

## relazione di calcolo delle strutture

### **Piano di conservazione per la manutenzione e la valorizzazione del nucleo primario medievale del borgo di Lovere**

Comune di Lovere  
Provincia di Bergamo

Parrocchia di S. Maria Assunta - Lovere  
Diocesi di Brescia

progettazione architettonica

**arch. Maurilio Ronchetti**

via Ludovico Capoferri n. 1 - 24063 Castro (Bergamo)  
telefono +39.035.0295267  
e-mail mauronchetti@hotmail.it

restauro conservativo

**dott. Silvia Conti**

via Decio Celeri n. 5 - 24065 Lovere (Bergamo)  
telefono +39.3355469769  
e-mail silviacon25@gmail.com

progettazione strutturale

**ing. Giuseppe Sorlini**

via I Maggio n. 24 - 24065 Lovere (Bergamo)  
telefono +39.3408514659  
e-mail sogeppe@libero.it

coordinamento sicurezza

**geom. Roberto Bellesi**

via Guglielmo Marconi n. 26 - 24060 Sovere (Bergamo)  
telefono +39.3397820008  
e-mail robertobellesi@libero.it

progetto esecutivo

Comune di Lovere  
Provincia di Bergamo

**6**

### **Lavori di restauro della Torre Civica e della copertura della Chiesa di San Giorgio**

committente Comune di Lovere

Castro, 27.9.2016  
rev. 27.6.2018

maurilio ronchetti architetto

via ludovico capoferri n. 1 - 24063 castro (bergamo)  
studio via cavour n. 6/B - 24060 sovere (bergamo)  
telefono +39.035.0295267  
e-mail mauronchetti@hotmail.it

*Provincia di Bergamo*

*Comune di LOVERE*

***RESTAURO DELLA TORRE CIVICA E DELLA  
COPERTURA DELLA CHIESA DI SAN GIORGIO A  
LOVERE***

***Committente: Amministrazione Comunale***

***Via G. Marconi, 19 –  
24065 Lovere (Bg)***

***Relazione Tecnica***



***STUDIO ING. GIUSEPPE SORLINI***

***Via I Maggio, 24 – LOVERE – (BG)***

***Tel. 3408514659***

## SOMMARIO

1. PREMESSA
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO
3. TORRE CIVICA
4. CHIESA DI SAN GIORGIO

## 1. PREMESSA

La presente relazione tratta gli interventi di restauro da realizzarsi nella Torre Civica e nella copertura della navata centrale della chiesa di San Giorgio a Lovere (BG), in base all'incarico affidato al sottoscritto dall'amministrazione comunale di Lovere.

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali sono state fatte utilizzando i metodi usuali della Scienza delle Costruzioni ed in conformita' alle normative e leggi vigenti, in particolare il - D.M. 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni

- Legge 5/11/1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge 2/2/1974 n. 64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- C.N.R. 10024/86 del 23/7/1986: Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo

- C.N.R. 10011/85 del 18/4/1985 : Costruzioni di acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

- CNR-DT 206/2007 del 28/11/2007 : Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle Strutture di Legno .

- D.M. 14/2/1992: Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9/1/1996: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16/1/1996: Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi.

- D.M. 16/1/1996: Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.

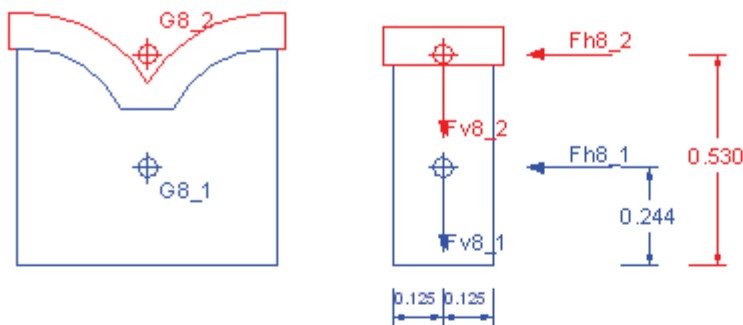
- D.M. 14/1/2008: Norme tecniche per le costruzioni.

- Circolare esplicativa n.617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/1/2008

### 3. TORRE CIVICA

I lavori di restauro della Torre Civica sono il completamento dei lavori già svolti tra la fine del 2012 e l'inizio del 2013, e riguardano dal punto di vista strutturale l'adeguamento del collegamento della soletta in .c.a di copertura con le pareti in mattoni pieni e malta di calce del locale tecnico dell'orologio. Collegamento che viene realizzato con un cordolo perimetrale in profilo d'acciaio L110x10 collegato con tasselli chimici sia alla parete che alla soletta. Questo nuovo collegamento fa sì che non si attivi, in caso di sisma, il cinematismo di ribaltamento fuori piano della parete, come si può vedere dalle verifiche riportate in seguito.

#### Merli



DATI:  
 $F_{v8\_1} = 200 \text{ daN/m}$   
 $F_{v8\_2} = 85 \text{ daN/m}$   
 $F_{h8\_1} = 42 \text{ daN/m}$   
 $F_{h8\_2} = 18 \text{ daN/m}$

VERIFICA CINEMATISMO:  
 $M_{st} = (200+85) \text{ daN/m} \times (0.125) \text{ m} = 35.62 \text{ (daNm)/m}$   
 $M_{rib} = 42 \text{ daN/m} \times 0.244 \text{ m} = 10.49 \text{ (daNm)/m} +$   
 $+ 18 \text{ daN/m} \times 0.530 \text{ m} = 10.07 \text{ (daNm)/m} =$   
 $= 20.56 \text{ (daNm)/m}$

$M_{st}/M_{rib} = 35.62/20.56 = 1.73 > 1.00$  VERIFICATO

### Verifiche di resistenza nel piano del merlo

$l$  = lunghezza merlo = 700 mm

$t$  = spessore merlo = 250 mm

$P$  = azione verticale alla base del merlo =  $(200+85) \times 0.70 = 200 \text{ daN} = 2000 \text{ N}$

$V_s$  = azione tagliante alla base del merlo =  $(42+18) \times 0.70 = 42 \text{ daN} = 420 \text{ N}$

$M_s$  = momento flettente alla base del merlo =  $20.56 \times 0.70 = 14.392 \text{ daNm} = 143290 \text{ Nmm}$

$\sigma_0$  = tensione media di compressione alla base del merlo =  $2000/(700 \times 250) = 0.0114 \text{ N/mm}^2$

$f_d$  = resistenza a compressione di progetto del merlo =  $(2.40/(3 \times 1.35)) = 0.5925 \text{ N/mm}^2$

$f_{vd}$  = resistenza a taglio =  $(0.0444+0.4 \times 0.0114)/(3 \times 1.35) = 0.0121 \text{ N/mm}^2$

$M_r$  = momento resistente alla base del merlo =

$$(700^2 \times 250 \times 0.0114/2) \times (1-0.0114/(0.85 \times 0.5925)) = 698250 \times 0.9774 = 682470 \text{ Nmm}$$

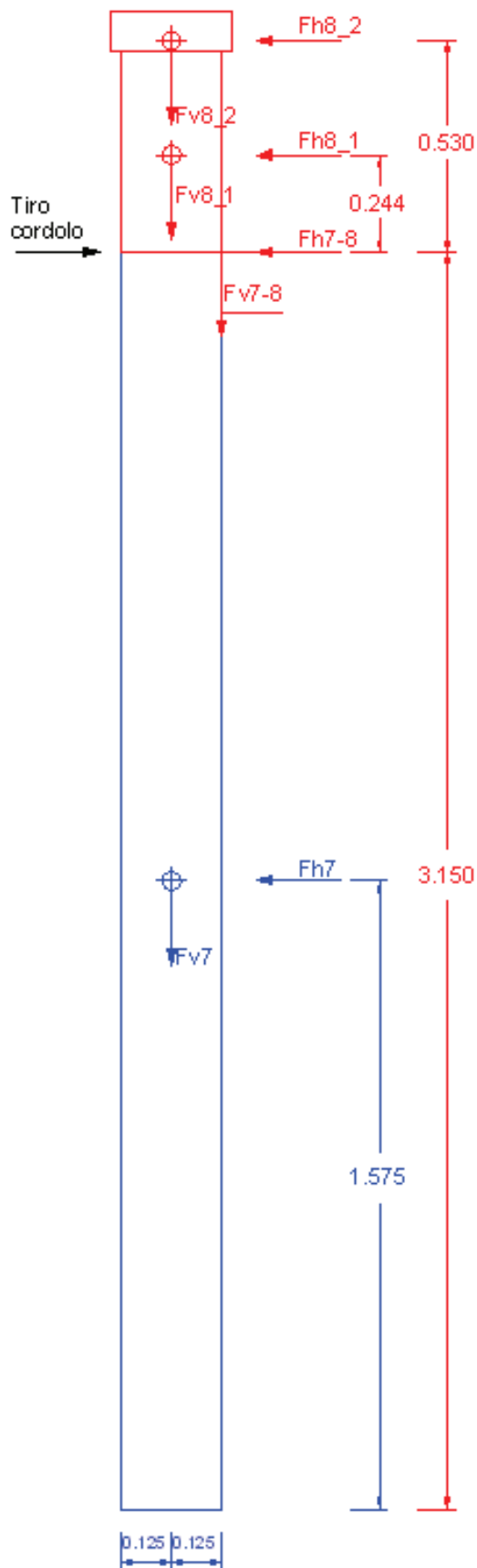
$M_s/M_r = 143290 / 682470 = 0.21 < 1$  **VERIFICATO**

$e$  = eccentricità di carico nel piano del merlo =  $143290/2000 = 71.645 \text{ mm} < l/6 \rightarrow l' = l$

$V_r$  = taglio resistente alla base del merlo =  $700 \times 250 \times 0.0121 = 2117 \text{ N}$

$V_s/V_r = 420/2117 = 0.1984 < 1$  **VERIFICATO**

# Pareti



DATI:

Fv8_1	=	200 daN/m
Fv8_2	=	85 daN/m
Fh8_1	=	42 daN/m
Fh8_2	=	18 daN/m
Fv7-8	=	343 daN/m
Fh7-8	=	72 daN/m
Fv7	=	1429 daN/m
Fh7	=	283 daN/m

VERIFICA CINEMATISMO:

$$\begin{aligned} M_{st} &= (1429+200+85) \text{ daN/m} \times (0.125) \text{ m} = 214.25 \text{ (daNm)/m} & + \\ &+ 343 \text{ daN/m} \times 0.25 \text{ m} = 85.75 \text{ (daNm)/m} & = \\ &= 300.00 \text{ (daNm)/m} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{rib} &= 42 \text{ daN/m} \times 3.394 \text{ m} = 145.94 \text{ (daNm)/m} & + \\ &+ 18 \text{ daN/m} \times 3.680 \text{ m} = 69.92 \text{ (daNm)/m} & + \\ &+ 72 \text{ daN/m} \times 3.150 \text{ m} = 226.80 \text{ (daNm)/m} & + \\ &+ 283 \text{ daN/m} \times 1.575 \text{ m} = 447.30 \text{ (daNm)/m} & = \\ &= 889.96 \text{ (daNm)/m} & \end{aligned}$$

$$M_{st}/M_{rib} = 300.00/889.96 = 0.337 < 1.00 \quad \text{NON VERIFICATO}$$

Allora bisogna fare in modo che l'azione di tiro del cordolo fornisca un contributo di momento stabilizzante pari a:

$$\begin{aligned} \Delta M_{st} &= 889.96 - 300.00 = 589.96 \text{ (daNm)/m} \\ \text{quindi ogni metro il l'azione di tiro deve essere:} \\ T &> 589.96 / 3.15 = 187.20 \text{ daN/m} \\ \text{Fissiamo } T &= 200 \text{ daN/m} \end{aligned}$$

Verifiche di resistenza nel piano della parete

$$\begin{aligned} l &= \text{lunghezza parete} = 4100 \text{ mm} \\ t &= \text{spessore parete} = 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{azione verticale alla base della parete} = (200+85+343+1429) \times 4.10 = 8433 \text{ daN} = 84330 \text{ N} \\ V_s &= \text{azione tagliante alla base del merlo} = (42+18+72+283) \times 4.10 = 1700 \text{ daN} = 17000 \text{ N} \\ M_s &= \text{momento flettente alla base del merlo} = 889.96 \times 4.10 = 3649 \text{ daNm} = 36490000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_0 &= \text{tensione media di compressione alla base del merlo} = 84330/(4100 \times 250) = 0.0823 \text{ N/mm}^2 \\ f_d &= \text{resistenza a compressione di progetto del merlo} = (2.40/(3 \times 1.35)) = 0.5925 \text{ N/mm}^2 \\ f_{vd} &= \text{resistenza a taglio} = (0.0444+0.4 \times 0.0823)/(3 \times 1.35) = 0.0191 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \text{momento resistente alla base del merlo} = \\ &(4100^2 \times 250 \times 0.0823/2) \times (1-0.0823/(0.85 \times 0.5925)) = 172933875 \times 0.8156 = 141040412 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_s/M_r = 36490000 / 141040412 = 0.2587 < 1 \quad \text{VERIFICATO}$$

$$e = \text{eccentricità di carico nel piano del merlo} = 36490000/84330 = 432.7 \text{ mm} < l/6 \rightarrow l'=1$$

$$V_r = \text{taglio resistente alla base del merlo} = 4100 \times 250 \times 0.0191 = 19577 \text{ N}$$

$$V_s/V_r = 17000/19577 = 0.8684 < 1 \quad \text{VERIFICATO}$$