}$
	$N = 7675 \text{ kN}$

L'area resistente A vale:

$$A = A_x + A_y = (12,66 + 14,46) \cdot 10^6 = 27,12 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

Si ha quindi:

$$\sigma = \frac{N}{0,65A} = \frac{7675 \cdot 10^3}{0,65 \cdot 27,12 \cdot 10^6} = 0,44 \text{ N/mm}^2 < \frac{6}{4,2} = 1,4 \text{ N/mm}^2$$

• **Verifica in presenza di sisma**

Si supponga ora di volere verificare lo stesso edificio in un luogo in cui è stata valutata un'accelerazione di picco del suolo (v. unità D2) $Sa_g = 1,3 \text{ m/s}^2$.

L'edificio è *semplice* perché, oltre a rispettare le condizioni richieste dalla verifica non sismica, rispetta anche le seguenti prescrizioni aggiuntive.

- h) In direzione x e in direzione y sono previste più di due pareti resistenti di lunghezza complessiva maggiore del 30% della maggiore dimensione dell'edificio nella stessa direzione ($0,30 \cdot 1160 = 348 \text{ cm}$ in direzione y ; $0,30 \cdot 2070 = 621 \text{ cm}$ in direzione x).
- i) Tali pareti sono disposte a distanza inferiore a: $0,75 \cdot 2070 = 1552,5 \text{ cm}$ per le pareti in direzione y ; $0,75 \cdot 1160 = 870 \text{ cm}$ per le pareti in direzione x .
- l) A eccezione della piccola porzione di solaio che grava sui due pilastri in CA disposti agli spigoli superiori, tutti i carichi verticali sono portati dal sistema resistente dei muri in oggetto.
- m) In ciascuna delle due direzioni principali sono presenti pareti resistenti alle azioni orizzontali poste a distanza minore di 7,00 m.
- n) La sezione delle pareti resistenti in direzione x è, come nel caso precedente:

$$A_x = 12,66 \text{ m}^2$$

La sezione delle pareti resistenti in direzione y è:

$$A_y = 14,46 \text{ m}^2$$

A tutti i piani l'area dell'edificio vale, come nel caso precedente:

$$A \cong 200 \text{ m}^2$$

Si ha (► TABELLA 1) ($0,1 \leq Sa_g/g \leq 0,15$):

$$5\% A = 0,05 \cdot 200 = 10,00 \text{ m}^2$$

E quindi:

$$A_x > 5\% A \quad A_y > 5\% A$$

L'edificio può essere considerato semplice e non necessita di alcun calcolo specifico. Si deve solo controllare che risulti:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq 0,25 \frac{f_k}{\gamma_M}$$

TABELLA 1 Area pareti resistenti in ciascuna direzione ortogonale per costruzioni semplici

Accelerazione di picco del terreno Sa_g		$\leq 0,07 g$	$\leq 0,1 g$	$\leq 0,15 g$	$\leq 0,20 g$	$\leq 0,25 g$	$\leq 0,30 g$	$\leq 0,35 g$	$\leq 0,40 g$	$\leq 0,45 g$	$\leq 0,4725 g$
Tipo di struttura	Numero di piani										
Muratura ordinaria	1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
	2	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	6,5%	6,5%	7,0%
	3	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%			
Muratura armata	1	2,5%	3,0%	3,0%	3,0%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	4,5%
	2	3,0%	3,5%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,0%	5,0%
	3	3,5%	4,0%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%
	4	4,0%	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%	6,5%	6,5%

Essendo:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{7675 \cdot 10^3}{27,12 \cdot 10^6} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

minore di:

$$0,25 \frac{f_k}{\gamma_M} = 0,25 \frac{6}{2,5} = 0,6 \text{ N/mm}^2$$

la verifica risulta soddisfatta.