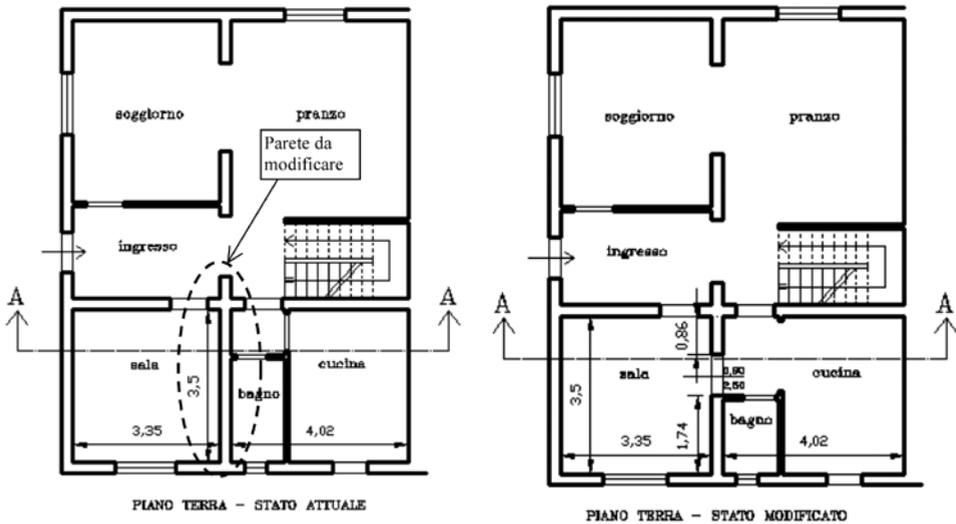


ACQUISTA IL LIBRO COMPLETO CON SOFTWARE

7.1. Esempio 1. Apertura vano porta in parete portante

Oggetto dell'intervento è la manutenzione straordinaria e opere interne ad un edificio composto da piano terra, piano primo e soffitte, dove si prevede di realizzare un vano porta, di larghezza 90 cm e altezza 250 cm, nella parete portante al piano terra.

Le pareti portanti sono realizzate in mattoni pieni a due teste, spessore 25 cm. I solai sono in laterocemento: quelli di calpestio del piano terra, del piano primo e del piano soffitte hanno altezza 24 cm (20 + 4) mentre il solaio di copertura ha altezza 20 cm (16 + 4). È presente il cordolo di piano in c.a. in corrispondenza di ogni impalcato.



Caratteristiche dei materiali

Sia per le resistenze (f , τ_0 , f_{v0}) che per i moduli elastici (E e G) si sono presi i valori medi di tabella 2.1. Inoltre, i moduli elastici sono stati ridotti del 50% per tener conto di condizioni fessurate. Inoltre si assume $FC = 1$.

Nel caso di muratura di mattoni pieni e malta di calce, si ha:

$$f = (260 + 430) / 2 = 345 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_0 = (5 + 13) / 2 = 9 \text{ N/cm}^2$$

$$f_{v0} = (13 + 27) / 2 = 20 \text{ N/mm}^2$$

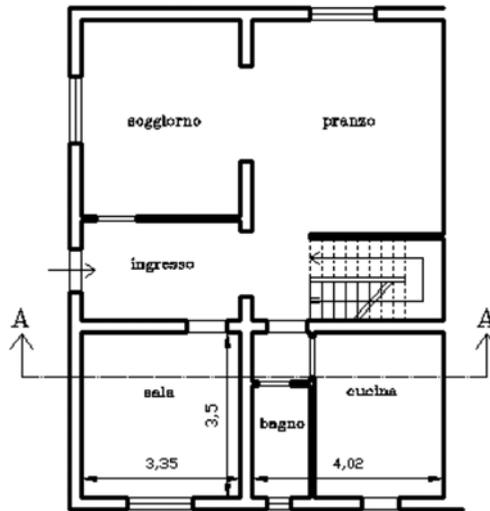
$$E = (1200 + 1800) / 2 \cdot 0,5 = 750 \text{ N/mm}^2$$

$$G = (400 + 600) / 2 \cdot 0,5 = 250 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 18 \text{ KN/m}^3$$

Peso solaio di calpestio piano primo: 4,5 KN/m² per peso permanente e 2 KN/m² di carico variabile.

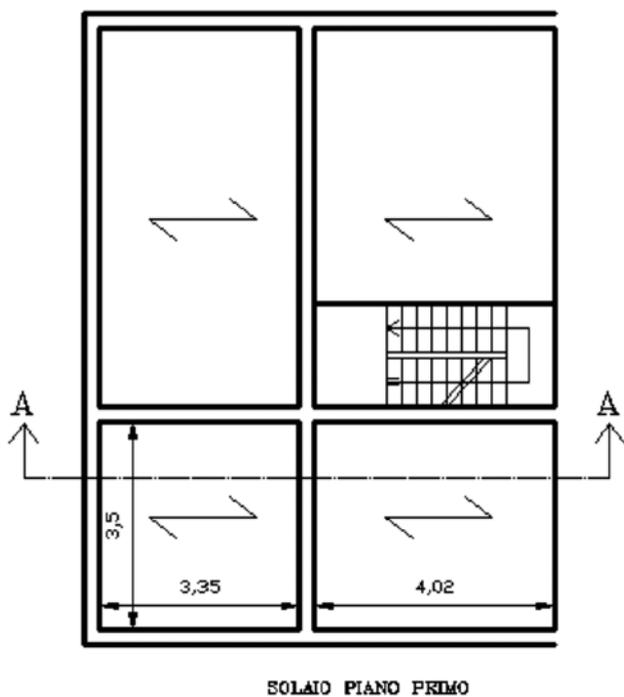
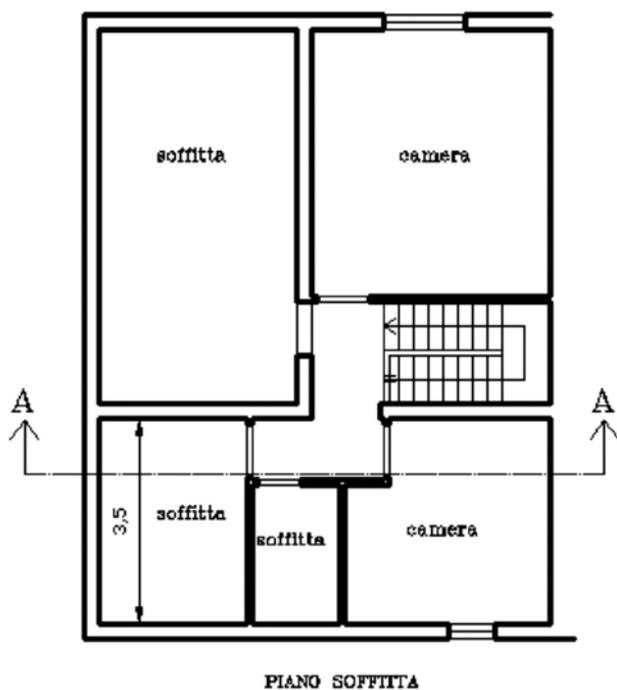
Stato attuale

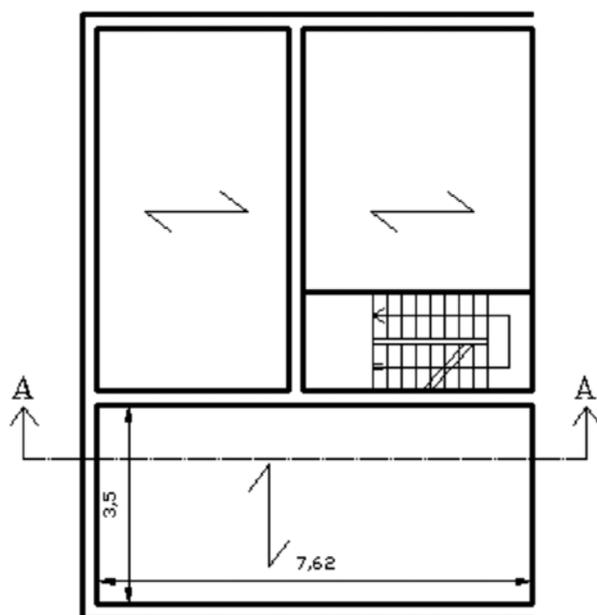


PIANO TERRA - STATO ATTUALE

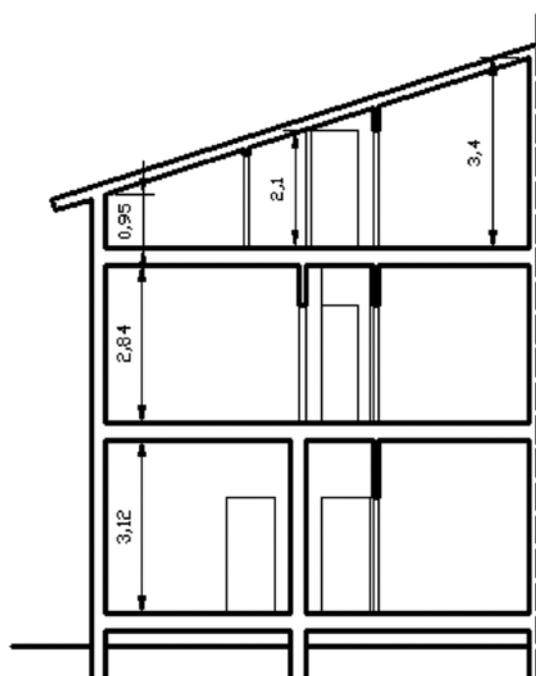


PIANO PRIMO



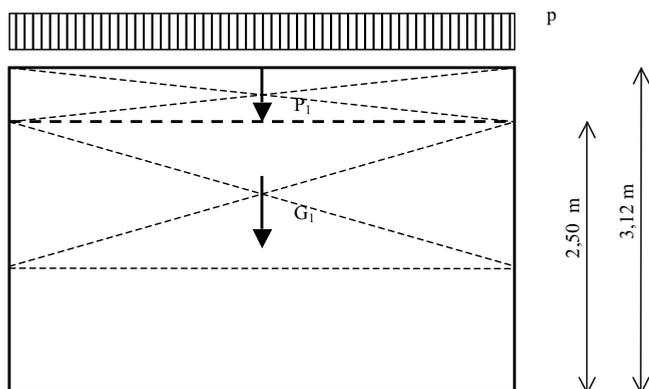


SOLAIO PIANO SOFFITTA



SEZIONE A-A - STATO ATTUALE

Schema della parete in esame (stato attuale)



Stato attuale

Nello stato attuale la parete è costituita da un solo maschio murario, e la sua rigidezza K vale:

	G	t	l	h	A	E	K
	N/mm ²	m	m	m	m ²	N/mm ²	KN/m
1	250	0,25	3,5	2,5	0,875	750	63865,4

Il carico agente in sommità della parete, dovuto all'incidenza dei solai, vale:

$$p = 6,5 \text{ KN/m}^2 \cdot (3,35 \text{ m} + 4,02 \text{ m}) / 2 = 23,95 \text{ KN/m}$$

Il peso di metà altezza di pannello murario vale:

$$G_1 = 3,5 \text{ m} \cdot 2,50 \text{ m} / 2 \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 18 \text{ KN/m}^3 = 19,69 \text{ KN}$$

Il peso della fascia di piano vale:

$$P_1 = 3,5 \text{ m} \cdot 0,62 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 18 \text{ KN/m}^3 = 9,76 \text{ KN}$$

Pertanto il peso totale N vale:

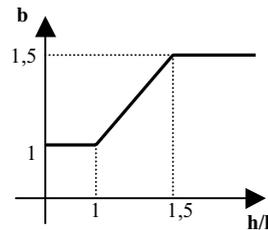
$$N = p \cdot l + G_1 + P_1 = 23,95 \text{ KN/m} \cdot 3,5 \text{ m} + 19,69 \text{ KN} + 9,76 \text{ KN} = 113,28 \text{ KN}$$

La tensione media verticale nel pannello murario vale:

$$\sigma_0 = N/A = 113,28 \text{ KN} / (3,5 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m}) = 129,46 \text{ KN/m}^2$$

Individuazione del coefficiente “b”

N.	h/l	b
1	0,714	1,000

**Calcolo resistenza dei singoli maschi murari**

Trattandosi di muratura in mattoni pieni e malta di calce, viste le caratteristiche della muratura, si decide di utilizzare (come prevede la Circolare applicativa n. 7/2019 punto C.8.7.1.3.1.1), per il calcolo della resistenza a taglio, la formula valida per le murature irregolari (formula 2.2.3).

Si attinge alla deformazione ultima massima prevista dalla normativa (0,5%h per rottura a taglio).

	V_t irr	V_t ,reg	V_t ,lim	V_t	V_t pf	V_t ts	V_u	δ_e	tipo di rottura	μ	δ_u	$\delta_{u,max}$
	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	mm			mm	mm
1	165,33	186,5	404,3	165,334	151,60	115,93	115,93	1,82	taglio scorr.	1,5	12,5	12,5

dove:

V_t irr = resistenza a taglio per trazione (fessurazione diagonale) in murature irregolari;

V_t reg = resistenza a taglio per trazione (fessurazione diagonale) in murature regolari;

V_t lim = resistenza a taglio limite per trazione (fessurazione diagonale) in murature regolari;

V_t = resistenza a taglio per trazione (fessurazione diagonale);

V_t pf = resistenza a taglio per pressoflessione;

V_t ts = resistenza a taglio per scorrimento;

V_u = resistenza a taglio del maschio murario (minimo valore tra V_t ts, V_t e V_t pf);

δ_e = spostamento del maschio murario al limite elastico;

μ = coefficiente di duttilità = δ_u/δ_e ;

δ_u = spostamento del maschio murario al limite ultimo;

$\delta_{u,max}$ = spostamento max = 0,5%h per rottura a taglio e 1%h per rottura a pressoflessione.

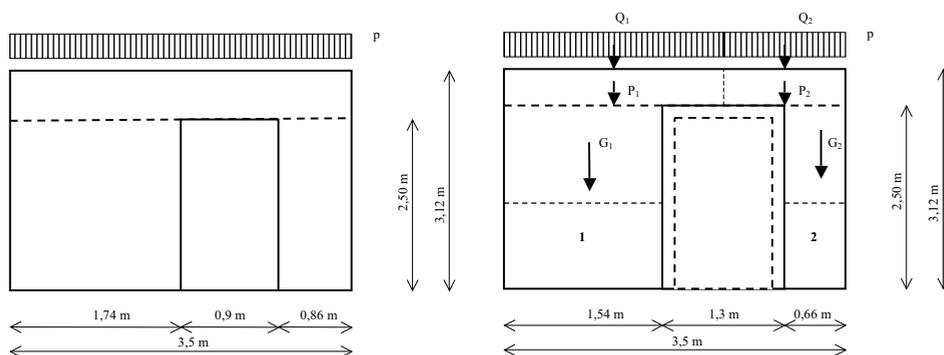
Taglio ultimo della parete: $V_u = 115,93$ KN (rottura per taglio-scorrimento).

Deformazione ultima: $\delta_u = 12,5$ mm.

Stato modificato

Si prevede l'apertura di un vano porta nella parete portante tra sala e disimpegno.

Schema della parete



Stato modificato (misure al finito)

Stato modificato (misure al rustico)

Occorre considerare anche l'ingombro della cerchiatura; si considera quindi un incremento di 20 cm intorno all'apertura. Quindi la porta avrà lunghezza $0,9 + 0,2 + 0,2 = 1,3$ m, il maschio 1 avrà lunghezza $1,74 - 0,2 = 1,54$ m, il maschio 2 avrà lunghezza $0,86 - 0,2 = 0,66$ m. La lunghezza totale della parete è ancora 3,5 m come nello stato iniziale, così come l'altezza, pari a 2,5 m. Quindi, nello stato modificato, la parete è costituita da due maschi murari di altezza 2,5 m: il primo di lunghezza 1,54 m e il secondo di lunghezza 0,66 m.

Si prevede di rinforzare i due maschi murari per mezzo di intonaco armato dello spessore di 5 cm su ciascuna delle due facce della parete. Lo spessore della parete diventa pertanto 35 cm. I parametri meccanici della parete vengono moltiplicati per il coefficiente 1,5 di cui alla tabella 2.4, visto il miglioramento ottenuto. Si ottiene pertanto:

$$f = 345 \cdot 1,5 = 517,5 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_0 = 9 \cdot 1,5 = 13,5 \text{ N/cm}^2$$

$$f_{v0} = 20 \cdot 1,5 = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 750 \cdot 1,5 = 1125 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 250 \cdot 1,5 = 375 \text{ N/mm}^2$$

Anche il peso specifico subisce una variazione:

$$w = (0,25 \text{ m} \cdot 18 \text{ KN/m}^3 + 0,05 \text{ m} \cdot 25 \text{ KN/m}^3 \cdot 2) / 0,35 \text{ m} = 20 \text{ KN/m}^3$$

La rigidezza K della parete diventa:

	G	t	l	h	A	E	K
	N/mm ²	m	m	m	m ²	N/mm ²	KN/m
1	375	0,35	1,54	2,5	0,539	1125	38899,2
2	375	0,35	0,66	2,5	0,231	1125	5791,7
RIGIDEZZA DELLA PARETE (KN/m)							44690,89269

Calcolo della tensione media verticale agente sui maschi murari

Maschio 1

Il peso dovuto all'incidenza dei solai ($p = 23,95 \text{ KN/m}$) vale:

$$Q_1 = 23,95 \text{ KN/m} \cdot (1,54 \text{ m} + 1,3 \text{ m} / 2) = 52,45 \text{ KN}$$

Il peso di metà altezza di pannello murario vale:

$$G_1 = 2,5 \text{ m} \cdot 1,54 \text{ m} / 2 \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 20 \text{ KN/m}^3 = 13,47 \text{ KN}$$

Il peso della fascia di piano vale:

$$P_1 = (1,54 \text{ m} + 1,3 \text{ m} / 2) \cdot 0,62 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 20 \text{ KN/m}^3 = 9,50 \text{ KN}$$

Pertanto il peso totale N_1 vale:

$$N_1 = Q_1 + G_1 + P_1 = 52,45 + 13,47 + 9,50 = 75,42 \text{ KN}$$

La tensione media verticale nel pannello murario vale:

$$\sigma_{01} = N_1 / A_1 = 75,42 \text{ KN} / (1,54 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m}) = 139,93 \text{ KN/m}^2$$

Maschio 2

Il peso dovuto all'incidenza dei solai ($p = 23,95 \text{ KN/m}$) vale:

$$Q_2 = 23,95 \text{ KN/m} \cdot (0,66 \text{ m} + 1,3 \text{ m} / 2) = 31,37 \text{ KN}$$

Il peso di metà altezza di pannello murario vale:

$$G_2 = 2,5 \text{ m} \cdot 0,66 \text{ m} / 2 \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 20 \text{ KN/m}^3 = 5,77 \text{ KN}$$

Il peso della fascia di piano vale:

$$P_2 = (0,66 \text{ m} + 1,3 \text{ m} / 2) \cdot 0,62 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 20 \text{ KN/m}^3 = 5,69 \text{ KN}$$

Pertanto il peso totale N_2 vale:

$$N_2 = Q_2 + G_2 + P_2 = 31,37 + 5,77 + 5,69 = 42,83 \text{ KN}$$

La tensione media verticale nel pannello murario vale:

$$\sigma_{02} = N_2 / A_2 = 42,83 \text{ KN} / (0,66 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m}) = 185,41 \text{ KN/m}^2$$

Visto che l'area resistente a compressione della parete nello stato modificato, si è ridotta rispetto a quella nello stato attuale, occorre controllare che la tensione normale alla base dei maschi murari non superi la corrispondente resistenza a compressione della muratura. Pertanto, considerando la combinazione fondamentale dei carichi allo s.l.u. utilizzando i coefficienti sfavorevoli, si ottiene la tensione media di compressione alla base dei due maschi murari:

$$- \sigma_{\text{base},1} = 276,58 \text{ KN/m}^2$$

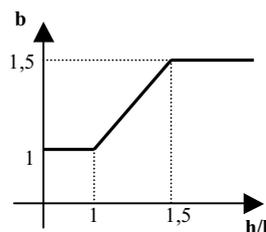
$$- \sigma_{\text{base},2} = 360,31 \text{ KN/m}^2$$

La resistenza a compressione (ridotta del coefficiente ϕ di cui alla tabella 4.5.III NTC 2018) risulta essere, in questo caso, pari a: $f_{d,\text{rid}} = f \cdot \phi / (FC \cdot \gamma_m) = 2225,3 \text{ KN/m}^2$.

La verifica risulta soddisfatta.

Individuazione del coefficiente "b"

N.	h/l	b
1	1,623	1,500
2	3,788	1,500



Calcolo resistenza dei singoli maschi murari

	$V_t \text{ irr}$	$V_t \text{ reg}$	$V_t \text{ lim}$	V_t	$V_t \text{ pf}$	$V_t \text{ ts}$	V_u	δ_e	tipo di rottura	μ	δ_u	$\delta_{u,\text{max}}$
	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	mm			mm	mm
1	94,63	75,85	119,1	94,6262	44,99	42,33	42,33	1,09	taglio scorr.	1,5	12,5	12,50
2	43,16	34,75	52,07	43,1638	10,83		10,83	1,87	pressoflessione	3	25,0	25,00

dove:

$V_t \text{ irr}$ = resistenza a taglio per trazione (fessurazione diagonale) in murature irregolari;

$V_t \text{ reg}$ = resistenza a taglio per trazione (fessurazione diagonale) in murature regolari;

$V_t \text{ lim}$ = resistenza a taglio limite per trazione (fessurazione diagonale) in murature regolari;

V_t = resistenza a taglio per trazione (fessurazione diagonale);

$V_t \text{ pf}$ = resistenza a taglio per pressoflessione;

$V_t \text{ ts}$ = resistenza a taglio per scorrimento;

V_u = resistenza a taglio del maschio murario (minimo valore tra $V_t \text{ ts}$, V_t e $V_t \text{ pf}$);

δ_e = spostamento del maschio murario al limite elastico;

μ = coefficiente di duttilità = δ_u / δ_e ;

δ_u = spostamento del maschio murario al limite ultimo;

$\delta_{u,\text{max}}$ = spostamento max = 0,5%h per rottura a taglio e 1%h per rottura a pressoflessione.

Si è usato un coefficiente di duttilità $\mu = 4$ tenuto conto della modalità rottura (a presso flessione) e della maggiore duttilità dovuta all'intervento di rinforzo con intonaco armato.

Spostamento della parete al limite di rottura	mm	12,5
Contributo al taglio ultimo da parte del maschio 1	KN	42,33
Contributo al taglio ultimo da parte del maschio 2	KN	10,83
TAGLIO ULTIMO DELLA PARETE	KN	53,16

Taglio ultimo della parete: $V_u = 53,16 \text{ KN}$.

Pertanto, confrontando lo stato iniziale con quello modificato si ha:

Stato iniziale	Stato modificato
Rigidezza: $K_{in} = 63865,4$ KN/m	Rigidezza: $K_{mod} = 44690,89$ KN/m
Taglio ultimo: $V_{u,in} = 115,93$ KN	Taglio ultimo: $V_{u,mod} = 53,16$ KN
Deformazione ultima: $\delta_{u,in} = 12,5$ mm	Deformazione ultima: $\delta_{u,mod} = 12,5$ mm

Si nota che, pur avendo previsto un intervento di rinforzo mediante intonaco armato sulle due facce della parete, le verifiche non risultano soddisfatte.

Occorre pertanto anche una cerchiatura del vano porta.

La rigidezza nello stato modificato è diminuita del 30% rispetto a quella nello stato iniziale.

La Circolare n. 7/2019 prevede che per tale tipo di intervento (*riparazione o intervento locale* – punto C8.4.1) la rigidezza nello stato finale non deve cambiare significativamente rispetto a quella nello stato iniziale. Sul termine “significativamente” vi sono pareri discordanti tra i vari uffici nazionali del Genio Civile: alcuni pretendono che la rigidezza sia completamente ripristinata ($K_{mod} \geq K_{in}$), altri invece accettano una tolleranza percentuale (ad esempio la Regione Toscana accetta un $\pm 15\%$ di variazione tra lo stato modificato e quello iniziale).

Supponiamo pertanto di progettare la cerchiatura, in modo che la rigidezza nello stato finale sia compresa nel range del $\pm 15\%$ rispetto a quella dello stato iniziale.

Max decremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale)

15	%
----	---

Max incremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale)

15	%
----	---

Utilizzando una cerchiatura costituita da due profili HE160B (due profili per il piedritto di sinistra e due profili per il piedritto di destra e per l'architrave) le verifiche risultano soddisfatte.

n	nome	tipo piedritto			H (cm)	W_x (cm ³)	J_x (cm ⁴)	K_T (KN/m)	M_{el} (KN/cm)	d (mm)	F_T (KN)	F_u (KN)
		n	serie	tipo								
1	TA1	2	hea	160	230	440,2	3346	13860,3	9852,10	12,36	171,34	171,34

Legenda

tipo piedritto numero e tipo di profilati con i quali è realizzato ciascun piedritto (due piedritti per ogni telaio);

H altezza del piedritto in cm;

W_x piedritto modulo di resistenza elastico del singolo piedritto;

J_x piedritto momento d'inerzia del singolo piedritto;

K_T rigidezza del telaio;

M_{el} / M_{Rd} momento al limite elastico del piedritto in acciaio / momento resistente piedritto in c.a.;

d spostamento in sommità al limite elastico del piedritto;

F_T contributo tagliante fornito dal telaio in corrispondenza dello spostamento ultimo della parete;

F_u taglio ultimo del telaio, in corrispondenza della formazione della prima cerniera plastica.

Verifiche

- a) **La rigidezza finale (maschi murari + telai) non deve cambiare significativamente rispetto a quella iniziale**

Max decremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale)

15	%
----	---

Max incremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale)

15	%
----	---

K_{in} (KN/m)	63865,44
K_{fin} (KN/m)	58551,20

variazione percentuale:

-8,32	%
-------	---

La verifica è pertanto soddisfatta

- b) **La resistenza finale (maschi murari + telai) non deve essere inferiore a quella iniziale**

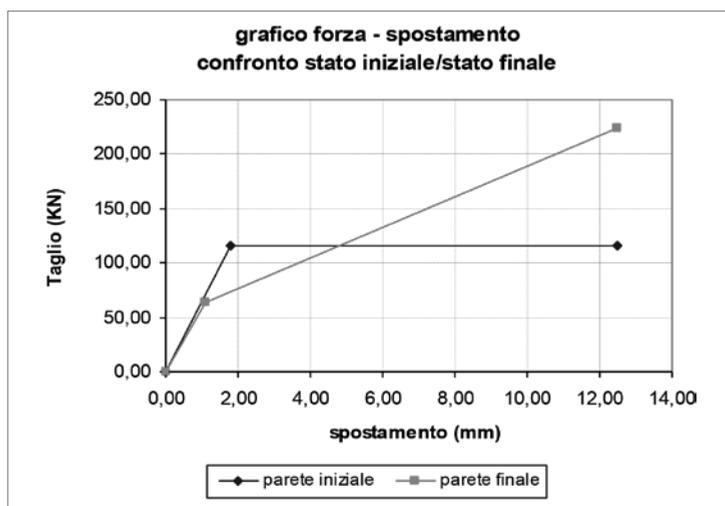
$V_{t,in}$ (KN)	115,93
$V_{t,fin}$ (KN)	224,50

La verifica risulta pertanto soddisfatta

- c) **Lo spostamento ultimo della parete nello stato finale non deve essere inferiore a quello nello stato iniziale**

$\delta_{u,in}$ (mm)	12,5
$\delta_{u,fin}$ (mm)	12,5

La verifica risulta pertanto soddisfatta



(il grafico relativo allo stato finale è stato approssimato con una bilatera)

Il telaio metallico dovrà poi essere verificato rispetto alle NTC 2018, così come già mostrato al cap. 4. Per brevità e per evitare inutili ripetizioni, si omette di riportare le verifiche che comunque potranno essere effettuate con il foglio di calcolo “verifica_telaioACCIAIO” riportato nel software.

In alternativa alla soluzione con cerchiatura metallica, si può optare per la cerchiatura con piedritti in c.a. visto che sulla parete è già previsto l'intervento con intonaco armato; i piedritti in c.a. completano l'opera di rinforzo in modo senz'altro migliore rispetto alla soluzione con piedritti in acciaio, perché si legano meglio alla muratura residua (e all'intonaco armato) formando un complesso omogeneo e monolitico; il traverso superiore può essere ancora formato da profili metallici, perché di più facile posa in opera in cantiere. È da curare adeguatamente il collegamento tra traverso superiore in acciaio e piedritti in c.a., che può essere realizzato con piastra saldata al traverso e collegata al piedritto per mezzo di barre metalliche saldate alla piastra. Il traverso inferiore può essere realizzato ancora in c.a..

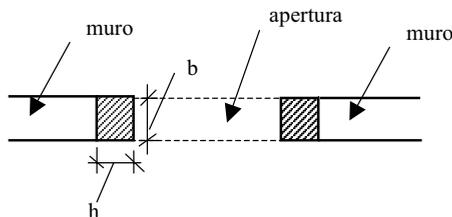
Soluzione con piedritti in calcestruzzo armato

Si usa un calcestruzzo con $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

H_{telai} (cm)	230	(Altezza media dei telai)
K_{ric} (KN/m)	9594,73	(Rigidezza richiesta ai telai)
$J_{x,\text{pedr}}$ (cm ⁴)	14926,1	(Momento d'inerzia minimo di un piedritto)
$\alpha =$	0,25	(Coefficiente moltiplicativo della quantità $f_{cd} \cdot B \cdot d^2 \rightarrow M_{Rd} = \alpha \cdot f_{cd} \cdot B \cdot d^2$)

Utilizzando piedritti aventi $b = 35 \text{ cm}$ e $h = 22 \text{ cm}$ si ha:

n	nome	sezione		H (cm)	W_x (cm ³)	J_x (cm ⁴)	K_T (KN/m)	M_{Rd} (KNcm)	d (mm)	F_T (KN)	F_u (KN)
		b (cm)	h (cm)								
1	TC1	35	20	230	2333,3	23333,3	14999,0	4162,74	4,83	72,40	72,40



Verifiche

a) **La rigidezza finale (maschi murari + telai) non deve cambiare significativamente rispetto a quella iniziale**

Max decremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale)

15	%
----	---

Max incremento ammesso della rigidezza finale rispetto a quella iniziale (in percentuale)

15	%
----	---

K_{in} (KN/m)	63865,44
K_{fin} (KN/m)	59689,94

variazione percentuale:

-6,54	%
-------	---

La verifica è pertanto soddisfatta

b) La resistenza finale (maschi murari + telai) non deve essere inferiore a quella iniziale

$V_{t,in}$ (KN)	115,93
$V_{t,fin}$ (KN)	125,55

La verifica risulta pertanto soddisfatta

c) Lo spostamento ultimo della parete nello stato finale non deve essere inferiore a quello nello stato iniziale

$\delta_{u,in}$ (mm)	12,5
$\delta_{u,fin}$ (mm)	12,5

La verifica risulta pertanto soddisfatta

Le armature dei piedritti saranno costituite da $3 + 3 \phi 20$ e staffe $\phi 8/10$ cm.

La soluzione con il telaio in c.a. è in questo caso sicuramente da preferire in quanto, come già detto in precedenza, si inserisce nella parete in maniera più compatibile relativamente al contesto dell'intervento di rinforzo con l'intonaco armato; inoltre, come si evidenzia nei risultati delle verifiche finali, permette di fornire alla parete indebolita il minimo contributo necessario per il soddisfacimento delle verifiche (pertanto con minor impegno di risorse), cosa che invece non accade con il telaio metallico (dove infatti la resistenza nello stato finale risulta essere quasi 2 volte quella dello stato iniziale).

Le verifiche dei piedritti in c.a. ai sensi delle NTC si eseguono come mostrato al capitolo 5 e al paragrafo 6.3. Per evitare inutili ripetizioni, si omette di riportare gli esiti delle verifiche.

Considerazioni sulla modellazione della parete

La qualità dei risultati dei calcoli appena esposti, dipende molto da come viene modellata la parete in esame. Nell'esempio appena illustrato, si tratta di una parete inizialmente priva di aperture nella quale viene realizzato un vano porta. Nello stato iniziale quindi la parete è formata da un solo maschio murario, di altezza pari all'altezza interna del locale (da pavimento a soffitto o di interpiano). Nello stato modificato, per la presenza del vano porta, rimangono due maschi murari residui, la cui altezza può essere assunta pari a quella dello stato iniziale (da pavimento a soffitto) oppure pari all'altezza della porta stessa.

Ipotesi 1

	
<i>Prospetto della parete nello stato iniziale</i>	<i>Prospetto della parete nello stato modificato altezza maschi murari = pavimento-soffitto</i>

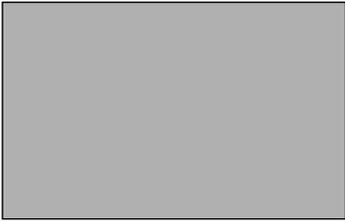
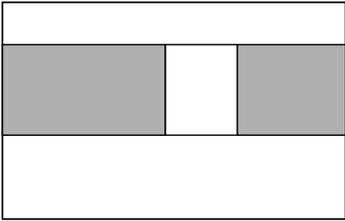
Ipotesi 2

	
<p><i>Prospetto della parete nello stato iniziale</i></p>	<p><i>Prospetto della parete nello stato modificato altezza maschi murari = altezza della porta</i></p>

Le due scelte portano ovviamente a risultati diversi.

In particolare, assumendo, nello stato iniziale l'altezza del maschio murario pari a quella di interpiano e nello stato modificato quale altezza dei maschi murari residui quella del vano porta adiacente, si incorre nell'errore di considerare uno stato modificato non confrontabile con lo stato iniziale; potrebbe infatti accadere che, la parete con l'apertura abbia rigidezza superiore a quella senza apertura (soprattutto se si tratta dell'apertura di una finestra anziché una porta – si veda ipotesi 3 seguente).

Ipotesi 3

	
<p><i>Prospetto della parete nello stato iniziale</i></p>	<p><i>Prospetto della parete nello stato modificato altezza maschi murari = altezza della finestra</i></p>

È necessario quindi che la configurazione nello stato modificato sia confrontabile con quella dello stato iniziale, ad esempio assumendo sia nello stato iniziale che in quello modificato l'altezza dei maschi murari pari a quella di interpiano.

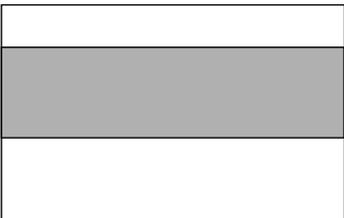
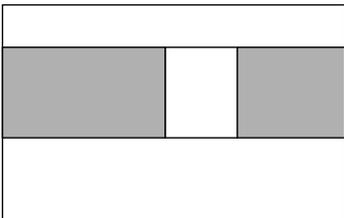
Un'altra soluzione (riportata nella figura seguente e adottata nell'esempio appena illustrato) è quella di considerare, anche nello stato attuale, l'altezza del maschio murario pari a quella che lo stesso avrà nello stato modificato. Questa scelta può essere giustificata dal fatto che la fascia di piano non viene modificata: la funzione che la fascia di piano svolgeva nello stato iniziale, sarà la stessa che dovrà svolgere nello stato finale quando, inserita la cerchiatura, sarà ripristinata la rigidezza, la resistenza e la deformabilità iniziale e quindi ripristinate le condizioni ante intervento.

Ipotesi 2'

	
<i>Prospetto della parete nello stato iniziale altezza del maschio murario = altezza della porta da realizzare</i>	<i>Prospetto della parete nello stato modificato altezza maschi murari = altezza della porta</i>

La stessa soluzione può essere adottata nel caso di apertura di un vano finestra: l'ipotesi 3 di cui sopra può essere modificata, adottando una nuova modellazione (ipotesi 3') indicata nella figura seguente.

Ipotesi 3'

	
<i>Prospetto della parete nello stato iniziale Altezza del maschio murario = altezza della finestra da realizzare</i>	<i>Prospetto della parete nello stato modificato altezza maschi murari = altezza della finestra</i>