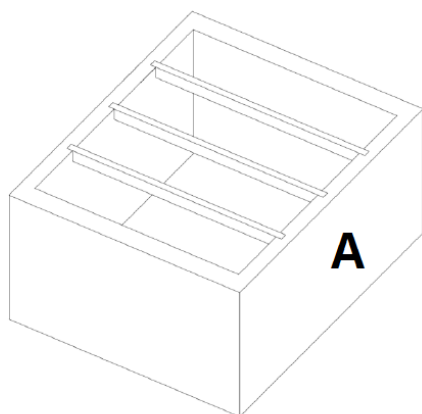


Cognome e Nome.....Matricola.....

**Quesito 1:** Data la scatola muraria in figura, si dimensiona un intervento con tiranti necessario per verificare la parete "A" nei confronti del meccanismo di ribaltamento semplice. Si utilizzi il metodo di analisi ritenuto più appropriato, e si illustrino le ipotesi di calcolo adottate. (pti. 10)



**Dati del problema:**

- Lunghezza parete: 7 m
- Altezza parete: 3.2 m
- Spessore parete: 0.4 m
- Muratura: Muratura in pietra a spacco con buona tessitura
- Peso proprio solaio: 2.5kN/m<sup>2</sup>
- Altezza del solaio: 0.2 m
- Luce del solaio: 4 m
- Coefficiente di sicurezza  $\gamma_m = 2$
- Livello conoscenza: LCI
- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Coefficiente di amplif. stratigrafica  $S_s$ : 1.328
- Coefficiente di amplif. topografica  $S_T$ : 1
- Accelerazione di picco  $a_g$ : 0.257

Fig.1: parete muraria "A" da verificare

**Tabella C8.5.1** -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a:  $f$  = resistenza media a compressione,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $f_{v0}$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $E$  = valore medio del modulo di elasticità normale,  $G$  = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,  $w$  = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	$f$	$\tau_0$	$f_{v0}$	$E$	$G$	$w$
	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(\*) Nella muratura a conci sbazzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(\*\*) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione  $f_{pu}$  può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(\*\*\*) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

**Tabella C8.5.II** -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (***)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(\*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(\*\*) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione  $f_m$  superiore a 2 N/mm<sup>2</sup>. In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a  $f_m^{0,35}$  ( $f_m$  in N/mm<sup>2</sup>).

(\*\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

### Tipologia acciaio tirante e capochiave: S235

#### Tiranti con capochiave circolare:

$$\text{Resistenza muratura: } T_m = \min \begin{cases} T_{m,a} = \pi \cdot f_{ctd} \cdot t \cdot (D + t) \\ T_{m,t} = t \cdot (D + t) \cdot (\pi \cdot \tau_0 + 2 \cdot n \cdot \sigma_0) \end{cases}$$

con:  $f_{ctd}$  = resistenza a trazione muratura;  $t$  = spessore muratura;  $D$  = diametro chiave;  $\tau_0$  = resistenza a taglio muratura;  $n$  = coeff. attrito = 0.4;  $\sigma_0$  = tensione media a compressione nella muratura al livello del tirante

$$\text{Resistenza capochiave: } M = T_c \cdot D / (3\pi) \quad V = T_c / 2$$

con:  $T_c$  = forza trasmessa alla muratura dal tirante;  $D$  = diametro chiave.

#### Tiranti con capochiave quadrato (o rettangolare):

$$\text{Resistenza muratura: } T_m = \min \begin{cases} T_{m,a} = 2 \cdot f_{ctd} \cdot t \cdot (a + b + 2 \cdot t) \\ T_{m,t} = 2t \cdot [f_{vd0} \cdot (a + b + 2t) + n \cdot \sigma_0 \cdot (a + t)] \end{cases}$$

con:  $a$  = lungh. in orizzontale della chiave;  $b$  = lungh. in verticale della chiave

$$\text{Resistenza capochiave: } M = \left(\frac{T_c}{2}\right) \cdot \left(\frac{\sqrt{2}b}{6}\right) \quad V = T_c / 2$$

con:  $b$  = lato minore del capochiave

#### Tiranti con capochiave a paletto:

$$\text{Resistenza muratura: } T_m = \min \begin{cases} T_{m,a} = 2 \cdot f_{ctd} \cdot t \cdot (a + b + 2 \cdot t) \\ T_{m,t} = 2t \cdot [f_{vd0} \cdot (a + b + 2t) + n \cdot \sigma_0 \cdot [(a + t) \cdot \cos\theta + (b + t) \cdot \sin\theta]] \end{cases}$$

con:  $a$  = lungh. lato maggiore chiave;  $b$  = lungh. lato minore chiave;  $\theta$  = angolo di inclinazione del paletto rispetto all'orizzontale ( $\sim 45^\circ$ ),

$$\text{Resistenza capochiave: } M = \frac{T_c}{8} l \quad V = T_c / 2$$

con:  $l$  = lunghezza del paletto

**Tutte le altre informazioni mancanti possono essere assunte sotto ragionevoli ipotesi.**

Cognome e Nome.....Matricola.....

**Quesito 2:** Data una trave di sezione rettangolare  $b \times h = 25 \times 40$  cm, progettare un intervento di adeguamento utilizzando un materiale composito in FRP (si utilizzino i dati della scheda tecnica allegata) affinché essa sia in grado di resistere ad un taglio sollecitante pari a 100kN. (pti. 10)

I risultati delle prove di una campagna di indagine volta a stabilire un LC2, hanno evidenziato le seguenti caratteristiche:

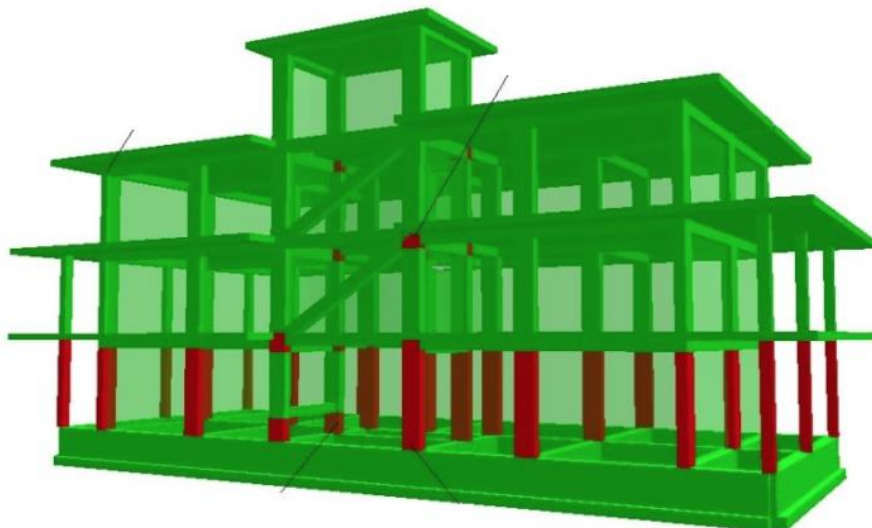
- armatura inferiore  $A_s = 3\phi 20$ ; armatura superiore  $A_s' = 2\phi 20$ ; staffe a 2 bracci  $\phi 6/250$ mm; copriferro = 25mm;
- acciaio barre longitudinali e trasversali  $f_{ym} = 420$ MPa;  $\varepsilon_{ym} = 2\%$ ; calcestruzzo:  $f_{cm} = 28$ MPa.

La tipologia di composito (CFRP monodirezionale impregnato in situ) disponibile ha le seguenti caratteristiche:

- deformazione ultima a rottura  $\varepsilon_f$  1.6%; modulo elastico medio  $E_f$  252 GPa; spessore del tessuto secco: 0.164 mm.

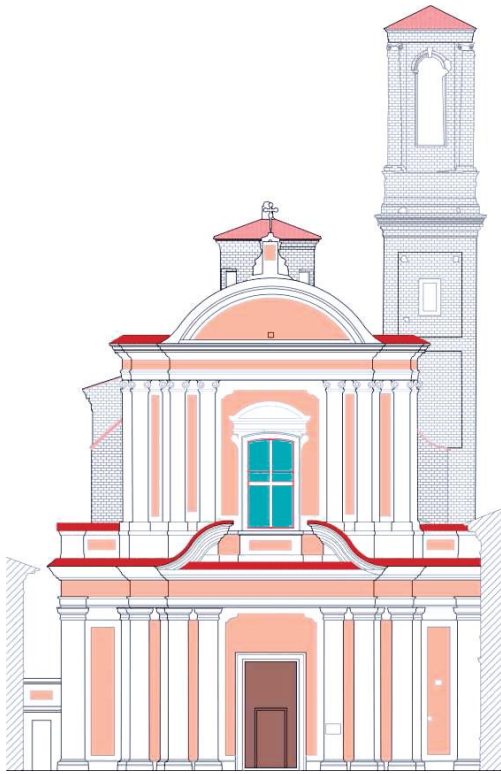
**Tutte le altre informazioni mancanti possono essere assunte sotto ragionevoli ipotesi. Si allega l'estratto della CNR DT 200 R1/2013.**

**Quesito 3:** L'analisi sismica del telaio in calcestruzzo armato gettato in opera illustrato in Figura 2 e progettato a fine anni '70 ha riportato diffuse criticità nella fase di verifica degli elementi strutturali, per quanto riguarda i pilastri del piano terra ed i relativi nodi esterni ed interni. Si illustrino le possibili strategie di intervento globale/locale miranti alla riduzione della vulnerabilità sismica della struttura esistente, giustificandone le scelte. (pti. 6 – max 30 righe)

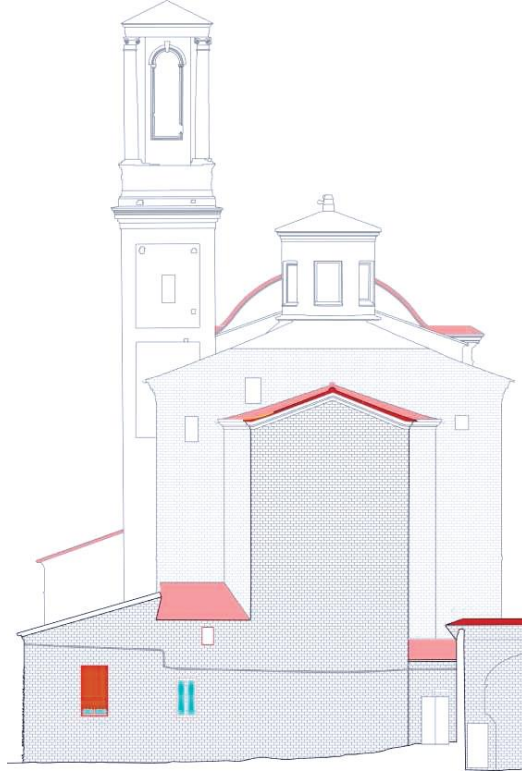


Cognome e Nome.....Matricola.....

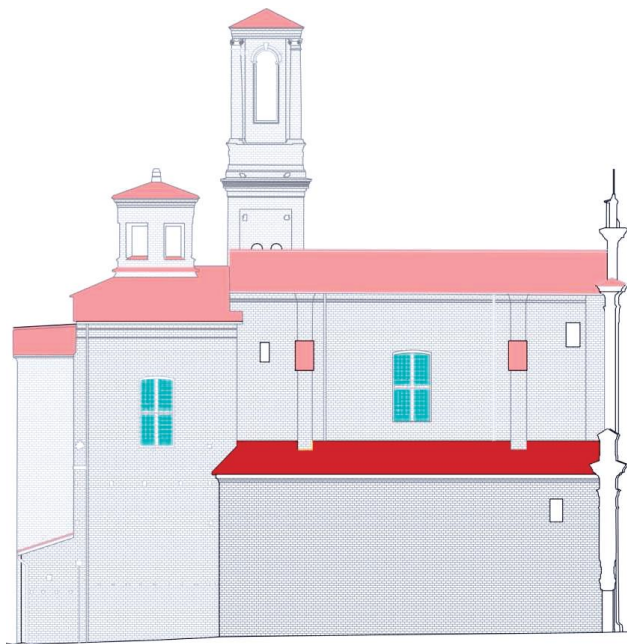
**Quesito 4:** Si illustrino i principali elementi di vulnerabilità dell'edificio monumentale riportato nelle seguenti Figure, descrivendo i potenziali meccanismi di collasso in presenza di azioni sismiche, e suggerendo possibili interventi di mitigazione della vulnerabilità sismica. (pti. 6 – max 30 righe)



*Facciata*



*Retro*

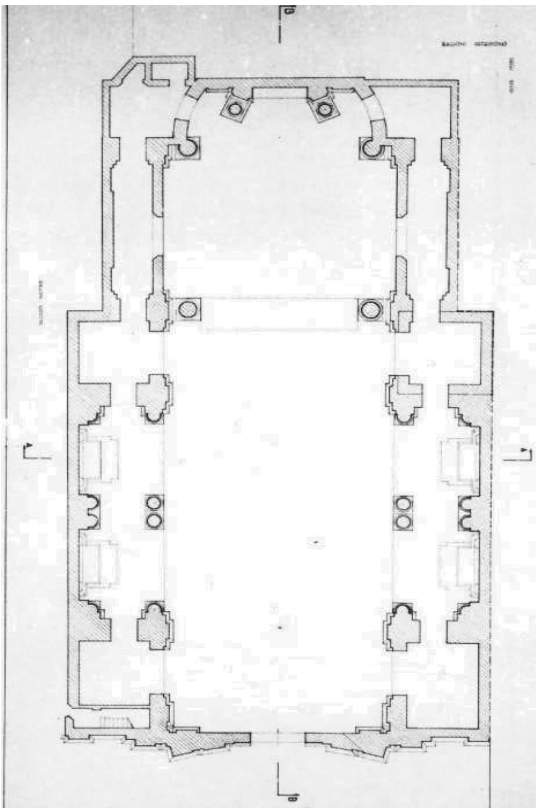


*Lato sx*

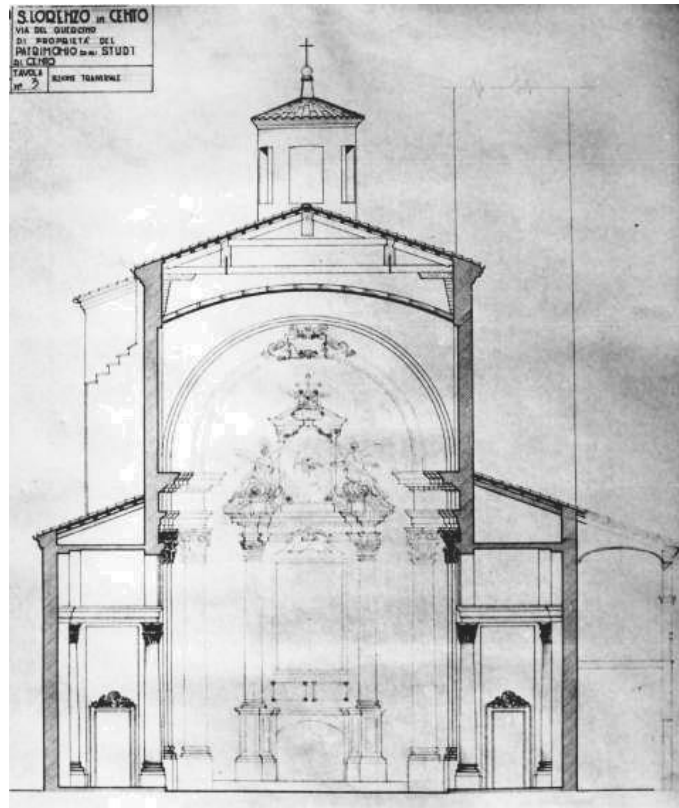


*Lato dx*

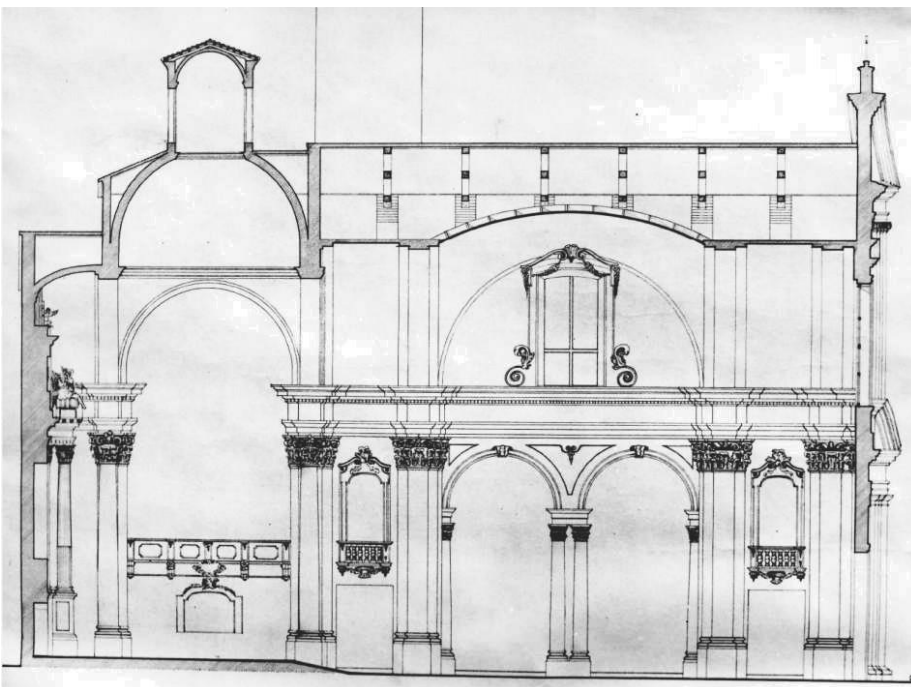




*Pianta*



*Sezione trasversale*



*Sezione longitudinale*