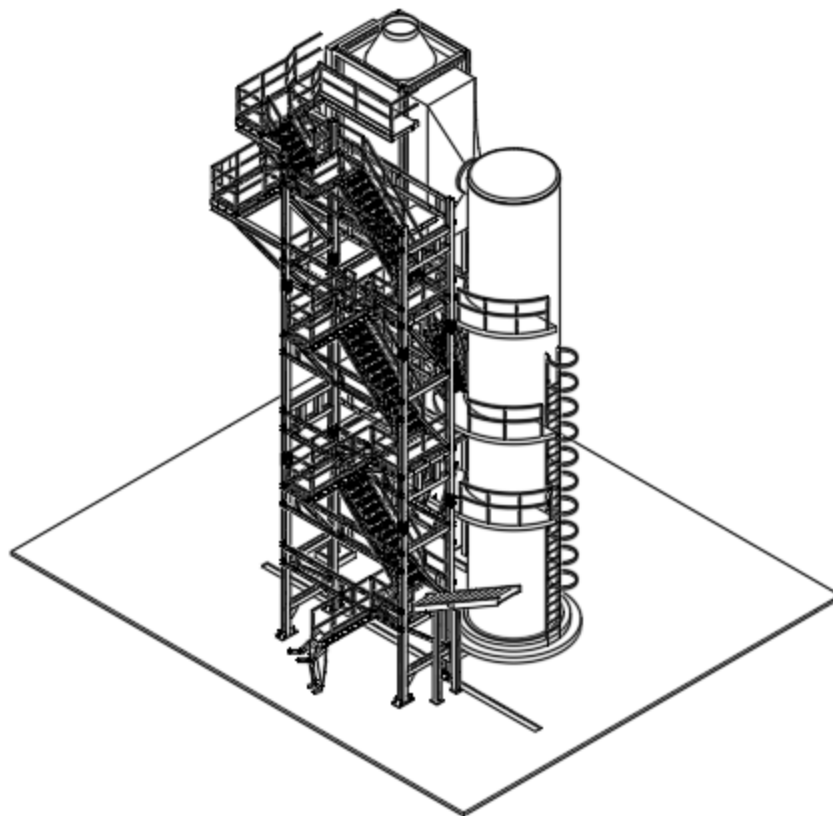


RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1



**STUDIO TECNICO
INVERNIZZI**

Via A. Grandi 14, 20026 Novate Milanese (MI)
Cell: 338-9863532
Pec: giacomoluigi.invernizzi@ingpec.eu
C.F. NVRGML86D29F205G – P.I. 09039430963

DATA
14/10/2022

REV
0

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

INDICE

1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
2. OGGETTO	4
2.1 NOTE INTRODUTTIVE	4
3. CARICHI, COMBINAZIONI DI CARICO, MATERIALE	5
3.1 CARICHI CONSIDERATI	5
3.2 COMBINAZIONI DI CARICO	6
3.3 MATERIALE	6
4. TELAIO.....	7
4.1 CALCOLO SOLLECITAZIONE SISMICA DEL TELAIO A.....	8
4.2 CALCOLO SOLLECITAZIONE SISMICA DEL TELAIO B	10
5. VERIFICHE.....	12
5.1 VERIFICA BALLATOIO	12
5.2 VERIFICA COLONNA	13
5.3 VERIFICA PIASTRA DI BASE	15
5.4 VERIFICA A TRAZIONE TASSELLO CHIMICO.....	16
5.5 VERIFICA DELLA SEZIONE TRASVERSALE DELLA PIASTRA DI BASE	16
5.6 VERIFICA A TAGLIO TASSELLO CHIMICO.....	17
5.7 VERIFICA COPRIGIUNTI	17
6. CONCLUSIONI	18

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

L'intera struttura è progettata in accordo alle seguenti norme:

- **NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018**, Gennaio 2018.
- **CNR 10021-85**
- **UNI EN 13586**, Luglio 2008, Apparecchi di sollevamento – Accessi.

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

2. OGGETTO

2.1 NOTE INTRODUTTIVE

La presente Relazione tecnica è redatta dal sottoscritto Dott. Ing. Giacomo Luigi Invernizzi, iscritto all'albo degli ingegneri della Provincia di Milano n° A 30373, con studio in Via Achille Grandi n°14, 20026 Novate Milanese (MI), ed ha per oggetto la verifica strutturale della scala Torre di lavaggio Linea 1 presso lo stabilimento di Silea S.p.a sito in Via L. Vassena 6, 23868 Valmadrera (LC).

Trattasi di una scala di accesso per transito personale alla torre di lavaggio della Linea 1 installata all'interno di un edificio, di conseguenza non soggetta alle forze derivanti dal vento e dalle azioni meteorologiche.

Relazione richiesta con lettera d'incarico: 2022/448 del 18/05/2022.

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

3. CARICHI, COMBINAZIONI DI CARICO, MATERIALE

3.1 CARICHI CONSIDERATI

Carichi permanenti G_1 :

- Lamiera striata (ballatoi da 2m²): 30 kg/m²
- Ballatoi (esclusa lamiera): 110 kg
- Peso rampa: 220 kg
- Peso struttura (escluso rampe e ballatoi): 8.480 kg

PESO TOTALE CARICHI PERMANENTI = 11.580 kg

Carichi variabili Q_k :

- Carico verticale su ballatoi: 150 kg/m²
- Spinta orizzontale su parapetti nella posizione più sfavorevole 300 N

Sollecitazione sismica E:

Località:	VALMADRERA (LC)
Zona sismica:	2
Terreno:	B
Categoria topografica:	T1
Vita nominale:	25 anni
Coeff. d'uso:	2

Sisma di progetto:

Stato Limite	TR [anni]	ag[g]	Fo	T* C [s]
SLD	50	0,055	2,5	0,265
SLV	475	0,154	2,555	0,273

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

3.2 COMBINAZIONI DI CARICO

1. Combinazione fondamentale Stati limite Ultimi

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_Q * \Psi_0 * Q_k$$

2. Combinazione sismica

$$G_1 + E + \Psi_2 * Q_k$$

dove:

- $\gamma_{G1} = 1,3$
- $\gamma_Q = 1,5$
- $\Psi_0 = 1$ (categoria E)
- $\Psi_2 = 0,8$ (categoria E)

3.3 MATERIALE

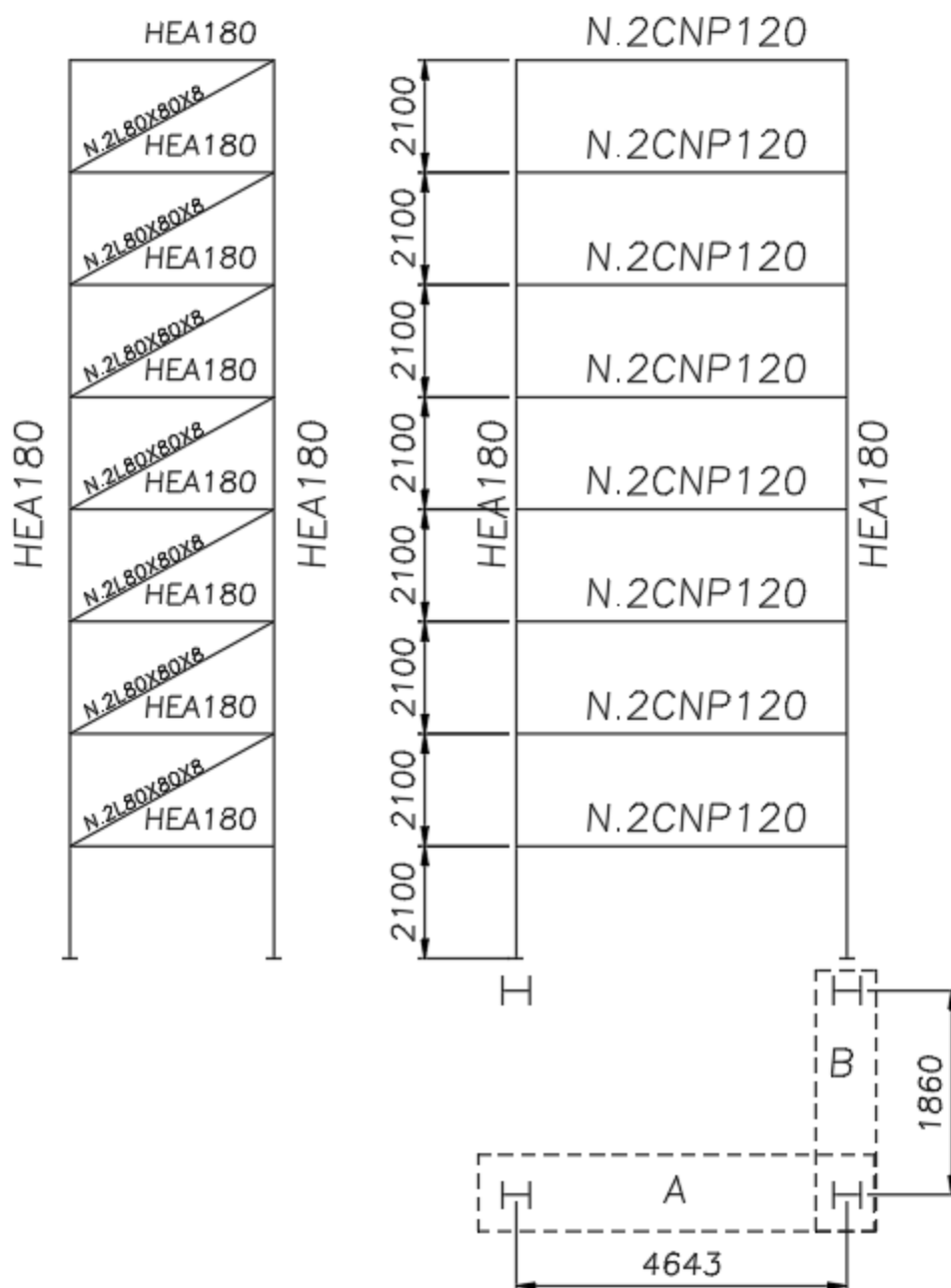
Materiale delle strutture S275JR STANDARD EN 10025-2:

- $f_u = 430 \text{ N/mm}^2$
- $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ (per spessori < 16 mm)

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

4. TELAIO

La struttura per il calcolo viene schematizzata come in figura:



Trattasi di una scala a 8 piani in carpenteria metallica, con telai con attacchi a momento in una direzione (TELAIO A) e controventi nell'altra (TELAIO B).

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

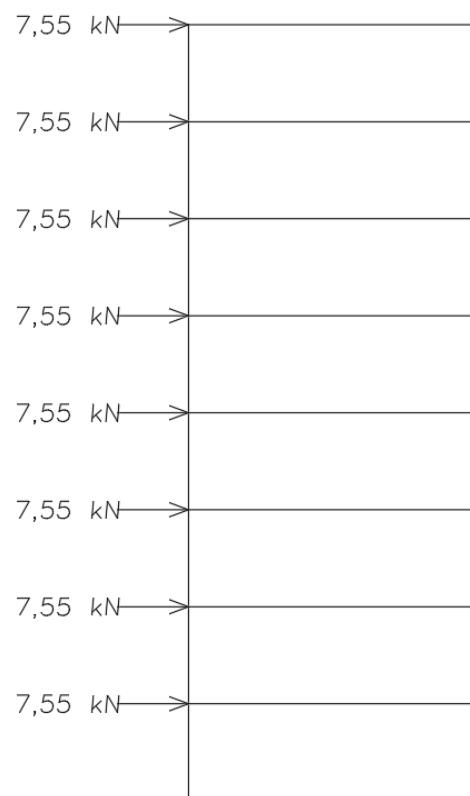
4.1 CALCOLO SOLLECITAZIONE SISMICA DEL TELAIO A

- Carico permanente totale per piano: $G_1 = 8480/8 \text{ kg} + 30 \text{ kg/m}^2 * 2 \text{ m}^2 + 110 \text{ kg} + 220 \text{ kg} = 1450 \text{ kg}$
- Carico variabile per piano: $Q_k = 300 \text{ kg}$

Calcolo del periodo proprio con il metodo di Rayleigh:

si carica il telaio ad ogni piano con forze orizzontali P_i pari alla massa sismica agente al piano (permanente + 30% del carico variabile) divisa tra i telai di tipo A.

$$P_i = (G_1 + 0,3*Q_k) = (1450 + 0,3*300) / 2 = 770 \text{ kg} = 7,55 \text{ kN}.$$



Si trovano gli spostamenti orizzontali piano per piano d_i :

	piano 1	piano 2	piano 3	piano 4	piano 5	piano 6	piano 7	piano 8
$d_i \text{ [m]} =$	0,018	0,036	0,054	0,072	0,09	0,108	0,126	0,144

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

Si applica la formula:

$$\sum P_i \cdot d_i^2 = 0,50$$

$$\sum P_i \cdot d_i = 4,89$$

Ottenendo il periodo: $T_i = 0,64$ s.

Al periodo proprio $T_i = 0,64$ s corrisponde il valore dello spettro: $S_{SLV}(0,64s) = 0,27$ g.

Poiché la struttura è regolare in pianta, usiamo, per calcolare le azioni sismiche, il metodo dell'analisi lineare statica equivalente.

Calcoliamo il coefficiente di maggiorazione d che tiene conto dell'eccentricità accidentale:

$$\delta = 1 + 0,6 X / L_e = 1,3$$

$$X / L_e = 930 / 1860 = 0,5$$

esso incrementerà le forze statiche equivalenti.

Il peso da considerare ad ogni piano, costante, è: $W_i = 7,55$ kN.

Calcoliamo la forza sismica statica equivalente totale:

$$F_h = S_{SLV}(0,64s) \cdot W \cdot \lambda = 0,27 \cdot (8 \cdot 7,55) \cdot 1 = 16,09 \text{ kN}$$

Le forze ai vari piani sono espresse in tabella:

FORZE STATICHE EQUIVALENTI			
Piano		z_i [m]	F_i [kN]
8	0,28	16,8	4,65
7		14,7	4,07
6		12,6	3,49
5		10,5	2,90
4		8,4	2,32
3		6,3	1,74
2		4,2	1,16
1		2,1	0,58

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

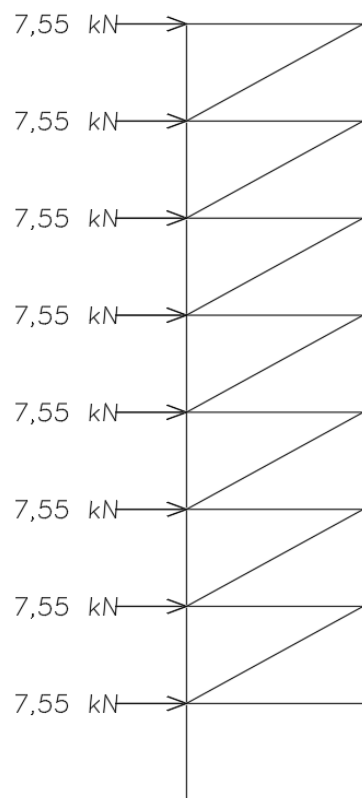
4.2 CALCOLO SOLLECITAZIONE SISMICA DEL TELAIO B

- Carico permanente totale per piano: $G_1 = 8480/8 \text{ kg} + 30 \text{ kg/m}^2 * 2 \text{ m}^2 + 110 \text{ kg} + 220 \text{ kg} = 1450 \text{ kg}$
- Carico variabile per piano: $Q_k = 300 \text{ kg}$

Calcolo del periodo proprio con il metodo di Rayleigh:

si carica il telaio ad ogni piano con forze orizzontali P_i pari alla massa sismica agente al piano (permanente + 30% del carico variabile) divisa tra i telai di tipo A.

$$P_i = (G_1 + 0,3 * Q_k) = (1450 + 0,3 * 300) / 2 = 770 \text{ kg} = 7,55 \text{ kN}.$$



Si trovano gli spostamenti orizzontali piano per piano d_i :

	piano 1	piano 2	piano 3	piano 4	piano 5	piano 6	piano 7	piano 8
$d_i \text{ [m]} =$	0,030	0,033	0,037	0,042	0,048	0,053	0,060	0,066

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

Si applica la formula:

$$\sum P_i \cdot d_i^2 = 0,14$$

$$\sum P_i \cdot d_i = 2,78$$

Ottenendo il periodo: $T_i = 0,44$ s.

Al periodo proprio $T_i = 0,44$ s corrisponde il valore dello spettro: $S_{SLV}(0,44s) = 0,615$ g.

Poiché la struttura è regolare in pianta, usiamo, per calcolare le azioni sismiche, il metodo dell'analisi lineare statica equivalente.

Calcoliamo il coefficiente di maggiorazione δ che tiene conto dell'eccentricità accidentale:

$$\delta = 1 + 0,6 X / L_e = 1,3$$

$$X / L_e = 0,5 \cdot 4643 / 4643 = 0,5$$

esso incrementerà le forze statiche equivalenti.

Il peso da considerare ad ogni piano, costante, è: $W_i = 7,55$ kN.

Calcoliamo la forza sismica statica equivalente totale:

$$F_h = S_{SLV}(0,44s) \cdot W \cdot \lambda = 0,615 \cdot (8 \cdot 7,55) \cdot 1 = 37,15 \text{ kN}$$

Le forze ai vari piani sono espresse in tabella:

FORZE STATICHE EQUIVALENTI			
Piano		z _i [m]	F _i [kN]
8	0,64	16,8	10,73
7		14,7	9,39
6		12,6	8,05
5		10,5	6,71
4		8,4	5,37
3		6,3	4,02
2		4,2	2,68
1		2,1	1,34

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

5. VERIFICHE

Verifica della struttura per carichi permanenti, variabili e sisma:

5.1 VERIFICA BALLATOIO

Si verifica il traverso del ballatoio su cui è vincolata la scala sottoposto a metà dei carichi permanenti distribuiti + metà dei carichi variabili distribuiti + i carichi concentrati della scala.

Il traverso del ballatoio è un piegato a C 200x80x4 di luce pari a 2m e materiale S275JR.

Lo schema di vincolo considerato è quello di trave su due appoggi.

I carichi distribuiti totali sono pari a:

$$(1,3 \times 160 \text{ kg} + 1,5 \times 150 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}^2) / 4 = 164,5 \text{ kg/m}$$

COMBINAZIONE FONDAMENTALE STATI LIMITE ULTIMI

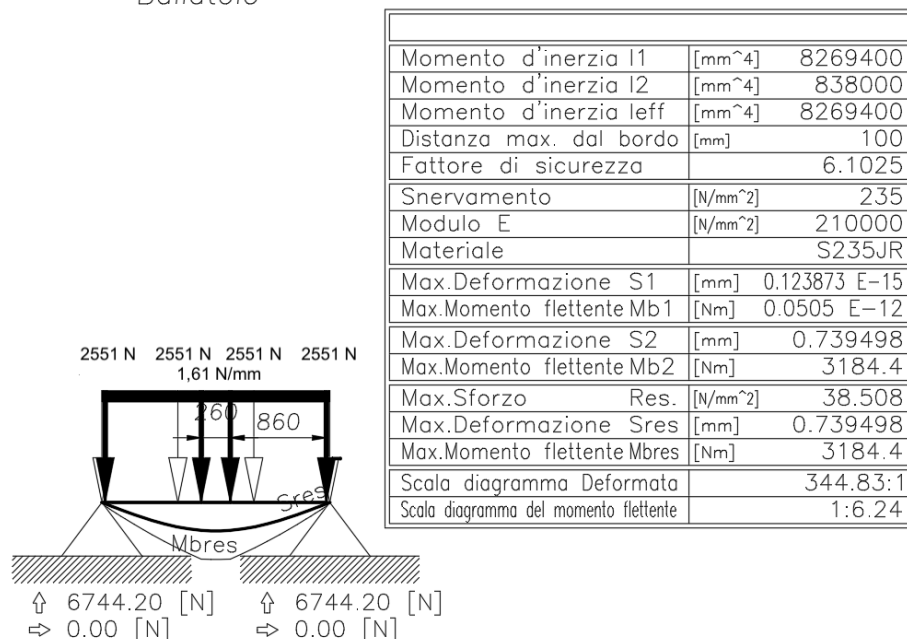
I carichi concentrati dovuti alla rampa delle scale e a due persone che stanno salendo producono quattro forze pari a: 260 kg.

Le forze sopra citate producono:

- $\sigma_{\max} = 38,5 \text{ MPa} < f_{rd\sigma} = 250 \text{ MPa}$
- deformazione massima di 0,75 mm.

Di seguito l'output di calcolo:

Ballatoio

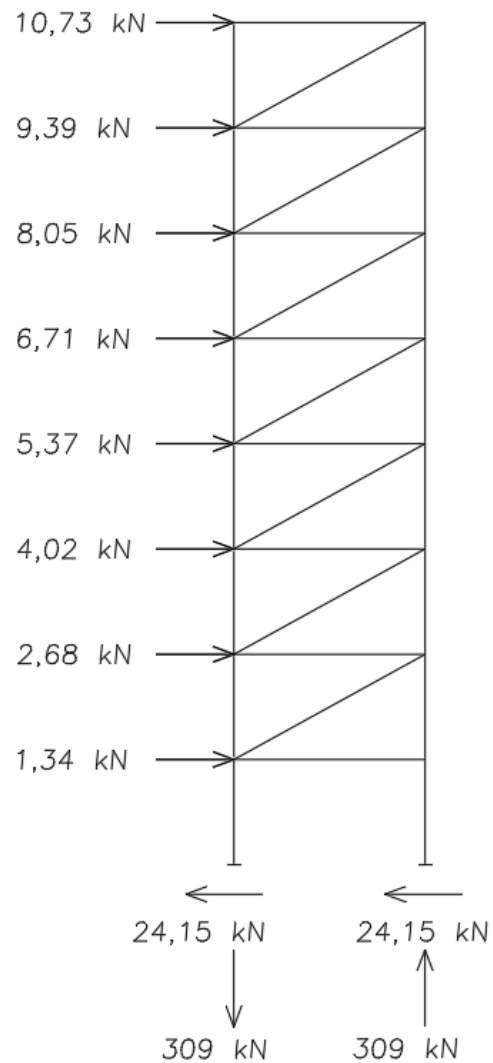


STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

5.2 VERIFICA COLONNA

La colonna è verificata per carichi permanenti e sisma in direzione del TELAIO B.

Calcolo colonne per sisma in direzione del TELAIO B:



ai carichi sismici vanno sommati quelli permanenti che producono delle reazioni alla base della colonna pari a: $11580 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 / 4000 = 28 \text{ kN}$.

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

SEZIONE				
Tipo =	HEA180	Av =	7	cm ²
q (peso al metro colonna) =	35,50 Kg/m	Raggio di inerzia - ix =	74,4	mm
Area =	45 cm ²	Raggio di inerzia - iy =	45,2	mm
Jx =	2.510 cm ⁴	λ_x =	56,4	
Jy =	925 cm ⁴	λ_y =	46,5	
Wx =	294 cm ³	ω_x =	1,20	
Wy =	103 cm ³	ω_y =	1,13	

REAZIONI VINCOLARI ALLA BASE				
Azione assiale - N	=	337.000		N
Taglio - T	=	24.150		N
VERIFICA A RESISTENZA				
σ_{sd}	=	89,27		N/mm ²
τ_{sd}	=	32,99		N/mm ²
σ_{sd} ideale	=	105,99		N/mm ²
fRd σ	=	250,00		N/mm ²
σ_{sd} ideale	<	fRd σ		OK

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

5.3 VERIFICA PIASTRA DI BASE

VERIFICA DIMENSIONI

CLASSE DI CALCESTRUZZO C25/30 IPOTIZZATA

Ned	=	337,00	kN	sollecitazione normale di progetto valore SLV
Ted		24,15	kN	sollecitazione di taglio di progetto valore SLV
fck	=	25,00	Mpa	resistenza caratteristica cilindrica
fck,cube	=	30,00	Mpa	resistenza caratteristica cubica
γ_c	=	1,50		
α_{cc}	=	0,85		
fcd	=	14,17	Mpa	resistenza a compressione di progetto del CLS
β_j	=	2/3		
α	=	1,50		non sono note le dimensioni della fondazione
fjd	=	14,17	Mpa	
A _{c0}	=	237,88	cm ²	area necessaria per la piastra di base

DIMENSIONI HEA 180			
h	=	171,00	mm
b	=	180,00	mm
tw	=	6,00	mm
tf	=	9,50	mm

DIMENSIONI MINIME PIASTRA DI BASE			
c	=	8,69	mm
bbp	=	197,38	mm
lbp	=	188,38	mm
fykbp	=	275,00	Mpa
s min	=	2,02	mm

LA PIASTRA ADOTTATA HA LE SEGUENTI DIMENSIONI

$$b = 600 \text{ mm} > b_{bp}$$

$$l = 300 \text{ mm} > l_{bp}$$

$$s = 30 \text{ mm} > s_{min}$$

VERIFICATO

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

5.4 VERIFICA A TRAZIONE TASSELLO CHIMICO

Si ipotizzano n° 8 tasselli M24 con ancorante chimico HIT - HY 200 A classe 5.8 (resistenza barra filettata 73,2 kN).

La forza nel tirante è pari a: $F_t = (337 \text{ kN} - 28 \text{ kN}) / 8 = 38,625 \text{ kN} < 73,2 \text{ kN}$ **VERIFICATO**

Occorre garantire:

- una profondità di ancoraggio standard di: 220 mm
- uno spessore minimo della soletta di: 266 mm

5.5 VERIFICA DELLA SEZIONE TRASVERSALE DELLA PIASTRA DI BASE

La piastra di base risulta inflessa per effetto della trazione sui tirafondi.

Il momento plastico resistente della piastra di base è pari a:

$$M_{pl.a.Rd} = (0,25 * b_{bp} * t_{bp}^2 * f_{yk.bp}) / \gamma_{mo} = 17,97 \text{ kNm}$$

con:

- $b_{bp} = 300 \text{ mm}$
- $t_{bp} = 30 \text{ mm}$
- $f_{yk.bp} = 275 \text{ Mpa}$
- $\gamma_{mo} = 1,05$

$$m_z = (i_{ab} - h) / 2 - 0,8 * s_f = 102 \text{ mm}$$

con:

- $i_{ab} = 400 \text{ mm}$ interasse fori
- $h = 180 \text{ mm}$
- $s_f = 10 \text{ mm}$ lato del cordone di saldatura relativo all'ala della colonna

$$F_{T.I.Rd} = M_{pl.a.Rd} / m_z = 173 \text{ kN} > (337 \text{ kN} - 28 \text{ kN}) / 2 = 154,5 \text{ kN} \quad \textbf{VERIFICATO}$$

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

5.6 VERIFICA A TAGLIO TASSELLO CHIMICO

N° 8 tasselli M 24 hanno un'area resistente di:

$$317 \text{ mm}^2 \times 8 = 2536 \text{ mm}^2$$

Ted = 24,15 kN

$$\tau = 4/3 * 24.150 \text{ N} / 2536 \text{ mm}^2 = 12,7 \text{ Mpa} \quad \textbf{VERIFICATO}$$

5.7 VERIFICA COPRIGIUNTI

La forza trasmissibile per attrito per ciascuna superficie per i seguenti bulloni è:

- 50,4 kN (bulloni M 24 classe 8.8)
- 22,4 kN (bulloni M 16 classe 8.8)

Il coprighiunto è formato da:

- 8 bulloni M 24 a semplice coprighiunto
- 4 bulloni M 16 a doppio coprighiunto

La forza trasmissibile totale dal coprighiunto risulta:

$$F_t = 50,4 \text{ kN} * 8 + 22,4 \text{ kN} * 4 * 2 = 582 \text{ kN} > (337 \text{ kN} + 28 \text{ kN}) = 365 \text{ kN} \quad \textbf{VERIFICATO}$$

STUDIO TECNICO INVERNIZZI	RELAZIONE DI CALCOLO	CLIENTE	SILEA SPA
	SCALA TORRE DI LAVAGGIO LINEA 1	DATA	14/10/2022
		REV.	(0)

6. CONCLUSIONI

Tutte le verifiche svolte risultano soddisfatte con un buon margine di sicurezza rispetto agli stati limite considerati.

Le ipotesi che sono state fatte hanno sempre preso in considerazione situazioni più sfavorevoli rispetto a quelle reali.

NOVATE MILANESE (MI)

14/10/2022

