

# FASCICOLO DEI CALCOLI DELLE STRUTTURE PORTANTI

## MODIFICHE EDIFICIO ESISTENTE

## INTERVENTI STRUTTURALI LOCALI - **LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA** **AMBULATORI COMUNALI**

Via Roma, 19

Marcallo Con Casone (MI)

*Committente:* *COMUNE DI MARCALLO CON CASONE*

*RUP ...*

*Progettista delle strutture:* *Ing. Lorenzo Ferrami*

*Progettista architettonico:* *Arch. Roberto Perissinotto*

*Direttore lavori:* *.....*

*Impresa:* *.....*

*Estremi Pratica Edilizia:* *.....*

## Apertura di nuovi vani in pareti in muratura - Metodo dei setti murari in serie

Normativa: NTC2018 - D.M. 17/01/2018; Circolare 21/1/2019, n. 7

### Caratteristiche della muratura nello stato di fatto

Tipo: Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 LC = LC1 - Conosc. Limitata - FC = 1.35  
 FC = 1,35 Fattore di confidenza

Malta buona	Ricorsi o listature	Conness. trasversale	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato	Ristil. Arm. con conness. dei param.	Altro
✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘

### Coefficienti migliorativi (tabella C8.5.II - Circolare 2019)

Parametro	Stato di fatto	Interv. Consolidam.	Altro	Coeff. Complessivo
<b>f</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b><math>\tau_0</math></b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>E</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>G</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

### Parametri della muratura con applicazione dei coefficienti migliorativi e del fattore FC

$f_m = 192,59$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a compressione  
 $\tau_0 = 3,70$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a taglio  
 E = 1500,00 N/mm<sup>2</sup> Modulo elastico  
 G = 500,00 N/mm<sup>2</sup> Modulo di taglio  
 w = 18,00 kN/m<sup>3</sup> Peso della muratura

### Caratteristiche della muratura nello stato di progetto

Tipo: Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 LC = LC1 - Conosc. Limitata - FC = 1.35  
 FC = 1,35 Fattore di confidenza

Malta buona	Ricorsi o listature	Conness. trasversale	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato	Ristil. Arm. con conness. dei param.	Altro
✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘

### Coefficienti migliorativi (tabella C8.5.II - Circolare 2019)

Parametro	Stato di fatto	Interv. Consolidam.	Altro	Coeff. Complessivo
<b>f</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b><math>\tau_0</math></b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>E</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>G</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

### Parametri della muratura con applicazione dei coefficienti migliorativi e del fattore FC

$f_m = 192,59$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a compressione

$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio
$E =$	1500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico
$G =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio
$w =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura

**Riduzione della resistenza per applicazione del fattore di confidenza FC**

Applica: SI                      Applicazione del fattore di confidenza FC

**Parametri di resistenza della muratura - stato di fatto**

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio

**Parametri di resistenza della muratura - stato di progetto**

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio

**Parametri dell'analisi**

$\gamma_m =$	1,00		Coeff. parziale della muratura (pari a 1 per calcolo non lineare)
Fessuraz.	50,00	%	Riduz. Perc. della rigidezza per tener conto della fessuraz.
$k =$	0,70	$\tau_m = \tau_0 / k$	amplificazione di $\tau_0$ per il calcolo del valore medio

**Incremento ammissibile di rigidezza, resistenza e spostamento ultimo**

$\Delta K(+)$	15,00	%	Increment. amm. di rigidezza della parete fra ante e post-operam
$\Delta F(+)$	15,00	%	Increment. amm. della resistenza fra ante e post-operam
$\Delta d_u(+)$	15,00	%	Increment. amm. dello spostam. ultimo fra ante e post-operam

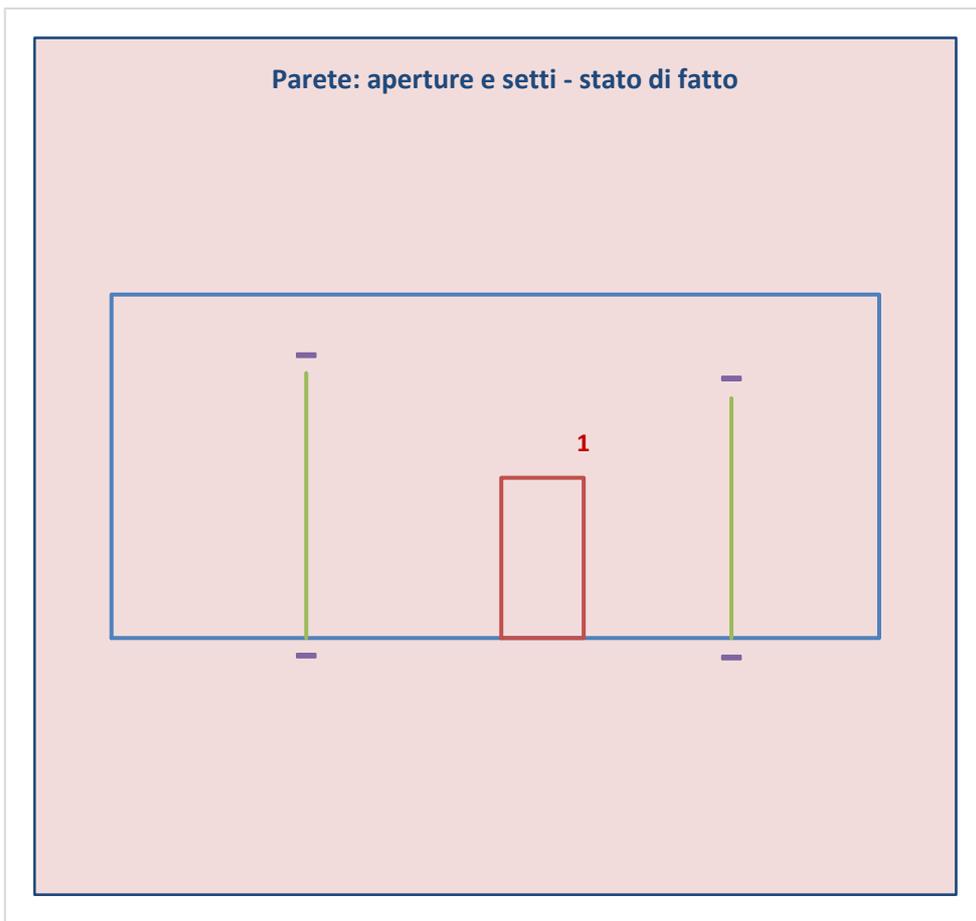
**Riduzione ammissibile di rigidezza, resistenza e spostamento ultimo**

$\Delta K(-)$	15,00	%	Riduz. amm. di rigidezza della parete fra ante e post-operam
$\Delta F(-)$	15,00	%	Riduz. amm. della resistenza della parete fra ante e post-operam
$\Delta d_u(-)$	15,00	%	Riduz. amm. dello spost. ultimo fra ante e post-operam

**Dimensioni della parete oggetto di intervento**

$L =$	9,35	m	Lunghezza della parete
$H =$	4,50	m	Altezza della parete (singolo piano)
$t =$	0,50	m	Spessore della parete

**Stato di fatto - dati geometrici delle aperture**



**Dati delle aperture**

Indice	h [m]	b [m]	X [m]	p [m]	Verifica input
1	2,10	1,00	4,75	0,00	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Tensioni normali  
agenti nei setti**

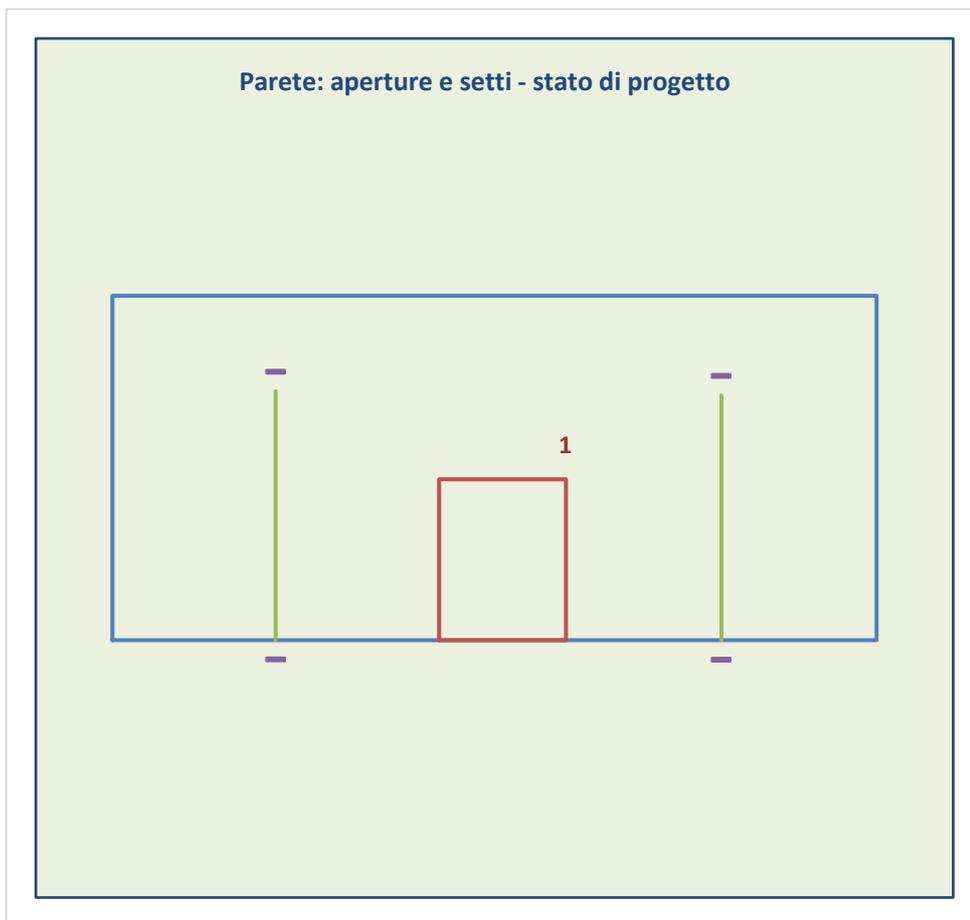
Setto	$\sigma_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]
1	22,71
2	22,71
3	assente
4	assente
5	assente
6	assente
7	assente
8	assente
9	assente
10	assente
11	assente

**Vincolo offerto dalle fasce di piano allo stato di fatto**

Fasce di piano: rigide

Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

**Stato di progetto - dati geometrici delle aperture**



**Dati delle aperture**

Indice	h [m]	b [m]	X [m]	p [m]	Verifica input
1	2,10	1,55	4,00	0,00	OK
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Tensioni normali  
agenti nei setti**

Setto	$\sigma_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]
1	24,32
2	24,32
3	assente
4	assente
5	assente
6	assente
7	assente
8	assente
9	assente
10	assente
11	assente

**Vincolo offerto dalle fasce di piano allo stato di progetto**

Fasce di piano: rigide

Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

### Risultati parziali in assenza di cerchiatura

#### Parete nello stato di fatto

$K'$ =	185367	kN/m	Rigidezza della parete nello stato di fatto
$F'$ =	464,95	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto
$d'_{u,p}$ =	14,62	mm	Spostamento ultimo della parete

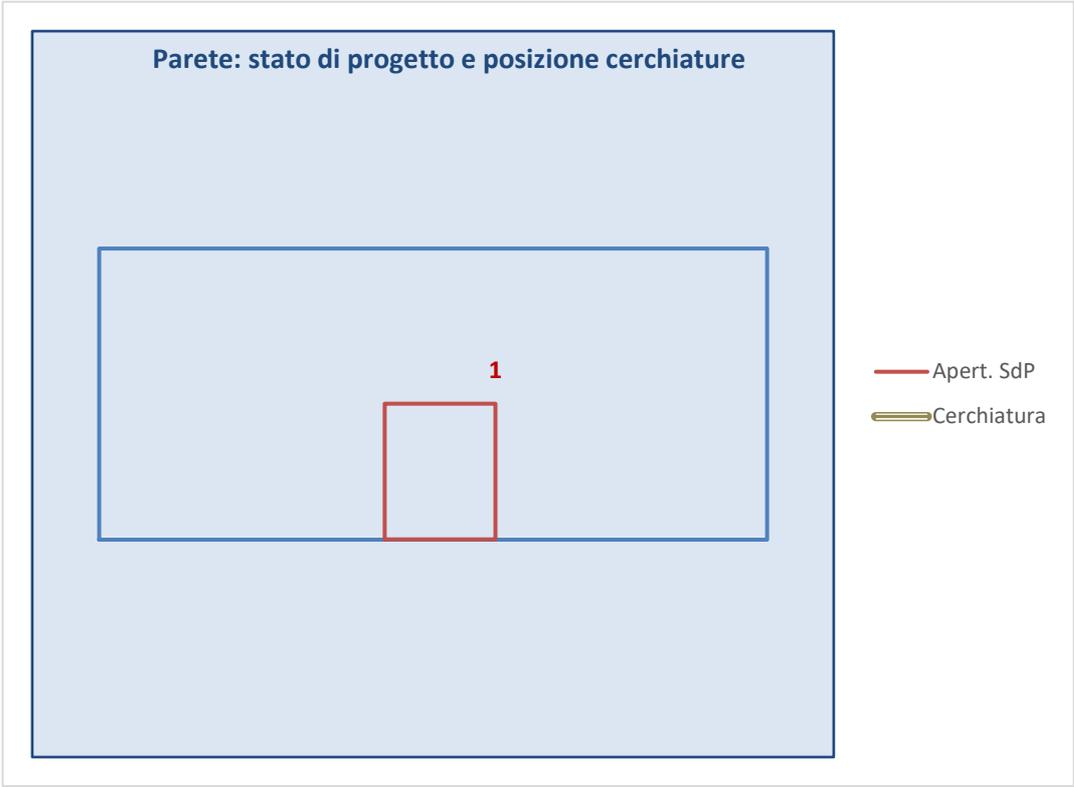
#### Parete nello stato di progetto

$K''$ =	173405	kN/m	Rigidezza muratura nello stato di progetto
$F''$ =	449,98	kN	Resistenza della parete nello Stato di progetto
$d''_{u,p}$ =	14,83	mm	Spostamento ultimo della parete

Variazione di rigidezza, resistenza e deformabilità senza cerchiatura							Esito	
Variazione di rigidezza								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-6,45	≤	15,00	✓	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-3,22	≤	15,00	✓	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	1,47	≤	15,00	✓	Positivo

**Telai di cerchiatura nelle aperture**

Indice apertura	Presenza Cerch.	Montanti profilo	montanti	Architr.	Architr.	Vincolo alla base
			n. profili	profilo	n. profili	
1	NO	-	-	-	-	-
2	NO	-	-	-	-	-
3	NO	-	-	-	-	-
4	NO	-	-	-	-	-
5	NO	-	-	-	-	-
6	NO	-	-	-	-	-
7	NO	-	-	-	-	-
8	NO	-	-	-	-	-
9	NO	-	-	-	-	-
10	NO	-	-	-	-	-



Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

## Risultati finali

### Parete nello stato di fatto

$K'$ =	185367	kN/m	Rigidezza della parete nello stato di fatto
$F'$ =	464,95	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto
$d'_{u,p}$ =	14,62	mm	Spostamento ultimo della parete

### Parete nello stato di progetto

$K''$ =	173405	kN/m	Rigidezza muratura nello stato di progetto
$F''$ =	449,98	kN	Resistenza della parete nello Stato di progetto
$d''_{u,p}$ =	14,83	mm	Spostamento ultimo della parete

### Telai di cerchiatura

$K_{cerc,tot}$ =	0	kN/m	Rigidezza traslante delle cerchiature presenti
$F_{cerc,tot}$ =	0,00	kN	Resistenza orizzontale delle cerchiature presenti

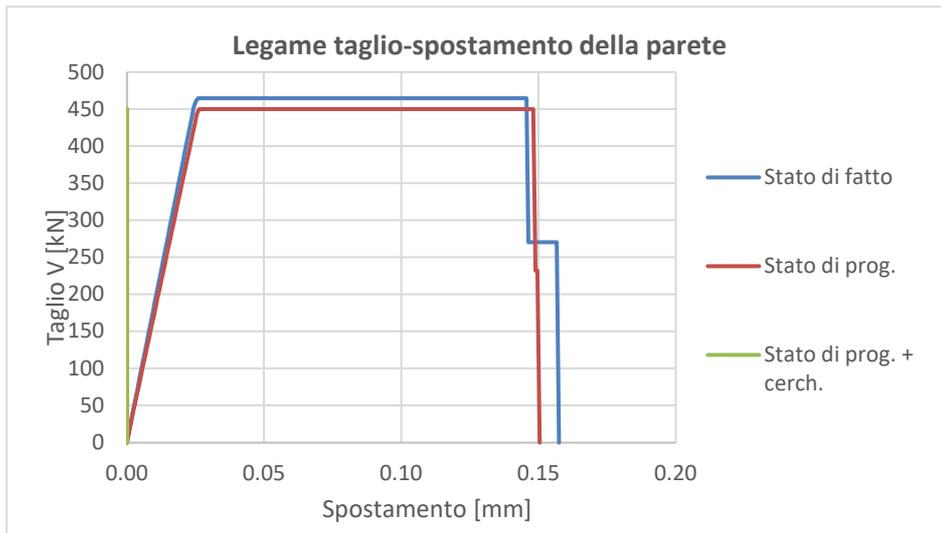
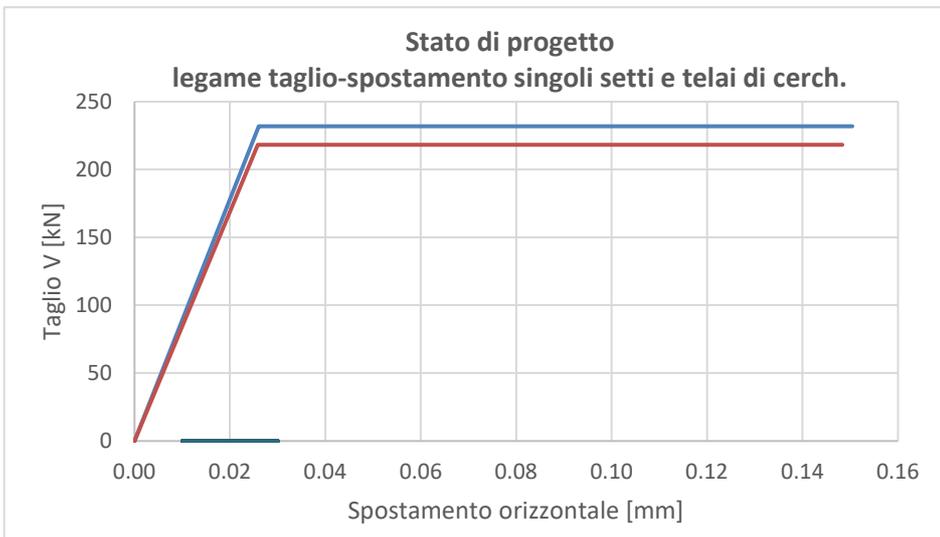
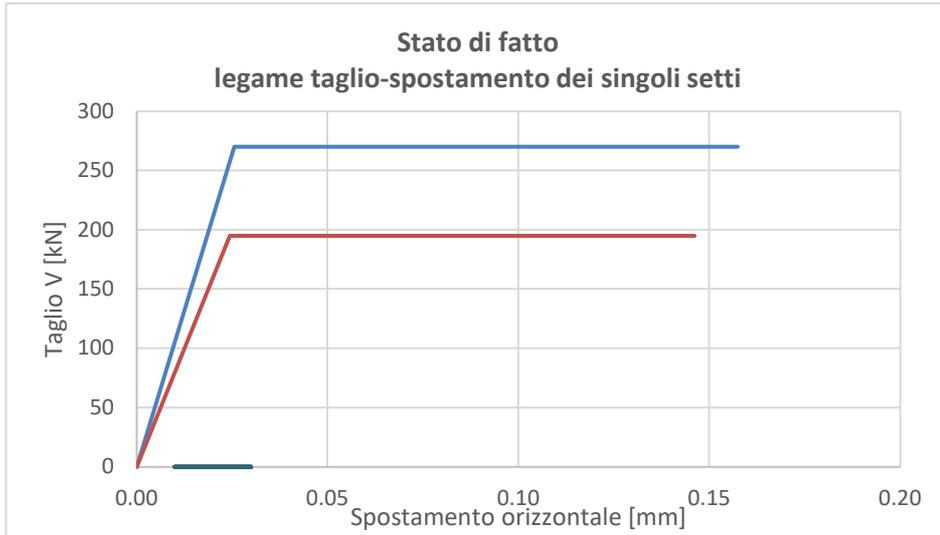
### Parete nello stato di progetto con telaio di cerchiatura

$K''+K_{cerc}$ =	173405	kN/m	Rigidezza della parete con cerchiature metalliche
$F''+F_{cerc}$ =	449,98	kN	Resistenza della parete con cerchiature metalliche

Parete allo stato di progetto senza cerchiatura						Esito		
Variazione di rigidezza								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-6,45	≤	15,00	✔	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-3,22	≤	15,00	✔	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	1,47	≤	15,00	✔	Positivo

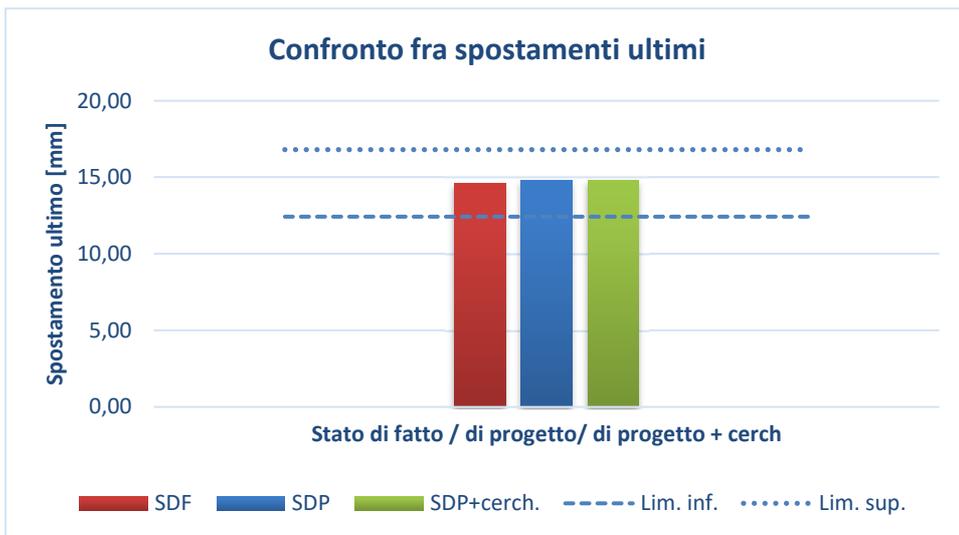
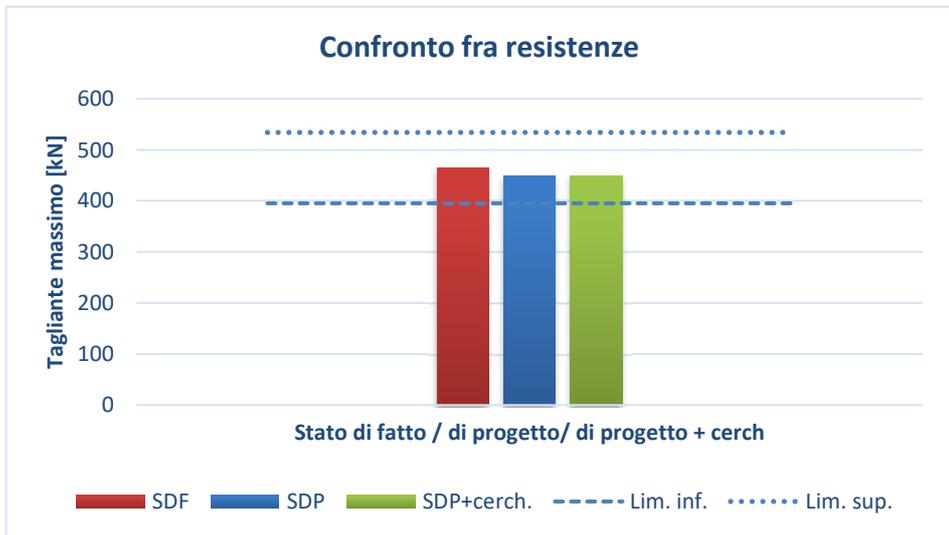
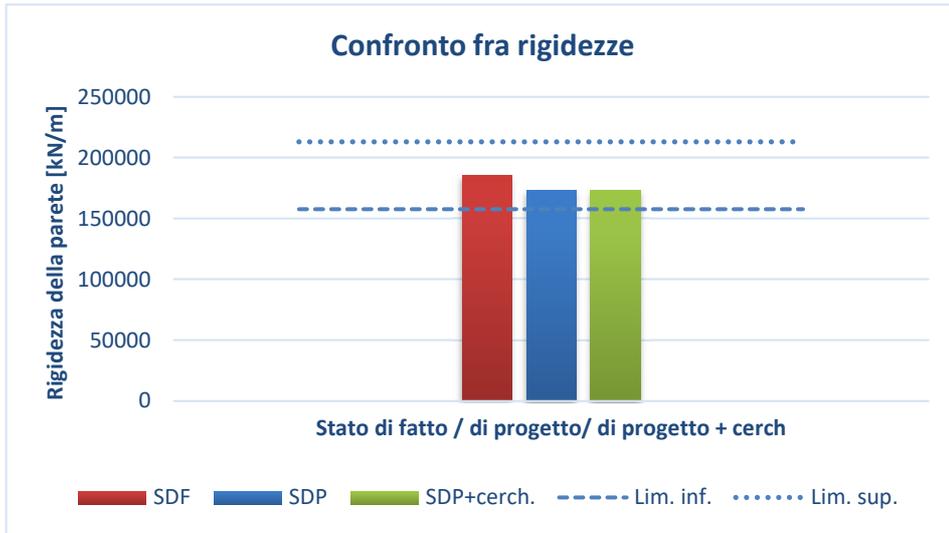
Parete allo stato di progetto con cerchiatura						Esito		
Rigidezza parete + cerchiatura								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-6,45	≤	15,00	✔	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-3,22	≤	15,00	✔	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	1,47	≤	15,00	✔	Positivo

**Grafici di output - Legami taglio-spostamento per setti, cerchiature e pareti**



Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

**Confronto rigidezza, resistenza e deformabilità**



Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

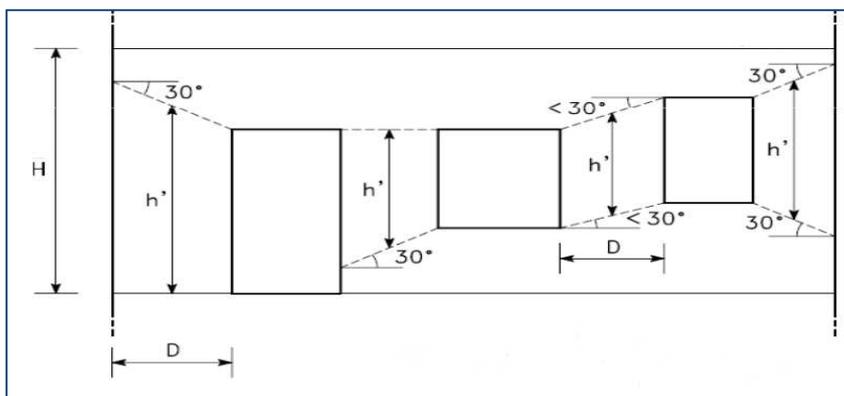
### Dettaglio dei calcoli

#### Maschi murari - Stato di fatto

Setto	D	t	h'	H <sub>eff</sub>
	[m]	[m]	[m]	[m]
1	4,75	0,50	3,47	3,94
2	3,60	0,50	3,14	3,65
3	0,00	0,50	0,00	NO
4	0,00	0,50	0,00	NO
5	0,00	0,50	0,00	NO
6	0,00	0,50	0,00	NO
7	0,00	0,50	0,00	NO
8	0,00	0,50	0,00	NO
9	0,00	0,50	0,00	NO
10	0,00	0,50	0,00	NO
11	0,00	0,50	0,00	NO

#### Maschi murari - Stato di progetto

Setto	D	t	h'	H <sub>eff</sub>
	[m]	[m]	[m]	[m]
1	4,00	0,50	3,25	3,76
2	3,80	0,50	3,20	3,71
3	0,00	0,50	0,00	NO
4	0,00	0,50	0,00	NO
5	0,00	0,50	0,00	NO
6	0,00	0,50	0,00	NO
7	0,00	0,50	0,00	NO
8	0,00	0,50	0,00	NO
9	0,00	0,50	0,00	NO
10	0,00	0,50	0,00	NO
11	0,00	0,50	0,00	NO



#### Metodo Dolce (1989)

Altezza efficace dei maschi murari:

$$H_{\text{eff}} = h' + 0.33 \cdot D \cdot (H - h') / h'$$

## Stato di fatto - rigidezza, resistenza e spostamento ultimo della parete

## Parametri meccanici della muratura con applicazione dei coeff. miglior. e del fattore di conf.

Nota: nelle formule indicate  $C_m$  = coefficiente migliorativo da tab. C8.5. II Circ. 2019

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ( $f_m = C_m * f / FC$ )
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio ( $\tau_0 = C_m * \tau_0 / FC$ )
$E =$	1500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico ( $= E * C_m$ )
$G =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio ( $= G * C_m$ )
$w =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura

## Applicazione del fattore di confidenza FC

Applica:	SI	Applicazione del fattore di confidenza FC
FC =	1,35	Fattore di confidenza

## Parametri meccanici di progetto - riduzione per il coefficiente parziale

$\gamma_m =$	1,00		Coefficiente di riduzione = 1 per calcolo non lineare
$f_d =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione di progetto
$\tau_{0d} =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio di progetto
Fessuraz.	50,00	%	Riduz. Perc. della rigidezza per tener conto della fessuraz.
$E =$	750,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico fessurato
$G =$	250,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio fessurato

## Rottura per pressoflessione

Setto	$M_u$ [kNm]	$V_{u,PF}$ [kN]
1	1103,28	560,64
2	633,73	346,85
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

## Legenda

 $M_u$  = momento ultimo per pressoflessione $V_{u,PF}$  = Taglio ultimo, rottura per pressoflessione

## Rottura per taglio-scorrimento

Setto	N [kN]	$V_{u,TS(GE)}$ [kN]	$V_{u,TS(PE)}$ [kN]	$M_{(PE)}$ [kNm]	$M_{0(PE)}$ [kNm]	Eccentric. [-]	$V_{u,TS}$ [kN]
1	539,36	270,09	285,47	561,78	427,00	VERO	270,09
2	408,78	194,86	216,36	395,31	245,27	VERO	194,86
3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

9	NO						
10	NO						
11	NO						

**Legenda**

**N** = sforzo normale di compressione nel setto

**V<sub>u,TS(GE)</sub>** = resistenza a taglio scorrimento per grande eccentricità ( $e > D/6$  - sezione parzializzata);

**V<sub>u,TS(PE)</sub>** = resistenza a taglio scorrimento per piccola eccentricità ( $e \leq D/6$  - sez. interam. reagente);

**M(PE)** = Momento sollecitante per piccola eccentricità;

**MO(PE)** = Momento limite per piccola eccentricità;

**Eccentric:** VERO = grande eccentricità, ecc.  $> D/6$ ; FALSO = piccola eccentricità,  $e \leq D/6$ ;

**V<sub>u,TS</sub>** = resistenza a taglio scorrimento

**Rottura per fessurazione diagonale**

Setto	$\beta$	V <sub>u,FD</sub> [kN]
1	1,00	297,62
2	1,02	222,22
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

**Legenda**

$\beta$  = snellezza H/D del pannello, fra 1 e 1.5

**V<sub>u,FD</sub>** = Taglio ultimo, rottura per fessurazione diagonale

**Taglio resistente e modalità di rottura dei singoli setti**

Setto	Rottura	V <sub>u</sub> [kN]
1	T. scorr.	270,09
2	T. scorr.	194,86
3		0,00
4		0,00
5		0,00
6		0,00
7		0,00
8		0,00
9		0,00
10		0,00
11		0,00

**Legenda**

**Rottura** = tipologia di rottura del setto

**V<sub>u</sub>** = Taglio ultimo, min(V<sub>u,FD</sub>; V<sub>u,PF</sub>; V<sub>u,TS</sub>)

**Calcolo della rigidezza, resistenza e spostamento ultimo dei setti**

Setto	n	K'	d' <sub>e</sub>	d' <sub>u</sub>	F'
	[-]	[kN/m]	[mm]	[mm]	[kN]

**Legenda**

**n** = coefficiente di vincolo alla testa del setto:

1	12	105.581	2,558	15,74	270,09
2	12	79.787	2,442	14,62	194,86
3	12	NO	NO	NO	NO
4	12	NO	NO	NO	NO
5	12	NO	NO	NO	NO
6	12	NO	NO	NO	NO
7	12	NO	NO	NO	NO
8	12	NO	NO	NO	NO
9	12	NO	NO	NO	NO
10	12	NO	NO	NO	NO
11	12	NO	NO	NO	NO

incastro n=12, cerniera  
 n=3;  
**K'** = rigidezza del setto  
**d'e** = spostamento al  
 limite elastico;  
**d'u** = spostamento ultimo;  
**F'** = taglio nel setto in  
 corrispondenza dello  
 spostamento ultimo  
 dell'intera parete.

#### Rigidezza e resistenza della parete allo stato di fatto

$K'_p =$	185367	kN/m	Rigidezza della parete
$d'_{e,p} =$	2,44	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d'_{u,p} =$	14,62	mm	Spostamento ultimo della parete
$F'_p =$	464,95	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto

## Stato di progetto - Rigidezza, resistenza e spostamento ultimo della parete

## Parametri meccanici della muratura con applicazione dei coeffi. miglior. e del fattore di conf.

Nota: nelle formule indicate  $C_m$  = coefficiente migliorativo da tab. C8.5. II Circ. 2019

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ( $f_m = C_m * f / FC$ )
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio ( $\tau_0 = C_m * \tau_0 / FC$ )
$E =$	1500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico ( $= E * C_m$ )
$G =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio ( $= G * C_m$ )
$w =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura

## Applicazione del fattore di confidenza FC

Applica:	SI	Applicazione del fattore di confidenza FC
FC =	1,35	Fattore di confidenza

## Parametri meccanici di progetto - riduzione per il coefficiente parziale

$\gamma_m =$	1,00		Coefficiente di riduzione = 1 per calcolo non lineare
$f_d =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione di progetto
$\tau_{0d} =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio di progetto
Fessuraz.	50,00	%	Riduz. Perc. della rigidezza per tener conto della fessuraz.
$E =$	750,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico fessurato
$G =$	250,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio fessurato

## Taglio resistente - Rottura per pressoflessione

Setto	$M_u$	$V_{u,PF}$
	[kNm]	[kN]
1	828,28	440,60
2	747,52	403,19
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

## Legenda

 $M_u$  = momento ultimo per pressoflessione $V_{u,PF}$  = Taglio ultimo, rottura per pressoflessione

## Rottura per Taglio-Scorrimento

Setto	N	$V_{u,TS(GE)}$	$V_{u,TS(PE)}$	$M_{(PE)}$	$M_{0(PE)}$	Eccentric.	$V_{u,TS}$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[V/F]	[kN]
1	486,40	231,76	249,94	469,85	324,27	VERO	231,76
2	462,08	218,22	237,44	440,23	292,65	VERO	218,22
3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

9	NO						
10	NO						
11	NO						

**Legenda**

**N** = sforzo normale di compressione nel setto

**Vu,TS(GE)** = resistenza a taglio scorrimento per grande eccentricità ( $e > D/6$  - sezione parzializzata)

**Vu,TS(PE)** = resistenza a taglio scorrimento per piccola eccentricità ( $e \leq D/6$  - sez. interam. reagente)

**M(PE)** = Momento sollecitante per piccola eccentricità

**MO(PE)** = Momento limite per piccola eccentricità

**Eccentric:** VERO = grande eccentricità,  $e > D/6$ ; FALSO = piccola eccentricità,  $e \leq D/6$

**Vu,TS** = resistenza a taglio scorrimento

**Rottura per fessurazione diagonale**

Setto	$\beta$	$V_{u,FD}$ [kN]
1	1,00	257,66
2	1,00	244,78
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

**Legenda**

$\beta$  = snellezza H/D del pannello, fra 1 e 1.5

**Vu,FD** = Taglio ultimo, rottura per fessurazione diagonale

**Taglio resistente e modalità di rottura dei singoli setti**

Setto	Rottura	$V_u$ [kN]
1	T. scorr.	231,76
2	T. scorr.	218,22
3		0,00
4		0,00
5		0,00
6		0,00
7		0,00
8		0,00
9		0,00
10		0,00
11		0,00

**Legenda**

**Rottura** = tipologia di rottura del setto

**Vu** = Taglio ultimo,  $\min(V_{u,FD}; V_{u,PF}; V_{u,TS})$

**Calcolo della rigidezza, resistenza e spostamento ultimo dei setti**

Setto	n	$K''$	$d''_e$	$d''_u$	$F''$
	[-]	[kN/m]	[mm]	[mm]	[kN]

**Legenda**

n = coefficiente di vincolo alla testa del setto: incastro

1	12	88985	2,604	15,04	231,76
2	12	84420	2,585	14,83	218,22
3	12	NO	NO	NO	NO
4	12	NO	NO	NO	NO
5	12	NO	NO	NO	NO
6	12	NO	NO	NO	NO
7	12	NO	NO	NO	NO
8	12	NO	NO	NO	NO
9	12	NO	NO	NO	NO
10	12	NO	NO	NO	NO
11	12	NO	NO	NO	NO

n=12, cerniera n=3;  
**K''** = rigidezza del setto;  
**d'e** = spostamento al limite elastico;  
**d'u** = spostamento ultimo;  
**F'** = taglio nel setto in corrispondenza dello spostamento ultimo dell'intera parete.

#### Rigidezza e resistenza della parete allo stato di progetto

$K''_p =$	173405	kN/m	Rigidezza della parete
$d''_{e,p} =$	2,58	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d''_{u,p} =$	14,83	mm	Spostamento ultimo della parete
$F''_p =$	449,98	KN	Resistenza della parete

## Resistenza e rigidezza della cerchiatura metallica

Apertura	Presenza	deltay1	deltau	Fy1	Fy2	F <sub>u</sub>	K <sub>cerc</sub>	F <sub>cerc</sub>
n.	Cerch.	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
1	NO	-	-	-	-	-	-	-
2	NO	-	-	-	-	-	-	-
3	NO	-	-	-	-	-	-	-
4	NO	-	-	-	-	-	-	-
5	NO	-	-	-	-	-	-	-
6	NO	-	-	-	-	-	-	-
7	NO	-	-	-	-	-	-	-
8	NO	-	-	-	-	-	-	-
9	NO	-	-	-	-	-	-	-
10	NO	-	-	-	-	-	-	-

**Legenda**

**deltay1** = spostamento al limite elastico del telaio di cerchiatura;

**deltay2** = spostamento per formazione crniere plastiche alla base dei montanti;

**deltau** = spostamento ultimo del telaio di cerchiatura;

**Fy1** = Tagliante corrispondente a deltax1;

**Fy2** = Tagliante corrispondente a deltax2;

**Fu** = Tagliante ultimo del telaio

**Kcerc** = rigidezza del telaio di cerchiatura;

**Fcerc** = Tagliante nel telaio di cerchiatura in corrispondenza dello spostamento ultimo della parete.

$K_{cerc,tot} = 0,00$  kN/m Rigidezza traslante delle cerchiture presenti

$F_{cerc,tot} = 0,00$  kN Resistenza orizzontale delle cerchiture presenti

### Confronto fra stato di fatto e stato di progetto, con e senza telaio di cerchiatura

#### Parete nello stato di fatto

$K'$ =	185367	kN/m	Rigidezza della parete nello stato di fatto (ante-operam)
$F'$ =	464,95	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto (ante-operam)
$d'_{u,p}$ =	14,62	mm	Spostamento ultimo della parete

#### Parete nello stato di progetto

$K''$ =	173405	kN/m	Rigidezza muratura nello stato di progetto (post-operam)
$F''$ =	449,98	kN	Resistenza della parete nello Stato di progetto (post-operam)
$d''_{u,p}$ =	14,83	mm	Spostamento ultimo della parete

#### Telai di cerchiatura

$K_{cerc,tot}$ =	0	kN/m	Rigidezza traslante delle cerchiature presenti
$F_{cerc,tot}$ =	0,00	kN	Resistenza orizzontale delle cerchiature presenti

#### Parete nello stato di progetto con telai di cerchiatura

$K''+K_{cerc}$ =	173405	kN/m	Rigidezza della parete con telai di cerchiatura
$F''+F_{cerc}$ =	449,98	kN	Resistenza della parete con telai di cerchiatura

Parete allo stato di progetto senza cerchiatura						Esito		
Variazione di rigidezza								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-6,45	≤	15,00	✔	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-3,22	≤	15,00	✔	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	1,47	≤	15,00	✔	Positivo

Parete allo stato di progetto con cerchiatura						Esito		
Rigidezza parete + cerchiatura								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-6,45	≤	15,00	✔	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-3,22	≤	15,00	✔	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	1,47	≤	15,00	✔	Positivo

## Apertura di nuovi vani in pareti in muratura - Metodo dei setti murari in serie

Normativa: NTC2018 - D.M. 17/01/2018; Circolare 21/1/2019, n. 7

### Caratteristiche della muratura nello stato di fatto

Tipo: Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 LC = LC1 - Conosc. Limitata - FC = 1.35  
 FC = 1,35 Fattore di confidenza

Malta buona	Ricorsi o listature	Conness. trasversale	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato	Ristil. Arm. con conness. dei param.	Altro
✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

### Coefficienti migliorativi (tabella C8.5.II - Circolare 2019)

Parametro	Stato di fatto	Interv. Consolidam.	Altro	Coeff. Complessivo
<b>f</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b><math>\tau_0</math></b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>E</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>G</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

### Parametri della muratura con applicazione dei coefficienti migliorativi e del fattore FC

$f_m = 192,59$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a compressione  
 $\tau_0 = 3,70$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a taglio  
 E = 1500,00 N/mm<sup>2</sup> Modulo elastico  
 G = 500,00 N/mm<sup>2</sup> Modulo di taglio  
 w = 18,00 kN/m<sup>3</sup> Peso della muratura

### Caratteristiche della muratura nello stato di progetto

Tipo: Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 LC = LC1 - Conosc. Limitata - FC = 1.35  
 FC = 1,35 Fattore di confidenza

Malta buona	Ricorsi o listature	Conness. trasversale	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato	Ristil. Arm. con conness. dei param.	Altro
✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

### Coefficienti migliorativi (tabella C8.5.II - Circolare 2019)

Parametro	Stato di fatto	Interv. Consolidam.	Altro	Coeff. Complessivo
<b>f</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b><math>\tau_0</math></b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>E</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>G</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

### Parametri della muratura con applicazione dei coefficienti migliorativi e del fattore FC

$f_m = 192,59$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a compressione

$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio
$E =$	1500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico
$G =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio
$w =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura

**Riduzione della resistenza per applicazione del fattore di confidenza FC**

Applica: SI                      Applicazione del fattore di confidenza FC

**Parametri di resistenza della muratura - stato di fatto**

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio

**Parametri di resistenza della muratura - stato di progetto**

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio

**Parametri dell'analisi**

$\gamma_m =$	1,00		Coeff. parziale della muratura (pari a 1 per calcolo non lineare)
Fessuraz.	50,00	%	Riduz. Perc. della rigidezza per tener conto della fessuraz.
$k =$	0,70	$\tau_m = \tau_0 / k$	amplificazione di $\tau_0$ per il calcolo del valore medio

**Incremento ammissibile di rigidezza, resistenza e spostamento ultimo**

$\Delta K(+)$	15,00	%	Increment. amm. di rigidezza della parete fra ante e post-operam
$\Delta F(+)$	15,00	%	Increment. amm. della resistenza fra ante e post-operam
$\Delta d_u(+)$	15,00	%	Increment. amm. dello spostam. ultimo fra ante e post-operam

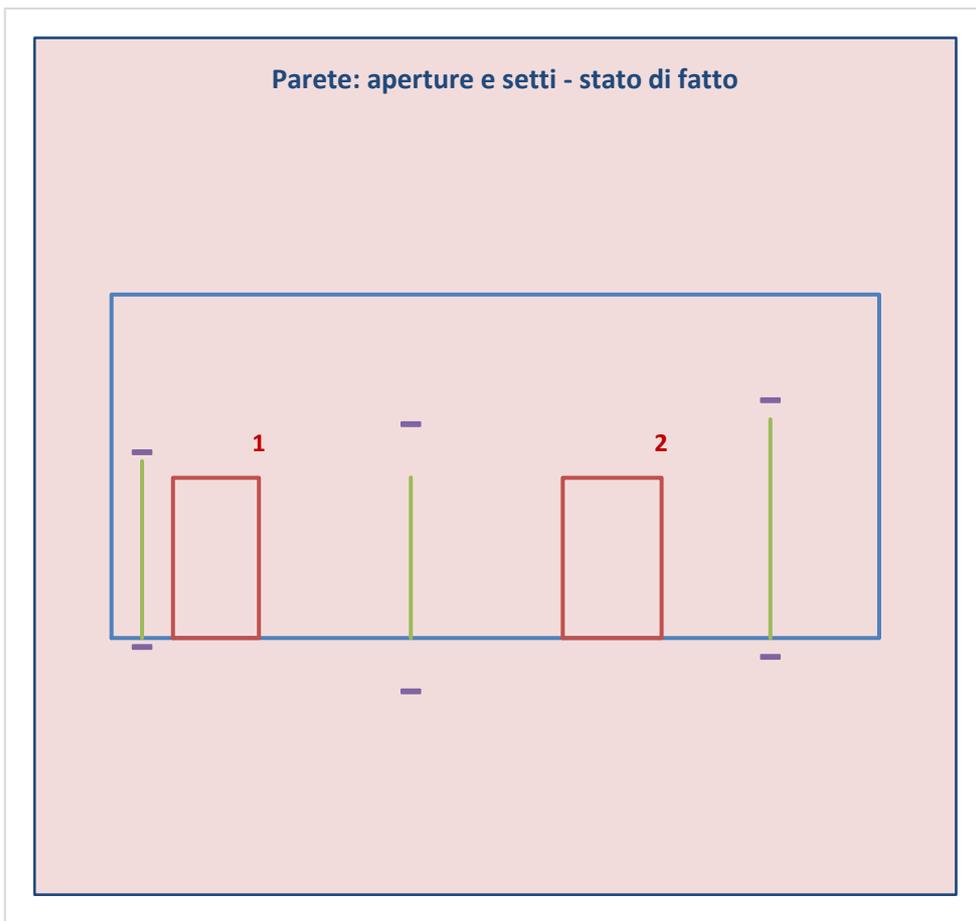
**Riduzione ammissibile di rigidezza, resistenza e spostamento ultimo**

$\Delta K(-)$	15,00	%	Riduz. amm. di rigidezza della parete fra ante e post-operam
$\Delta F(-)$	15,00	%	Riduz. amm. della resistenza della parete fra ante e post-operam
$\Delta d_u(-)$	15,00	%	Riduz. amm. dello spost. ultimo fra ante e post-operam

**Dimensioni della parete oggetto di intervento**

$L =$	9,35	m	Lunghezza della parete
$H =$	4,50	m	Altezza della parete (singolo piano)
$t =$	0,50	m	Spessore della parete

**Stato di fatto - dati geometrici delle aperture**



**Dati delle aperture**

Indice	h [m]	b [m]	X [m]	p [m]	Verifica input
1	2,10	1,05	0,75	0,00	OK
2	2,10	1,20	5,50	0,00	OK
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Tensioni normali  
agenti nei setti**

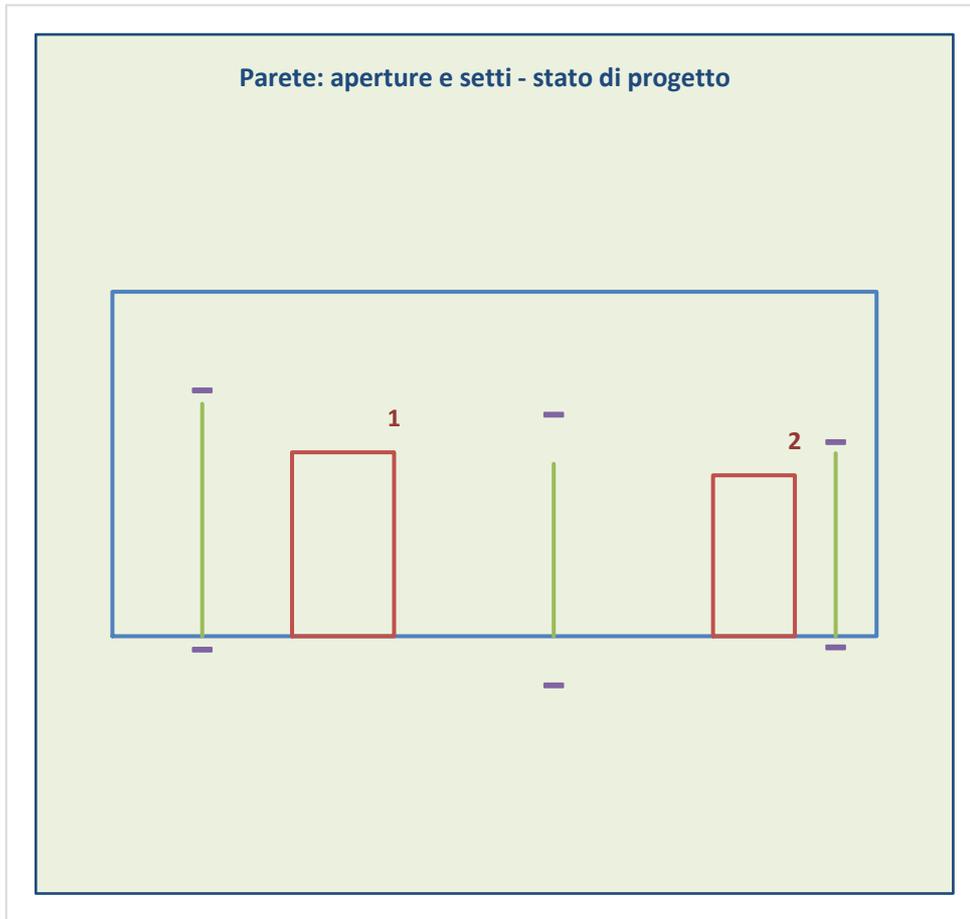
Setto	$\sigma_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]
1	24,13
2	24,13
3	24,13
4	assente
5	assente
6	assente
7	assente
8	assente
9	assente
10	assente
11	assente

**Vincolo offerto dalle fasce di piano allo stato di fatto**

Fasce di piano: rigide

Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

**Stato di progetto - dati geometrici delle aperture**



**Dati delle aperture**

Indice	h [m]	b [m]	X [m]	p [m]	Verifica input
1	2,40	1,25	2,20	0,00	OK
2	2,10	1,00	7,35	0,00	OK
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Tensioni normali  
agenti nei setti**

Setto	$\sigma_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]
1	24,13
2	24,13
3	24,13
4	assente
5	assente
6	assente
7	assente
8	assente
9	assente
10	assente
11	assente

**Vincolo offerto dalle fasce di piano allo stato di progetto**

Fasce di piano: rigide

Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

### Risultati parziali in assenza di cerchiatura

#### Parete nello stato di fatto

$K'$ =	152318	kN/m	Rigidezza della parete nello stato di fatto
$F'$ =	369,66	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto
$d'_{u,p}$ =	13,46	mm	Spostamento ultimo della parete

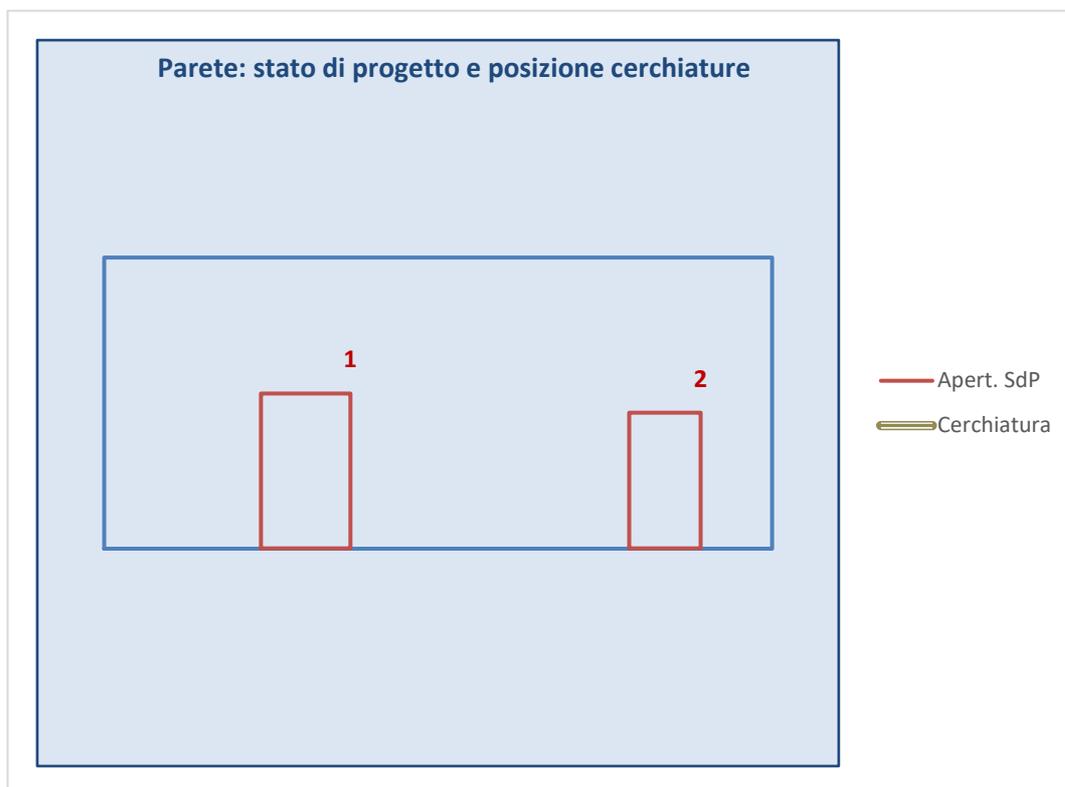
#### Parete nello stato di progetto

$K''$ =	147300	kN/m	Rigidezza muratura nello stato di progetto
$F''$ =	359,14	kN	Resistenza della parete nello Stato di progetto
$d''_{u,p}$ =	13,54	mm	Spostamento ultimo della parete

Variazione di rigidezza, resistenza e deformabilità senza cerchiatura							Esito	
Variazione di rigidezza								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-3,29	≤	15,00	✓	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-2,85	≤	15,00	✓	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	0,64	≤	15,00	✓	Positivo

## Telai di cerchiatura nelle aperture

Indice apertura	Presenza Cerch.	Montanti profilo	montanti n. profili	Architr. profilo	Architr. n. profili	Vincolo alla base
1	NO	-	-	-	-	-
2	NO	-	-	-	-	-
3	NO	-	-	-	-	-
4	NO	-	-	-	-	-
5	NO	-	-	-	-	-
6	NO	-	-	-	-	-
7	NO	-	-	-	-	-
8	NO	-	-	-	-	-
9	NO	-	-	-	-	-
10	NO	-	-	-	-	-



## Risultati finali

### Parete nello stato di fatto

$K'$ =	152318	kN/m	Rigidezza della parete nello stato di fatto
$F'$ =	369,66	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto
$d'_{u,p}$ =	13,46	mm	Spostamento ultimo della parete

### Parete nello stato di progetto

$K''$ =	147300	kN/m	Rigidezza muratura nello stato di progetto
$F''$ =	359,14	kN	Resistenza della parete nello Stato di progetto
$d''_{u,p}$ =	13,54	mm	Spostamento ultimo della parete

### Telai di cerchiatura

$K_{cerc,tot}$ =	0	kN/m	Rigidezza traslante delle cerchiature presenti
$F_{cerc,tot}$ =	0,00	kN	Resistenza orizzontale delle cerchiature presenti

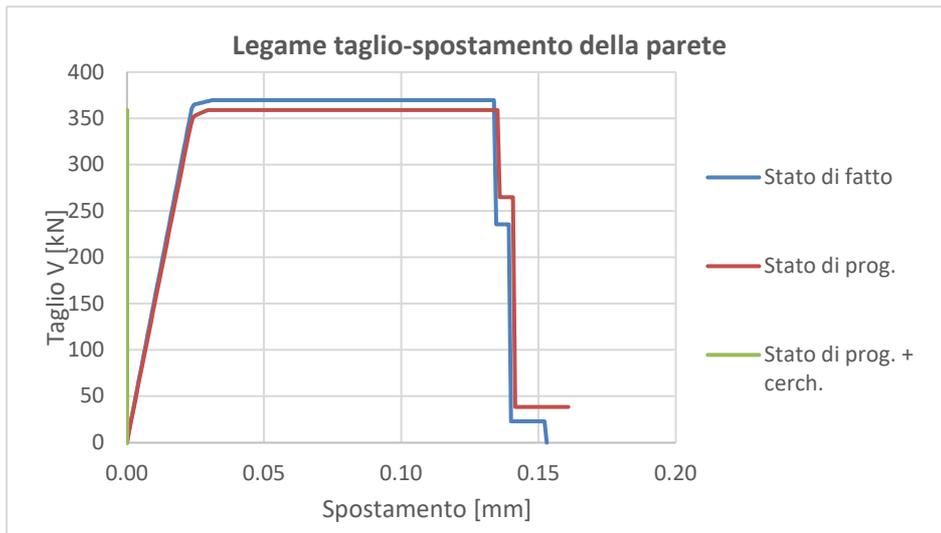
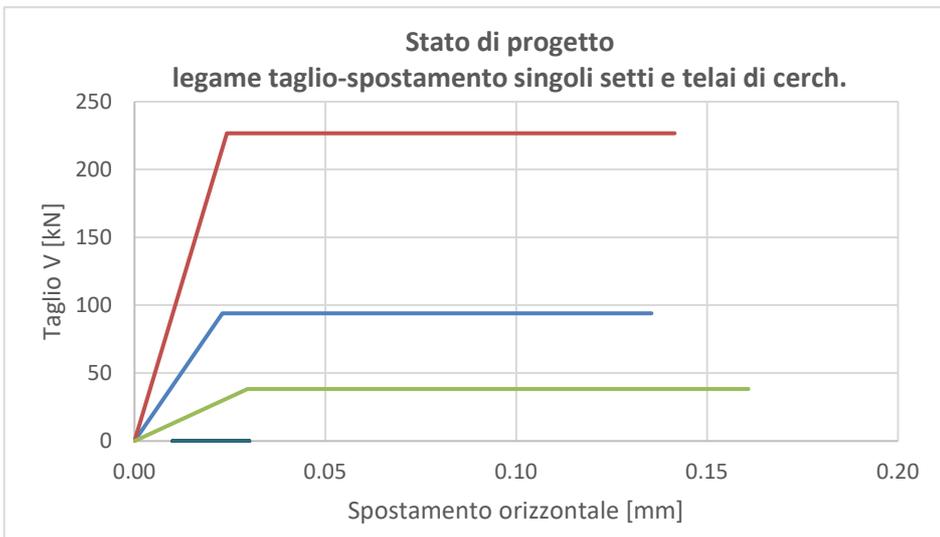
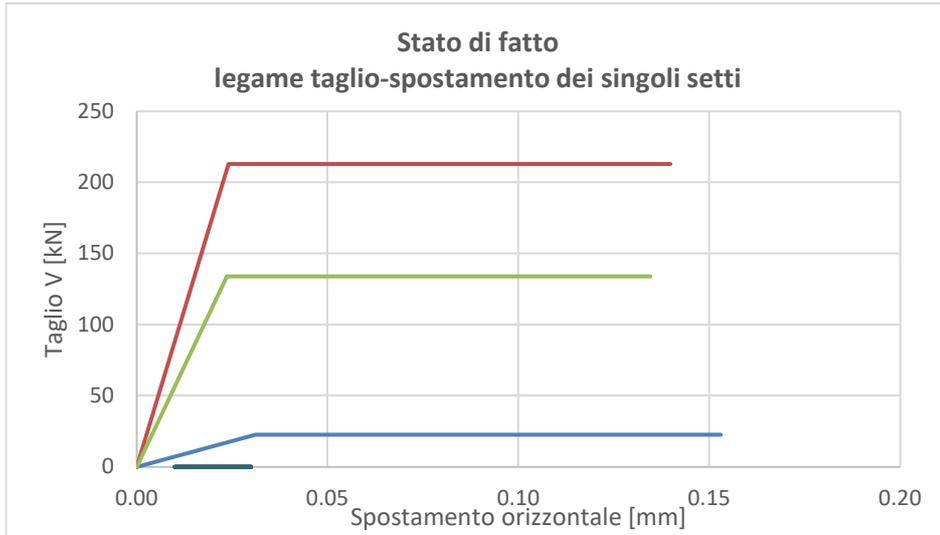
### Parete nello stato di progetto con telaio di cerchiatura

$K''+K_{cerc}$ =	147300	kN/m	Rigidezza della parete con cerchiature metalliche
$F''+F_{cerc}$ =	359,14	kN	Resistenza della parete con cerchiature metalliche

Parete allo stato di progetto senza cerchiatura						Esito	
Variazione di rigidezza							
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-3,29	≤	15,00	✔ Positivo
Variazione di resistenza							
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-2,85	≤	15,00	✔ Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo							
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	0,64	≤	15,00	✔ Positivo

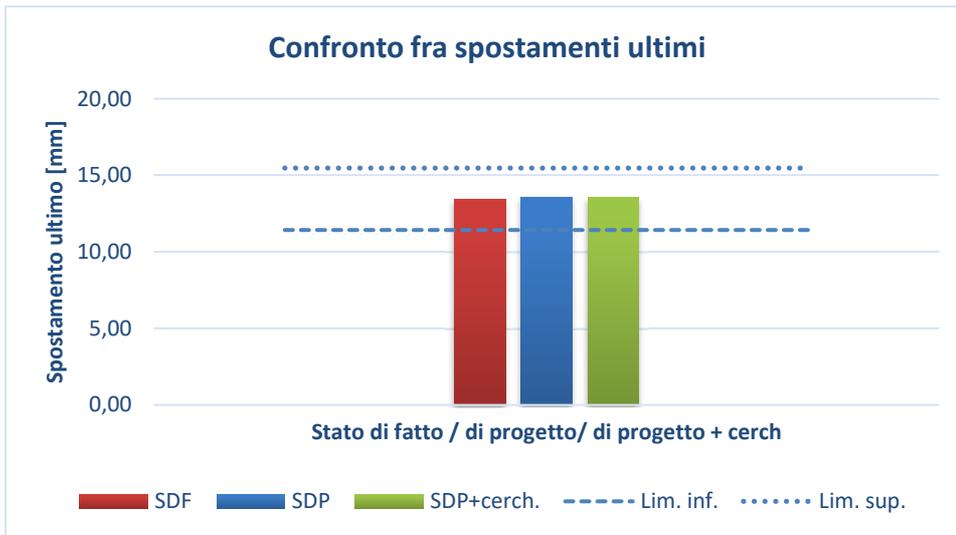
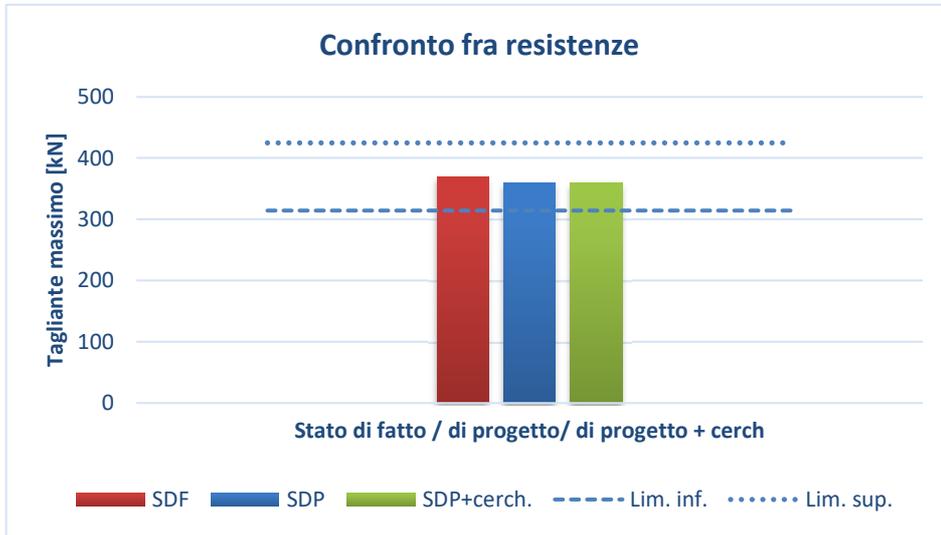
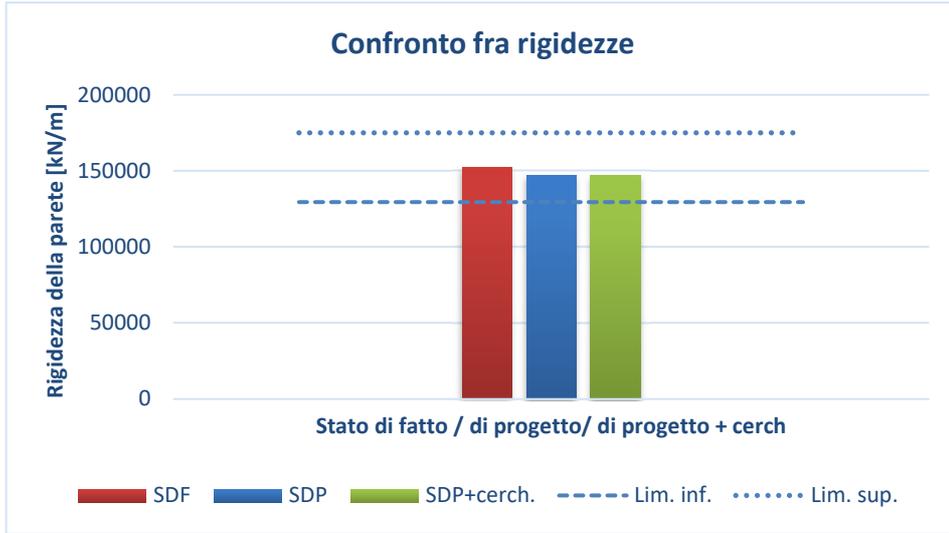
Parete allo stato di progetto con cerchiatura						Esito	
Rigidezza parete + cerchiatura							
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-3,29	≤	15,00	✔ Positivo
Variazione di resistenza							
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-2,85	≤	15,00	✔ Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo							
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	0,64	≤	15,00	✔ Positivo

**Grafici di output - Legami taglio-spostamento per setti, cerchiature e pareti**



Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

**Confronto rigidezza, resistenza e deformabilità**



Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

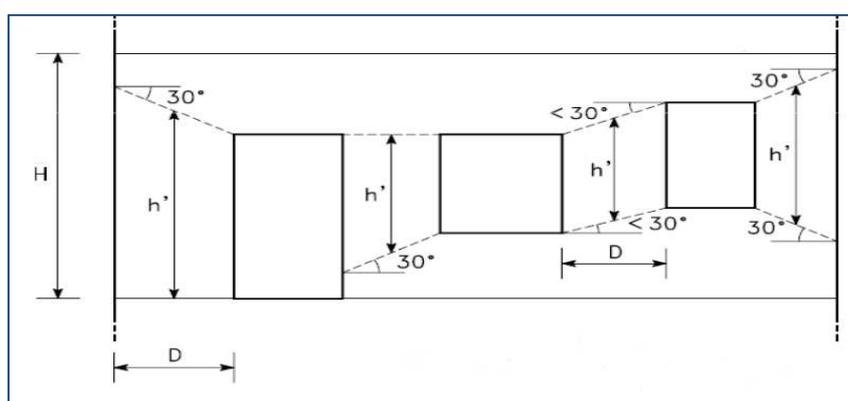
## Dettaglio dei calcoli

### Maschi murari - Stato di fatto

Setto	D	t	h'	H <sub>eff</sub>
	[m]	[m]	[m]	[m]
1	0,75	0,50	2,32	2,55
2	3,70	0,50	2,10	3,50
3	2,65	0,50	2,86	3,36
4	0,00	0,50	0,00	NO
5	0,00	0,50	0,00	NO
6	0,00	0,50	0,00	NO
7	0,00	0,50	0,00	NO
8	0,00	0,50	0,00	NO
9	0,00	0,50	0,00	NO
10	0,00	0,50	0,00	NO
11	0,00	0,50	0,00	NO

### Maschi murari - Stato di progetto

Setto	D	t	h'	H <sub>eff</sub>
	[m]	[m]	[m]	[m]
1	2,20	0,50	3,04	3,39
2	3,90	0,50	2,25	3,54
3	1,00	0,50	2,39	2,68
4	0,00	0,50	0,00	NO
5	0,00	0,50	0,00	NO
6	0,00	0,50	0,00	NO
7	0,00	0,50	0,00	NO
8	0,00	0,50	0,00	NO
9	0,00	0,50	0,00	NO
10	0,00	0,50	0,00	NO
11	0,00	0,50	0,00	NO



#### Metodo Dolce (1989)

Altezza efficace dei maschi murari:

$$H_{\text{eff}} = h' + 0.33 \cdot D \cdot (H - h') / h'$$

## Stato di fatto - rigidità, resistenza e spostamento ultimo della parete

## Parametri meccanici della muratura con applicazione dei coeff. miglior. e del fattore di conf.

Nota: nelle formule indicate  $C_m$  = coefficiente migliorativo da tab. C8.5. II Circ. 2019

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ( $f_m = C_m * f / FC$ )
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio ( $\tau_0 = C_m * \tau_0 / FC$ )
$E =$	1500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico ( $= E * C_m$ )
$G =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio ( $= G * C_m$ )
$w =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura

## Applicazione del fattore di confidenza FC

Applica:	SI	Applicazione del fattore di confidenza FC
FC =	1,35	Fattore di confidenza

## Parametri meccanici di progetto - riduzione per il coefficiente parziale

$\gamma_m =$	1,00		Coefficiente di riduzione = 1 per calcolo non lineare
$f_d =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione di progetto
$\tau_{0d} =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio di progetto
Fessuraz.	50,00	%	Riduz. Perc. della rigidità per tener conto della fessuraz.
$E =$	750,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico fessurato
$G =$	250,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio fessurato

## Rottura per pressoflessione

Setto	$M_u$	$V_{u,PF}$
	[kNm]	[kN]
1	28,93	22,69
2	704,12	402,88
3	361,19	214,73
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

## Legenda

 $M_u$  = momento ultimo per pressoflessione $V_{u,PF}$  = Taglio ultimo, rottura per pressoflessione

## Rottura per taglio-scorrimento

Setto	N	$V_{u,TS(GE)}$	$V_{u,TS(PE)}$	$M_{(PE)}$	$M_{0(PE)}$	Eccentric.	$V_{u,TS}$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[kN]
1	90,49	26,71	46,65	59,48	11,31	VERO	26,71
2	446,41	212,93	230,15	402,24	275,28	VERO	212,93
3	319,72	141,01	164,84	277,26	141,21	VERO	141,01
4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

9	NO						
10	NO						
11	NO						

**Legenda**

**N** = sforzo normale di compressione nel setto

**V<sub>u,TS(GE)</sub>** = resistenza a taglio scorrimento per grande eccentricità ( $e > D/6$  - sezione parzializzata);

**V<sub>u,TS(PE)</sub>** = resistenza a taglio scorrimento per piccola eccentricità ( $e \leq D/6$  - sez. interam. reagente);

**M(PE)** = Momento sollecitante per piccola eccentricità;

**MO(PE)** = Momento limite per piccola eccentricità;

**Eccentric:** VERO = grande eccentricità, ecc.  $> D/6$ ; FALSO = piccola eccentricità,  $e \leq D/6$ ;

**V<sub>u,TS</sub>** = resistenza a taglio scorrimento

**Rottura per fessurazione diagonale**

Setto	$\beta$	V <sub>u,FD</sub> [kN]
1	1,50	32,11
2	1,00	237,58
3	1,27	134,04
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

**Legenda**

$\beta$  = snellezza H/D del pannello, fra 1 e 1.5

**V<sub>u,FD</sub>** = Taglio ultimo, rottura per fessurazione diagonale

**Taglio resistente e modalità di rottura dei singoli setti**

Setto	Rottura	V <sub>u</sub> [kN]
1	Pressofl.	22,69
2	T. scorr.	212,93
3	Fess. diag.	134,04
4		0,00
5		0,00
6		0,00
7		0,00
8		0,00
9		0,00
10		0,00
11		0,00

**Legenda**

**Rottura** = tipologia di rottura del setto

**V<sub>u</sub>** = Taglio ultimo, min(V<sub>u,FD</sub>; V<sub>u,PF</sub>; V<sub>u,TS</sub>)

**Calcolo della rigidezza, resistenza e spostamento ultimo dei setti**

Setto	n	K'	d' <sub>e</sub>	d' <sub>u</sub>	F'
	[-]	[kN/m]	[mm]	[mm]	[kN]

**Legenda**

**n** = coefficiente di vincolo alla testa del setto:

1	12	7.277	3,119	15,30	22,69
2	12	88.358	2,410	13,98	212,93
3	12	56.683	2,365	13,46	134,04
4	12	NO	NO	NO	NO
5	12	NO	NO	NO	NO
6	12	NO	NO	NO	NO
7	12	NO	NO	NO	NO
8	12	NO	NO	NO	NO
9	12	NO	NO	NO	NO
10	12	NO	NO	NO	NO
11	12	NO	NO	NO	NO

incastro  $n=12$ , cerniera  $n=3$ ;  
 $K'$  = rigidezza del setto  
 $d'e$  = spostamento al limite elastico;  
 $d'u$  = spostamento ultimo;  
 $F'$  = taglio nel setto in corrispondenza dello spostamento ultimo dell'intera parete.

#### Rigidezza e resistenza della parete allo stato di fatto

$K'_p =$	152318	kN/m	Rigidezza della parete
$d'_{e,p} =$	2,36	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d'_{u,p} =$	13,46	mm	Spostamento ultimo della parete
$F'_p =$	369,66	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto

## Stato di progetto - Rigidezza, resistenza e spostamento ultimo della parete

## Parametri meccanici della muratura con applicazione dei coeffi. miglior. e del fattore di conf.

Nota: nelle formule indicate  $C_m$  = coefficiente migliorativo da tab. C8.5. II Circ. 2019

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ( $f_m = C_m * f / FC$ )
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio ( $\tau_0 = C_m * \tau_0 / FC$ )
$E =$	1500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico ( $= E * C_m$ )
$G =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio ( $= G * C_m$ )
$w =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura

## Applicazione del fattore di confidenza FC

Applica:	SI	Applicazione del fattore di confidenza FC
FC =	1,35	Fattore di confidenza

## Parametri meccanici di progetto - riduzione per il coefficiente parziale

$\gamma_m =$	1,00		Coefficiente di riduzione = 1 per calcolo non lineare
$f_d =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione di progetto
$\tau_{0d} =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio di progetto
Fessuraz.	50,00	%	Riduz. Perc. della rigidezza per tener conto della fessuraz.
$E =$	750,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico fessurato
$G =$	250,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio fessurato

## Taglio resistente - Rottura per pressoflessione

Setto	$M_u$	$V_{u,PF}$
	[kNm]	[kN]
1	248,94	147,06
2	782,30	442,35
3	51,43	38,38
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

## Legenda

 $M_u$  = momento ultimo per pressoflessione $V_{u,PF}$  = Taglio ultimo, rottura per pressoflessione

## Rottura per Taglio-Scorrimento

Setto	N	$V_{u,TS(GE)}$	$V_{u,TS(PE)}$	$M_{(PE)}$	$M_{0(PE)}$	Eccentric.	$V_{u,TS}$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[V/F]	[kN]
1	265,43	110,18	136,85	231,65	97,32	VERO	110,18
2	470,54	226,59	242,59	429,02	305,85	VERO	226,59
3	120,65	40,09	62,20	83,36	20,11	VERO	40,09
4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

9	NO						
10	NO						
11	NO						

**Legenda**

**N** = sforzo normale di compressione nel setto

**Vu,TS(GE)** = resistenza a taglio scorrimento per grande eccentricità ( $e > D/6$  - sezione parzializzata)

**Vu,TS(PE)** = resistenza a taglio scorrimento per piccola eccentricità ( $e \leq D/6$  - sez. interam. reagente)

**M(PE)** = Momento sollecitante per piccola eccentricità

**MO(PE)** = Momento limite per piccola eccentricità

**Eccentric:** VERO = grande eccentricità,  $e > D/6$ ; FALSO = piccola eccentricità,  $e \leq D/6$

**Vu,TS** = resistenza a taglio scorrimento

**Rottura per fessurazione diagonale**

Setto	$\beta$	$V_{u,FD}$ [kN]
1	1,50	94,18
2	1,00	250,42
3	1,50	42,81
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

**Legenda**

$\beta$  = snellezza H/D del pannello, fra 1 e 1.5

**Vu,FD** = Taglio ultimo, rottura per fessurazione diagonale

**Taglio resistente e modalità di rottura dei singoli setti**

Setto	Rottura	$V_u$ [kN]
1	Fess. diag.	94,18
2	T. scorr.	226,59
3	Pressofl.	38,38
4		0,00
5		0,00
6		0,00
7		0,00
8		0,00
9		0,00
10		0,00
11		0,00

**Legenda**

**Rottura** = tipologia di rottura del setto

**Vu** = Taglio ultimo,  $\min(V_{u,FD}; V_{u,PF}; V_{u,TS})$

**Calcolo della rigidezza, resistenza e spostamento ultimo dei setti**

Setto	n	$K''$	$d''_e$	$d''_u$	$F''$
	[-]	[kN/m]	[mm]	[mm]	[kN]

**Legenda**

n = coefficiente di vincolo alla testa del setto: incastro

1	12	40832	2,306	13,54	94,18
2	12	93496	2,424	14,15	226,59
3	12	12973	2,958	16,08	38,38
4	12	NO	NO	NO	NO
5	12	NO	NO	NO	NO
6	12	NO	NO	NO	NO
7	12	NO	NO	NO	NO
8	12	NO	NO	NO	NO
9	12	NO	NO	NO	NO
10	12	NO	NO	NO	NO
11	12	NO	NO	NO	NO

n=12, cerniera n=3;  
**K''** = rigidezza del setto;  
**d''e** = spostamento al limite elastico;  
**d''u** = spostamento ultimo;  
**F''** = taglio nel setto in corrispondenza dello spostamento ultimo dell'intera parete.

#### Rigidezza e resistenza della parete allo stato di progetto

$K''_p =$	147300	kN/m	Rigidezza della parete
$d''_{e,p} =$	2,31	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d''_{u,p} =$	13,54	mm	Spostamento ultimo della parete
$F''_p =$	359,14	KN	Resistenza della parete

## Resistenza e rigidezza della cerchiatura metallica

Apertura	Presenza	deltay1	deltau	Fy1	Fy2	F <sub>u</sub>	K <sub>cerc</sub>	F <sub>cerc</sub>
n.	Cerch.	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
1	NO	-	-	-	-	-	-	-
2	NO	-	-	-	-	-	-	-
3	NO	-	-	-	-	-	-	-
4	NO	-	-	-	-	-	-	-
5	NO	-	-	-	-	-	-	-
6	NO	-	-	-	-	-	-	-
7	NO	-	-	-	-	-	-	-
8	NO	-	-	-	-	-	-	-
9	NO	-	-	-	-	-	-	-
10	NO	-	-	-	-	-	-	-

**Legenda**

**deltay1** = spostamento al limite elastico del telaio di cerchiatura;

**deltay2** = spostamento per formazione crniere plastiche alla base dei montanti;

**deltau** = spostamento ultimo del telaio di cerchiatura;

**Fy1** = Tagliante corrispondente a deltax1;

**Fy2** = Tagliante corrispondente a deltax2;

**Fu** = Tagliante ultimo del telaio

**Kcerc** = rigidezza del telaio di cerchiatura;

**Fcerc** = Tagliante nel telaio di cerchiatura in corrispondenza dello spostamento ultimo della parete.

$K_{cerc,tot} = 0,00$  kN/m Rigidezza traslante delle cerchiture presenti

$F_{cerc,tot} = 0,00$  kN Resistenza orizzontale delle cerchiture presenti

### Confronto fra stato di fatto e stato di progetto, con e senza telaio di cerchiatura

#### Parete nello stato di fatto

$K'$ =	152318	kN/m	Rigidezza della parete nello stato di fatto (ante-operam)
$F'$ =	369,66	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto (ante-operam)
$d'_{u,p}$ =	13,46	mm	Spostamento ultimo della parete

#### Parete nello stato di progetto

$K''$ =	147300	kN/m	Rigidezza muratura nello stato di progetto (post-operam)
$F''$ =	359,14	kN	Resistenza della parete nello Stato di progetto (post-operam)
$d''_{u,p}$ =	13,54	mm	Spostamento ultimo della parete

#### Telai di cerchiatura

$K_{cerc,tot}$ =	0	kN/m	Rigidezza traslante delle cerchiature presenti
$F_{cerc,tot}$ =	0,00	kN	Resistenza orizzontale delle cerchiature presenti

#### Parete nello stato di progetto con telai di cerchiatura

$K''+K_{cerc}$ =	147300	kN/m	Rigidezza della parete con telai di cerchiatura
$F''+F_{cerc}$ =	359,14	kN	Resistenza della parete con telai di cerchiatura

Parete allo stato di progetto senza cerchiatura						Esito		
Variazione di rigidezza								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-3,29	≤	15,00	✔	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-2,85	≤	15,00	✔	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	0,64	≤	15,00	✔	Positivo

Parete allo stato di progetto con cerchiatura						Esito		
Rigidezza parete + cerchiatura								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-3,29	≤	15,00	✔	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	-2,85	≤	15,00	✔	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	0,64	≤	15,00	✔	Positivo

## Apertura di nuovi vani in pareti in muratura - Metodo dei setti murari in serie

Normativa: NTC2018 - D.M. 17/01/2018; Circolare 21/1/2019, n. 7

### Caratteristiche della muratura nello stato di fatto

Tipo: Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 LC = LC1 - Conosc. Limitata - FC = 1.35  
 FC = 1,35 Fattore di confidenza

Malta buona	Ricorsi o listature	Conness. trasversale	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato	Ristil. Arm. con conness. dei param.	Altro
✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

### Coefficienti migliorativi (tabella C8.5.II - Circolare 2019)

Parametro	Stato di fatto	Interv. Consolidam.	Altro	Coeff. Complessivo
<b>f</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b><math>\tau_0</math></b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>E</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>G</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

### Parametri della muratura con applicazione dei coefficienti migliorativi e del fattore FC

$f_m = 192,59$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a compressione  
 $\tau_0 = 3,70$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a taglio  
 E = 1500,00 N/mm<sup>2</sup> Modulo elastico  
 G = 500,00 N/mm<sup>2</sup> Modulo di taglio  
 w = 18,00 kN/m<sup>3</sup> Peso della muratura

### Caratteristiche della muratura nello stato di progetto

Tipo: Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 LC = LC1 - Conosc. Limitata - FC = 1.35  
 FC = 1,35 Fattore di confidenza

Malta buona	Ricorsi o listature	Conness. trasversale	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato	Ristil. Arm. con conness. dei param.	Altro
✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

### Coefficienti migliorativi (tabella C8.5.II - Circolare 2019)

Parametro	Stato di fatto	Interv. Consolidam.	Altro	Coeff. Complessivo
<b>f</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b><math>\tau_0</math></b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>E</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>G</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

### Parametri della muratura con applicazione dei coefficienti migliorativi e del fattore FC

$f_m = 192,59$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a compressione

$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio
$E =$	1500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico
$G =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio
$w =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura

**Riduzione della resistenza per applicazione del fattore di confidenza FC**

Applica: SI                      Applicazione del fattore di confidenza FC

**Parametri di resistenza della muratura - stato di fatto**

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio

**Parametri di resistenza della muratura - stato di progetto**

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio

**Parametri dell'analisi**

$\gamma_m =$	1,00		Coeff. parziale della muratura (pari a 1 per calcolo non lineare)
Fessuraz.	50,00	%	Riduz. Perc. della rigidezza per tener conto della fessuraz.
$k =$	0,70	$\tau_m = \tau_0 / k$	amplificazione di $\tau_0$ per il calcolo del valore medio

**Incremento ammissibile di rigidezza, resistenza e spostamento ultimo**

$\Delta K(+)$	15,00	%	Increment. amm. di rigidezza della parete fra ante e post-operam
$\Delta F(+)$	15,00	%	Increment. amm. della resistenza fra ante e post-operam
$\Delta d_u(+)$	15,00	%	Increment. amm. dello spostam. ultimo fra ante e post-operam

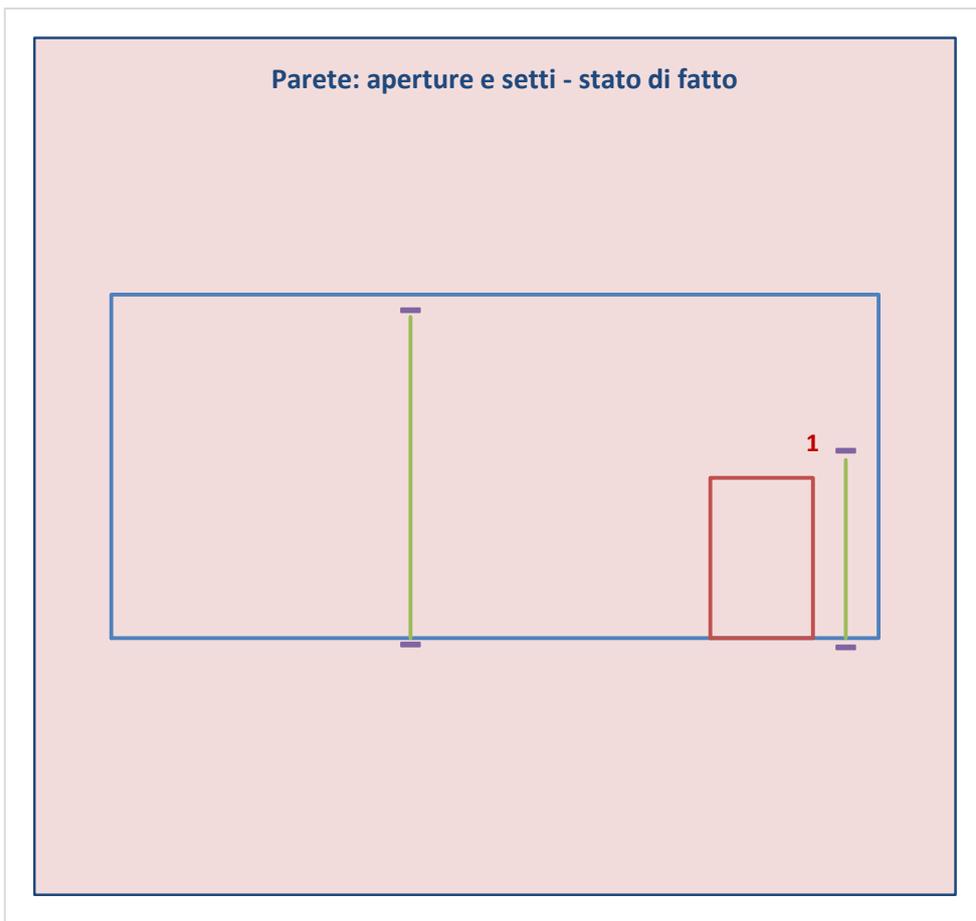
**Riduzione ammissibile di rigidezza, resistenza e spostamento ultimo**

$\Delta K(-)$	15,00	%	Riduz. amm. di rigidezza della parete fra ante e post-operam
$\Delta F(-)$	15,00	%	Riduz. amm. della resistenza della parete fra ante e post-operam
$\Delta d_u(-)$	15,00	%	Riduz. amm. dello spost. ultimo fra ante e post-operam

**Dimensioni della parete oggetto di intervento**

$L =$	9,35	m	Lunghezza della parete
$H =$	4,50	m	Altezza della parete (singolo piano)
$t =$	0,50	m	Spessore della parete

**Stato di fatto - dati geometrici delle aperture**



**Dati delle aperture**

Indice	h [m]	b [m]	X [m]	p [m]	Verifica input
1	2,10	1,25	7,30	0,00	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Tensioni normali  
agenti nei setti**

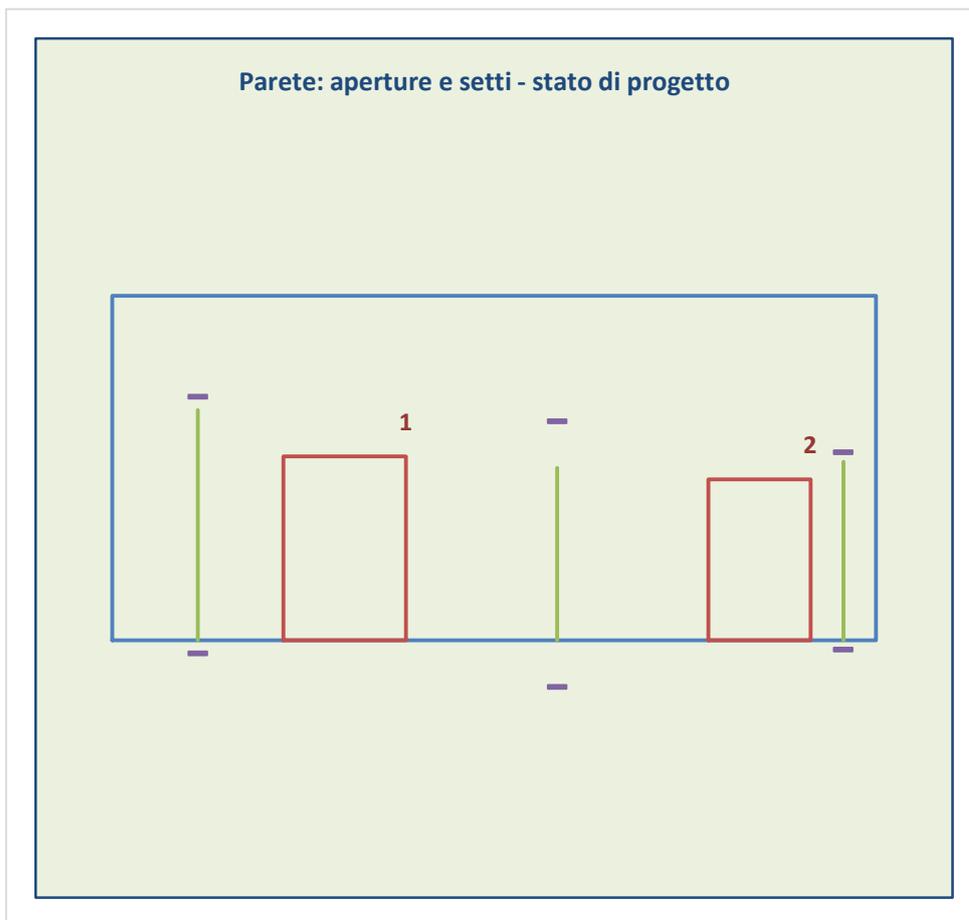
Setto	$\sigma_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]
1	6,48
2	6,48
3	assente
4	assente
5	assente
6	assente
7	assente
8	assente
9	assente
10	assente
11	assente

**Vincolo offerto dalle fasce di piano allo stato di fatto**

Fasce di piano: rigide

Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

**Stato di progetto - dati geometrici delle aperture**



**Dati delle aperture**

Indice	h [m]	b [m]	X [m]	p [m]	Verifica input
1	2,40	1,50	2,10	0,00	OK
2	2,10	1,25	7,30	0,00	OK
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Tensioni normali agenti nei setti**

Setto	$\sigma_0$ [N/cm <sup>2</sup> ]
1	7,66
2	7,66
3	7,66
4	assente
5	assente
6	assente
7	assente
8	assente
9	assente
10	assente
11	assente

**Vincolo offerto dalle fasce di piano allo stato di progetto**

Fasce di piano: rigide

Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

### Risultati parziali in assenza di cerchiatura

#### Parete nello stato di fatto

$K'$ =	166378	kN/m	Rigidezza della parete nello stato di fatto
$F'$ =	215,20	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto
$d'_{u,p}$ =	15,46	mm	Spostamento ultimo della parete

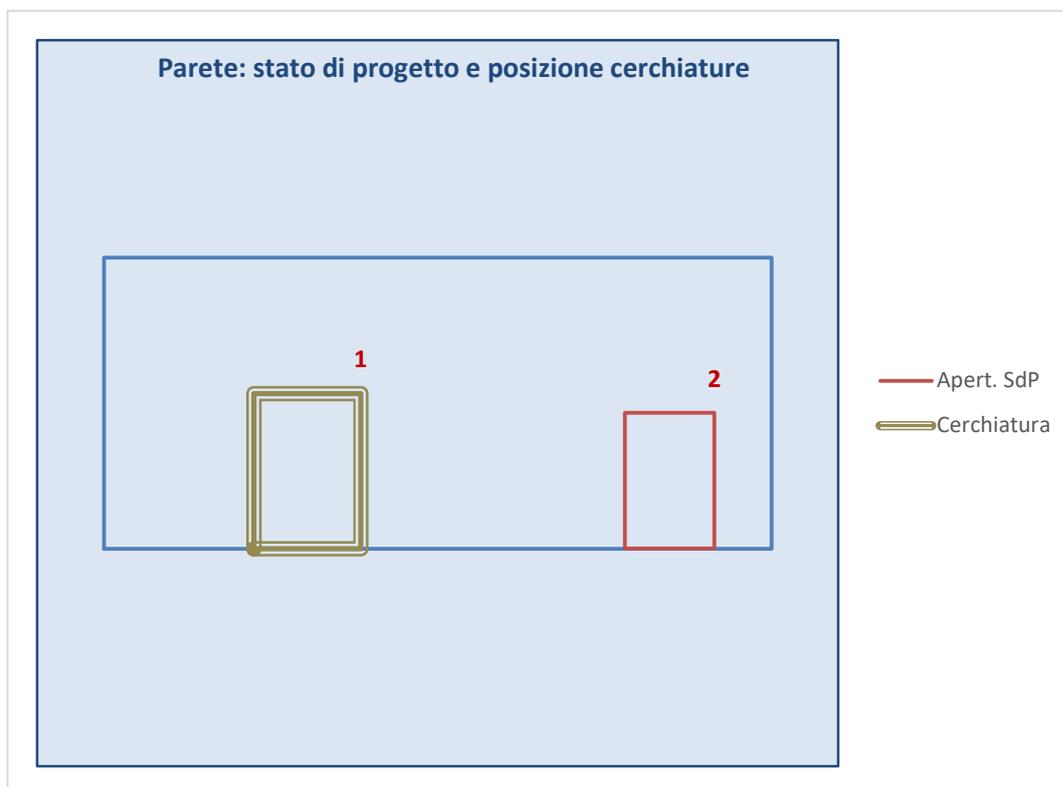
#### Parete nello stato di progetto

$K''$ =	135804	kN/m	Rigidezza muratura nello stato di progetto
$F''$ =	145,21	kN	Resistenza della parete nello Stato di progetto
$d''_{u,p}$ =	13,40	mm	Spostamento ultimo della parete

Variazione di rigidezza, resistenza e deformabilità senza cerchiatura							Esito	
Variazione di rigidezza								
	-15,00	>	$\Delta K$ [%] =	-18,38	$\leq$	15,00	✘	Negativo
Variazione di resistenza								
	-15,00	>	$\Delta F$ [%] =	-32,52	$\leq$	15,00	✘	Negativo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	$\leq$	$\Delta d_u$ [%] =	-13,31	$\leq$	15,00	✔	Positivo

## Telai di cerchiatura nelle aperture

Indice apertura	Presenza Cerch.	Montanti profilo	montanti	Architr.	Architr.	Vincolo alla base
			n. profili	profilo	n. profili	
1	SI	HE 180 B	1	HE 100 A	2	incastro
2	NO	-	-	-	-	-
3	NO	-	-	-	-	-
4	NO	-	-	-	-	-
5	NO	-	-	-	-	-
6	NO	-	-	-	-	-
7	NO	-	-	-	-	-
8	NO	-	-	-	-	-
9	NO	-	-	-	-	-
10	NO	-	-	-	-	-



## Risultati finali

### Parete nello stato di fatto

$K'$ =	166378	kN/m	Rigidezza della parete nello stato di fatto
$F'$ =	215,20	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto
$d'_{u,p}$ =	15,46	mm	Spostamento ultimo della parete

### Parete nello stato di progetto

$K''$ =	135804	kN/m	Rigidezza muratura nello stato di progetto
$F''$ =	145,21	kN	Resistenza della parete nello Stato di progetto
$d''_{u,p}$ =	13,40	mm	Spostamento ultimo della parete

### Telai di cerchiatura

$K_{cerc,tot}$ =	6077	kN/m	Rigidezza traslante delle cerchiature presenti
$F_{cerc,tot}$ =	81,44	kN	Resistenza orizzontale delle cerchiature presenti

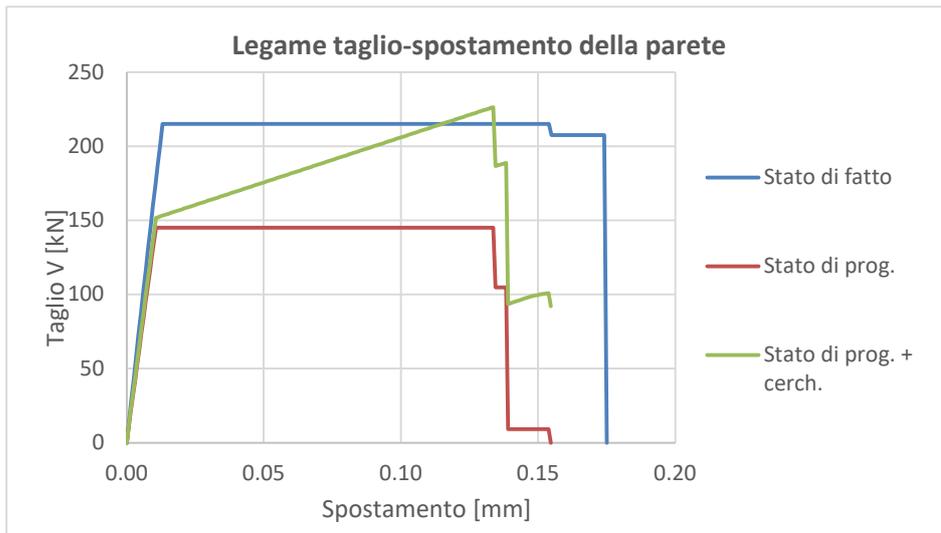
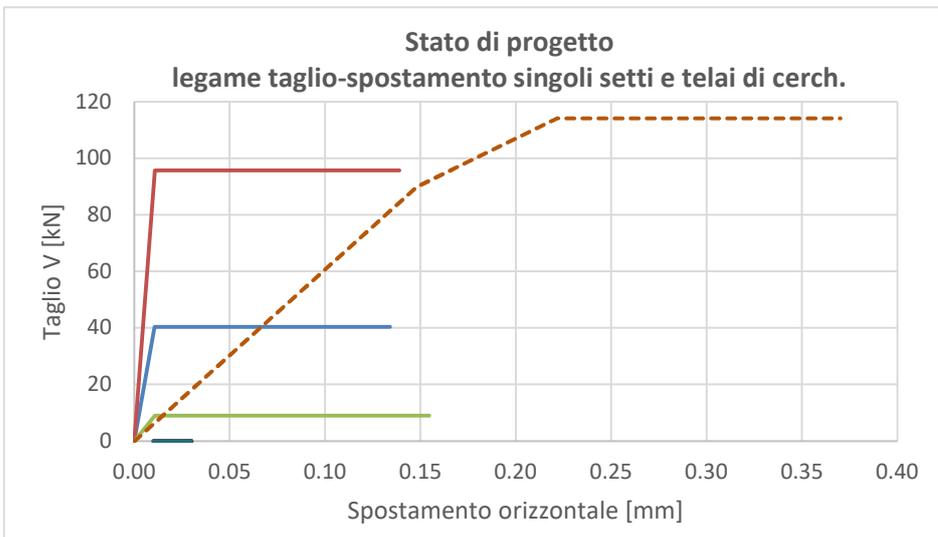
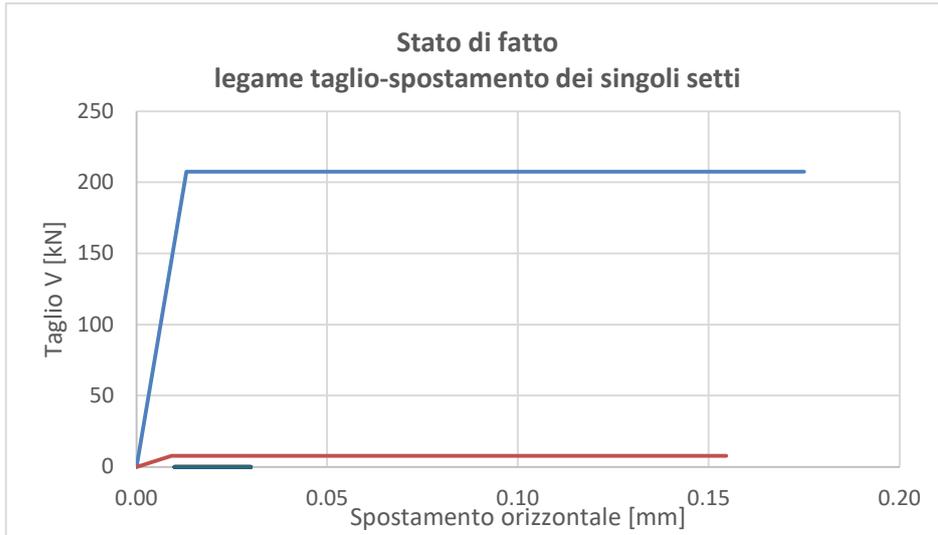
### Parete nello stato di progetto con telaio di cerchiatura

$K''+K_{cerc}$ =	141880	kN/m	Rigidezza della parete con cerchiature metalliche
$F''+F_{cerc}$ =	226,65	kN	Resistenza della parete con cerchiature metalliche

Parete allo stato di progetto senza cerchiatura						Esito		
Variazione di rigidezza								
	-15,00	>	$\Delta K$ [%] =	-18,38	≤	15,00	✘	Negativo
Variazione di resistenza								
	-15,00	>	$\Delta F$ [%] =	-32,52	≤	15,00	✘	Negativo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	-13,31	≤	15,00	✔	Positivo

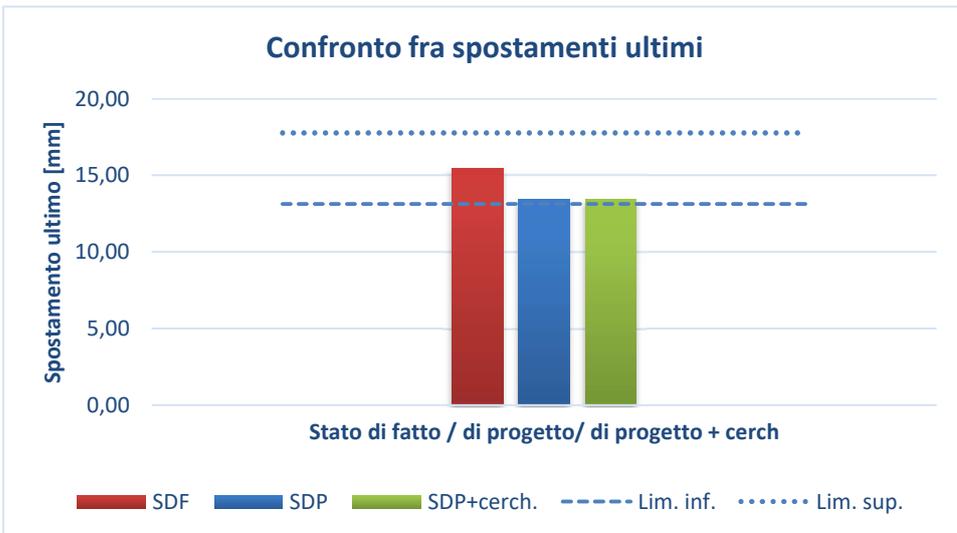
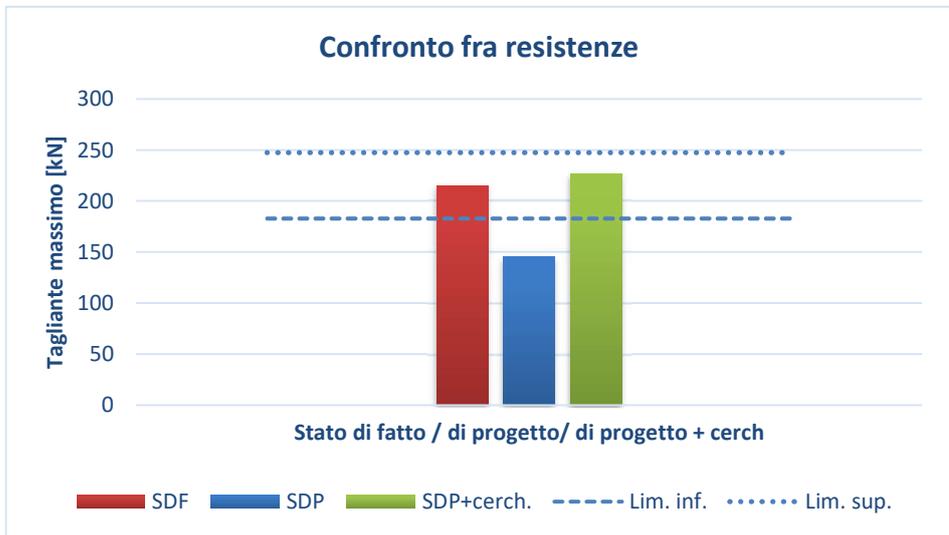
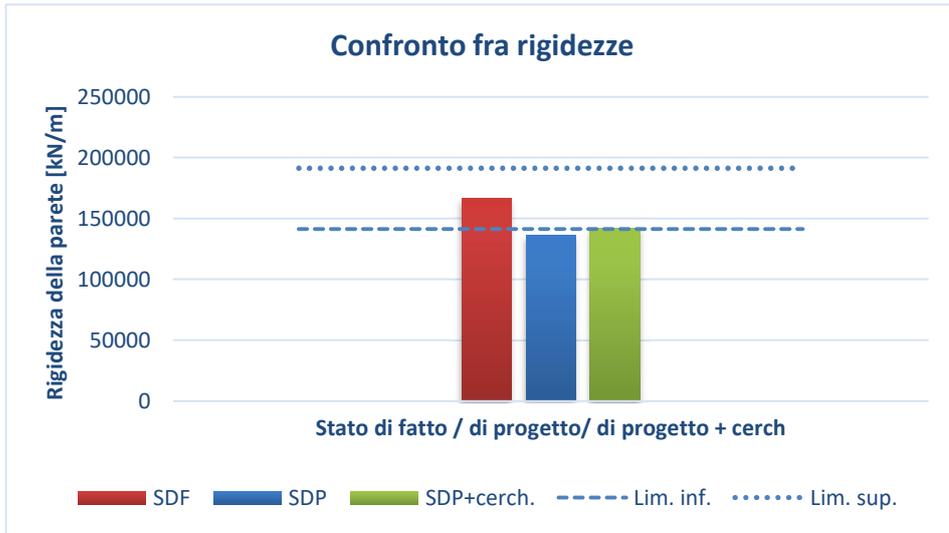
Parete allo stato di progetto con cerchiatura						Esito		
Rigidezza parete + cerchiatura								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-14,72	≤	15,00	✔	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	5,32	≤	15,00	✔	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	-13,31	≤	15,00	✔	Positivo

**Grafici di output - Legami taglio-spostamento per setti, cerchiature e pareti**



Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

**Confronto rigidezza, resistenza e deformabilità**



Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

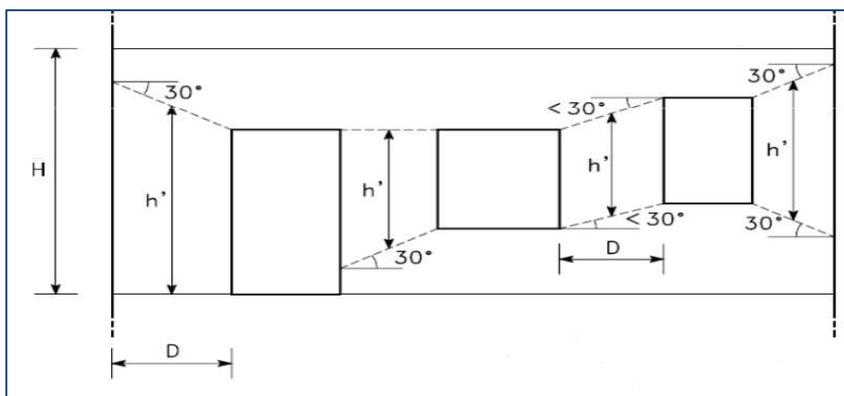
### Dettaglio dei calcoli

#### Maschi murari - Stato di fatto

Setto	D	t	h'	H <sub>eff</sub>
	[m]	[m]	[m]	[m]
1	7,30	0,50	4,21	4,37
2	0,80	0,50	2,33	2,58
3	0,00	0,50	0,00	NO
4	0,00	0,50	0,00	NO
5	0,00	0,50	0,00	NO
6	0,00	0,50	0,00	NO
7	0,00	0,50	0,00	NO
8	0,00	0,50	0,00	NO
9	0,00	0,50	0,00	NO
10	0,00	0,50	0,00	NO
11	0,00	0,50	0,00	NO

#### Maschi murari - Stato di progetto

Setto	D	t	h'	H <sub>eff</sub>
	[m]	[m]	[m]	[m]
1	2,10	0,50	3,01	3,35
2	3,70	0,50	2,25	3,47
3	0,80	0,50	2,33	2,58
4	0,00	0,50	0,00	NO
5	0,00	0,50	0,00	NO
6	0,00	0,50	0,00	NO
7	0,00	0,50	0,00	NO
8	0,00	0,50	0,00	NO
9	0,00	0,50	0,00	NO
10	0,00	0,50	0,00	NO
11	0,00	0,50	0,00	NO



#### Metodo Dolce (1989)

Altezza efficace dei maschi murari:

$$H_{\text{eff}} = h' + 0.33 \cdot D \cdot (H - h') / h'$$

## Stato di fatto - rigidezza, resistenza e spostamento ultimo della parete

## Parametri meccanici della muratura con applicazione dei coeffi. miglior. e del fattore di conf.

Nota: nelle formule indicate  $C_m$  = coefficiente migliorativo da tab. C8.5. II Circ.2019

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ( $f_m = C_m * f / FC$ )
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio ( $\tau_0 = C_m * \tau_0 / FC$ )
$E =$	1500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico ( $= E * C_m$ )
$G =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio ( $= G * C_m$ )
$w =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura

## Applicazione del fattore di confidenza FC

Applica:	SI	Applicazione del fattore di confidenza FC
FC =	1,35	Fattore di confidenza

## Parametri meccanici di progetto - riduzione per il coefficiente parziale

$\gamma_m =$	1,00		Coefficiente di riduzione = 1 per calcolo non lineare
$f_d =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione di progetto
$\tau_{0d} =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio di progetto
Fessuraz.	50,00	%	Riduz. Perc. della rigidezza per tener conto della fessuraz.
$E =$	750,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico fessurato
$G =$	250,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio fessurato

## Rottura per pressoflessione

Setto	$M_u$	$V_{u,PF}$
	[kNm]	[kN]
1	829,13	379,04
2	9,96	7,73
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

## Legenda

 $M_u$  = momento ultimo per pressoflessione $V_{u,PF}$  = Taglio ultimo, rottura per pressoflessione

## Rottura per taglio-scorrimento

Setto	N	$V_{u,TS(GE)}$	$V_{u,TS(PE)}$	$M_{(PE)}$	$M_{0(PE)}$	Eccentric.	$V_{u,TS}$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[kN]
1	236,52	207,47	263,20	575,74	287,77	VERO	207,47
2	25,92	7,97	28,84	37,16	3,46	VERO	7,97
3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

9	NO						
10	NO						
11	NO						

**Legenda**

**N** = sforzo normale di compressione nel setto

**V<sub>u,TS(GE)</sub>** = resistenza a taglio scorrimento per grande eccentricità ( $e > D/6$  - sezione parzializzata);

**V<sub>u,TS(PE)</sub>** = resistenza a taglio scorrimento per piccola eccentricità ( $e \leq D/6$  - sez. interam. reagente);

**M(PE)** = Momento sollecitante per piccola eccentricità;

**MO(PE)** = Momento limite per piccola eccentricità;

**Eccentric:** VERO = grande eccentricità, ecc.  $> D/6$ ; FALSO = piccola eccentricità,  $e \leq D/6$ ;

**V<sub>u,TS</sub>** = resistenza a taglio scorrimento

**Rottura per fessurazione diagonale**

Setto	$\beta$	V <sub>u,FD</sub> [kN]
1	1,00	298,46
2	1,50	21,81
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

**Legenda**

$\beta$  = snellezza H/D del pannello, fra 1 e 1.5

**V<sub>u,FD</sub>** = Taglio ultimo, rottura per fessurazione diagonale

**Taglio resistente e modalità di rottura dei singoli setti**

Setto	Rottura	V <sub>u</sub> [kN]
1	T. scorr.	207,47
2	Pressofl.	7,73
3		0,00
4		0,00
5		0,00
6		0,00
7		0,00
8		0,00
9		0,00
10		0,00
11		0,00

**Legenda**

**Rottura** = tipologia di rottura del setto

**V<sub>u</sub>** = Taglio ultimo, min(V<sub>u,FD</sub>; V<sub>u,PF</sub>; V<sub>u,TS</sub>)

**Calcolo della rigidezza, resistenza e spostamento ultimo dei setti**

Setto	n	K'	d' <sub>e</sub>	d' <sub>u</sub>	F'
	[-]	[kN/m]	[mm]	[mm]	[kN]

**Legenda**

**n** = coefficiente di vincolo alla testa del setto:

1	12	158.046	1,313	17,50	207,47
2	12	8.332	0,928	15,46	7,73
3	12	NO	NO	NO	NO
4	12	NO	NO	NO	NO
5	12	NO	NO	NO	NO
6	12	NO	NO	NO	NO
7	12	NO	NO	NO	NO
8	12	NO	NO	NO	NO
9	12	NO	NO	NO	NO
10	12	NO	NO	NO	NO
11	12	NO	NO	NO	NO

incastro n=12, cerniera  
 n=3;  
**K'** = rigidezza del setto  
**d'e** = spostamento al  
 limite elastico;  
**d'u** = spostamento ultimo;  
**F'** = taglio nel setto in  
 corrispondenza dello  
 spostamento ultimo  
 dell'intera parete.

#### Rigidezza e resistenza della parete allo stato di fatto

$K'_p =$	166378	kN/m	Rigidezza della parete
$d'_{e,p} =$	0,93	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d'_{u,p} =$	15,46	mm	Spostamento ultimo della parete
$F'_p =$	215,20	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto

## Stato di progetto - Rigidezza, resistenza e spostamento ultimo della parete

## Parametri meccanici della muratura con applicazione dei coeffi. miglior. e del fattore di conf.

Nota: nelle formule indicate  $C_m$  = coefficiente migliorativo da tab. C8.5. II Circ. 2019

$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ( $f_m = C_m * f / FC$ )
$\tau_0 =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio ( $\tau_0 = C_m * \tau_0 / FC$ )
$E =$	1500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico ( $= E * C_m$ )
$G =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio ( $= G * C_m$ )
$w =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura

## Applicazione del fattore di confidenza FC

Applica:	SI	Applicazione del fattore di confidenza FC
FC =	1,35	Fattore di confidenza

## Parametri meccanici di progetto - riduzione per il coefficiente parziale

$\gamma_m =$	1,00		Coefficiente di riduzione = 1 per calcolo non lineare
$f_d =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione di progetto
$\tau_{0d} =$	3,70	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a taglio di progetto
Fessuraz.	50,00	%	Riduz. Perc. della rigidezza per tener conto della fessuraz.
$E =$	750,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico fessurato
$G =$	250,00	N/mm <sup>2</sup>	Modulo di taglio fessurato

## Taglio resistente - Rottura per pressoflessione

Setto	$M_u$	$V_{u,PF}$
	[kNm]	[kN]
1	80,50	48,05
2	249,90	143,99
3	11,68	9,07
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

## Legenda

 $M_u$  = momento ultimo per pressoflessione $V_{u,PF}$  = Taglio ultimo, rottura per pressoflessione

## Rottura per Taglio-Scorrimento

Setto	N	$V_{u,TS(GE)}$	$V_{u,TS(PE)}$	$M_{(PE)}$	$M_{0(PE)}$	Eccentric.	$V_{u,TS}$
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[V/F]	[kN]
1	80,43	40,39	79,39	133,00	28,15	VERO	40,39
2	141,71	95,75	139,87	242,75	87,39	VERO	95,75
3	30,64	9,41	30,24	38,96	4,09	VERO	9,41
4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
7	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

9	NO						
10	NO						
11	NO						

**Legenda**

**N** = sforzo normale di compressione nel setto

**V<sub>u,TS(GE)</sub>** = resistenza a taglio scorrimento per grande eccentricità ( $e > D/6$  - sezione parzializzata)

**V<sub>u,TS(PE)</sub>** = resistenza a taglio scorrimento per piccola eccentricità ( $e \leq D/6$  - sez. interam. reagente)

**M(PE)** = Momento sollecitante per piccola eccentricità

**M<sub>0</sub>(PE)** = Momento limite per piccola eccentricità

**Eccentric:** VERO = grande eccentricità,  $e > D/6$ ; FALSO = piccola eccentricità,  $e \leq D/6$

**V<sub>u,TS</sub>** = resistenza a taglio scorrimento

**Rottura per fessurazione diagonale**

Setto	$\beta$	V <sub>u,FD</sub> [kN]
1	1,50	59,98
2	1,00	158,52
3	1,50	22,85
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO

**Legenda**

$\beta$  = snellezza H/D del pannello, fra 1 e 1.5

**V<sub>u,FD</sub>** = Taglio ultimo, rottura per fessurazione diagonale

**Taglio resistente e modalità di rottura dei singoli setti**

Setto	Rottura	V <sub>u</sub> [kN]
1	T. scorr.	40,39
2	T. scorr.	95,75
3	Pressofl.	9,07
4		0,00
5		0,00
6		0,00
7		0,00
8		0,00
9		0,00
10		0,00
11		0,00

**Legenda**

**Rottura** = tipologia di rottura del setto

**V<sub>u</sub>** = Taglio ultimo,  $\min(V_{u,FD}; V_{u,PF}; V_{u,TS})$

**Calcolo della rigidezza, resistenza e spostamento ultimo dei setti**

Setto	n	K''	d'' <sub>e</sub>	d'' <sub>u</sub>	F''
	[-]	[kN/m]	[mm]	[mm]	[kN]

**Legenda**

**n** = coefficiente di vincolo alla testa del setto: incastro

1	12	38244	1,056	13,40	40,39
2	12	89227	1,073	13,88	95,75
3	12	8332	1,088	15,46	9,07
4	12	NO	NO	NO	NO
5	12	NO	NO	NO	NO
6	12	NO	NO	NO	NO
7	12	NO	NO	NO	NO
8	12	NO	NO	NO	NO
9	12	NO	NO	NO	NO
10	12	NO	NO	NO	NO
11	12	NO	NO	NO	NO

n=12, cerniera n=3;  
**K''** = rigidezza del setto;  
**d'e** = spostamento al limite elastico;  
**d'u** = spostamento ultimo;  
**F'** = taglio nel setto in corrispondenza dello spostamento ultimo dell'intera parete.

#### Rigidezza e resistenza della parete allo stato di progetto

$K''_p =$	135804	kN/m	Rigidezza della parete
$d''_{e,p} =$	1,06	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d''_{u,p} =$	13,40	mm	Spostamento ultimo della parete
$F''_p =$	145,21	KN	Resistenza della parete

## Resistenza e rigidezza della cerchiatura metallica

Apertura n.	Presenza Cerch.	deltay1 [mm]	deltau [mm]	Fy1 [kN]	Fy2 [kN]	F <sub>u</sub> [kN]	K <sub>cerc</sub> [kN/m]	F <sub>cerc</sub> [kN]
1	SI	14,81	37,01	89,97	114,10	114,10	6076,56	81,44
2	NO	-	-	-	-	-	-	-
3	NO	-	-	-	-	-	-	-
4	NO	-	-	-	-	-	-	-
5	NO	-	-	-	-	-	-	-
6	NO	-	-	-	-	-	-	-
7	NO	-	-	-	-	-	-	-
8	NO	-	-	-	-	-	-	-
9	NO	-	-	-	-	-	-	-
10	NO	-	-	-	-	-	-	-

**Legenda**

**deltay1** = spostamento al limite elastico del telaio di cerchiatura;

**deltay2** = spostamento per formazione crniere plastiche alla base dei montanti;

**deltau** = spostamento ultimo del telaio di cerchiatura;

**Fy1** = Tagliante corrispondente a deltax1;

**Fy2** = Tagliante corrispondente a deltax2;

**Fu** = Tagliante ultimo del telaio

**Kcerc** = rigidezza del telaio di cerchiatura;

**Fcerc** = Tagliante nel telaio di cerchiatura in corrispondenza dello spostamento ultimo della parete.

$K_{cerc,tot} = 6076,56$  kN/m Rigidezza traslante delle cerchiture presenti

$F_{cerc,tot} = 81,44$  kN Resistenza orizzontale delle cerchiture presenti

### Confronto fra stato di fatto e stato di progetto, con e senza telaio di cerchiatura

#### Parete nello stato di fatto

$K'$ =	166378	kN/m	Rigidezza della parete nello stato di fatto (ante-operam)
$F'$ =	215,20	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto (ante-operam)
$d'_{u,p}$ =	15,46	mm	Spostamento ultimo della parete

#### Parete nello stato di progetto

$K''$ =	135804	kN/m	Rigidezza muratura nello stato di progetto (post-operam)
$F''$ =	145,21	kN	Resistenza della parete nello Stato di progetto (post-operam)
$d''_{u,p}$ =	13,40	mm	Spostamento ultimo della parete

#### Telai di cerchiatura

$K_{cerc,tot}$ =	6077	kN/m	Rigidezza traslante delle cerchiature presenti
$F_{cerc,tot}$ =	81,44	kN	Resistenza orizzontale delle cerchiature presenti

#### Parete nello stato di progetto con telai di cerchiatura

$K''+K_{cerc}$ =	141880	kN/m	Rigidezza della parete con telai di cerchiatura
$F''+F_{cerc}$ =	226,65	kN	Resistenza della parete con telai di cerchiatura

Parete allo stato di progetto senza cerchiatura						Esito		
Variazione di rigidezza								
	-15,00	>	$\Delta K$ [%] =	-18,38	≤	15,00	⚠	Cerchiat.
Variazione di resistenza								
	-15,00	>	$\Delta F$ [%] =	-32,52	≤	15,00	⚠	Cerchiat.
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	-13,31	≤	15,00	✓	Positivo

Parete allo stato di progetto con cerchiatura						Esito		
Rigidezza parete + cerchiatura								
	-15,00	≤	$\Delta K$ [%] =	-14,72	≤	15,00	✓	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F$ [%] =	5,32	≤	15,00	✓	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u$ [%] =	-13,31	≤	15,00	✓	Positivo

## Calcolo dell'architrave metallico

Normativa: NTC2018 - D.M. 17/01/2018; Circolare 21/1/2019, n. 7

### Caratteristiche della muratura al di sotto dell'architrave

Tipo: Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 LC = LC1 - Conosc. Limitata - FC = 1.35  
 FC = 1,35 Fattore di confidenza

Malta buona	Ricorsi o listature	Conness. trasversale	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato	Ristil. Arm. con conness. dei param.	Altro
✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘

### Coefficienti migliorativi (tabella C8.5.II - Circolare 2019)

Parametro	Stato di fatto	Interv. Consolidam.	Altro	Coeff. Complessivo
<b>f</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b><math>\tau_0</math></b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>E</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>G</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

### Parametri della muratura con applicazione dei coefficienti migliorativi e del fattore FC

$f_m = 192,59$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a compressione  
 $\tau_0 = 3,70$  N/cm<sup>2</sup> Resistenza a taglio  
 E = 1500,00 N/mm<sup>2</sup> Modulo elastico  
 G = 500,00 N/mm<sup>2</sup> Modulo di taglio  
 w = 18,00 kN/m<sup>3</sup> Peso della muratura

### Dati geometrici e peso muratura

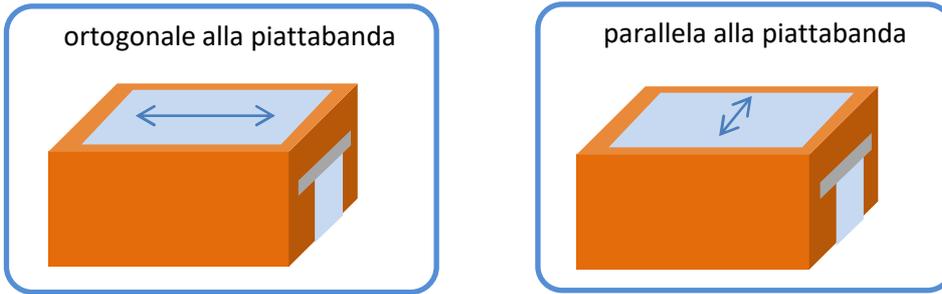
L = 1,55 m Larghezza dell'apertura  
 H<sub>s</sub> = 1,00 m Distanza del piano di scarico del solaio dall'intrad. dell'apertura  
 t = 0,50 m Spessore della muratura  
 $g_{mur} = 20,00$  kN/m<sup>3</sup> Peso per unità di volume della muratura sovrastante l'architrave  
 $\gamma_m = 2,00$  Coeff. parziale della muratura

### Caratteristiche dell'architrave

$f_{yk} = 275,00$  N/mm<sup>2</sup> Resistenza allo snervamento dell'acciaio  
 $\gamma_{M0} = 1,05$  Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio  
 E<sub>s</sub> = 210.000 N/mm<sup>2</sup> Modulo elastico dell'acciaio  
 n<sub>p</sub> = 2 Numero profili  
 tipo: HE 100 A Profilo dell'architrave  
 a = 0,25 m Lunghezza di appoggio dell'architrave sulla muratura

**Scarico del solaio**

Orditura solaio in direzione: *ortogonale alla piattabanda*

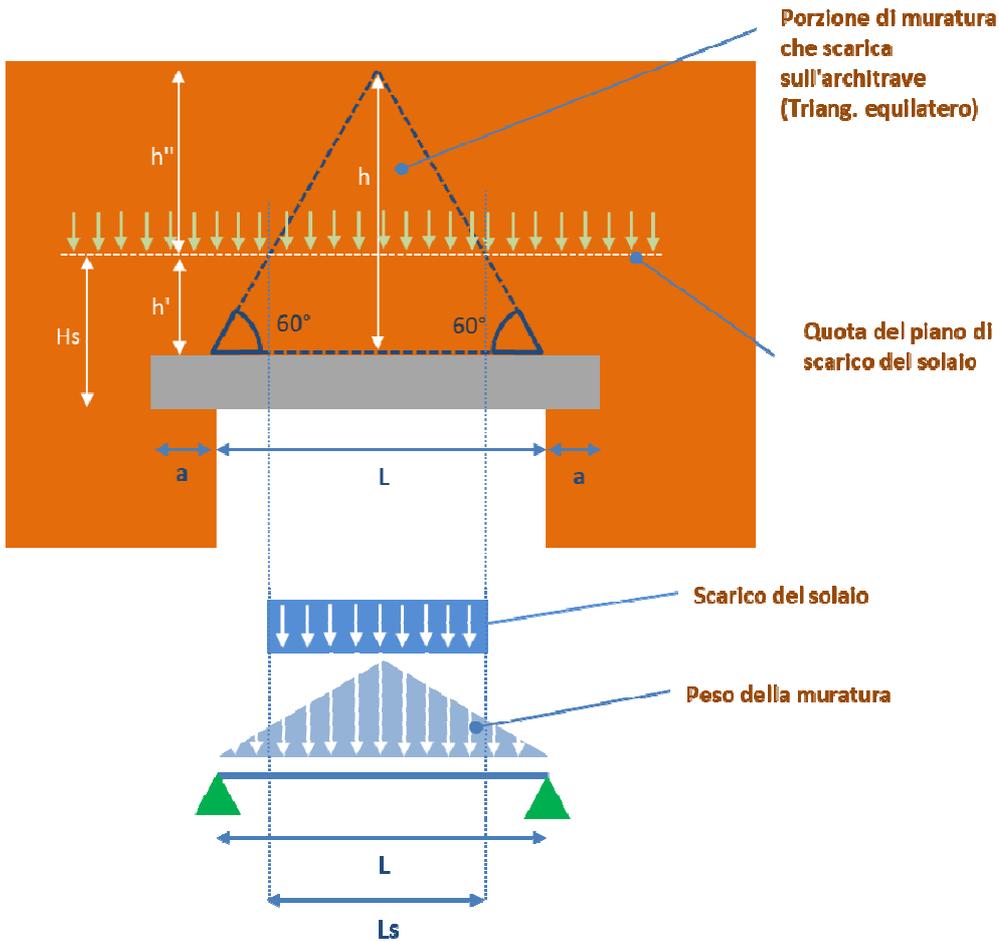


**Dati del solaio**

$L_{inf} =$	4,25	m	Metà luce del solaio
$g_{1k} =$	3,00	$kN/m^2$	Peso proprio del solaio
$g_{2k} =$	3,00	$kN/m^2$	Carico permanente del solaio
$q_k =$	2,00	$kN/m^2$	Carico accidentale
$g_{altro} =$	0,00	$kN/m^2$	Altri carichi perm.: <i>inserire descrizione</i>

**Abbassamenti limite in funzione della luce dell'architrave**

$L /$	250	Abbassamento limite per i carichi caratteristici
$L /$	300	Abbassamento limite per i soli carichi variabili



Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5

Scarico del solaio sull'architrave						Esito	
Scarico del solaio							
	$h' =$	0,90	$\leq$	$h =$	1,34	m	Presente

Verifica dell'architrave						Ed/Rd	Esito	
Verifica a flessione allo SLU								
	$M_{Ed} =$	8,90	$\leq$	$M_{Rd,el} =$	38,11	kNm	✔ 0,23	Positivo
Verifica a taglio allo SLU								
	$V_{Ed} =$	20,73	$\leq$	$V_{c,Rd} =$	228,63	kN	✔ 0,09	Positivo
Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_{max} =$	1,40	$\leq$	$\delta_{lim,1} =$	6,87	mm	✔ 0,20	Positivo
Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_2 =$	0,21	$\leq$	$\delta_{lim,2} =$	5,72	mm	✔ 0,04	Positivo
Compressione della muratura								
	$\sigma_{max} =$	82,91	$\leq$	$f_d =$	96,30	N/cm <sup>2</sup>	✔ 0,86	Positivo

## Verifica della piattabanda

### Scarico del solaio sull'architrave

$h =$	1,34	m	Altezza del triangolo equilatero
$h' =$	0,90	m	Altezza del piano di scarico del solaio
$h'' =$	0,44	m	Altezza del triangolo al di sopra del piano del solaio
$L_s =$	0,51	m	Lunghezza del piano di scarico del solaio
$g_k =$	8,33	kN/m	Carico permanente del solaio sull'architrave
$q_k =$	2,78	kN/m	Carico accidentale del solaio sull'architrave

Scarico del solaio sull'architrave						Esito	
Scarico del solaio							
	$h' =$	0,90	$\leq$	$h =$	1,34	mm	Presente

### Peso della muratura

$g_{mur} =$	20,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso della muratura sovrastante l'architrave
$A =$	1,04	m <sup>2</sup>	Area del triangolo isoscele
$V =$	0,52	m <sup>3</sup>	Volume della muratura che scarica sul solaio
$g_{k,muro} =$	6,71	kN/m	Carico del muro sull'architrave

### Proprietà dell'acciaio

$f_{yk} =$	275,00	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza allo snervamento dell'acciaio
$E_s =$	210.000	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico dell'acciaio
$\gamma_{M0} =$	1,05		Fattore parziale di sicurezza
$f_{yd} =$	261,90	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto

### Proprietà dell'architrave

$L =$	1,55	m	Lunghezza dell'apertura
$L_c =$	1,72	m	Luce di calcolo della trave ( $L+2/3*a$ )
$n_p =$	2		Numero profili
Nome:	HE 100 A		Nome del profilo
$I_y =$	349,20	cm <sup>4</sup>	Momento d'inerzia
$W_{y,el} =$	72,76	cm <sup>3</sup>	Modulo di resistenza elastico
$A =$	21,24	cm <sup>2</sup>	Area
$h =$	96,00	mm	Altezza del profilo
$b =$	100,00	mm	Base
$t_f =$	8,00	mm	Spessore della flangia
$t_w =$	5,00	mm	Spessore dell'anima
$r =$	12,00	mm	Raggio del raccordo
$g =$	0,17	kN/m	Peso del profilo

### Verifica allo Stato Limite Ultimo

Schema statico: trave appoggiata-appoggiata

$\gamma_g =$	1,30		Coefficiente parziale per carichi permanenti
$\gamma_q =$	1,50		Coefficiente parziale per carichi accidentali
$q_{d,SLU} =$	24,15	kN/m	Carico allo Stato Limite Ultimo

$M_{Ed} =$	8,90	kNm	Momento sollecitante massimo in mezzeria
$V_{Ed} =$	20,73	kN	Taglio sollecitante massimo all'appoggio
$M_{Rd,el} =$	38,11	kNm	Momento resistente elastico dei profili
$A_v =$	756,00	mm <sup>2</sup>	Area resistente a taglio del singolo profilo
$V_{c,Rd} =$	228,63	kN	Taglio resistente dei profili

**Abbassamenti allo Stato Limite di Esercizio - Combinazione quasi permanente**

Schema statico: trave appoggiata-appoggiata

$q_{d,SLE} =$	18,15	kN/m	carico totale in combinazione SLE quasi permanente
$\delta_{max} =$	1,40	mm	Abbassamento in mezzeria per i carichi caratteristici
$\delta_2 =$	0,21	mm	Abbassamento in mezzeria per i carichi variabili
$L / 250$			Abbassamento limite per $\delta_{max}$
$L / 300$			Abbassamento limite per $\delta_2$
$\delta_{lim,1} =$	6,87	mm	Abbassamento limite per $\delta_{max}$
$\delta_{lim,2} =$	5,72	mm	Abbassamento limite per $\delta_2$

**Verifica a compressione della muratura**

$a =$	0,25	m	Lunghezza di appoggio dell'architrave sulla muratura
$b =$	0,2	m	Larghezza totale dei profili
$\sigma_{max} =$	82,91	N/cm <sup>2</sup>	Tensione di compressione nella muratura, distribuz. triangolare
$f_m =$	192,59	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione
$\gamma_m =$	2,00		Coefficiente parziale della muratura
$f_d =$	96,30	N/cm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione di progetto della muratura

Verifica dell'architrave						Ed/Rd	Esito	
Verifica a flessione allo SLU								
	$M_{Ed} =$	8,90	$\leq$	$M_{Rd,el} =$	38,11	kNm	✔ 0,23	Positivo
Verifica a taglio allo SLU								
	$V_{Ed} =$	20,73	$\leq$	$V_{c,Rd} =$	228,63	kN	✔ 0,09	Positivo
Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_{max} =$	1,40	$\leq$	$\delta_{lim,1} =$	6,87	mm	✔ 0,20	Positivo
Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_2 =$	0,21	$\leq$	$\delta_{lim,2} =$	5,72	mm	✔ 0,04	Positivo
Compressione della muratura								
	$\sigma_{max} =$	82,91	$\leq$	$f_d =$	96,30	N/cm <sup>2</sup>	✔ 0,86	Positivo

**Analisi non lineare del telaio di cerchiatura - calcolo rigidezza, resistenza e spostamento ultimo**

Normativa: NTC2018 - D.M. 17/01/2018; Circolare 21/1/2019, n. 7

**Dimensioni nette dell'apertura**

h =	2,40	m	Altezza netta dell'apertura
b =	1,50	m	Larghezza netta dell'apertura

**Montanti**

Sezione: HE 180 B	Nome sezione
$n_p = 1$	Numero profili per ciascun montante

**Architrave**

Sezione: HE 100 A	Nome sezione
$n_p = 2$	Numero profili

**Altri dati del telaio**

Base: incastro	Vincolo alla base dei montanti
$\mu = 2,50$	Duttilità del telaio di cerchiatura
$\gamma_{Rd} = 1,30$	Fattore di sovraresistenza per gerarchia architrave-montante

**Proprietà dell'acciaio**

E = 210000	N/mm <sup>2</sup>	Modulo elastico dell'acciaio
$f_{yk} = 235,00$	N/mm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
$\gamma_M = 1,05$		Coefficiente parziale di sicurezza

**Dati del solaio**

$H_s = 0,50$	m	Distanza del piano di scarico del solaio dall'intrad. dell'apertura
orditura: ortogonale all'architrave <i>(vedi immagini)</i>		
$L_{inf} = 3,00$	m	Luce di influenza del solaio; valore suggerito 0.50 m
$g_{1k} = 2,50$	kN/m <sup>2</sup>	Peso proprio del solaio
$g_{2k} = 2,50$	kN/m <sup>2</sup>	Carico permanente del solaio
$q_k = 2,00$	kN/m <sup>2</sup>	Carico accidentale del solaio
$g_{altro} = 0,00$	kN/m <sup>2</sup>	Altri carichi perm.: <i>inserire descrizione</i>
$q_{d,non-lin} = 16,85$	kN/m	Carico sull'architrave per analisi non lineare

**Abbassamenti limite in funzione della luce dell'architrave**

L / 250	Abbassamento limite per i carichi caratteristici
L / 300	Abbassamento limite per i soli carichi variabili

**Coefficienti parziali e di combinazione**

$\gamma_g = 1,30$	Coefficiente parziale per carichi permanenti
$\gamma_q = 1,50$	Coefficiente parziale per carichi accidentali
$\psi_2 = 0,30$	Coefficiente di combinazione

**Risultati dell'analisi****Telaio di cerchiatura**

$K_c = 6077$	kN/m	Rigidezza del telaio
--------------	------	----------------------

$F_{\text{cerch}} =$	114,10	kN	Resistenza del telaio
$F(d''u) =$	81,44	kN	Tagliante in corrispond. dello spost. ultimo della parete
$d_{e,c} =$	14,806	mm	Spostamento al limite elastico del telaio
$d_{u,c} =$	37,014	mm	Spostamento ultimo del telaio

**Parete allo stato di fatto**

$K' =$	166378	kN/m	Rigidezza della parete
$F' =$	215,20	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto
$d'_e =$	0,928	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d'_u =$	15,460	mm	Spostamento ultimo della parete

**Parete allo stato di progetto**

$K'' =$	135804	kN/m	Rigidezza della parete
$F'' =$	145,21	kN	Resistenza della parete
$d''_e =$	1,056	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d''_u =$	13,402	mm	Spostamento ultimo della parete

**Parete allo stato di progetto con telaio di cerchiatura**

$K''+K_{\text{cerc}} =$	141880	kN/m	Rigidezza della parete con cerchiature metalliche
$F''+F_{\text{cerc}} =$	226,65	kN	Resistenza della parete con cerchiature metalliche
$d_{u,p+c} =$	13,402	mm	Spostamento ultimo della parete con cerchiatura

Parete allo stato di progetto con cerchiatura							Esito	
Variazione di rigidezza								
	-15,00	≤	$\Delta K [\%] =$	-14,72	≤	15,00	✔	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15,00	≤	$\Delta F [\%] =$	5,32	≤	15,00	✔	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15,00	≤	$\Delta d_u [\%] =$	-13,31	≤	15,00	✔	Positivo

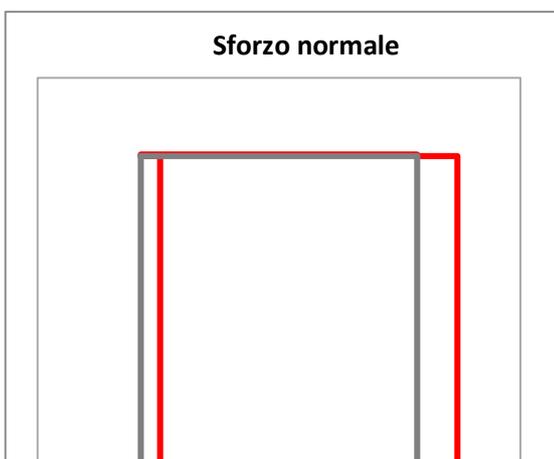
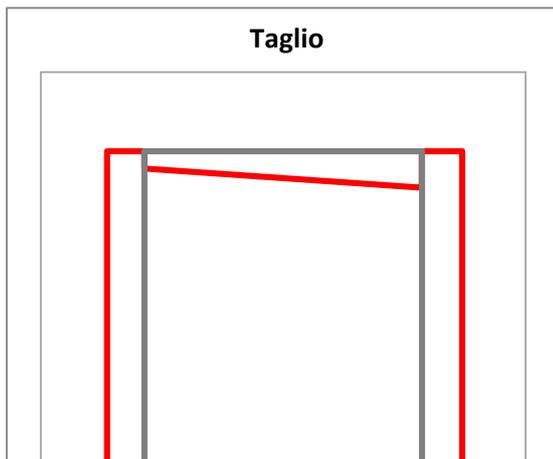
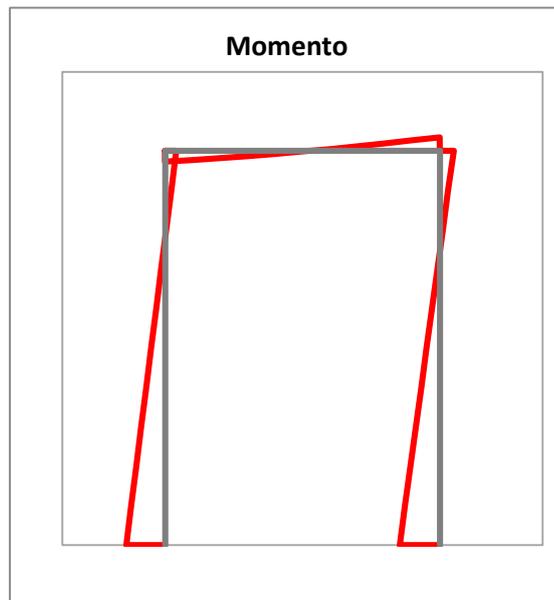
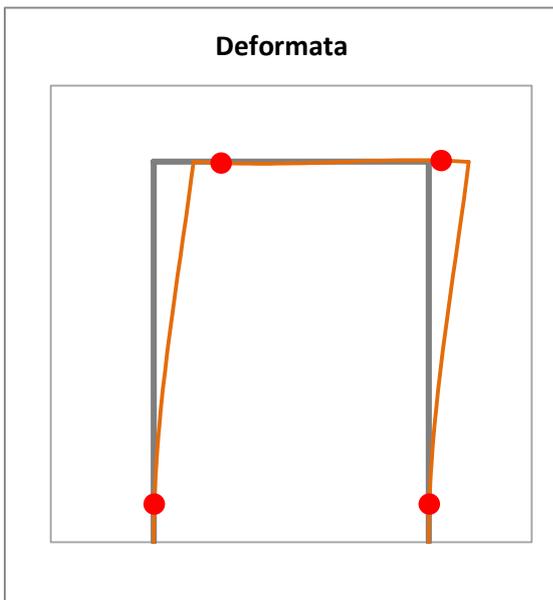
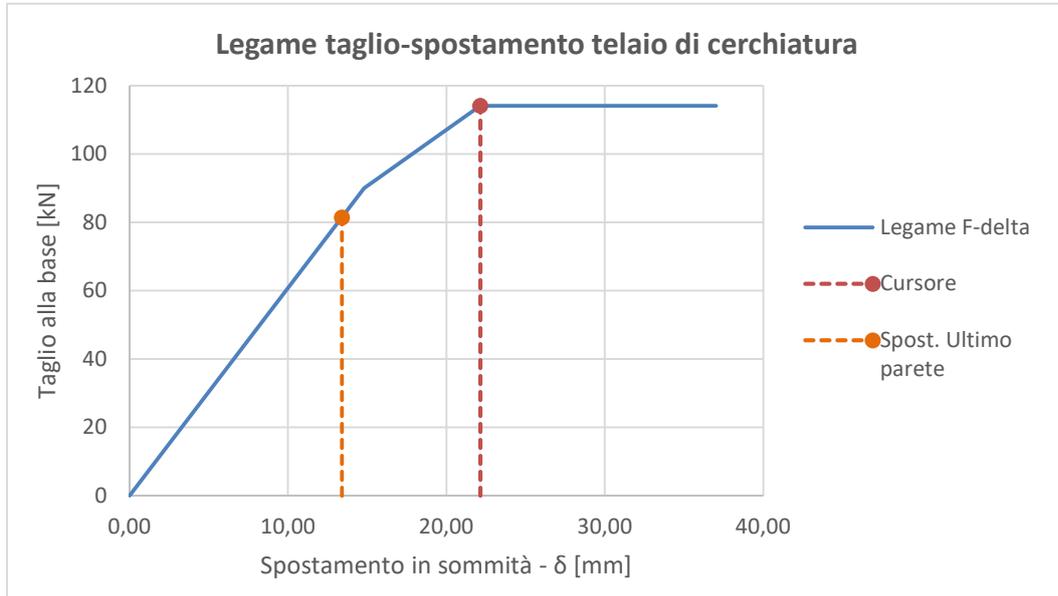
Verifica del telaio di cerchiatura							Ed/Rd	Esito
Spessore telaio e muratura								
	$t_{\text{tel}} =$	200,00	≤	$t_{\text{mur}} =$	500,00	mm	✔ 0,40	Positivo
Gerarchia resist. architrave/montante								
	$\gamma_{\text{Rd}} M_{\text{Rd,a}} =$	48,30	≤	$M_{\text{Rd,m}} =$	107,74	kNm	✔ 0,45	Positivo
Trascurabilità del mom. per car. verticale								
	$M_{\text{max,a}} =$	3,50	≤	$0.1 \cdot M_{\text{Rd,a}} =$	3,72	kNm	✔ 0,94	Positivo

Scarico del solaio sull'architrave							Esito	
Scarico del solaio								
	$h' =$	0,40	≤	$h =$	1,30	m	Presente	

Verifica dell'architrave							Ed/Rd	Esito
Verifica a flessione allo SLU								
	$M_{\text{Ed}} =$	9,17	≤	$M_{\text{Rd,pl}} =$	107,74	kNm	✔ 0,09	Positivo
Verifica a taglio allo SLU								
	$V_{\text{Ed}} =$	21,84	≤	$V_{\text{c,Rd}} =$	195,38	kN	✔ 0,11	Positivo

Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_{max} =$	1,35	$\leq$	$\delta_{lim,1} =$	6,72	mm	✔ 0,20	Positivo
Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_2 =$	0,26	$\leq$	$\delta_{lim,2} =$	5,60	mm	✔ 0,05	Positivo

Grafici di output



Comune di Marcallo c/C Prot. n. 0003753 del 30-03-2022 arrivo Cat. 6 Cl. 5



### Sollecitazioni massime nel telaio di cerchiatura

#### Montante

	M	T	N
	[kNm]	[kN]	[kN]
<b>piede</b>	107,74	59,19	54,23
<b>testa</b>	37,16	59,19	54,23

#### Architrave

	M	T	N
	[kNm]	[kN]	[kN]
<b>sinistra</b>	37,16	54,23	2,14
<b>destra</b>	37,16	54,23	2,14

#### Legame taglio-spostamento del telaio di cerchiatura

$\delta$	F
mm	kN
0,00	0,00
14,81	89,97
22,14	114,10
37,01	114,10

### Dettaglio dei calcoli

#### Montanti - Singolo profilo

$h_p =$	180	mm	Altezza sezione
$b_p =$	180	mm	Base sezione
$A =$	65,25	cm <sup>2</sup>	Area
$I_y =$	3831,00	cm <sup>4</sup>	Momento d'inerzia
$W_{y,pl} =$	481,40	cm <sup>3</sup>	Modulo di resistenza plastico
$M_{Rd,pl} =$	107,74	kNm	Momento resistente plastico

#### Montanti - Profilo composto

$\eta_p =$	1		Numero profili per ciascun montante
$b_p =$	180	mm	Base sezione composta
$A =$	65,25	cm <sup>2</sup>	Area
$I_y =$	3831,00	cm <sup>4</sup>	Momento d'inerzia
$M_{Rd,pl} =$	107,74	kNm	Momento resistente plastico

#### Architrave - Singolo profilo

$h_p =$	96	mm	Altezza del profilo
$b_p =$	100	mm	Base sezione

$g =$	0,17	kN/m	Peso del profilo
$A =$	21,24	cm <sup>2</sup>	Area
$I_y =$	349,20	cm <sup>4</sup>	Momento d'inerzia
$W_{y,pl} =$	83,01	cm <sup>3</sup>	Modulo di resistenza plastico
$M_{Rd,pl} =$	18,58	kNm	Momento resistente plastico

**Architrave - Profilo composto**

$n_p =$	2		Numero profili per ciascun montante
$b_p =$	200	mm	Base sezione composta
$A =$	42,48	cm <sup>2</sup>	Area
$I_y =$	698,40	cm <sup>4</sup>	Momento d'inerzia
$M_{Rd,pl} =$	37,16	kNm	Momento resistente plastico

**Rigidezza traslante del telaio**

$\delta =$	1,646	mm	Spostamento orizzontale dei nodi di sommità
$F =$	10	kN	Forza orizzontale
$K =$	6077	kN/m	Rigidezza traslante

**Legame taglio-spostamento del telaio di cerchiatura**

$d''_u =$	13,402	mm	Spostamento ultimo della parete
$F(d''_u) =$	81,44	kN	Tagliante in corrispond. dello spost. ultimo della parete

**Verifica dell'architrave****Dati geometrici e peso muratura**

$L =$	1,50	m	Larghezza netta dell'apertura
$t =$	0,50	m	Spessore della muratura
$g_{mur} =$	18,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso per unità di volume della muratura sovrastante l'architrave

**Proprietà dell'architrave**

$L =$	1,68	m	Lunghezza di calcolo dell'architrave
$n_p =$	2		Numero profili
$h =$	96	mm	Altezza del profilo
$g =$	0,33	kN/m	Peso del profilo

**Scarico del solaio sull'architrave**

$h =$	1,30	m	Altezza del triangolo equilatero
$h' =$	0,40	m	Altezza del piano di scarico del solaio
$h'' =$	0,90	m	Altezza del triangolo al di sopra del piano del solaio
$L_s =$	1,03	m	Lunghezza del piano di scarico del solaio
$g_k =$	9,23	kN/m	Carico permanente del solaio sull'architrave
$q_k =$	3,69	kN/m	Carico accidentale del solaio sull'architrave

Scarico del solaio sull'architrave					Esito		
Scarico del solaio							
	$h' =$	0,40	$\leq$	$h =$	1,30	m	Presente

**Peso della muratura sull'architrave**

$g_{mur} =$	18,00	$\text{kN/m}^3$	Peso della muratura sovrastante l'architrave
$A =$	1,09	$\text{m}^2$	Area del triangolo isoscele
$V =$	0,55	$\text{m}^3$	Volume della muratura che scarica sul solaio
$g_{k,muro} =$	5,85	$\text{kN/m}$	Carico del muro sull'architrave

**Carichi sull'architrave**

$\gamma_g =$	1,30		Coefficiente parziale per carichi permanenti
$\gamma_q =$	1,50		Coefficiente parziale per carichi accidentali
$\psi_2 =$	0,30		Coefficiente di combinazione
$q_{d,non-lin} =$	16,85	$\text{kN/m}$	Carico sull'architrave per analisi non lineare
$q_{d,SLU} =$	26,00	$\text{kN/m}$	Carico allo Stato Limite Ultimo

**Verifica allo Stato Limite Ultimo***Schema statico: trave appoggiata-appoggiata*

$M_{Ed} =$	9,17	$\text{kNm}$	Momento sollecitante massimo in mezzeria
$V_{Ed} =$	21,84	$\text{kN}$	Taglio sollecitante massimo all'appoggio
$M_{Rd,pl} =$	107,74	$\text{kNm}$	Momento resistente plastico dei profili
$A_v =$	756	$\text{mm}^2$	Area resistente a taglio del singolo profilo
$V_{c,Rd} =$	195,38	$\text{kN}$	Taglio resistente dei profili

**Abbassamenti allo Stato Limite di Esercizio - Combinazione quasi permanente***Schema statico: trave appoggiata-appoggiata*

$q_{d,SLE} =$	19,10	$\text{kN/m}$	Carico totale in combinazione SLE
$I_y =$	349	$\text{cm}^4$	Momento d'inerzia
$\delta_{max} =$	1,35	$\text{mm}$	Abbassamento in mezzeria per i carichi caratteristici
$\delta_2 =$	0,26	$\text{mm}$	Abbassamento in mezzeria per i carichi variabili
	L / 250		Abbassamento limite per $\delta_{max}$
	L / 300		Abbassamento limite per $\delta_2$
$\delta_{lim,1} =$	6,72	$\text{mm}$	Abbassamento limite per $\delta_{max}$
$\delta_{lim,2} =$	5,60	$\text{mm}$	Abbassamento limite per $\delta_2$

Verifica dell'architrave						Ed/Rd	Esito	
Verifica a flessione allo SLU								
	$M_{Ed} =$	9,17	$\leq$	$M_{Rd,pl} =$	107,74	$\text{kNm}$	✔ 0,09	Positivo
Verifica a taglio allo SLU								
	$V_{Ed} =$	21,84	$\leq$	$V_{c,Rd} =$	195,38	$\text{kN}$	✔ 0,11	Positivo
Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_{max} =$	1,35	$\leq$	$\delta_{lim,1} =$	6,72	$\text{mm}$	✔ 0,20	Positivo
Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_2 =$	0,26	$\leq$	$\delta_{lim,2} =$	5,60	$\text{mm}$	✔ 0,05	Positivo