

**Alberto Comerro**  
ARCHITETTO

Via Garibaldi n°45 - 10035 - Mazzè (TO)  
mail: albycom@yahoo.it  
tel. 011.9890710 - cel. 335.6886567

COMUNE DI	SAN GIORGIO CANAVESE (TO)
COMMITTENTE	AMMINISTRAZIONE COMUNALE - COMUNE DI SAN GIORGIO CANAVESE, VIA DANTE n.25
PROGETTO	PROGETTO ESECUTIVO PER INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ED ADEGUAMENTO PIANO TERRENO SEDE MUNICIPALE DI VIA DANTE n.25
UBICAZIONE	VIA DANTE n.25
FASE PROGETTO	ESECUTIVO
ELABORATO	<b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>
PROFESSIONISTA	Arch. Alberto COMERRO

RESPONSABILE DI PROGETTO  
(per verifica e riesame)



COMMITTENZA  
(per verifica ed accettazione)

DATA  
DICEMBRE 2023

TAVOLA N.

04

## INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3.	VERIFICHE CERCHIATURA 1.....	4
12.1.	Verifica cerchiatura .....	4
4.	VERIFICHE CERCHIATURA 2.....	10
13.1.	Verifica cerchiatura .....	10
14.1.	Verifica giunto trave - colonna.....	15
5.	VERIFICHE CERCHIATURA 3.....	17
15.1.	Verifica cerchiatura .....	17
16.1.	Verifica giunto trave - colonna.....	22
6.	VERIFICHE CERCHIATURA 4.....	24
17.1.	Verifica cerchiatura .....	24
18.1.	Verifica giunto trave - colonna.....	29
7.	CONCLUSIONI .....	31

# 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica e di calcolo espone i criteri ed i calcoli eseguiti per il dimensionamento e la verifica delle opere strutturali connesse con i lavori di "Manutenzione straordinaria ed adeguamento piano terreno della sede municipale di via Dante nr.25 – San Giorgio C.se (TO)".



*Fig.- Localizzazione dell'edificio da Google Maps*

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto degli interventi di adeguamento dell'edificio è stato condotto sulla base delle seguenti norme tecniche di riferimento:

- D.P.R. n°380 del 06/06/2001 – *“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia Circ. n°11651 del 14/02/1974”*;
- OPCM del 20/03/2003 n° 3274 – *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”*;
- OPCM 02/10/2003 n°3316 – *“Modifiche ed integrazioni all’OPCM 20 marzo 2003 n°3274”*;
- OPCM 03/05/2005 n°3431 – *“Ulteriori modifiche ed integrazioni all’OPCM 20 marzo 2003, n°3274”*;
- OPCM 28/04/2006 n°3519 – *“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*;
- D.M. del 17/01/2018 – *“Norme tecniche per le costruzioni”*;
- Circolare n°7 del 21/01/2019 – *Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. del 14/01/2008*;
- D.M. del 07/03/2017 – *“Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni”*;
- D.G.R. del 21/05/2014 n°65 – 7656 *“Individuazione dell’ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n°380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico – edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R 12 dicembre, n° 4 – 3084*;

Conformemente a quanto previsto dal capitolo 12 del D.M. 17/01/2018 si sono considerati anche i seguenti riferimenti tecnici che si intendono coerenti con i principi del D.M. stesso:

- EUROCODICE 2 – *“Progettazione delle strutture in calcestruzzo”*;
- EUROCODICE 7 – *“Progettazione geotecnica”*;
- EUROCODICE 8 – *“Progettazione delle strutture per la resistenza sismica” e appendice nazionale*;
- NORMA UNI EN 206-1: 2006 *“Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”*;

Per quanto non specificatamente indicato nei suddetti documenti e per quanto con essi non in contrasto si sono considerati i seguenti riferimenti:

- Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici – *“Linee guida per la messa in sicurezza in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive”*.

# 3. VERIFICHE CERCHIATURA 1

## 12.1. Verifica cerchiatura

Metodo di calcolo e verifica

Le verifiche per la realizzazione di un'apertura in muro esistente qui di seguito riportate sono state condotte con la finalità della messa in opera di sistemi costruttivi che garantiscano continuità con il comportamento strutturale originario.

Le verifiche vengono condotte secondo tre distinti criteri individuati nella Circolare 7 del 2019, capitolo C8.4.1 e C8.7.4.1.

*[...]Infine, la modifica di una parte limitata della struttura (ad esempio l'apertura di un vano in una parete, accompagnata da opportuni rinforzi) può rientrare in questa categoria, a condizione che si dimostri che l'insieme degli interventi non modifichi significativamente rigidità, resistenza nei confronti delle azioni orizzontali e capacità di deformazione della struttura.*

- Il primo criterio è di ripristino della rigidità secondo le indicazioni previste dalla Circolare 7 del 2019, dove viene richiesto che tale rigidità non venga variata significativamente. Ai fini progettuali del seguente documento il limite 'significativo' di modifica della rigidità del pannello murario è assunto pari al 15% della rigidità originaria; tale limite è assunto da fonti bibliografiche e normative (cfr. testi e dispense del Prof. Sergio Lagomarsino e Linee Guida Regione Toscana 'Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti'). La valutazione della rigidità è condotta mediante le seguenti espressioni.

Rigidità della parete in muratura in corrispondenza dell'apertura:

$$K_m = \frac{G l t}{1,2 h} \frac{1}{1 + \frac{G}{1,2 E_m} \left(\frac{h}{l}\right)^2}$$

con: G      modulo di elasticità tangenziale  
l      lunghezza della parete  
t      spessore della parete  
h      altezza di calcolo  
E<sub>m</sub>      modulo di elasticità della muratura

Rigidità del telaio di rinforzo in corrispondenza dell'apertura:

$$K_t = 2 \frac{12 E J}{h^3}$$

con: E      modulo di elasticità dell'acciaio  
J      momento di inerzia di un singolo montante  
h      altezza di calcolo

- Il secondo criterio adottato prevede il ripristino della resistenza alle azioni orizzontali del pannello murario, per questo motivo la resistenza a taglio della muratura originaria è individuata tra il minimo valore della resistenza a taglio per rottura a pressoflessione o per taglio. La resistenza del telaio è valutata in conseguenza dell'applicazione di forze orizzontali e quindi per l'azione tagliante che è in grado di sviluppare al raggiungimento della resistenza ultima a flessione.

Resistenza del pannello murario:

$$\min: \left( V_{m,pf} = \frac{l^2 t \sigma_0}{h} \left( 1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_m} \right) ; V_{m,t} = l t \frac{1,5 \tau_0}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_0}} \right)$$

con: l lunghezza della parete  
t spessore della parete  
b coefficiente correttivo ( $b = h/l$ ,  $1 < b < 1,5$ )  
h altezza di calcolo  
 $\sigma_0$  sforzo di compressione  
 $\tau_0$  resistenza tangenziale  
 $f_m$  resistenza a compressione

Resistenza del telaio di rinforzo:

$$V_t = 2 \frac{2 f_{yk} W}{\gamma_{M0} h}$$

con:  $f_{yk}$  resistenza a snervamento dell'acciaio  
W modulo di resistenza elastico di un singolo montante  
 $\gamma_{M0}$  coefficiente parziale di sicurezza per strutture in acciaio  
h altezza di calcolo

- Il terzo criterio riguarda le capacità del pannello murario ed il comportamento dello stesso sia in campo elastico che plastico; lo scopo è di garantire che il rinforzo in opera non irrigidisca troppo la muratura, ma che ripristini le capacità del pannello originario per il suo spostamento ultimo.

Capacità in spostamento del pannello murario al limite elastico e plastico, rispettivamente:

$$d_y = \frac{V_m}{K_m}$$

$$d_u = 0,004 h \quad \text{per rottura a taglio}$$

$$d_u = 0,006 h \quad \text{per rottura a flessione}$$

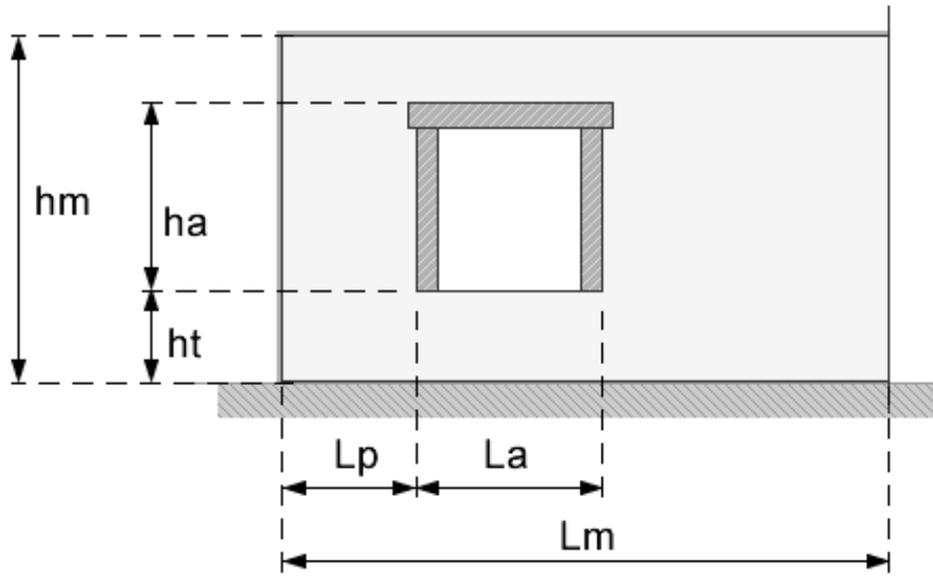
Capacità in spostamento del telaio di rinforzo:

$$d_y = \frac{V_t}{K_t}$$

Qui di seguito vengono analizzati quindi i singoli interventi di rinforzo.

Geometrie

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:



Parete			Apertura				
$h_m$	$L_m$	$s_m$	$L_a$	$h_a$	$L_p$	$h_t$	$d$
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
330	700	50	505	258	110	72	-

- $h_m$  altezza della parete
- $L_m$  larghezza della parete
- $s_m$  spessore della parete
- $L_a$  larghezza dell'apertura
- $h_a$  altezza dell'apertura
- $L_p$  posizione dell'apertura, rispetto all'estremo sinistro della parete
- $h_t$  altezza da terra dell'apertura
- $d$  distanza da un'eventuale ulteriore apertura (dato necessario a definire la larghezza dei setti resistenti)

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:



Colonne					Architrave			
$h_{c,c}$	profilato <sub>c</sub>	profilo doppio	$s_{c,c}$	$L_{c,c}$	$L_{a,c}$	$a_{a,c}$	profilato <sub>a</sub>	profilo doppio
cm			cm	cm	cm	cm		
239	-	-	50	50	505	0	HEA_200	Si

$h_{c,c}$	altezza delle colonne della cerchiatura
profilato <sub>c</sub>	tipo di profilato per le colonne della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)
$s_{c,c}$	spessore della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{c,c}$	larghezza della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{a,c}$	lunghezza dell'architrave della cerchiatura
$a_{a,c}$	sporgenza dell'architrave dal filo esterno delle colonne della cerchiatura
profilato <sub>a</sub>	tipo di profilato per l'architrave della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)

## Carichi e materiali

Per l'analisi della cerchiatura viene considerato un carico verticale agente sulla sommità della parete  $N = 15000$  kg ridistribuito su tutta la lunghezza della parete.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali considerate nell'analisi sono riportate qui di seguito.

## Parete

### Descrizione

Nome:	<b>Mattoni pieni e malta di calce</b>	Tipologia del materiale:	muratura
Tipo di muratura:	Esistente		
Descrizione:			

### Tipologia e stato di conservazione

Tipologia di muratura:	Mattoni pieni e malta di calce	Livello di conoscenza:	LC 1
------------------------	--------------------------------	------------------------	------

### Interventi migliorativi

Intervento:

### Caratteristiche muratura

Densità $\rho$ : 18.000 N/m <sup>3</sup>		Resistenza media a compressione $f_m$ :	2,600 N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico E:	1.500 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza media a taglio $\tau_0$ :	0,050 N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità tangenziale:	500 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di calcolo a compressione orizzontale media $f_{hm}$ :	1,300 N/mm <sup>2</sup>

Per la muratura esistente viene considerato un Fattore di Confidenza  $FC = 1,35$

## Colonne

### Calcestruzzo

Nome: <b>C30/37</b>	Tipologia del materiale: calcestruzzo
Classe di resistenza: C30/37	
Descrizione:	

### Caratteristiche del calcestruzzo

Densità $\rho$ : 2.500,00 kg/m <sup>3</sup>	Resistenza caratteristica cubica a compressione $R_{ck}$ : 377,17 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione $f_{ck}$ : 313,05 kg/cm <sup>2</sup>	Resistenza cilindrica media $f_{cm}$ : 394,63 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione semplice $f_{ctm}$ : 29,99 kg/cm <sup>2</sup>	Resistenza media a flessione $f_{cfm}$ : 35,99 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5% $f_{ctk,5}$ : 20,99 kg/cm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95% $f_{ctk,95}$ : 38,99 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo Elastico $E_{cm}$ : 352.141,59 kg/cm <sup>2</sup>	Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,20

Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1E-05	Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione $\alpha_{cc}$ : 0,85
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo $\gamma_c$ : 1,5	Resistenza a compressione di progetto $f_{cd}$ : 177,39 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di progetto, frattile 5% $f_{ctd,5}$ : 14,00 kg/cm <sup>2</sup>	Resistenza a trazione di progetto, frattile 95% $f_{ctd,95}$ : 25,99 kg/cm <sup>2</sup>

## Architrave

### Descrizione

Nome: <b>S 275</b>	Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche
Descrizione:	

### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : 2.803,26 kg/cm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ : 4.383,28 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico $E_s$ : 2.140.672,78 kg/cm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità trasversale $G$ : 823.335,69 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,30	Densità $\rho$ : 7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1,2E-05	Tensione ammissibile $\sigma_s$ : 1.900,00 kg/cm <sup>2</sup>

### Verifiche

Secondo il metodo di calcolo precedentemente illustrato vengono qui riportate le caratteristiche del rinforzo analizzato e le opportune verifiche che vengono elencate per le distinte capacità del sistema parete/rinforzo.

## Rigidezza

$K_m$	$K_a$	$K_c$	$K_{a,c}$	Variazione
kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	%
21214258,22	1538581,64	22258871,51	23797453,14	12,18

$K_m$	Rigidezza della parete senza apertura
$K_a$	Rigidezza della parete con apertura
$K_c$	Rigidezza della cerchiatura
$K_{a,c}$	Rigidezza del sistema parete/rinforzo
Variazione	Variazione della rigidezza

## Taglio resistente

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura	Cerchiatura ( $d_u$ )	Sistema parete/rinforzo	Verifica
kg	kg	kg	kg	kg	
26271,46	4043,01	862329,88	229711,55	444768,66	SI

$V_m$	Taglio resistente della parete senza apertura
$V_a$	Taglio resistente della parete con apertura
$V_c$	Taglio resistente della cerchiatura
$V_{c,u}$	Taglio resistente della cerchiatura in corrispondenza dello spostamento ultimo
$V_{a,c}$	Taglio resistente del sistema parete/rinforzo
Verifica	Verifica del ripristino della capacità di resistenza a taglio per il sistema parete/rinforzo

## Capacità in spostamento

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura ( $d_y$ )	Verifica
cm	cm	cm	
1,03	1,98	3,87	SI

$d_m$	Spostamento della parete senza apertura
$d_a$	Spostamento della parete con apertura
$d_t$	Spostamento al limite elastico della cerchiatura
Verifica	Verifica della capacità in spostamento del sistema parete/rinforzo

## Architrave

$M_{Ed}$	$M_{Rd}$	$f_{max}$	Verifica
kg m	kg m	cm	
0,00	20749,48	1,19	SI

$M_{Ed}$  Momento sollecitante

$M_{Rd}$  Momento resistente

$f_{max}$  Freccia massima (considerando la condizione a favore di sicurezza di appoggio-appoggio alle estremità)

Verifica Verifica della capacità a flessione dell'architrave

## 4. VERIFICHE CERCHIATURA 2

### 13.1. Verifica cerchiatura

Metodo di calcolo e verifica

Le verifiche per la realizzazione di un'apertura in muro esistente qui di seguito riportate sono state condotte con la finalità della messa in opera di sistemi costruttivi che garantiscano continuità con il comportamento strutturale originario.

Le verifiche vengono condotte secondo tre distinti criteri individuati nella Circolare 7 del 2019, capitolo C8.4.1 e C8.7.4.1.

*[...]Infine, la modifica di una parte limitata della struttura (ad esempio l'apertura di un vano in una parete, accompagnata da opportuni rinforzi) può rientrare in questa categoria, a condizione che si dimostri che l'insieme degli interventi non modifichi significativamente rigidità, resistenza nei confronti delle azioni orizzontali e capacità di deformazione della struttura.*

- Il primo criterio è di ripristino della rigidità secondo le indicazioni previste dalla Circolare 7 del 2019, dove viene richiesto che tale rigidità non venga variata significativamente. Ai fini progettuali del seguente documento il limite 'significativo' di modifica della rigidità del pannello murario è assunto pari al 15% della rigidità originaria; tale limite è assunto da fonti bibliografiche e normative (cfr. testi e dispense del Prof. Sergio Lagomarsino e Linee Guida Regione Toscana 'Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti'). La valutazione della rigidità è condotta mediante la seguenti espressioni.

Rigidità della parete in muratura in corrispondenza dell'apertura:

$$K_m = \frac{G l t}{1,2 h} \frac{1}{1 + \frac{G}{1,2 E_m} \left(\frac{h}{l}\right)^2}$$

con: G      modulo di elasticità tangenziale  
l      lunghezza della parete  
t      spessore della parete  
h      altezza di calcolo  
E<sub>m</sub>    modulo di elasticità della muratura

Rigidità del telaio di rinforzo in corrispondenza dell'apertura:

$$K_t = 2 \frac{12 E J}{h^3}$$

con: E      modulo di elasticità dell'acciaio  
J      momento di inerzia di un singolo montante  
h      altezza di calcolo

- Il secondo criterio adottato prevede il ripristino della resistenza alle azioni orizzontali del pannello murario, per questo motivo la resistenza a taglio della muratura originaria è individuata tra il minimo valore della resistenza a taglio per rottura a pressoflessione o per taglio. La resistenza del telaio è valutata in conseguenza dell'applicazione di forze orizzontali e quindi per l'azione tagliente che è in grado di sviluppare al raggiungimento della resistenza ultima a flessione.

Resistenza del pannello murario:

$$\min: \left( V_{m,pf} = \frac{l^2 t \sigma_0}{h} \left( 1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_m} \right) ; V_{m,t} = l t \frac{1,5 \tau_0}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_0}} \right)$$

con: l lunghezza della parete  
t spessore della parete  
b coefficiente correttivo ( $b = h/l$ ,  $1 < b < 1,5$ )  
h altezza di calcolo  
 $\sigma_0$  sforzo di compressione  
 $\tau_0$  resistenza tangenziale  
 $f_m$  resistenza a compressione

Resistenza del telaio di rinforzo:

$$V_t = 2 \frac{f_{yk} W}{\gamma_{M0} h}$$

con:  $f_{yk}$  resistenza a snervamento dell'acciaio  
W modulo di resistenza elastico di un singolo montante  
 $\gamma_{M0}$  coefficiente parziale di sicurezza per strutture in acciaio  
h altezza di calcolo

- Il terzo criterio riguarda le capacità del pannello murario ed il comportamento dello stesso sia in campo elastico che plastico; lo scopo è di garantire che il rinforzo in opera non irrigidisca troppo la muratura, ma che ripristini le capacità del pannello originario per il suo spostamento ultimo.

Capacità in spostamento del pannello murario al limite elastico e plastico, rispettivamente:

$$d_y = \frac{V_m}{K_m}$$

$$d_u = 0,004 h \quad \text{per rottura a taglio}$$

$$d_u = 0,006 h \quad \text{per rottura a flessione}$$

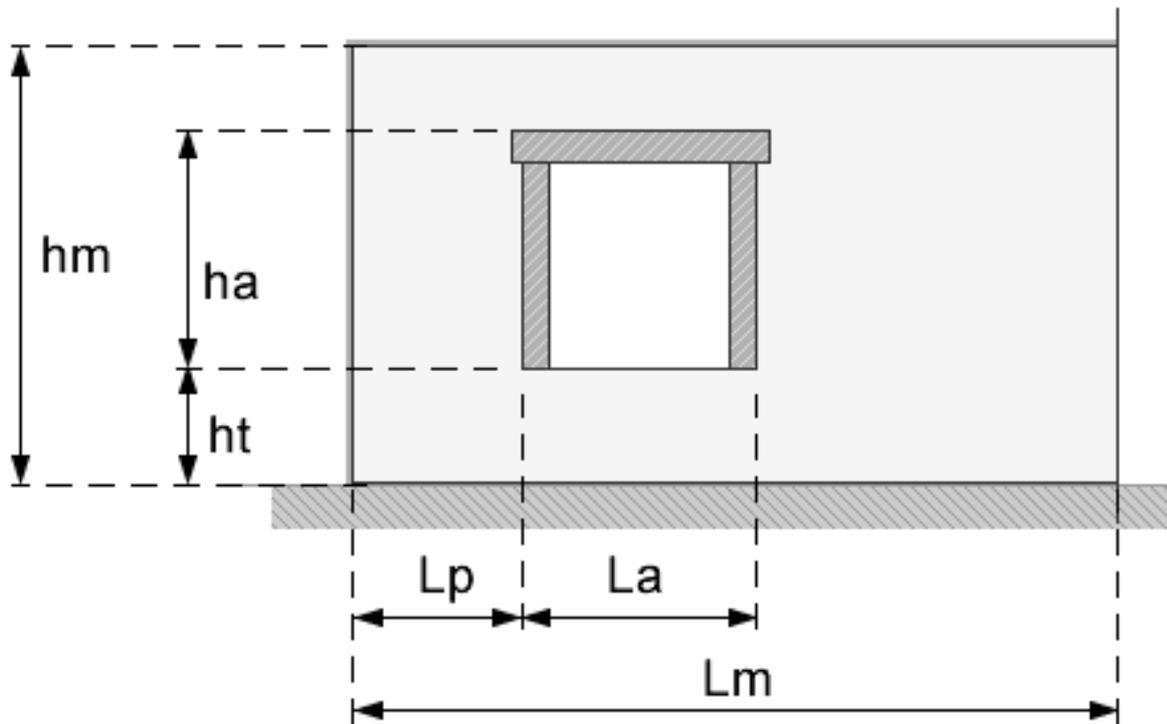
Capacità in spostamento del telaio di rinforzo:

$$d_y = \frac{V_t}{K_t}$$

Qui di seguito vengono analizzati quindi i singoli interventi di rinforzo.

## Geometrie

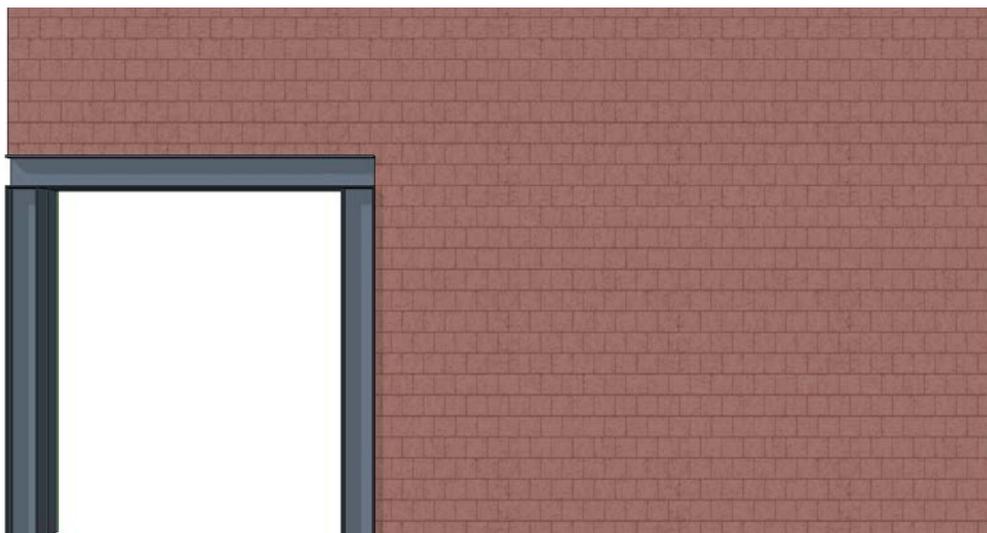
Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:



Parete			Apertura				
$h_m$	$L_m$	$s_m$	$L_a$	$h_a$	$L_p$	$h_t$	$d$
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
320	580	30	215	230	0	0	-

- $h_m$  altezza della parete
- $L_m$  larghezza della parete
- $s_m$  spessore della parete
- $L_a$  larghezza dell'apertura
- $h_a$  altezza dell'apertura
- $L_p$  posizione dell'apertura, rispetto all'estremo sinistro della parete
- $h_t$  altezza da terra dell'apertura
- $d$  distanza da un'eventuale ulteriore apertura (dato necessario a definire la larghezza dei setti resistenti)

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:



Colonne					Architrave			
$h_{c,c}$	profilato <sub>c</sub>	profilo doppio	$s_{c,c}$	$L_{c,c}$	$L_{a,c}$	$a_{a,c}$	profilato <sub>a</sub>	profilo doppio
cm			cm	cm	cm	cm		
211	HEA_200	Si			215	0	HEA_200	Si

$h_{c,c}$	altezza delle colonne della cerchiatura
profilato <sub>c</sub>	tipo di profilato per le colonne della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)
$s_{c,c}$	spessore della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{c,c}$	larghezza della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{a,c}$	lunghezza dell'architrave della cerchiatura
$a_{a,c}$	sporgenza dell'architrave dal filo esterno delle colonne della cerchiatura
profilato <sub>a</sub>	tipo di profilato per l'architrave della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)

### Carichi e materiali

Per l'analisi della cerchiatura viene considerato un carico verticale agente sulla sommità della parete  $N = 14000$  kg ridistribuito su tutta la lunghezza della parete.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali considerate nell'analisi sono riportate qui di seguito.

### Parete

#### Descrizione

Nome:	<b>Muratura esistente in mattoni pieni e malta di calce</b>	Tipologia del materiale:	muratura
Tipo di muratura:	Esistente		
Descrizione:			

#### Tipologia e stato di conservazione

Tipologia di muratura:	Mattoni pieni e malta di calce	Livello di conoscenza:	LC 1
------------------------	--------------------------------	------------------------	------

#### Interventi migliorativi

Intervento:

#### Caratteristiche muratura

Densità $\rho$ :	18.000 N/m <sup>3</sup>	Resistenza media a compressione $f_m$ :	2,400 N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico E:	1.500 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza media a taglio $\tau_0$ :	0,060 N/mm <sup>2</sup>

Modulo di elasticità tangenziale:	500 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di calcolo a compressione orizzontale media $f_{hm}$ :	1,200 N/mm <sup>2</sup>
-----------------------------------	-----------------------	---	-------------------------

Per la muratura esistente viene considerato un Fattore di Confidenza  $FC = 1,35$

## Colonne

Descrizione	
Nome: <b>S 275</b>	Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche
Descrizione:	
Caratteristiche dell'acciaio	
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : 2.803,26 kg/cm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ : 4.383,28 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico $E_s$ : 2.140.672,78 kg/cm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità trasversale $G$ : 823.335,69 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,30	Densità $\rho$ : 7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1,2E-05	Tensione ammissibile $\sigma_s$ : 1.900,00 kg/cm <sup>2</sup>

## Architrave

Descrizione	
Nome: <b>S 275</b>	Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche
Descrizione:	
Caratteristiche dell'acciaio	
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : 2.803,26 kg/cm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ : 4.383,28 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico $E_s$ : 2.140.672,78 kg/cm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità trasversale $G$ : 823.335,69 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,30	Densità $\rho$ : 7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1,2E-05	Tensione ammissibile $\sigma_s$ : 1.900,00 kg/cm <sup>2</sup>

## Verifiche

Secondo il metodo di calcolo precedentemente illustrato vengono qui riportate le caratteristiche del rinforzo analizzato e le opportune verifiche che vengono elencate per le distinte capacità del sistema parete/rinforzo.

## Rigidezza

$K_m$	$K_a$	$K_c$	$K_{a,c}$	Variazione
kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	%
10647245,67	5988412,10	3118690,68	9107102,78	-14,47

$K_m$	Rigidezza della parete senza apertura
$K_a$	Rigidezza della parete con apertura
$K_c$	Rigidezza della cerchiatura
$K_{a,c}$	Rigidezza del sistema parete/rinforzo
Variazione	Variazione della rigidezza

## Capacità in spostamento

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura ( $d_y$ )	Verifica
cm	cm	cm	
0,92	0,00	1,16	SI

$d_m$	Spostamento della parete senza apertura
$d_a$	Spostamento della parete con apertura
$d_t$	Spostamento al limite elastico della cerchiatura
Verifica	Verifica della capacità in spostamento del sistema parete/rinforzo

## Architrave

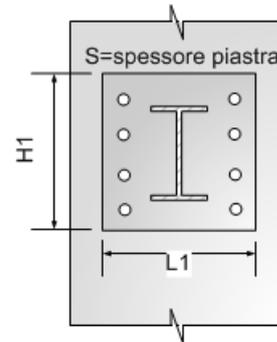
$M_{Ed}$	$M_{Rd}$	$f_{max}$	Verifica
kg m	kg m	cm	
553,54	20749,48	0,02	SI

$M_{Ed}$	Momento sollecitante
$M_{Rd}$	Momento resistente
$f_{max}$	Freccia massima (considerando la condizione a favore di sicurezza di appoggio-appoggio alle estremità)
Verifica	Verifica della capacità a flessione dell'architrave

## 14.1. Verifica giunto trave - colonna

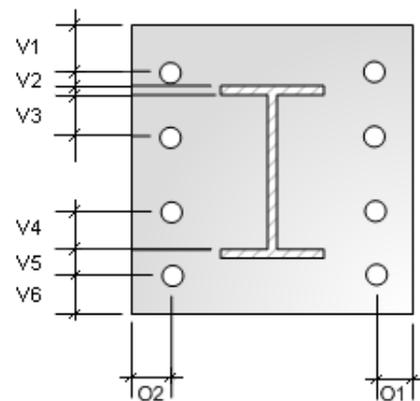
### Geometria unione

Profilo colonna	HEA 200		
Materiale colonna	S 275		
Profilo trave	HEA 200		
Materiale trave	S 275		
Materiale piastra	S 275		
Altezza piastra H1	200	mm	
Larghezza piastra L1	200	mm	
Spessore piastra S	10	mm	



### Fori piastra

Numero colonne	2		
Numero righe superiori	1		
Numero righe intermedie	1		
Numero righe inferiori	0		
Distanza V1	60	mm	
Distanza V2	0	mm	
Distanza V3	130	mm	
Distanza V4	0	mm	
Distanza V5	0	mm	
Distanza V6	10	mm	
Distanza O1	40	mm	
Distanza O2	40	mm	



### Saldature a cordoni d'angolo

Materiale saldatura	S 275	
Spessore di gola saldatura ali	4	mm

Spessore di gola saldatura anima	4
----------------------------------	---

### Bulloni

Diametro	14	Classe	8.8
----------	----	--------	-----

**Sollecitazione**

Azione assiale sollecitante	0,000	kN
Taglio sollecitante	0,000	kN
Momento sollecitante	5,350	kN m

**Verifiche**

Resistenza a taglio bulloni	56,297	kN
Resistenza a trazione bulloni	66,240	kN
Momento resistente giunto	-81,808	kN m
Resistenza punzonamento flangia	90,779	kN
Resistenza a rifollamento flangia	120,400	kN
N ortogonale saldatura	0,000	N/mm <sup>2</sup>
T ortogonale saldatura	31,678	N/mm <sup>2</sup>
Momento resistente plastico trave	112,488	kN m

Sfruttamento resistenza a taglio/trazione bulloni	0,263
Sfruttamento resistenza	-0,065
Sfruttamento resistenza a punzonamento flangia	0,192
Sfruttamento rifollamento flangia	0,000
Sfruttamento resistenza saldatura	0,136

## 5. VERIFICHE CERCHIATURA 3

### 15.1. Verifica cerchiatura

Metodo di calcolo e verifica

Le verifiche per la realizzazione di un'apertura in muro esistente qui di seguito riportate sono state condotte con la finalità della messa in opera di sistemi costruttivi che garantiscano continuità con il comportamento strutturale originario.

Le verifiche vengono condotte secondo tre distinti criteri individuati nella Circolare 7 del 2019, capitolo C8.4.1 e C8.7.4.1.

*[...]Infine, la modifica di una parte limitata della struttura (ad esempio l'apertura di un vano in una parete, accompagnata da opportuni rinforzi) può rientrare in questa categoria, a condizione che si dimostri che l'insieme degli interventi non modifichi significativamente rigidità, resistenza nei confronti delle azioni orizzontali e capacità di deformazione della struttura.*

- Il primo criterio è di ripristino della rigidità secondo le indicazioni previste dalla Circolare 7 del 2019, dove viene richiesto che tale rigidità non venga variata significativamente. Ai fini progettuali del seguente documento il limite 'significativo' di modifica della rigidità del pannello murario è assunto pari al 15% della rigidità originaria; tale limite è assunto da fonti bibliografiche e normative (cfr. testi e dispense del Prof. Sergio Lagomarsino e Linee Guida Regione Toscana 'Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti'). La valutazione della rigidità è condotta mediante le seguenti espressioni.

Rigidità della parete in muratura in corrispondenza dell'apertura:

$$K_m = \frac{G l t}{1,2 h} \frac{1}{1 + \frac{G}{1,2 E_m} \left(\frac{h}{l}\right)^2}$$

con: G      modulo di elasticità tangenziale  
l      lunghezza della parete  
t      spessore della parete  
h      altezza di calcolo  
E<sub>m</sub>      modulo di elasticità della muratura

Rigidità del telaio di rinforzo in corrispondenza dell'apertura:

$$K_t = 2 \frac{12 E J}{h^3}$$

con: E      modulo di elasticità dell'acciaio  
J      momento di inerzia di un singolo montante  
h      altezza di calcolo

- Il secondo criterio adottato prevede il ripristino della resistenza alle azioni orizzontali del pannello murario, per questo motivo la resistenza a taglio della muratura originaria è individuata tra il minimo valore della resistenza a taglio per rottura a pressoflessione o per taglio. La resistenza del telaio è valutata in conseguenza dell'applicazione di forze orizzontali e quindi per l'azione tagliante che è in grado di sviluppare al raggiungimento della resistenza ultima a flessione.

Resistenza del pannello murario:

$$\min: \left( V_{m,pf} = \frac{l^2 t \sigma_0}{h} \left( 1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_m} \right) ; V_{m,t} = l t \frac{1,5 \tau_0}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_0}} \right)$$

con: l lunghezza della parete  
t spessore della parete  
b coefficiente correttivo ( $b = h/l$ ,  $1 < b < 1,5$ )  
h altezza di calcolo  
 $\sigma_0$  sforzo di compressione  
 $\tau_0$  resistenza tangenziale  
 $f_m$  resistenza a compressione

Resistenza del telaio di rinforzo:

$$V_t = 2 \frac{2 f_{yk} W}{\gamma_{M0} h}$$

con:  $f_{yk}$  resistenza a snervamento dell'acciaio  
W modulo di resistenza elastico di un singolo montante  
 $\gamma_{M0}$  coefficiente parziale di sicurezza per strutture in acciaio  
h altezza di calcolo

- Il terzo criterio riguarda le capacità del pannello murario ed il comportamento dello stesso sia in campo elastico che plastico; lo scopo è di garantire che il rinforzo in opera non irrigidisca troppo la muratura, ma che ripristini le capacità del pannello originario per il suo spostamento ultimo.

Capacità in spostamento del pannello murario al limite elastico e plastico, rispettivamente:

$$d_y = \frac{V_m}{K_m}$$

$d_u = 0,004 h$  per rottura a taglio

$d_u = 0,006 h$  per rottura a flessione

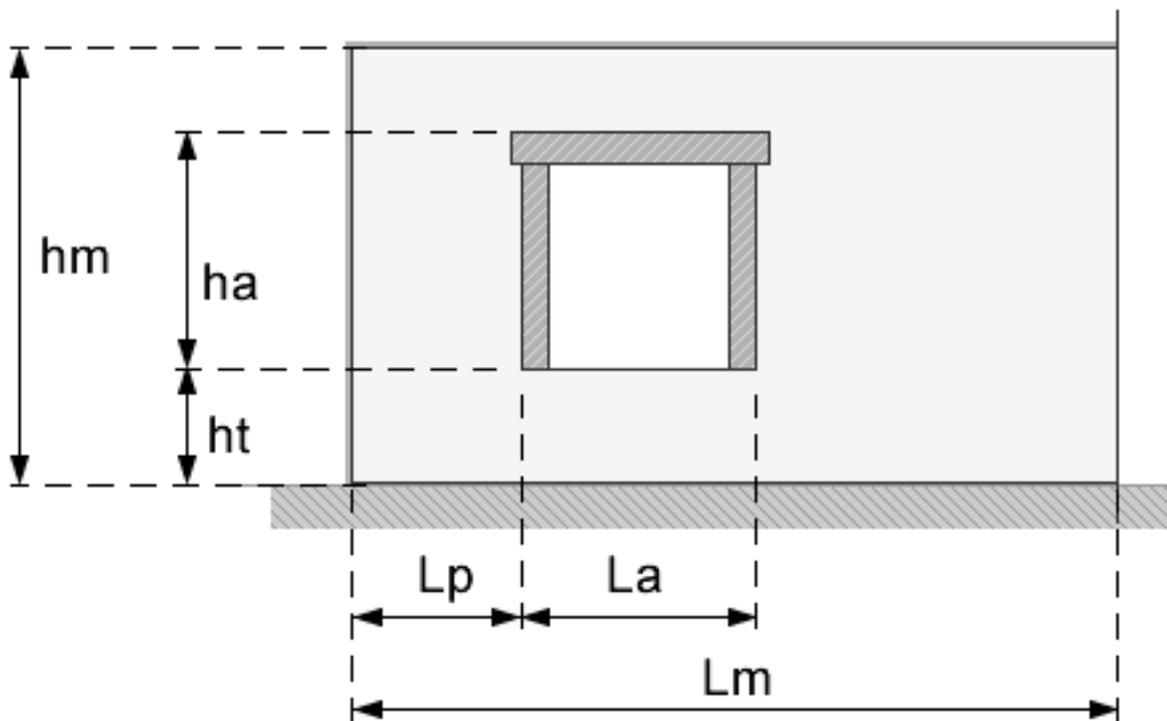
Capacità in spostamento del telaio di rinforzo:

$$d_y = \frac{V_t}{K_t}$$

Qui di seguito vengono analizzati quindi i singoli interventi di rinforzo.

## Geometrie

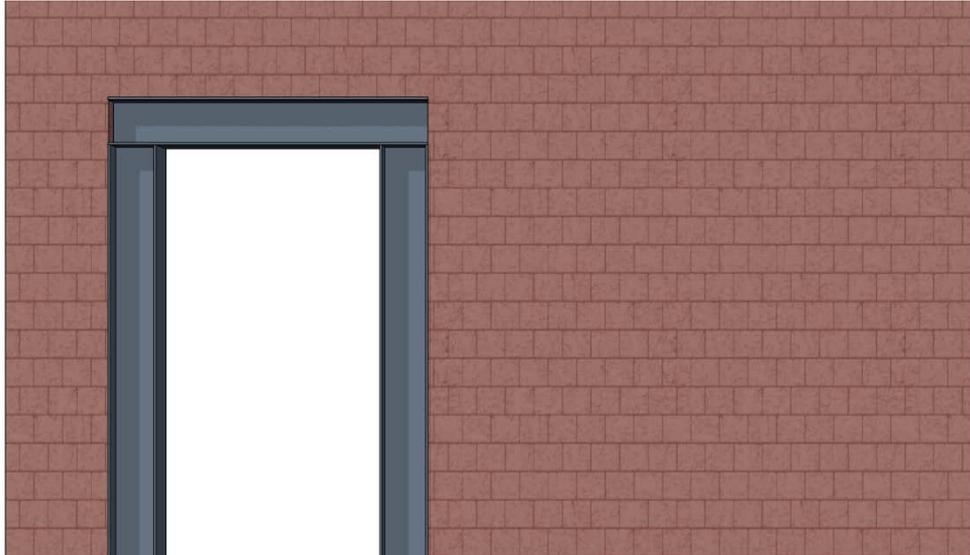
Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:



Parete			Apertura				
$h_m$	$L_m$	$s_m$	$L_a$	$h_a$	$L_p$	$h_t$	$d$
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
320	425	20	140	240	45	0	-

- $h_m$  altezza della parete
- $L_m$  larghezza della parete
- $s_m$  spessore della parete
- $L_a$  larghezza dell'apertura
- $h_a$  altezza dell'apertura
- $L_p$  posizione dell'apertura, rispetto all'estremo sinistro della parete
- $h_t$  altezza da terra dell'apertura
- $d$  distanza da un'eventuale ulteriore apertura (dato necessario a definire la larghezza dei setti resistenti)

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:



Colonne					Architrave			
$h_{c,c}$	profilato <sub>c</sub>	profilo doppio	$s_{c,c}$	$L_{c,c}$	$L_{a,c}$	$a_{a,c}$	profilato <sub>a</sub>	profilo doppio
cm			cm	cm	cm	cm		
219	HEA_220	No			140	0	HEA_220	No

$h_{c,c}$	altezza delle colonne della cerchiatura
profilato <sub>c</sub>	tipo di profilato per le colonne della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)
$s_{c,c}$	spessore della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{c,c}$	larghezza della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
$L_{a,c}$	lunghezza dell'architrave della cerchiatura
$a_{a,c}$	sporgenza dell'architrave dal filo esterno delle colonne della cerchiatura
profilato <sub>a</sub>	tipo di profilato per l'architrave della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)

## Carichi e materiali

Per l'analisi della cerchiatura viene considerato un carico verticale agente sulla sommità della parete  $N = 10000$  kg ridistribuito su tutta la lunghezza della parete.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali considerate nell'analisi sono riportate qui di seguito.

## Parete

### Descrizione

Nome:	<b>Muratura esistente in mattoni pieni e malta di calce</b>	Tipologia del materiale:	muratura
Tipo di muratura:	Esistente		
Descrizione:			

### Tipologia e stato di conservazione

Tipologia di muratura:	Mattoni pieni e malta di calce	Livello di conoscenza:	LC 1
------------------------	--------------------------------	------------------------	------

### Interventi migliorativi

Intervento:

### Caratteristiche muratura

Densità $\rho$ :	18.000 N/m <sup>3</sup>	Resistenza media a compressione $f_m$ :	2,400 N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico E:	1.500 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza media a taglio $\tau_0$ :	0,060 N/mm <sup>2</sup>

Modulo di elasticità tangenziale:	500 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di calcolo a compressione orizzontale media $f_{hm}$ :	1,200 N/mm <sup>2</sup>
-----------------------------------	-----------------------	---	-------------------------

Per la muratura esistente viene considerato un Fattore di Confidenza  $FC = 1,35$

## Colonne

Descrizione	
Nome: <b>S 275</b>	Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche
Descrizione:	
Caratteristiche dell'acciaio	
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : 2.803,26 kg/cm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ : 4.383,28 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico $E_s$ : 2.140.672,78 kg/cm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità trasversale $G$ : 823.335,69 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,30	Densità $\rho$ : 7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1,2E-05	Tensione ammissibile $\sigma_s$ : 1.900,00 kg/cm <sup>2</sup>

## Architrave

Descrizione	
Nome: <b>S 275</b>	Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche
Descrizione:	
Caratteristiche dell'acciaio	
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : 2.803,26 kg/cm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ : 4.383,28 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico $E_s$ : 2.140.672,78 kg/cm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità trasversale $G$ : 823.335,69 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,30	Densità $\rho$ : 7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1,2E-05	Tensione ammissibile $\sigma_s$ : 1.900,00 kg/cm <sup>2</sup>

## Verifiche

Secondo il metodo di calcolo precedentemente illustrato vengono qui riportate le caratteristiche del rinforzo analizzato e le opportune verifiche che vengono elencate per le distinte capacità del sistema parete/rinforzo.

## Rigidezza

$K_m$	$K_a$	$K_c$	$K_{a,c}$	Variazione
kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	%
4873556,41	2172154,50	2010816,95	4182971,45	-14,17

$K_m$	Rigidezza della parete senza apertura
$K_a$	Rigidezza della parete con apertura
$K_c$	Rigidezza della cerchiatura
$K_{a,c}$	Rigidezza del sistema parete/rinforzo
Variazione	Variazione della rigidezza

## Taglio resistente

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura	Cerchiatura ( $d_U$ )	Sistema parete/rinforzo	Verifica
kg	kg	kg	kg	kg	
9546,27	4707,27	22924,45	19303,84	27631,72	SI

$V_m$	Taglio resistente della parete senza apertura
$V_a$	Taglio resistente della parete con apertura
$V_c$	Taglio resistente della cerchiatura
$V_{c,u}$	Taglio resistente della cerchiatura in corrispondenza dello spostamento ultimo
$V_{a,c}$	Taglio resistente del sistema parete/rinforzo

Verifica Verifica del ripristino della capacità di resistenza a taglio per il sistema parete/rinforzo

### Capacità in spostamento

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura ( $d_y$ )	Verifica
cm	cm	cm	
0,96	1,28	1,14	SI

$d_m$  Spostamento della parete senza apertura  
 $d_a$  Spostamento della parete con apertura  
 $d_t$  Spostamento al limite elastico della cerchiatura  
 Verifica Verifica della capacità in spostamento del sistema parete/rinforzo

### Architrave

$M_{Ed}$	$M_{Rd}$	$f_{max}$	Verifica
kg m	kg m	cm	
212,35	13754,67	0,00	SI

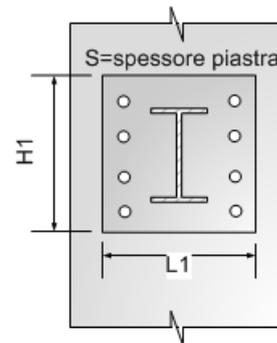
$M_{Ed}$  Momento sollecitante  
 $M_{Rd}$  Momento resistente  
 $f_{max}$  Freccia massima (considerando la condizione a favore di sicurezza di appoggio-appoggio alle estremità)  
 Verifica Verifica della capacità a flessione dell'architrave

## 16.1. Verifica giunto trave - colonna

### Verifica unione flangiata trave – ala colonna

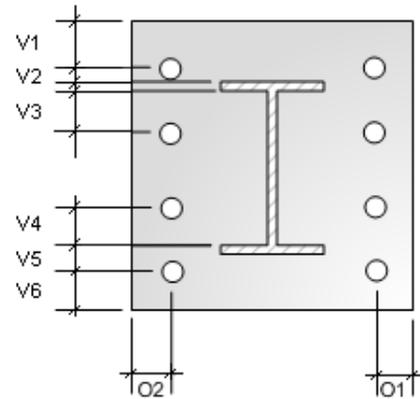
#### Geometria unione

Profilo colonna	HEA 220	
Materiale colonna	S 275	
Profilo trave	HEA 220	
Materiale trave	S 275	
Materiale piastra	S 275	
Altezza piastra $H_1$	210	mm
Larghezza piastra $L_1$	220	mm
Spessore piastra $S$	10	mm



#### Fori piastra

Numero colonne	2	
Numero righe superiori	1	
Numero righe intermedie	1	
Numero righe inferiori	0	
Distanza V1	60	mm
Distanza V2	0	mm
Distanza V3	150	mm
Distanza V4	40	mm
Distanza V5	53	mm
Distanza V6	0	mm
Distanza O1	55	mm
Distanza O2	55	mm



### Saldature a cordoni d'angolo

Materiale saldatura	S 275	
Spessore di gola saldatura ali	4	mm

Spessore di gola saldatura anima	4
----------------------------------	---

### Bulloni

Diametro	14
----------	----

Classe	8.8
--------	-----

### Sollecitazione

Azione assiale sollecitante	0,000	kN
Taglio sollecitante	0,000	kN
Momento sollecitante	2,083	kN m

### Verifiche

Resistenza a taglio bulloni	56,297	kN
Resistenza a trazione bulloni	66,240	kN
Momento resistente giunto	-103,076	kN m
Resistenza punzonamento flangia	90,779	kN
Resistenza a rifollamento flangia	120,400	kN
N ortogonale saldatura	0,000	N/mm <sup>2</sup>
T ortogonale saldatura	10,058	N/mm <sup>2</sup>
Momento resistente plastico trave	148,893	kN m

Sfruttamento resistenza a taglio/trazione bulloni	0,092
Sfruttamento resistenza	-0,020
Sfruttamento resistenza a punzonamento flangia	0,067
Sfruttamento rifollamento flangia	0,000
Sfruttamento resistenza saldatura	0,043

## 6. VERIFICHE CERCHIATURA 4

### 17.1. Verifica cerchiatura

Metodo di calcolo e verifica

Le verifiche per la realizzazione di un'apertura in muro esistente qui di seguito riportate sono state condotte con la finalità della messa in opera di sistemi costruttivi che garantiscano continuità con il comportamento strutturale originario.

Le verifiche vengono condotte secondo tre distinti criteri individuati nella Circolare 7 del 2019, capitolo C8.4.1 e C8.7.4.1.

*[...]Infine, la modifica di una parte limitata della struttura (ad esempio l'apertura di un vano in una parete, accompagnata da opportuni rinforzi) può rientrare in questa categoria, a condizione che si dimostri che l'insieme degli interventi non modifichi significativamente rigidità, resistenza nei confronti delle azioni orizzontali e capacità di deformazione della struttura.*

- Il primo criterio è di ripristino della rigidità secondo le indicazioni previste dalla Circolare 7 del 2019, dove viene richiesto che tale rigidità non venga variata significativamente. Ai fini progettuali del seguente documento il limite 'significativo' di modifica della rigidità del pannello murario è assunto pari al 15% della rigidità originaria; tale limite è assunto da fonti bibliografiche e normative (cfr. testi e dispense del Prof. Sergio Lagomarsino e Linee Guida Regione Toscana 'Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti'). La valutazione della rigidità è condotta mediante le seguenti espressioni.

Rigidità della parete in muratura in corrispondenza dell'apertura:

$$K_m = \frac{G l t}{1,2 h} \frac{1}{1 + \frac{G}{1,2 E_m} \left(\frac{h}{l}\right)^2}$$

con: G      modulo di elasticità tangenziale  
l      lunghezza della parete  
t      spessore della parete  
h      altezza di calcolo  
E<sub>m</sub>    modulo di elasticità della muratura

Rigidità del telaio di rinforzo in corrispondenza dell'apertura:

$$K_r = 2 \frac{12 E J}{h^3}$$

con: E      modulo di elasticità dell'acciaio  
J      momento di inerzia di un singolo montante  
h      altezza di calcolo

- Il secondo criterio adottato prevede il ripristino della resistenza alle azioni orizzontali del pannello murario, per questo motivo la resistenza a taglio della muratura originaria è individuata tra il minimo valore della resistenza a taglio per rottura a pressoflessione o per taglio. La resistenza del telaio è valutata in conseguenza dell'applicazione di forze orizzontali e quindi per l'azione tagliante che è in grado di sviluppare al raggiungimento della resistenza ultima a flessione.

Resistenza del pannello murario:

$$\min: \left( V_{m,pf} = \frac{l^2 t \sigma_0}{h} \left( 1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_m} \right) ; V_{m,t} = l t \frac{1,5 \tau_0}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_0}} \right)$$

con: l lunghezza della parete  
t spessore della parete  
b coefficiente correttivo ( $b = h/l$ ,  $1 < b < 1,5$ )  
h altezza di calcolo  
 $\sigma_0$  sforzo di compressione  
 $\tau_0$  resistenza tangenziale  
 $f_m$  resistenza a compressione

Resistenza del telaio di rinforzo:

$$V_t = 2 \frac{f_{yk} W}{\gamma_{M0} h}$$

con:  $f_{yk}$  resistenza a snervamento dell'acciaio  
W modulo di resistenza elastico di un singolo montante  
 $\gamma_{M0}$  coefficiente parziale di sicurezza per strutture in acciaio  
h altezza di calcolo

- Il terzo criterio riguarda le capacità del pannello murario ed il comportamento dello stesso sia in campo elastico che plastico; lo scopo è di garantire che il rinforzo in opera non irrigidisca troppo la muratura, ma che ripristini le capacità del pannello originario per il suo spostamento ultimo.

Capacità in spostamento del pannello murario al limite elastico e plastico, rispettivamente:

$$d_y = \frac{V_m}{K_m}$$

$d_u = 0,004 h$  per rottura a taglio

$d_u = 0,006 h$  per rottura a flessione

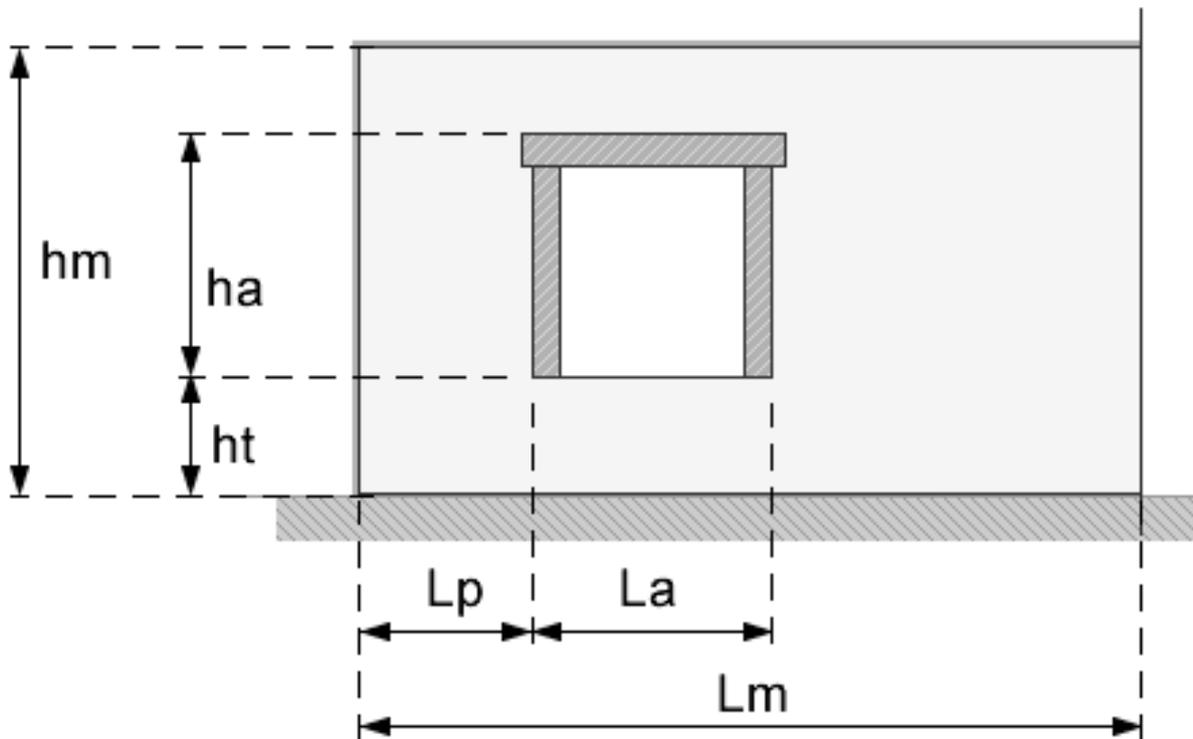
Capacità in spostamento del telaio di rinforzo:

$$d_y = \frac{V_t}{K_t}$$

Qui di seguito vengono analizzati quindi i singoli interventi di rinforzo.

## Geometrie

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:



Parete			Apertura				
$h_m$	$L_m$	$s_m$	$L_a$	$h_a$	$L_p$	$h_t$	$d$
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
365	605	50	140	270	20	0	-

$h_m$	altezza della parete
$L_m$	larghezza della parete
$s_m$	spessore della parete
$L_a$	larghezza dell'apertura
$h_a$	altezza dell'apertura
$L_p$	posizione dell'apertura, rispetto all'estremo sinistro della parete
$h_t$	altezza da terra dell'apertura
$d$	distanza da un'eventuale ulteriore apertura (dato necessario a definire la larghezza dei setti resistenti)

Qui di seguito vengono riportate le geometrie della parete e dell'apertura da realizzare secondo questo schema:



Colonne					Architrave			
$h_{c,c}$	profilato <sub>c</sub>	profilo doppio	$s_{c,c}$	$L_{c,c}$	$L_{a,c}$	$a_{a,c}$	profilato <sub>a</sub>	profilo doppio
cm			cm	cm	cm	cm		
249	HEA_220	Si			140	0	HEA_220	Si

- $h_{c,c}$  altezza delle colonne della cerchiatura
- profilato<sub>c</sub> tipo di profilato per le colonne della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)
- $s_{c,c}$  spessore della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
- $L_{c,c}$  larghezza della sezione delle colonne della cerchiatura (sezioni in calcestruzzo armato)
- $L_{a,c}$  lunghezza dell'architrave della cerchiatura
- $a_{a,c}$  sporgenza dell'architrave dal filo esterno delle colonne della cerchiatura
- profilato<sub>a</sub> tipo di profilato per l'architrave della cerchiatura (sezioni in acciaio, 2x indica due profilati accoppiati)

## Carichi e materiali

Per l'analisi della cerchiatura viene considerato un carico verticale agente sulla sommità della parete  $N = 15000$  kg ridistribuito su tutta la lunghezza della parete.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali considerate nell'analisi sono riportate qui di seguito.

### Parete

#### Descrizione

Nome: **Muratura esistente in mattoni pieni e malta di calce** Tipologia del materiale: muratura  
Tipo di muratura: Esistente  
Descrizione:

#### Tipologia e stato di conservazione

Tipologia di muratura: Mattoni pieni e malta di calce Livello di conoscenza: LC 1

#### Interventi migliorativi

Intervento:

#### Caratteristiche muratura

Densità $\rho$ : 18.000 N/m <sup>3</sup>	Resistenza media a compressione $f_m$ : 2,400 N/mm <sup>2</sup>
Modulo Elastico E: 1.500 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza media a taglio $\tau_0$ : 0,060 N/mm <sup>2</sup>
Modulo di elasticità tangenziale: 500 N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di calcolo a compressione orizzontale media $f_{hm}$ : 1,200 N/mm <sup>2</sup>

Per la muratura esistente viene considerato un Fattore di Confidenza  $FC = 1,35$

### Colonne

#### Descrizione

Nome: **S 275** Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche  
Descrizione:

#### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : 2.803,26 kg/cm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ : 4.383,28 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico $E_s$ : 2.140.672,78 kg/cm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità trasversale G: 823.335,69 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,30	Densità $\rho$ : 7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1,2E-05	Tensione ammissibile $\sigma_s$ : 1.900,00 kg/cm <sup>2</sup>

### Architrave

#### Descrizione

Nome: **S 275** Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche  
Descrizione:

#### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : 2.803,26 kg/cm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ : 4.383,28 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico $E_s$ : 2.140.672,78 kg/cm <sup>2</sup>	Modulo di elasticità trasversale G: 823.335,69 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,30	Densità $\rho$ : 7.850,00 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1,2E-05	Tensione ammissibile $\sigma_s$ : 1.900,00 kg/cm <sup>2</sup>

## Verifiche

Secondo il metodo di calcolo precedentemente illustrato vengono qui riportate le caratteristiche del rinforzo analizzato e le opportune verifiche che vengono elencate per le distinte capacità del sistema parete/rinforzo.

### Rigidezza

$K_m$	$K_a$	$K_c$	$K_{a,c}$	Variazione
kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	%
15984297,32	10913591,36	2824522,02	13738113,38	-14,05

$K_m$  Rigidezza della parete senza apertura  
 $K_a$  Rigidezza della parete con apertura  
 $K_c$  Rigidezza della cerchiatura  
 $K_{a,c}$  Rigidezza del sistema parete/rinforzo  
 Variazione Variazione della rigidezza

### Taglio resistente

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura	Cerchiatura ( $d_u$ )	Sistema parete/rinforzo	Verifica
kg	kg	kg	kg	kg	
27036,26	15091,79	40754,58	30504,84	55846,37	SI

$V_m$  Taglio resistente della parete senza apertura  
 $V_a$  Taglio resistente della parete con apertura  
 $V_c$  Taglio resistente della cerchiatura  
 $V_{c,u}$  Taglio resistente della cerchiatura in corrispondenza dello spostamento ultimo  
 $V_{a,c}$  Taglio resistente del sistema parete/rinforzo  
 Verifica Verifica del ripristino della capacità di resistenza a taglio per il sistema parete/rinforzo

### Capacità in spostamento

Parete senza apertura	Parete con apertura	Cerchiatura ( $d_v$ )	Verifica
cm	cm	cm	
1,08	2,19	1,44	SI

$d_m$  Spostamento della parete senza apertura  
 $d_a$  Spostamento della parete con apertura  
 $d_t$  Spostamento al limite elastico della cerchiatura  
 Verifica Verifica della capacità in spostamento del sistema parete/rinforzo

### Architrave

$M_{Ed}$	$M_{Rd}$	$f_{max}$	Verifica
kg m	kg m	cm	
254,02	27509,34	0,00	SI

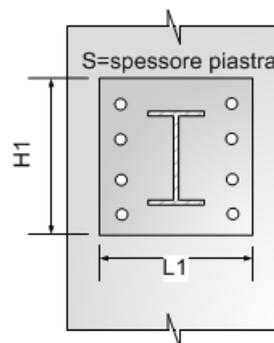
$M_{Ed}$  Momento sollecitante  
 $M_{Rd}$  Momento resistente  
 $f_{max}$  Freccia massima (considerando la condizione a favore di sicurezza di appoggio-appoggio alle estremità)  
 Verifica Verifica della capacità a flessione dell'architrave

## 18.1. Verifica giunto trave - colonna

### Verifica unione flangiata trave – ala colonna

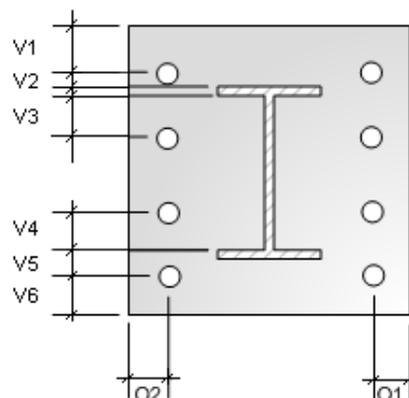
#### Geometria unione

Profilo colonna	HEA 220	
Materiale colonna	S 275	
Profilo trave	HEA 220	
Materiale trave	S 275	
Materiale piastra	S 275	
Altezza piastra H1	210	mm
Larghezza piastra L1	220	mm
Spessore piastra S	10	mm



### Fori piastra

Numero colonne	2	
Numero righe superiori	1	
Numero righe intermedie	1	
Numero righe inferiori	0	
Distanza V1	60	mm
Distanza V2	0	mm
Distanza V3	150	mm
Distanza V4	40	mm
Distanza V5	53	mm
Distanza V6	0	mm
Distanza O1	55	mm
Distanza O2	55	mm



### Saldature a cordoni d'angolo

Materiale saldatura	S 275	
Spessore di gola saldatura ali	4	mm

Spessore di gola saldatura anima	4
----------------------------------	---

### Bulloni

Diametro	14
----------	----

Classe	8.8
--------	-----

### Sollecitazione

Azione assiale sollecitante	0,000	kN
Taglio sollecitante	0,000	kN
Momento sollecitante	2,083	kN m

### Verifiche

Resistenza a taglio bulloni	56,297	kN
Resistenza a trazione bulloni	66,240	kN
Momento resistente giunto	-103,076	kN m
Resistenza punzonamento flangia	90,779	kN
Resistenza a rifollamento flangia	120,400	kN
N ortogonale saldatura	0,000	N/mm <sup>2</sup>
T ortogonale saldatura	10,058	N/mm <sup>2</sup>
Momento resistente plastico trave	148,893	kN m

Sfruttamento resistenza a taglio/trazione bulloni	0,092
Sfruttamento resistenza	-0,020
Sfruttamento resistenza a punzonamento flangia	0,067
Sfruttamento rifollamento flangia	0,000
Sfruttamento resistenza saldatura	0,043

## **7. CONCLUSIONI**

La presente relazione ha descritto le procedure di calcolo utilizzate per il dimensionamento e le verifiche strutturali degli elementi in riferimento ai lavori di "Manutenzione straordinaria ed adeguamento piano terreno della sede municipale di via Dante nr.25 – San Giorgio C.se (TO)".  
Dai risultati ottenuti risulta che tutte le verifiche effettuate sugli elementi strutturali in progetto risultano soddisfatte.