

## TABULATI DI CALCOLO

OGGETTO: Grande Progetto centro storico di Napoli – valorizzazione del sito UNESCO – POR FESR 2014/2020-Asse VI – Priorità di investimento 6c - obiettivo specifico 6.7 – azioni 6.7.1 e 6.8.3 - Intervento n. 10: Lavori di recupero e rifunzionalizzazione dell'ex convento dei Santi Severino e Sossio, sede dell'Archivio di Stato, finalizzati all'ampliamento della fruizione e alla valorizzazione e divulgazione dei fondi archivistici di particolare pregio. CIG:5352053DD7 - CUP: B68I12000930003

Importo totale di aggiudicazione € 2.858.478,80 compresi oneri di sicurezza intrinseci ed indiretti, nonché oneri di smaltimento, non soggetti a ribasso oltre IVA, al netto del ribasso del 38,222%

Direzione dei Lavori: arch. Rosalia D'Apice (disp. n. 23 del 10.10.2019)

Direzione Operativa: dott.sa Annunziata D'Alconzo, dott.sa Maria Tamajo Contarini

Appaltatore: Capriello Vincenzo s.r.l. Contratto n. 86277 del 18 febbraio 201

**Intervento di progettazione di una scala in Acciaio**

**UBICAZIONE:** Piazzetta del Via del Grande Archivio (NA).

### PROGETTISTA ARCHITETTONICO E D.L.

Arch. Rosalia D'Apice  
Soprintendenza ABAP



### PROGETTISTA STRUTTURALE

Ing. Domenico Brigante  
Via Riviera di Chiaia 118  
CF: BRGDNC82E30F87



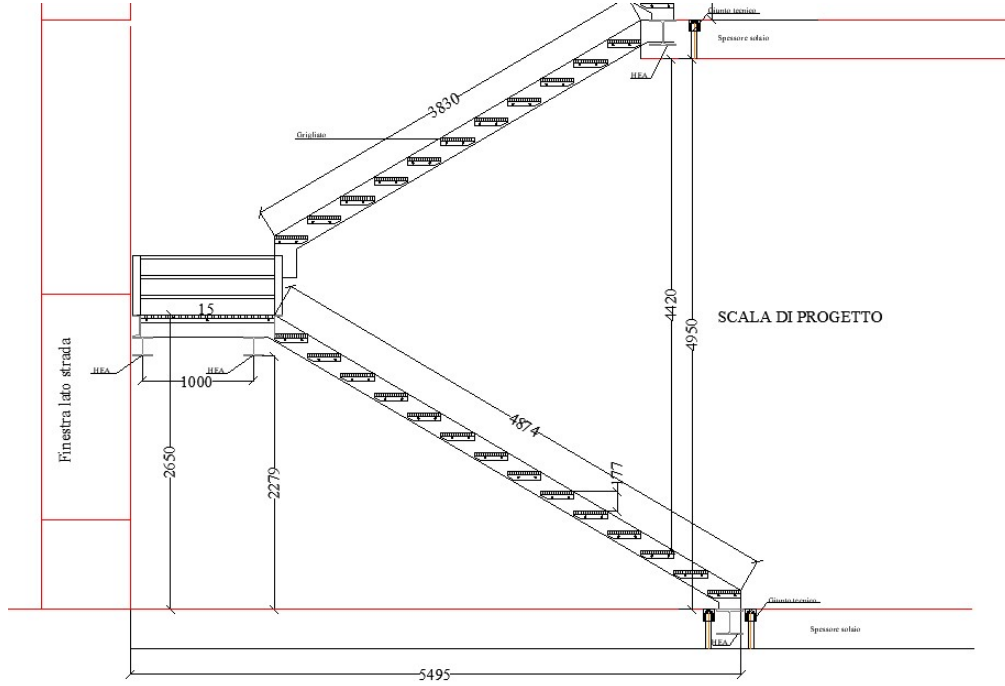
## Sommario

<b>1- ANALISI DEI CARICHI E VERIFICA DELLA SCALA IN ACCIAIO .....</b>	<b>3</b>
ANALISI DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA: .....	3
VERIFICA A FLESSIONE: .....	5
VERIFICA A TAGLIO: .....	5
VERIFICA DI DEFORMABILITÀ: .....	5
VERIFICA DI STABILITÀ FLESSO TORSIONALE: .....	6
COLLEGAMENTO GRADINO .....	6
ANALISI DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA: .....	7
VERIFICA DI IMPRONTA SULLA MURATURA: .....	10

# 1- Analisi dei carichi e verifica della scala in acciaio

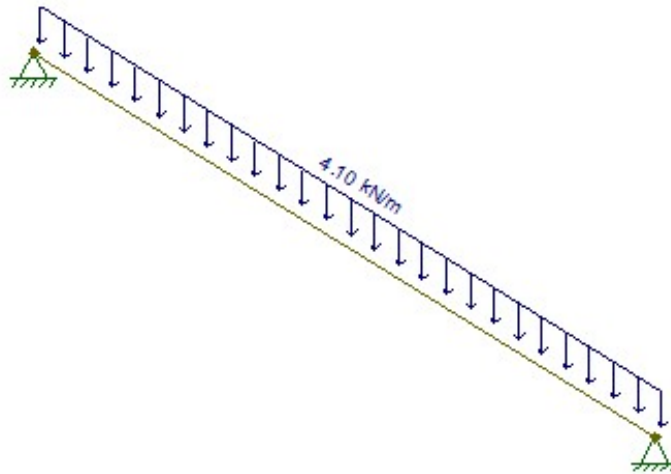
La presente relazione tecnica illustra i criteri generali e le procedure adottate per la progettazione della scala in acciaio posta all'interno dell'Archivio di Stato. (§C4.2.4 - NTC 2018);

*Grafico illustrativo della struttura di progetto.*



Partendo dalla rampa che va dal piano terra al pianerottolo (z=2.65m)

*Schema trave appoggiata-appoggiata*



La sezione ipotizzata come già annunciato è: HEA 180

**Analisi dei carichi e sollecitazioni agenti sulla struttura:**

$$f_{yk} = 235 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{235}{1.05} = 223,80 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$G_K = (G_{GRADINOGRIGLIATO} + G_{PARAPETTO}) = 0,5 + 0,14 = 0,64 \text{ [kN/mq]}$$

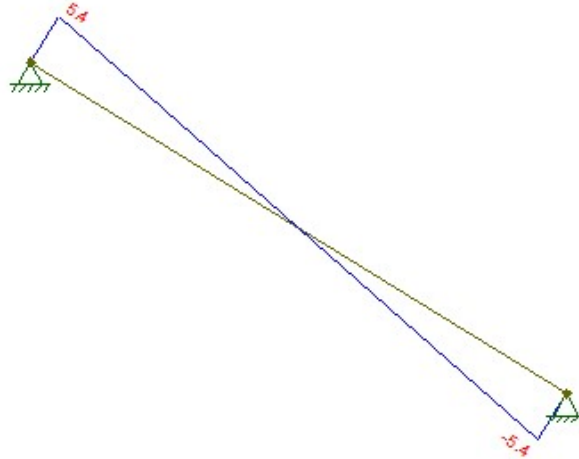
$$Q_K = 4 \text{ [kN/mq]}$$

$$\text{Lunghezza gradino} = 1,2 \text{ [m]}$$

$$q_K = \frac{(1,3 \times 0,64 + 1,5 \times 4) \times 1,2}{2} = 4,10 \text{ [kN/ml]} \text{ combinazione di carico allo SLU}$$

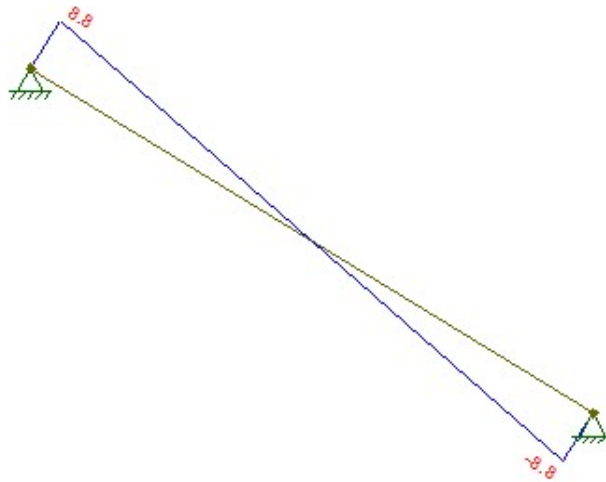
Di seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni:

Sforzo Normale:



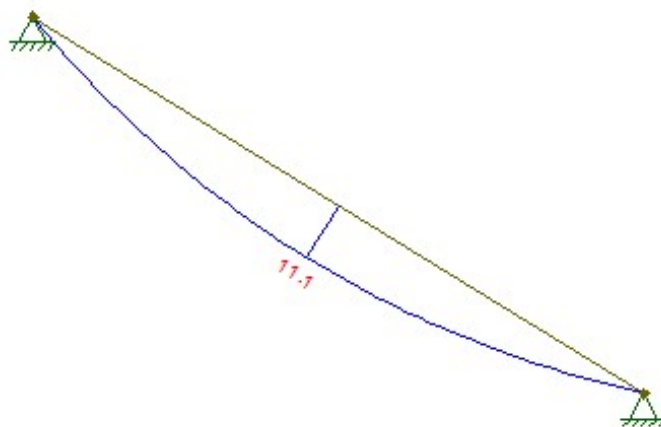
$$N_{SD}: 5,4 \text{ [kN]}$$

Taglio:



$$T_{SD}: 8,8 \text{ [kN]}$$

Momento:



$$M_{SD}: 11,1 \text{ [kNm]}$$

### Verifica a Flessione:

Secondo le vigenti normative la verifica a flessione va effettuata confrontando il massimo momento sollecitante in condizioni ultime con il momento resistente della sezione considerata, in particolare (§C4.2.4 - NTC 2018):

$$M_{Rd} = f_{yd} \times W_x = 223,80 \times 293600,00 \text{ [Nmm]} = 65,70 \text{ [kNm]}$$

$$M_{sd} = 11,1 \text{ [kNm]}$$

$$M_{sd} < M_{Rd}$$

La verifica risulta soddisfatta

### Verifica a Taglio:

Secondo le vigenti normative la verifica a taglio va effettuata confrontando il massimo taglio sollecitante in condizioni ultime con il taglio resistente della sezione considerata, in particolare (§C4.2.4 - NTC 2018):

$$\frac{(A_v \times f_{yd})}{\sqrt{3}}$$

$$V_{Rd} = \frac{(A_v \times f_{yd})}{\sqrt{3}} = 186968,30 \text{ [N]} = 186,96 \text{ [kN]}$$

$$A_v = A - 2 \times b \times t_f + (t_w + 2 \times r) \times t_f = 4525 - 2 \times 180 \times 9,5 + (6 + 2 \times 15) \times 9,5 = 1447 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$V_{sd} = 8,8 \text{ [kN]}$$

$$V_{sd} < V_{Rd}$$

La verifica risulta soddisfatta

### Verifica di deformabilità:

Bisogna altresì verificare la scelta operata eseguendo una verifica di deformabilità allo SLE (§C4.2.4 - NTC 2018):

$$q_k = \frac{(1 \times 0,64 + 0,7 \times 4) \times 1,2}{2} = 2,06 \text{ [kN/m]} = 0,0026 \text{ [kN/mm]}$$

Tabella 2.5.1 delle NTC18- combinazione SLE

Categoria/Azione variabile	$\psi_0$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E_a \times I_{tot}} = 0,002 \text{ [mm]} = 0,0002 \text{ [cm]}$$

$$\delta_{LIM} = L/250 = 4874/250 = 19,50 \text{ [mm]} = 1,9 \text{ [cm]}$$

$$\delta_1 < \delta_{LIM}$$

La verifica risulta soddisfatta

### Verifica di stabilità flessione torsionale:

La verifica nei riguardi dell'instabilità flessione-torsionale secondo la formula (§C4.2.4 - NTC 2018):

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

dove  $M_{Ed}$  è il massimo momento flettente di calcolo e  $M_{b,Rd}$  è il momento resistente di progetto per l'instabilità. Tale momento, può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \times W_x \times f_{yd} = 197131428,6 \text{ [Nmm]} = 197,13 \text{ [kNm]}$$

$\chi_{LT}$  è il fattore di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale, consigliabile per sezioni laminate e comunque compreso tra 0,2 e 0,4. [-]

$$M_{Sd} < M_{b,Rd}$$

La verifica risulta soddisfatta

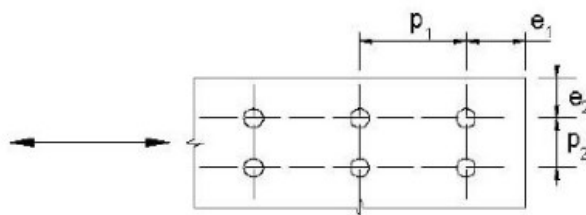
### Collegamento gradino

Il collegamento del singolo gradino con il profilo HEA180, precedentemente analizzato, dovrà essere effettuato mediante degli angolari che dovranno essere bullonati ai gradini. Gli angolari adottati sono delle L60x40x4. Poiché ciascun gradino è appoggiato all'angolare i bulloni sono soggetti allo sforzo normale di compressione, pertanto, non occorre effettuare alcuna verifica. E' necessario però rispettare i limiti di normativa imposti in merito alle distanze tra i bulloni e i bulloni dal bordo della piastra. La normativa NTC 2018 al punto 4.2.8.1.1 attraverso la tab. 4.2 XVIII prescrive delle caratteristiche geometriche da rispettare nel posizionamento dei fori per evitare meccanismi di rottura fragile e fenomeni di instabilità locale.

I fori devono avere diametro uguale a quello del bullone maggiorato al massimo di 1 mm, per bulloni sino a 20 mm di diametro, e di 1,5 mm per bulloni di diametro maggiore di 20 mm. Si può derogare da tali limiti quando eventuali assestamenti sotto i carichi di servizio non comportino il superamento dei limiti di deformabilità o di servizio. Quando necessario, è possibile adottare "accoppiamenti di precisione" in cui il gioco foro-bullone non dovrà superare 0,3 mm per bulloni sino a 20 mm di diametro e 0,5 mm per bulloni di diametro superiore, o altri accorgimenti di riconosciuta validità.

Per fori asolati o maggiorati devono essere utilizzate le indicazioni riportate in UNI EN 1993-1-8.

Fig. 4.2.5 – Disposizione dei fori per la realizzazione di unioni bullonate o chiodate



Tab. 4.2.XVIII – Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate



Distanze e interassi (Fig. 4.2.5)	Minimo	Massimo		
		Unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni non esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni di elementi in acciaio resistente alla corrosione (UNI EN10025-5)
$e_1$	$1,2 d_0$	$4t+40$ mm	-	$\max(8t;12$ mm)
$e_2$	$1,2 d_0$	$4t+40$ mm	-	$\max(8t;125$ mm)
$p_1$	$2,2 d_0$	$\min(14t;200$ mm)	$\min(14t;200$ mm)	$\min(14t;175$ mm)
$p_{1,0}$	-	$\min(14t;200$ mm)	-	-
$p_{1,i}$	-	$\min(28t;400$ mm)	-	-
$p_2$	$2,4 d_0$	$\min(14t;200$ mm)	$\min(14t;200$ mm)	$\min(14t;175$ mm)

Adottando bulloni M10, classe 8.8, e considerando uno spessore pari a 4mm:

$$e_1 \geq 12\text{mm}$$

$$e_2 \geq 12\text{mm}$$

$$e_1; e_2 \geq 56\text{mm}$$

$$p_1 \geq 22\text{mm}$$

$$p_2 \geq 22\text{mm}$$

$$p_1; p_2 \geq 56\text{mm}$$

Si considera dunque una fila di tre bulloni M10.

#### Analisi dei carichi e sollecitazioni agenti sulla struttura:

$$f_{yk} = 235 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{235}{1,05} = 223,80 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$G_K = (G_{\text{GRADINOGRIGLIATO}}) = 0,5 \text{ [kN/mq]}$$

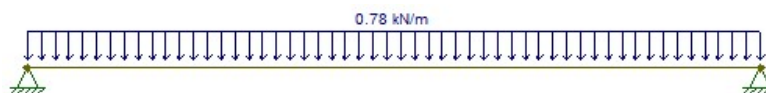
$$Q_K = 4 \text{ [kN/mq]}$$

$$\text{Lunghezza gradino} = 1,2 \text{ [m]}$$

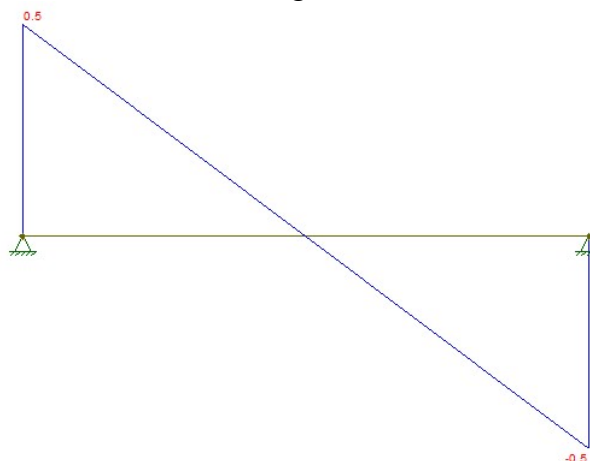
$$q_{K, \text{GRADINO}} = (1,3 \times 0,5 + 1,5 \times 4) \times 1,2 = 0,78 \text{ [kN/ml]} \text{ combinazione di carico allo SLU}$$

Di seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni:

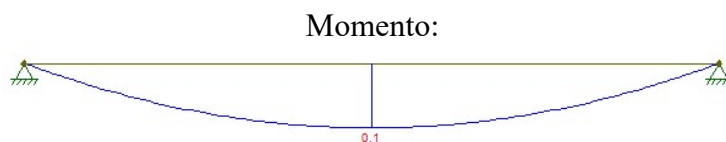
*Schema trave appoggiata-appoggiata*



Taglio:



$$T_{SD}: 0,5 \text{ [kN]}$$



$$M_{SD}: 0,1 \text{ [kNm]}$$

Si ipotizza una verifica a taglio-tranciamento prendendo come forza tagliante la reazione vincolare di appoggio nel caso in cui il gradino faccia lavorare i bulloni a taglio.

Si considera la sollecitazione di Taglio in appoggio e la divido per il numero di bulloni.

Dunque:

$$V_{SD,BULLONE} = (0,5/3) = 0,167 \text{ [kN]}$$

Per la verifica a Taglio-Tranciamento si considera:

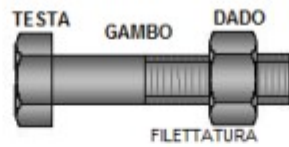
$$\tau = \frac{640}{1.05 \cdot \sqrt{3}} = 351,91 \text{ [N/mm}^2\text{]} = 0,351 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

*Tabella 11.3.XIII.b -NTC2018*

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

*Tabella proprietà geometriche bulloni*





Le dimensioni caratteristiche di un bullone sono:

- d diametro nominale del gambo
- p passo della filettatura
- A<sub>res</sub> area resistente

CARATTERISTICHE BULLONI

d	p	A <sub>res</sub>	A	A <sub>res</sub> / A	d	p	A <sub>res</sub>	A	A <sub>res</sub> / A
8	1.25	38.6	50.3	0.77	33	3.5	694	855	0.81
10	1.50	58.0	78.5	0.74	36	4.0	817	1018	0.80
12	1.75	84.3	113	0.75	39	4.0	976	1195	0.82
14	2.00	115	154	0.75	42	4.5	1120	1385	0.81
16	2.00	157	201	0.78	45	4.5	1310	1590	0.82
18	2.50	192	254	0.75	48	5.0	1470	1810	0.81
20	2.50	245	314	0.78	52	5.0	1760	2124	0.83
22	2.50	303	380	0.80	56	5.5	2030	2463	0.82
24	3.00	353	452	0.78	60	5.5	2360	2827	0.83
27	3.00	459	573	0.80	64	6.0	2680	3217	0.83
30	3.50	581	707	0.82	68	6.0	3060	3632	0.84

d Diametro Bullone ( mm. )  
 p Passo filettatura ( mm. )  
 A<sub>res</sub> Area Resistente ( mmq. )

$$V_{RD} = T \times A_{BULLONE} \times n^{\circ}_{BULLONI} = 0,351 \times 58,00 \times 3 = 61,074 \text{ [kN]}$$

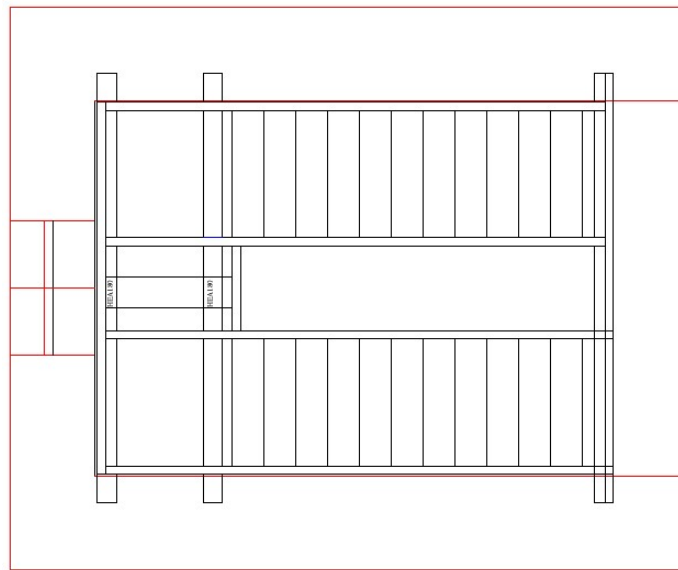
Pertanto:

$$V_{SD,BULLONE} < V_{RD}$$

La verifica risulta soddisfatta

## Verifica di impronta sulla muratura:

Grafico illustrativo della struttura di progetto in pianta.



Per la verifica di impronta sulla muratura si parte dall'analisi dei carichi agenti sulla trave che poggia sulla muratura esistente.

$$f_{yk} = 235 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{235}{1,05} = 223,80 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

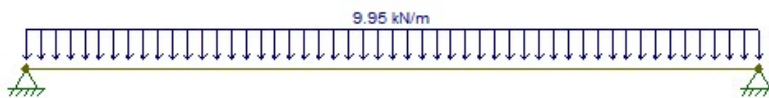
$$G_K = (G_{HEA180} + G_{GRIGLIA} + G_{PARAPETTO}) = 2,40 + 0,5 + 0,14 = 3,04 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$Q_K = 4 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_{K,SLU} = (1,3 \times 3,04 + 1,5 \times 4) = 9,95 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

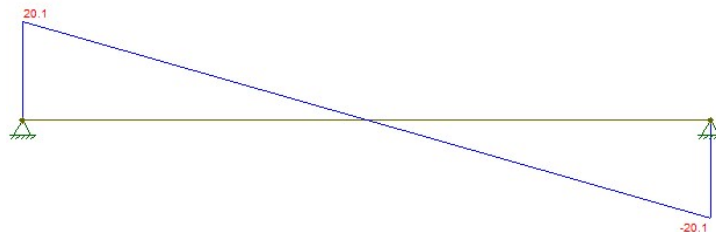
$$L_{trave} = 4,24 \text{ [m]}$$

Schema trave appoggiata-appoggiata



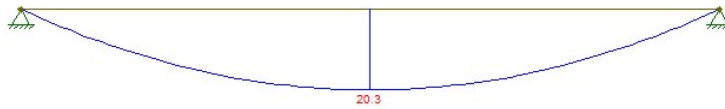
Di seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni:

Taglio:



$$T_{SD}: 20,1 \text{ [kN]}$$

Momento:



$M_{SD}: 20,3 \text{ [kNm]}$

Dal calcolo delle sollecitazioni si evince che in appoggio il  $T_{SD}$  vale  $20,1 \text{ [kN]}$ , pertanto confrontando questa reazione con la reazione della muratura si ha:

Resistenza caratteristica a compressione minima della muratura esistente  
 $f_{kMURATURA} = 1,4 \text{ [N/mm}^2\text{]}$  (Tabella C8.5.1 - Circolare 2019)

Considerando questo valore caratteristico diviso per il coefficiente di sicurezza della muratura e per il FC determinato dal livello di conoscenza della muratura esistente si ha:

$$f_d = ((1,4/3) / 1,35) = 0,346 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

La forza di reazione della muratura risulta essere pari a:

$$R_{MURATURA} = f_d \times A_{IMPRONTA} = 0,346 \times 63000 = 21777,77 \text{ [N]} = 21,77 \text{ [kN]}$$

$$R_{MURATURA} < T_{SD}$$

La verifica risulta soddisfatta

*Dettaglio appoggio trave-muratura esistente*

