

Studio Micheloni

LAVORO:

Edificio “Ex Centrale Termica” dello stabilimento FIAT di Novoli, Firenze
Progetto definitivo dell'intervento di riqualificazione dell'edificio

COMMESSA: **J17005**

COMMITTENTE: **Immobiliare Novoli Spa**
Via Saviane, 6
50127 Firenze

TITOLO:

Relazione di calcolo delle nuove strutture a servizio dell'edificio della “Ex Centrale Termica”

PROGETTISTA:

Ing. Michelangelo Micheloni

2		
1		
0	EMISSIONE	1 marzo 2019
REV	DESCRIZIONE	DATA
Il presente documento è di proprietà dello Studio Micheloni Srl Le proprietà intellettuali sono dei rispettivi autori. A termini di legge ogni diritto è riservato.		ELABORATO: DOC.06
		N. PAG 49

INDICE GENERALE

1.	PREMESSA	6
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3.	LA SISMICITÀ DEL SITO	9
4.	CARICHI	10
4.1.	CARICHI PERMANENTI	10
4.2.	CARICHI ACCIDENTALI	10
5.	MATERIALI	12
5.1.	CALCESTRUZZO STRUTTURE DI FONDAZIONE	12
5.2.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450 C	12
5.3.	ACCIAIO DA CARPENTERIA S355 JR	13
5.4.	UNIONI ED INGHISAGGI	13
5.5.	RESINA PER ANCORAGGI CHIMICI	13
6.	VERIFICHE STRUTTURALI	14
6.1.	IL SOFTWARE DI CALCOLO	14
6.2.	SCALA OVEST	15
6.2.1.	ANALISI MODALE	16
6.2.2.	COMBINAZIONI CONSIDERATE	17
6.2.3.	SOLLECITAZIONI MASSIME NEGLI ELEMENTI	17

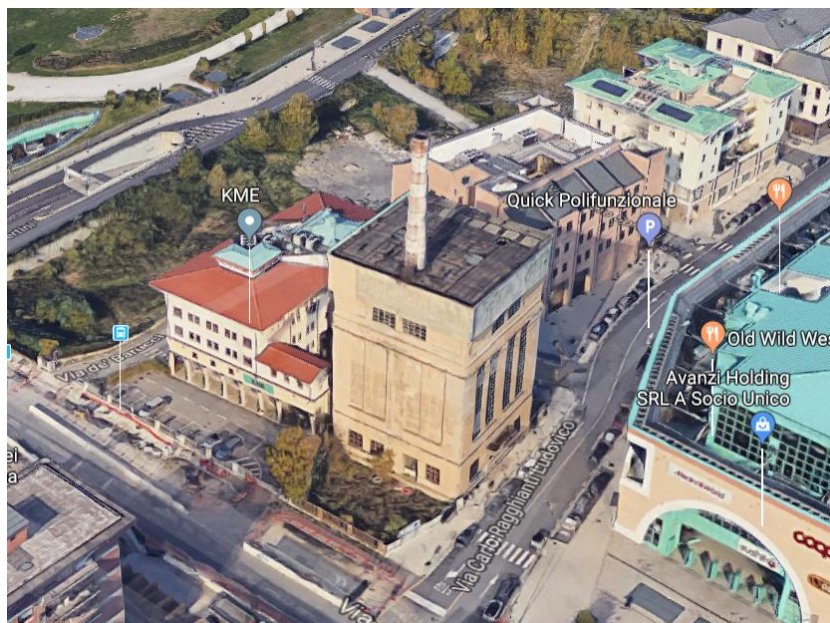
6.2.4.	VERIFICA COLONNE	18
6.2.5.	VERIFICA TRAVERSI	19
6.2.6.	COSCIALI	19
6.2.7.	PLATEA	20
6.3.	SCALA NORD	22
6.3.1.	ANALISI MODALE	23
6.3.2.	COMBINAZIONI CONSIDERATE	23
6.3.3.	SOLLECITAZIONI MASSIME NEGLI ELEMENTI	23
6.3.4.	VERIFICA COLONNE	24
6.3.5.	VERIFICA TRAVERSI	25
6.3.6.	COSCIALI	26
6.3.7.	PLATEA	27
6.4.	SCALA INTERNA 1	28
6.4.1.	ANALISI MODALE	29
6.4.2.	COMBINAZIONI CONSIDERATE	30
6.4.3.	SOLLECITAZIONI MASSIME NEGLI ELEMENTI	30
6.4.4.	VERIFICA COLONNE	30
6.4.5.	VERIFICA TRAVERSI	32
6.4.6.	COSCIALI	32
6.5.	SCALA INTERNA 2	34

6.5.1.	ANALISI MODALE	35
6.5.2.	COMBINAZIONI CONSIDERATE	36
6.5.3.	SOLLECITAZIONI MASSIME NEGLI ELEMENTI	36
6.5.4.	VERIFICA COLONNE	37
6.5.5.	VERIFICA TRAVERSI	38
6.5.6.	COSCIALI	39
6.6.	STRUTTURA COPERTURA	39
6.6.1.	ANALISI MODALE	40
6.6.2.	COMBINAZIONI CONSIDERATE	41
6.6.3.	SOLLECITAZIONI MASSIME NEGLI ELEMENTI	41
6.6.4.	VERIFICA COLONNE	42
6.6.5.	VERIFICA TRAVI	43
7.	LE FONDAZIONI PROFONDE	44
8.	CARATTERISTICHE ED AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	46
8.1.	TIPO DI ANALISI SVOLTA	46
8.2.	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO PER L'IMPALCATO	46
8.3.	ALTRI SOFTWARE UTILIZZATI	46
8.4.	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	46
8.5.	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	47
8.6.	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE	47

8.7.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	47
9.	VALIDAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	48

1. Premessa

La presente relazione ha come oggetto il progetto strutturale definitivo relativo all'intervento di riqualificazione dell'ex Centrale FIAT di Novoli a Firenze. Si riporta di seguito l'inquadramento generale e una immagine dell'edificio esistente.



L'edificio sarà oggetto di una profonda ristrutturazione, in particolare è previsto un intervento di miglioramento sismico sull'edificio esistente e la realizzazione di nuove strutture rappresentate da due nuove scale metalliche esterne, due nuove scale metalliche interne ed infine una struttura metallica leggera e temporanea in copertura.

Quest'ultima struttura ha le caratteristiche di un "dehor" temporaneo, che non si inquadra urbanisticamente in un aumento di volume e sopraelevazione, ma bensì è finalizzato a poter garantire un accesso in copertura all'interno di uno spazio coperto. Oggetto della presente relazione sono le verifiche, statiche e sismiche, delle strutture in elevazione e di fondazione di cui sopra. Per semplicità le strutture saranno indicate come segue:

- Scala Ovest;
- Scala Nord;
- Scala Interna 1 tra il piano secondo ed il piano terzo;
- Scala Interna 2 tra il piano terzo ed il piano copertura;
- Struttura dehor di copertura;

2. Normativa di riferimento

Per la redazione del presente documento viene considerato il seguente quadro normativo.

Di seguito vengono riportate le normative italiane per le costruzioni.

- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” (di seguito denominate *NTC2018*).
- Circolare n.7 del 21.01.2019 - Istruzioni per l'applicazione dello “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (di seguito denominata *Circolare NTC2018*).

I calcestruzzi e le barre d'armatura per le strutture in cemento armato devono corrispondere alle Norme Tecniche per le costruzioni in conglomerato cementizio di cui alla legge 1086 del 5 novembre 1971, al D.M. 17 gennaio 2018 ed alle norme tecniche in vigore all'atto della costruzione ed avere inoltre tutti i requisiti richiesti dal Committente e dalla D.L., nonché dalle norme UNI, ENV, ecc. in materia.

Oltre che alle sopra citate Norme Tecniche si fa riferimento all'Eurocodice 3 per quanto riguarda i nodi delle strutture in acciaio.

- UNI EN 1993-1-8 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti

Si fa riferimento all'Eurocodice 0 e alla norma EN 1090-1 per quanto riguarda l'identificazione delle classi di esecuzione e la valutazione di conformità degli elementi metallici.

- UNI EN 1990:2006 - Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale
- Norma armonizzata UNI EN 1090-1:2012 - “Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali”

3. La sismicità del sito

Il sito è ubicato nel quartiere di Novoli nel comune di Firenze. Una completa analisi della sismicità del sito è riportata nella relazione geologica e sismica, mentre di seguito vengono analizzati i dati principali funzionali all'individuazione delle sollecitazioni dovute al sisma sulla struttura. Il territorio del comune di Firenze è classificato secondo l'OPCM 3274 del 20.03.2003, **in zona 3**. Le coordinate geografiche del sito, e che verranno utilizzate per le valutazioni sismiche sono:

43.790728°N - 11.227285° E

L'opera è stata identificata come "tipo di costruzione ordinaria che prevede affollamenti significativi" e quindi in base alla tabella 2.4.1 delle NTC2018 viene presa a riferimento una vita nominale dell'opera $V_n = 50$ anni, come appartenente alla Classe d'Uso III. La pericolosità sismica può essere quindi valutata considerando:

- Vita nominale dell'opera, $V_n = 50$ anni;
- Classe d'uso, $C_u = III$;
- Vita di riferimento, $V_r = 75$ anni.

Function Name SLV_q=1

Function Damping Ratio 0.05

Parameters

☒ ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude

☐ ag, F0 and Tc* - by Island

☐ ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree) 11.2273

Site Latitude (degree) 43.7907

Island Name

Limit State SLV

Usage Class III

Nominal Life 50

Peak Ground Acc., ag/g 0.1501

Magnification Factor, F0 2.3961

Reference period, Tc* 0.3063

Spectrum Type Design Horizo

Soil Type C

Topography T1

h/H ratio 1

Spectrum Period, Tb 0.1584

Spectrum Period, Tc 0.4752

Spectrum Period, Td 2.2004

Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q 1

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.2228
0.1584	0.5338
0.4752	0.5338
0.5752	0.441
0.6752	0.3757
0.7752	0.3272
0.8752	0.2898
0.9752	0.2601
1.0752	0.2359

Buttons: Add, Modify, Delete

Function Graph

Display Graph 0.0,0.0

OK Cancel

Per le strutture oggetto del presente documento è stato considerato un fattore di struttura $q=1$.

4. Carichi

Si riportano di seguito i carichi considerati per il dimensionamento delle strutture. Questi sono stati determinati in accordo con le NTC 2018.

4.1. Carichi permanenti

I carichi permanenti sono rappresentati di seguenti materiali.

- Peso specifico calcestruzzo armato 25 kN/m^3
- Peso specifico acciaio 78.5 kN/m^3
- Peso grigliati metallici scale 0.50 kN/m^2
- Peso ringhiere scale 0.30 kN/m
- Peso rivestimento scala interna 0.50 kN/m^2
- Peso sandwich di copertura 0.30 kN/m^2

4.2. Carichi accidentali

I carichi variabili accidentali sono determinati dalla folla ai vari piani, dal vento e dalla neve in copertura.

- Carico della folla compatta su scale 4 kN/m^2
- Carico variabile di utilizzo negli ambienti accessibili 3 kN/m^2
- Carico variabile di ispezione in copertura 0.50 kN/m^2
- Carico neve 0.80 kN/m^2

Si riporta di seguito il calcolo dell'azione del vento.

AZIONE DEL VENTO

Velocità di riferimento del vento	$V_{b,0}$	27	m/s
Pressione cinetica di riferimento	q_b	456	N/m^2
Area urbana	Cat.	B	-
Categoria di esposizione	Cat.	IV	-
Parametro di rugosità	k_r	0.22	-
Dimensione dell'ostacolo	z_0	0.3	m
Altezza minima	z_{min}	8	m
Coefficiente di esposizione minimo	$C_e(z_{min})$	1.63	-

Coefficiente di pressione	C_{fx}	1.6	-
Area netta pannelli forati	A_n	30%	-

PRESSIONE DEL VENTO

Z	c_e (-)	p
(m))	(kN/m ²)
8	1.63	0.36
16	2.11	0.46
22	2.35	0.51
27	2.50	0.55
31	2.61	0.57

Per quanto riguarda la determinazione dell'azione risultante agente sulle superfici di rivestimento delle scale esterne è necessario fare una precisazione.

È stato ipotizzato un rivestimento permeabile con alta percentuale di foratura (>70%). Questo per limitare le sollecitazioni sulla struttura.

Le azioni del vento sono state calcolate in accordo con la CNR DT 207 del 2008, considerando una percentuale minima di foratura pari a 70% ovvero una percentuale di area netta pari al massimo al 30%:

$$C_f = 1.6 \times 0.3 = 0.48$$

Si prescrive quindi che i pannelli utilizzati per il rivestimento della scala siano caratterizzati da una percentuale di foratura maggiore del 70%.

5. Materiali

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali impiegati.

5.1. Calcestruzzo strutture di fondazione

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza ed il diametro massimo dell'aggregato.

Si riportano di seguito le caratteristiche del calcestruzzo impiegato:

Platee di fondazione

- Classe di resistenza C28/35
- Classe di consistenza S4
- Resistenza cilindrica a compressione $f_{ck}=28$ MPa
- Resistenza cubica a compressione $R_{ck}=35$ MPa

Pali di fondazione

- Classe di resistenza C25/30
- Classe di consistenza S5
- Resistenza cilindrica a compressione $f_{ck}=25$ MPa
- Resistenza cubica a compressione $R_{ck}=30$ MPa

5.2. Acciaio per cemento armato B450 C

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

- Classe di resistenza B450 C
- Resistenza allo snervamento $f_{yk}=450$ MPa
- Resistenza a rottura $f_{tk}=540$ MPa

5.3. Acciaio da carpenteria S355 JR

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1 Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali $f_y = R_eH$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto.

L'acciaio è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| • Classe di resistenza | S355 |
| • Classe di resilienza | JR |
| • Resistenza allo snervamento | $f_{yk}=355$ MPa |
| • Resistenza a rottura | $f_{tk}=510$ MPa |

5.4. Unioni ed inghisaggi

Saldature e materiali per saldature EN 12345:1998; EN ISO 14555:1998; EN ISO 13918:1998; EN 2883:1992; EN ISO 5817:2003.

Tirafondi ad alta resistenza:

Vite:	Classe 8.8	UNI EN 898/1 – UNI EN ISO14399
Dado	Classe 8	UNI 20898 -2- UNI EN ISO14399
Rondella	C 50	UNI 7845-78

5.5. Resina per ancoraggi chimici

La resina utilizzata per gli ancoraggi chimici è tipo Hilti HIT – RE 500 V3.

6. Verifiche strutturali

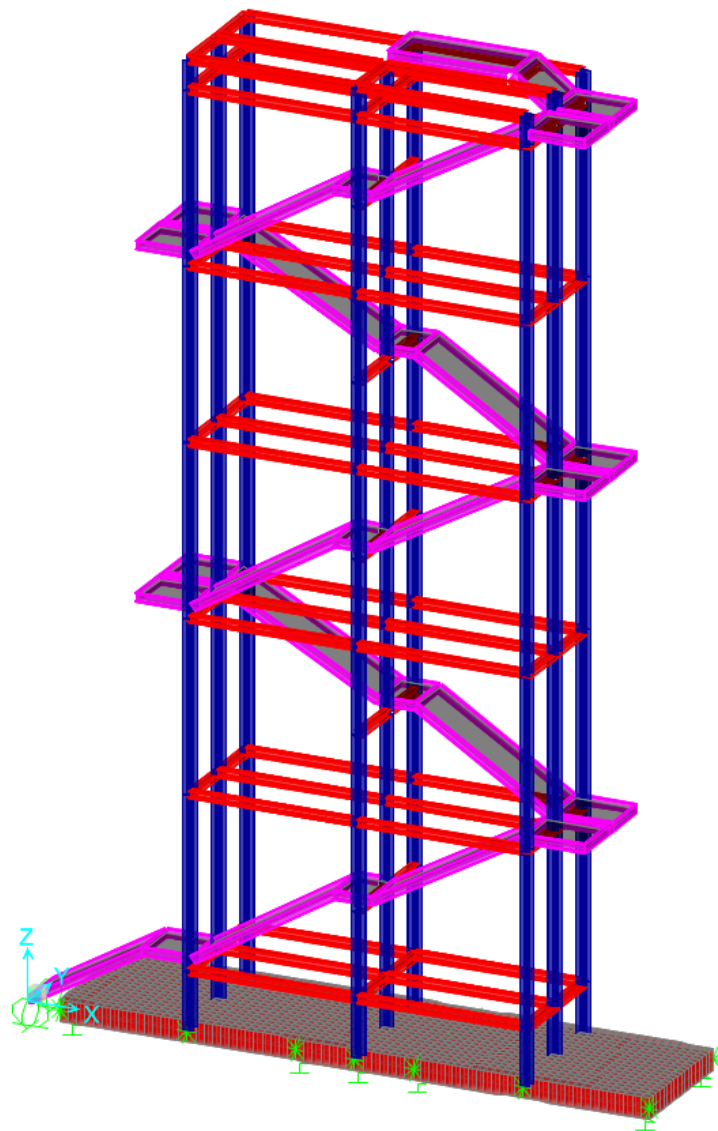
6.1. Il software di calcolo

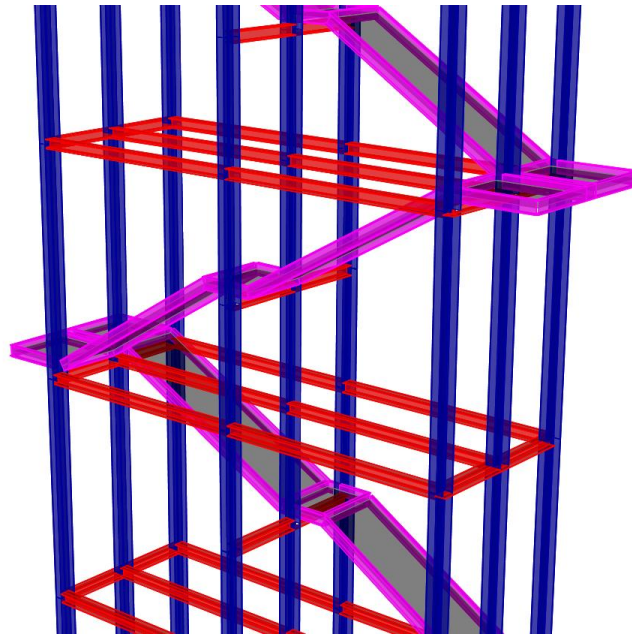
Nell'ambito del presente progetto sono stati elaborati dei modelli agli elementi finiti con lo scopo di valutare le caratteristiche della sollecitazione agenti sulle strutture sotto diversi schemi di carico. I modelli sono stati elaborati mediante il software agli elementi finiti SAP2000 Plus della Computers and Structures Inc. concesso in licenza allo Studio Micheloni Srl.



6.2. Scala Ovest

La scala Ovest presenta un'altezza massima di 22.5 metri, la struttura portante è costituita da 3 telai in acciaio a nodi rigidi. Le colonne sono dei profili HEB 240 mentre i traversi sono delle HEA 180. I cosciali della scala sono costituiti da UPN 200. La struttura in elevazione si attesta su una platea in cemento armato dello spessore di 50 cm che a sua volta risulta fondata su pali.





6.2.1. Analisi modale

Si riportano di seguito le forme modali principali della struttura. Apparentemente la massa attivata risulta inferiore al 50% in realtà considerando che la platea di fondazione presenta una massa che è praticamente pari alla metà della massa totale, la percentuale di massa attivata supera il 90%.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.848	0.001	0.251	0.001	0.251	0.099	0.099
MODAL	Mode	2	0.767	0.002	0.108	0.002	0.359	0.196	0.294
MODAL	Mode	3	0.727	0.408	0.000	0.410	0.359	0.001	0.295
MODAL	Mode	4	0.455	0.003	0.008	0.414	0.366	0.026	0.321
MODAL	Mode	5	0.246	0.000	0.020	0.414	0.387	0.026	0.348
MODAL	Mode	6	0.236	0.037	0.000	0.451	0.387	0.000	0.348
MODAL	Mode	7	0.221	0.000	0.032	0.451	0.419	0.007	0.355
MODAL	Mode	8	0.184	0.000	0.000	0.452	0.419	0.000	0.355
MODAL	Mode	9	0.172	0.000	0.000	0.452	0.419	0.001	0.356
MODAL	Mode	10	0.162	0.001	0.003	0.453	0.422	0.005	0.362
MODAL	Mode	11	0.158	0.006	0.000	0.460	0.423	0.002	0.363
MODAL	Mode	12	0.142	0.001	0.000	0.460	0.423	0.001	0.364
MODAL	Mode	13	0.132	0.000	0.009	0.461	0.432	0.003	0.366
MODAL	Mode	14	0.124	0.000	0.007	0.461	0.439	0.000	0.367
MODAL	Mode	15	0.118	0.000	0.001	0.461	0.441	0.007	0.374
MODAL	Mode	16	0.109	0.000	0.003	0.461	0.443	0.000	0.374
MODAL	Mode	17	0.096	0.000	0.000	0.461	0.443	0.000	0.374
MODAL	Mode	18	0.093	0.000	0.000	0.461	0.443	0.000	0.375
MODAL	Mode	19	0.092	0.000	0.000	0.461	0.444	0.000	0.375
MODAL	Mode	20	0.090	0.000	0.000	0.461	0.444	0.000	0.375

6.2.2. Combinazioni considerate

Per quanto riguarda la progettazione della scala est le combinazioni fondamentali considerate sono le seguenti:

- SLU carico folla;
- SLU azione vento in direzione trasversale (dir y);
- SLU azione vento in direzione longitudinale (dir x);
- SLV azione sismica in direzione trasversale (dir y);
- SLV azione sismica in direzione longitudinale (dir x);
- ENV inviluppo delle precedenti combinazioni;

6.2.3. Sollecitazioni massime negli elementi

Si seguito vengono riportate le caratteristiche della sollecitazione considerando la combinazione ENV.

Colonne HEB 240: $N = -230 \text{ kN}$, $M_3 = 43 \text{ kNm}$, $M_2 = 11 \text{ kNm}$

Traversi HEA 180: $M_3 = 21 \text{ kNm}$

Cosciali UPN 200: $N = -85 \text{ kN}$, $M_3 = 6 \text{ kNm}$

Platea di fondazione: $m_{11} = 170 \text{ kNm}$; $m_{22} = 80 \text{ kNm}$;

6.2.4. Verifica colonne

Si riporta adesso la verifica della colonna maggiormente sollecitata. Per quanto riguarda la determinazione delle lunghezze libere di inflessione si fa riferimento agli "alignment charts" per strutture a nodi spostabili. Considerando l'altezza dei singoli telai pari a 4.10 metri, la lunghezza libera di inflessione in entrambi i piani è risultata pari a $L_0 = 1.5 \times L = 6.15 \text{ m}$.

☐ IPE
☐ IPN
☐ HEAA
☐ HL
☐ HEA
☐ IPEA
☐ HEX
☐ UB
☒ HEB
☐ IPEO
☐ HD
☐ UC
☐ HEM
☐ IPEX
☐ HP
☐ W

Ordina per
☒ Wy
☐ ly
☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) f_y (N/mm²): 275 f_u : 430
Lunghezze di libera inflessione [m]
 l_{0y} : 6.15 l_{0z} : 6.15
 N_{Sd} [kN]: 230

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 140 B	33.7	140	140	7.00	12.00	12.00
HE 160 B	42.6	160	160	8.00	13.00	15.00
HE 180 B	51.2	180	180	8.50	14.00	15.00
HE 200 B	61.3	200	200	9.00	15.00	18.00
HE 220 B	71.5	220	220	9.50	16.00	18.00
HE 240 B	83.2	240	240	10.00	17.00	21.00
HE 260 B	93.0	260	260	10.00	17.50	24.00

Plotta

HE 240 B
 $N_{by,Rd}$ [kN]: 2,196
 $N_{bz,Rd}$ [kN]: 1,251
 $V_{ply,Rd}$ [kN]: 502.6
 $M_{cy,Rd}$ [kNm]: 275.8
 $M_{cz,Rd}$ [kNm]: 130.5
 $V_{plz,Rd}$ [kN]: 1,234

g (Kg/m): 83.2
h (mm): 240
b (mm): 240
tw (mm): 10
tf (mm): 17
r1 (mm): 21
r2 (mm): 0
A (cm²): 106
 I_y (cm⁴): 11,260
 I_z (cm⁴): 3,923
 I_T (cm⁴): 102.7
 W_y (cm³): 938.3
 W_z (cm³): 326.9
 W_{ply} (cm³): 1,053
 W_{plz} (cm³): 498.4
 i_y (cm): 10.31
 i_z (cm): 6.08
 I_T (cm⁴): 102.7
 I_w (cm⁶): 486,900

Classe Sezione
Comprensione: 1
Flessione My: 1
Flessione Mz: 1
Presso-Flessione: 1

Verifiche
 Presso-Flessione
 Svergolamento

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

HE 240 B Acciaio: S275 (Fe430) f_y (N/mm²): 275

N_{Sd} [kN]: 230

Inflexione attorno all'asse
y - y z - z

	y - y	z - z
l_0 [m]	6.15	6.15
Snellezza λ	59.65	101.2
$N_{b,Rd}$ [kN]	2,196	1,251
$M_{1,Sd}$ [kNm]	43	11
$M_{2,Sd}$ [kNm]	0	0
β_M	1.8	1.8
μ	-0.153	0.059
k	1.015	0.990
$M_{c,Rd}$ [kNm]	275.8	130.5
M_{Sd} [kNm]	43	11

☒ Momenti all'estremità
☐ Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano
☐ Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano più momenti d'estremità

Resistenza della sezione: 0.109 OK ?
Instabilità flessione-torsionale: 0.435 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.184 + 0.158 + 0.083 = 0.426$$
OK

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.426 < 1$).

6.2.5. Verifica traversi

Si riporta adesso la verifica del traverso maggiormente sollecitato. In questo caso la verifica si riduce al caso di semplice flessione.

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioCl Normativa: NTC ?

Ordina per: ☒ Wy ☐ ly ☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) f_y (N/mm²): 275 f_u : 430

Lunghezze di libera inflessione [m]: l_{0y} 4 l_{0z} 4

N_{Sd} [kN]: q

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16.7	96	100	5.00	8.00	12.00
HE 120 A	19.9	114	120	5.00	8.00	12.00
HE 140 A	24.7	133	140	5.50	8.50	12.00
HE 160 A	30.4	152	160	6.00	9.00	15.00
HE 180 A	36.0	171	180	6.00	9.50	15.00
HE 200 A	42.3	190	200	6.50	10.00	18.00
HE 220 A	50.5	210	220	7.00	11.00	18.00

HE 180 A

$N_{b,Rd}$ [kN]: 980.9 $M_{cy,Rd}$ [kNm]: 85.09

$N_{bz,Rd}$ [kN]: 626.6 $M_{cz,Rd}$ [kNm]: 40.99

$V_{ply,Rd}$ [kN]: 218.8 $V_{plz,Rd}$ [kN]: 517.1

g (Kg/m): 36 h (mm): 171 r2 (mm): 0

b (mm): 180 A (cm²): 45.25 i_y (cm): 7.45 i_z (cm): 4.52

tw (mm): 6 I_y (cm⁴): 2,510 I_z (cm⁴): 924.6 I_T (cm⁴): 14.8

tf (mm): 9.5 W_y (cm³): 293.6 W_z (cm³): 102.7 I_w (cm⁶): 60,210

r1 (mm): 15 W_{ply} (cm³): 324.9 $W_{pl,z}$ (cm³): 156.5

Classe Sezione

Compressione	2
Flessione My	2
Flessione Mz	2
Presso-Flessione	2

Verifiche

☒ Flessione

☐ Svergolamento

La verifica risulta soddisfatta ($p=0.25 < 1$).

6.2.6. Cosciali

Si riporta adesso la verifica del cosciale maggiormente sollecitato. In questo caso la verifica si riduce al caso di pressoflessione.

The screenshot shows the 'Profili U' software interface. The 'UPN' checkbox is selected. The material is set to 'Acciaio S275 (Fe430)'. The yield strength f_y is 275 N/mm² and the ultimate strength f_u is 430 N/mm². The free length l_{0y} is 4.1 m and l_{0z} is 4.1 m. A table lists various UPN profiles, with UPN 200 highlighted. To the right, a diagram shows the cross-section of the UPN 200 profile with dimensions h , b , t_f , t_w , r_1 , and r_2 . Below the table, the properties for UPN 200 are listed: $g = 25.3$ kg/m, $h = 200$ mm, $b = 75$ mm, $t_f = 11.5$ mm, $r_1 = 11.5$ mm, $A = 32.2$ cm², $I_y = 1.910$ cm⁴, $I_z = 148$ cm⁴, $I_T = 11.9$ cm⁴, $W_y = 191$ cm³, $W_z = 27$ cm³, $W_{pl,y} = 228$ cm³, and $W_{pl,z} = 51.8$ cm³. The design values for UPN 200 are: $N_{b,Rd} = 655.6$ kN, $N_{bz,Rd} = 139.4$ kN, $V_{ply,Rd} = 260.8$ kN, $M_{cy,Rd} = 59.71$ kNm, $M_{cz,Rd} = 13.57$ kNm, and $V_{plz,Rd} = 260.8$ kN. The 'Classe Sezione' is set to 'Compressione 1', 'Flessione My 1', and 'Flessione Mz 1'. At the bottom, there are three small diagrams showing the profile in different orientations.

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
UPN 100	10.6	100	50	6.00	8.50	8.50
UPN 120	13.4	120	55	7.00	9.00	9.00
UPN 140	16.0	140	60	7.00	10.00	10.00
UPN 160	18.8	160	65	7.50	10.50	10.50
UPN 180	22.0	180	70	8.00	11.00	11.00
UPN 200	25.3	200	75	8.50	11.50	11.50
UPN 220	29.4	220	80	9.00	12.50	12.50

La verifica a pressoflessione risulta:

$$N_{Ed}/N_{Rd} + M_{Ed}/M_{Rd} = 85/139 + 6/60 = 0.71$$

La verifica risulta soddisfatta ($p=0.71 < 1$).

6.2.7. Platea

Si riporta adesso la verifica della platea. Il momento resistente della platea risulta pari a:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Platea 50 cm

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : Platea fi 20/20

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	6
2	15.71	44

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 14.17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 257.4 kNm
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 23.25 ‰
d 44 cm
x 5.757 x/d 0.1308
 δ 0.7

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

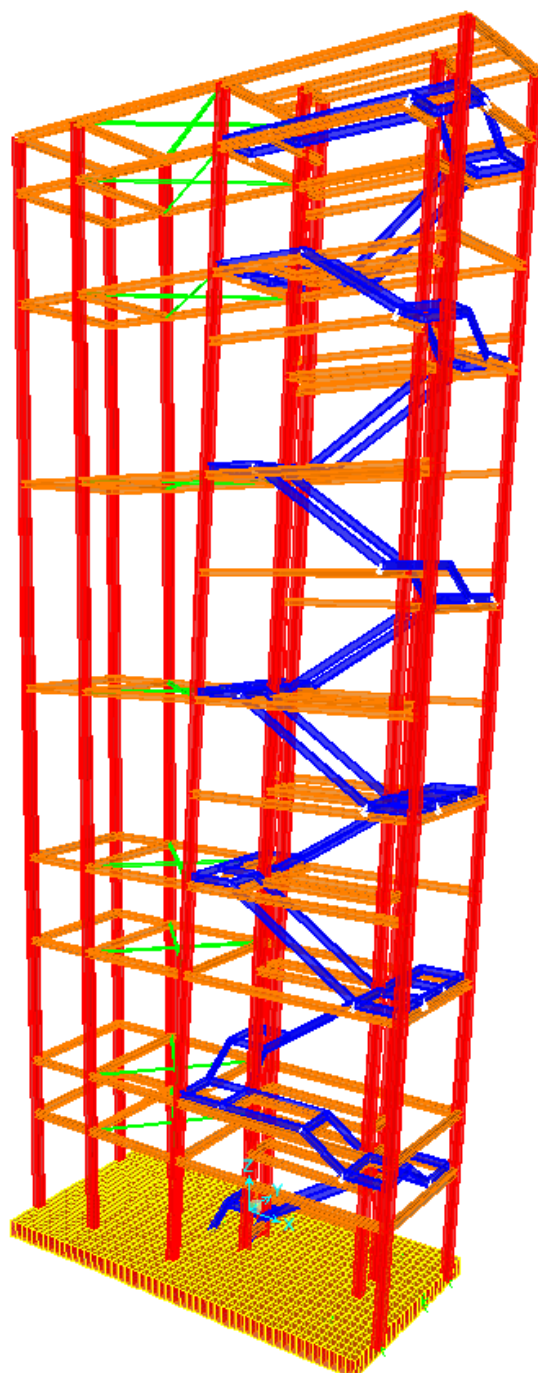
Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
☐ Precompresso

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.66<1$).

6.3. Scala Nord

La scala Nord presenta un'altezza massima di 31.5 metri, la struttura portante è costituita da telai in acciaio a nodi rigidi. Le colonne sono dei profili HEB 240 mentre i traversi sono delle HEA 180. I cosciali della scala sono costituiti da UPN 200. La struttura in elevazione si attesta su una platea in cemento armato dello spessore di 50 cm che a sua volta risulta fondata su pali.



6.3.1. Analisi modale

Si riportano di seguito le forme modali principali della struttura. Apparentemente la massa attivata risulta inferiore al 50% in realtà considerando che la platea di fondazione presenta una massa che è praticamente pari alla metà della massa totale, la percentuale di massa attivata supera il 90%.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.710	0.000	0.420	0.000	0.420	0.010	0.010
MODAL	Mode	2	1.463	0.004	0.004	0.004	0.424	0.466	0.476
MODAL	Mode	3	1.344	0.446	0.000	0.450	0.424	0.006	0.482
MODAL	Mode	4	0.424	0.000	0.079	0.450	0.503	0.001	0.483
MODAL	Mode	5	0.398	0.025	0.001	0.475	0.503	0.044	0.528
MODAL	Mode	6	0.388	0.045	0.000	0.520	0.504	0.026	0.554
MODAL	Mode	7	0.324	0.000	0.001	0.520	0.505	0.001	0.555
MODAL	Mode	8	0.253	0.000	0.021	0.520	0.526	0.015	0.570
MODAL	Mode	9	0.229	0.014	0.000	0.535	0.526	0.001	0.571
MODAL	Mode	10	0.213	0.000	0.004	0.535	0.530	0.002	0.573
MODAL	Mode	11	0.211	0.005	0.000	0.540	0.531	0.000	0.573
MODAL	Mode	12	0.204	0.000	0.007	0.540	0.537	0.013	0.587
MODAL	Mode	13	0.191	0.000	0.000	0.540	0.538	0.000	0.587
MODAL	Mode	14	0.173	0.016	0.000	0.556	0.538	0.001	0.588
MODAL	Mode	15	0.163	0.000	0.016	0.557	0.554	0.011	0.599
MODAL	Mode	16	0.155	0.004	0.001	0.560	0.555	0.003	0.601
MODAL	Mode	17	0.151	0.006	0.002	0.566	0.557	0.000	0.601
MODAL	Mode	18	0.141	0.001	0.007	0.567	0.564	0.006	0.607
MODAL	Mode	19	0.132	0.000	0.002	0.567	0.566	0.001	0.608
MODAL	Mode	20	0.129	0.000	0.000	0.567	0.566	0.000	0.608

6.3.2. Combinazioni considerate

Per quanto riguarda la progettazione della scala est le combinazioni fondamentali considerate sono le seguenti:

- SLU carico folla;
- SLU azione vento in direzione trasversale (dir y);
- SLU azione vento in direzione longitudinale (dir x);
- SLV azione sismica in direzione trasversale (dir y);
- SLV azione sismica in direzione longitudinale (dir x);
- ENV involucro delle precedenti combinazioni;

6.3.3. Sollecitazioni massime negli elementi

Si seguito vengono riportate le caratteristiche della sollecitazione considerando la combinazione ENV.

Colonne HEB 240: $N = -405 \text{ kN}$, $M_3 = 69 \text{ kNm}$, $M_2 = 13 \text{ kNm}$

Traversi HEA 180: $M_3 = 64 \text{ kNm}$

Cosciali UPN 200: $N = -61 \text{ kN}$, $M_3 = 9 \text{ kNm}$

Platea di fondazione: $m_{11} = 140 \text{ kNm}$; $m_{22} = 200 \text{ kNm}$;

6.3.4. Verifica colonne

Si riporta adesso la verifica della colonna maggiormente sollecitata. Per quanto riguarda la determinazione delle lunghezze libere di inflessione si fa riferimento agli "alignment charts" per strutture a nodi spostabili. Considerando l'altezza della colonna più sollecitata pari a 5.0 metri, la lunghezza libera di inflessione in entrambi i piani è risultata pari a $L_0 = 1.5 \times L = 7.5 \text{ m}$.

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClis Normativa: NTC 2

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL
☐ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB
☒ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC
☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Ordina per: ☒ Wy ☐ ly ☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) $f_y \text{ (N/mm}^2\text{)}: 275$ $f_u: 430$

Lunghezze di libera inflessione [m]: $L_{0y}: 7.5$ $L_{0z}: 7.5$

$N_{Sd} \text{ [kN]}: 405$

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 140 B	33.7	140	140	7.00	12.00	12.00
HE 160 B	42.6	160	160	8.00	13.00	15.00
HE 180 B	51.2	180	180	8.50	14.00	15.00
HE 200 B	61.3	200	200	9.00	15.00	18.00
HE 220 B	71.5	220	220	9.50	16.00	18.00
HE 240 B	83.2	240	240	10.00	17.00	21.00
HE 260 B	93.0	260	260	10.00	17.50	24.00

Aggiorna Tabella

HE 240 B

$N_{by,Rd} \text{ [kN]}: 1.945$ $M_{cy,Rd} \text{ [kNm]}: 275.8$
 $N_{bz,Rd} \text{ [kN]}: 948.1$ $M_{cz,Rd} \text{ [kNm]}: 130.5$
 $V_{ply,Rd} \text{ [kN]}: 502.6$ $V_{plz,Rd} \text{ [kN]}: 1.234$

g (Kg/m): 83.2 $r_2 \text{ (mm)}: 0$

h (mm): 240 A (cm²): 106 $i_y \text{ (cm)}: 10.31$ $i_z \text{ (cm)}: 6.08$

b (mm): 240 $I_y \text{ (cm}^4\text{)}: 11.260$ $I_z \text{ (cm}^4\text{)}: 3.923$ $I_T \text{ (cm}^4\text{)}: 102.7$

tw (mm): 10 $W_y \text{ (cm}^3\text{)}: 938.3$ $W_z \text{ (cm}^3\text{)}: 326.9$ $I_w \text{ (cm}^6\text{)}: 486.900$

tf (mm): 17 $W_{ply} \text{ (cm}^3\text{)}: 1.053$ $W_{plz} \text{ (cm}^3\text{)}: 498.4$

r1 (mm): 21

Classe Sezione

Compressione: 1
 Flessione My: 1
 Flessione Mz: 1
 Presso-Flessione: 1

Verifiche

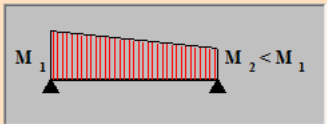
Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

HE 240 B Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 405

	Inflessione attorno all'asse	
	y - y	z - z
I_0 [m]	7.5	7.5
Snellezza λ	72.74	123.4
$N_{b,Rd}$ [kN]	1,945	948.1
$M_{1,Sd}$ [kNm]	69	13
$M_{2,Sd}$ [kNm]	0	0
β_M	1.8	1.8
μ	-0.213	-0.044
k	1.042	1.018
$M_{c,Rd}$ [kNm]	275.8	130.5
M_{Sd} [kNm]	69	13

☒ Momenti all'estremità
☐ Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano
☐ Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano più momenti d'estremità



Resistenza della sezione **0.167** OK ?

Instabilità flessio-torsionale **0.787** OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.427 + 0.261 + 0.101 = 0.789$$

OK

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.79 < 1$).

6.3.5. Verifica traversi

Si riporta adesso la verifica del traverso maggiormente sollecitato. In questo caso la verifica si riduce al caso di semplice flessione.

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClis Normativa: NTC ?

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL ☐ Wy ☐ ly ☐ g

Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275 f_u 430

Lunghezze di libera inflessione [m]
 l_{0y} 0 l_{0z} 0

N_{Sd} [kN] 0

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16.7	96	100	5.00	8.00	12.00
HE 120 A	19.9	114	120	5.00	8.00	12.00
HE 140 A	24.7	133	140	5.50	8.50	12.00
HE 160 A	30.4	152	160	6.00	9.00	15.00
HE 180 A	36.0	171	180	6.00	9.50	15.00
HE 200 A	42.3	190	200	6.50	10.00	18.00
HE 220 A	50.5	210	220	7.00	11.00	18.00

HE 180 A

$N_{by,Rd}$ [kN] 1.185 $M_{cy,Rd}$ [kNm] 85.09
 $N_{bz,Rd}$ [kN] 1.185 $M_{cz,Rd}$ [kNm] 40.99
 $V_{ply,Rd}$ [kN] 218.8 $V_{plz,Rd}$ [kN] 517.1

g (Kg/m): 36
h (mm): 171 r2 (mm): 0
b (mm): 180 A (cm²): 45.25 i_y (cm): 7.45 i_z (cm): 4.52
tw (mm): 6 I_y (cm⁴): 2.510 I_z (cm⁴): 924.6 I_T (cm⁴): 14.8
tf (mm): 9.5 W_y (cm³): 293.6 W_z (cm³): 102.7 I_w (cm⁶): 60.210
r1 (mm): 15 W_{ply} (cm³): 324.9 W_{plz} (cm³): 156.5

Classe Sezione
Compressione 2
Flessione My 2
Flessione Mz 2
Presso-Flessione 2

Verifiche
Presso-Flessione
Svergolamento

Plotta

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.75<1$).

6.3.6. Cosciali

Si riporta adesso la verifica del cosciale maggiormente sollecitato. In questo caso la verifica si riduce al caso di pressoflessione.

Profili U

File Tipo Profilo ?

☒ UPN ☐ Doppio ☐ Wy ☐ ly ☐ g

Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275 f_u 430

Lunghezze di libera inflessione [m]
 l_{0y} 4.5 l_{0z} 4.5

Aggiorna Tabella

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
UPN 100	10.6	100	50	6.00	8.50	8.50
UPN 120	13.4	120	55	7.00	9.00	9.00
UPN 140	16.0	140	60	7.00	10.00	10.00
UPN 160	18.8	160	65	7.50	10.50	10.50
UPN 180	22.0	180	70	8.00	11.00	11.00
UPN 200	25.3	200	75	8.50	11.50	11.50
UPN 220	29.4	220	80	9.00	12.50	12.50

UPN 200

$N_{by,Rd}$ [kN] 625.0 $M_{cy,Rd}$ [kNm] 59.71
 $N_{bz,Rd}$ [kN] 118.2 $M_{cz,Rd}$ [kNm] 13.57
 $V_{ply,Rd}$ [kN] 260.8 $V_{plz,Rd}$ [kN] 260.8

g (Kg/m): 25.3
h (mm): 200 r2 (cm): 6
b (mm): 75 A (cm²): 32.2 i_y (cm): 7.7 i_z (cm): 2.14
tw (mm): 8.5 I_y (cm⁴): 1.910 I_z (cm⁴): 148 I_T (cm⁴): 11.9
tf (mm): 11.5 W_y (cm³): 191 W_z (cm³): 27 I_w (cm⁶): 9.070
r1 (mm): 11.5 W_{ply} (cm³): 228 W_{plz} (cm³): 51.8

Classe Sezione
Compressione 1
Flessione My 1
Flessione Mz 1

Plotta

La verifica a pressoflessione risulta:

$$N_{Ed}/N_{Rd} + M_{Ed}/M_{Rd} = 61/118 + 9/60 = 0.67$$

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.67<1$).

6.3.7. Platea

Si riporta adesso la verifica della platea. Il momento resistente della platea risulta pari a:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Platea 50 cm

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: Platea fi 20/20

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	6
2	15.71	44

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 14.17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6 ‰
τ_{c1} 1.829 ‰

M_{xRd} 257.4 kN m

σ_c -14.17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 23.25 ‰
d 44 cm
x 5.757 x/d 0.1308
δ 0.7

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

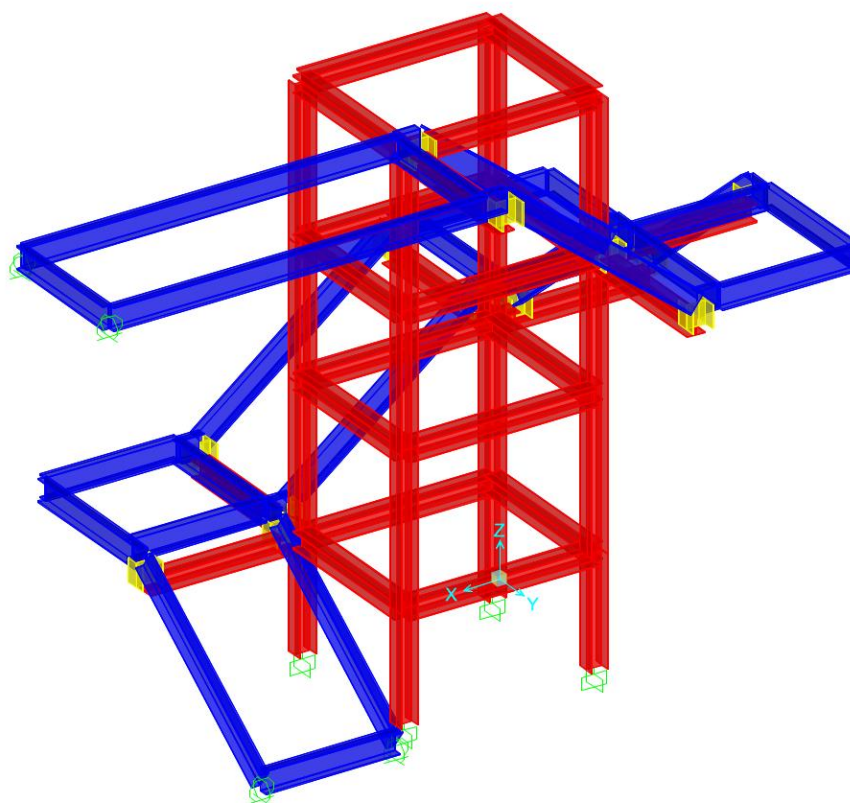
La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.78<1$).

6.4. Scala Interna 1

Come evidenziato precedentemente il progetto di ristrutturazione prevede tra le altre cose la realizzazione di due scale metalliche interne. Con scala interna 1 si intende quella che collega il livello 2 (+22.00 m) con il livello 3 (+27.00 m).

La struttura risulta costituita da un castelletto metallico realizzato in profili HEA 160 su cui si poggia la scala. I cosciali della scala sono costituiti da profili UPN 200.

A differenza delle scale esterne, le due scale interne si poggiano sull'edificio esistente, per questa ragione per il calcolo dell'azione sismica si devono tenere in conto anche le caratteristiche dell'edificio esistente. In particolare, per il calcolo dell'accelerazione si fa riferimento al capitolo 7.2.3 della Circolare 21 Gennaio 2019 che tratta gli elementi secondari.



6.4.1. Analisi modale

Si riportano di seguito le forme modali principali della struttura. La percentuale di massa attivata supera il 90%.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.753	0.020	0.064	0.020	0.064	0.665	0.665
MODAL	Mode	2	0.373	0.005	0.027	0.025	0.092	0.128	0.793
MODAL	Mode	3	0.250	0.085	0.163	0.110	0.255	0.087	0.881
MODAL	Mode	4	0.188	0.373	0.246	0.483	0.501	0.023	0.904
MODAL	Mode	5	0.174	0.208	0.323	0.691	0.824	0.015	0.919
MODAL	Mode	6	0.126	0.023	0.027	0.714	0.851	0.015	0.934
MODAL	Mode	7	0.121	0.019	0.007	0.733	0.858	0.000	0.934
MODAL	Mode	8	0.113	0.012	0.011	0.746	0.868	0.024	0.958
MODAL	Mode	9	0.092	0.034	0.003	0.780	0.871	0.007	0.965
MODAL	Mode	10	0.085	0.013	0.012	0.793	0.883	0.000	0.966
MODAL	Mode	11	0.082	0.062	0.007	0.855	0.890	0.001	0.966
MODAL	Mode	12	0.080	0.004	0.002	0.859	0.892	0.000	0.967
MODAL	Mode	13	0.071	0.041	0.009	0.900	0.901	0.013	0.979
MODAL	Mode	14	0.056	0.015	0.008	0.915	0.909	0.006	0.985
MODAL	Mode	15	0.048	0.000	0.010	0.915	0.919	0.001	0.986
MODAL	Mode	16	0.046	0.035	0.019	0.950	0.939	0.007	0.993
MODAL	Mode	17	0.041	0.010	0.048	0.960	0.987	0.001	0.993
MODAL	Mode	18	0.040	0.004	0.000	0.964	0.987	0.001	0.994
MODAL	Mode	19	0.038	0.006	0.001	0.971	0.988	0.001	0.995
MODAL	Mode	20	0.032	0.002	0.001	0.973	0.989	0.000	0.995

I primi modi di vibrare significativi si trovano a circa 0.18 secondi. Di seguito si riporta il calcolo dell'accelerazione massima che agisce sulla scala considerando le proprietà dell'edificio principale:

AZIONE SISMICA ELEMENTI SECONDARI

Periodo proprio edificio	T_1	2.32	s
Periodo proprio elemento non strutturale	T_a	0.18	s
Quota del baricentro dell'elemento non strutturale	z	24.5	m
Altezza della costruzione	H	31.5	m
Parametro Tabella C7.2.II	a	0.3	-
Parametro Tabella C7.2.II	b	1	-
Parametro Tabella C7.2.II	a_p	2.5	-
Accelerazione massima su suolo rigido	α	0.147836	g
Coefficiente di amplificazione	S	1.5	-

$T_a < a \cdot T_1$	$S_a(T_a)$	0.540	g
$a \cdot T_1 < T_a < b \cdot T_1$	$S_a(T_a)$	0.986	g
$T_a > b \cdot T_1$	$S_a(T_a)$	0.433	g

Accelerazione di progetto elemento secondario	$S_a(T_a)$	0.540	g
---	------------	-------	---

6.4.2. Combinazioni considerate

Per quanto riguarda la progettazione della scala est le combinazioni fondamentali considerate sono le seguenti:

- SLU carico folla;
- SLV azione sismica in direzione trasversale (dir y);
- SLV azione sismica in direzione longitudinale (dir x);
- ENV involucro delle precedenti combinazioni;

6.4.3. Sollecitazioni massime negli elementi

Si seguito vengono riportate le caratteristiche della sollecitazione considerando la combinazione ENV.

Colonne HEA 160: $N = -70 \text{ kN}$, $M_3 = 6 \text{ kNm}$, $M_2 = 6 \text{ kNm}$

Traversi HEA 160: $M_3 = 12 \text{ kNm}$

Cosciali UPN 200: $M_3 = 8 \text{ kNm}$

6.4.4. Verifica colonne

Si riporta adesso la verifica della colonna maggiormente sollecitata. Per quanto riguarda la determinazione delle lunghezze libere di inflessione si fa riferimento agli "alignment charts" per strutture a nodi spostabili. Considerando l'altezza dei singoli telai pari a 1.33 metri, la lunghezza libera di inflessione in entrambi i piani è risultata pari a $L_0 = 1.5 \times L = 2.00 \text{ m}$.

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClis Normativa: NTC 2

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL ☐ Wy ☐ ly ☐ g

☒ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB

☐ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC

☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Acciaio: S275 (Fe430) f_y (N/mm2): 275 f_u : 430

Lunghezze di libera inflessione [m]: l_{0y} 2 l_{0z} 2

N_{Sd} [kN]: 70

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16.7	96	100	5.00	8.00	12.00
HE 120 A	19.9	114	120	5.00	8.00	12.00
HE 140 A	24.7	133	140	5.50	8.50	12.00
HE 160 A	30.4	152	160	6.00	9.00	15.00
HE 180 A	36.0	171	180	6.00	9.50	15.00
HE 200 A	42.3	190	200	6.50	10.00	18.00
HE 220 A	50.5	210	220	7.00	11.00	18.00

HE 160 A

$N_{by,Rd}$ [kN]: 959.8 $N_{bz,Rd}$ [kN]: 810.1 $V_{ply,Rd}$ [kN]: 199.7

$M_{cy,Rd}$ [kNm]: 64.19 $M_{cz,Rd}$ [kNm]: 30.80 $V_{plz,Rd}$ [kN]: 435.5

g (Kg/m): 30.4 h (mm): 152 r2 (mm): 0

b (mm): 160 A (cm2): 38.77 i_y (cm): 6.57 i_z (cm): 3.98

tw (mm): 6 I_y (cm4): 1.673 I_z (cm4): 615.6 I_T (cm4): 12.19

tf (mm): 9 W_y (cm3): 220.1 W_z (cm3): 76.95 I_w (cm6): 31.410

r1 (mm): 15 W_{ply} (cm3): 245.1 $W_{pl,z}$ (cm3): 117.6

Classe Sezione: Compressione 1 Flessione My 1 Flessione Mz 1 Presso-Flessione 1

Verifiche: Presso Flessione Svergolamento

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

HE 160 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm2) 275

N_{Sd} [kN]: 70

Inflessione attorno all'asse

	y - y	z - z
l_0 [m]	2	2
Snellezza λ	30.44	50.25
$N_{b,Rd}$ [kN]	959.8	810.1
$M_{1,Sd}$ [kNm]	6	6
$M_{2,Sd}$ [kNm]	0	0
β_M	1.8	1.8
μ	-0.027	0.297
k	1.002	0.976
$M_{c,Rd}$ [kNm]	64.19	30.80
M_{Sd} [kNm]	6	6

Resistenza della sezione: 0.204 OK ?

Instabilità flesso-torsionale: 0.370 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.086 + 0.094 + 0.190 = 0.370$ OK

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.426 < 1$).

6.4.5. Verifica traversi

Si riporta adesso la verifica del traverso maggiormente sollecitato. In questo caso la verifica si riduce al caso di semplice flessione.

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClis Normativa: NTC ?

Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275 f_u 430

Ordina per: ☒ Wy ☐ ly ☐ g

Lunghezze di libera inflessione [m]: l_{0y} 2 l_{0z} 2

N_{Ed} [kN] 70

Aggiorna Tabella

designazione	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16.7	96	100	5.00	8.00	12.00
HE 120 A	19.9	114	120	5.00	8.00	12.00
HE 140 A	24.7	133	140	5.50	8.50	12.00
HE 160 A	30.4	152	160	6.00	9.00	15.00
HE 180 A	36.0	171	180	6.00	9.50	15.00
HE 200 A	42.3	190	200	6.50	10.00	18.00
HE 220 A	50.5	210	220	7.00	11.00	18.00

HE 160 A

$N_{by,Rd}$ [kN] 959.8 $M_{cy,Rd}$ [kNm] 64.19

$N_{bz,Rd}$ [kN] 810.1 $M_{cz,Rd}$ [kNm] 30.80

$V_{ply,Rd}$ [kN] 199.7 $V_{plz,Rd}$ [kN] 435.5

g (Kg/m): 30.4 r_2 (mm): 0

h (mm): 152 A (cm²): 38.77 i_y (cm): 6.57 i_z (cm): 3.98

b (mm): 160 I_y (cm⁴): 1.673 I_z (cm⁴): 615.6 I_T (cm⁴): 12.19

tw (mm): 6 W_y (cm³): 220.1 W_z (cm³): 76.95 I_w (cm⁶): 31.410

tf (mm): 9 $W_{pl,y}$ (cm³): 245.1 $W_{pl,z}$ (cm³): 117.6

r1 (mm): 15

Classe Sezione: Compressione 1 Flessione My 1 Flessione Mz 1 Presso-Flessione 1

Verifiche: Presso-Flessione Svergolamento

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.19 < 1$).

6.4.6. Cosciali

Si riporta adesso la verifica del cosciale maggiormente sollecitato. In questo caso la verifica si riduce al caso di flessione.

Profili U

File Tipo Profilo ?

☒ UPN ☐ Doppio ☐ UAP

Ordina per: ☒ Wy ☐ ly ☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) f_y (N/mm²): 275 f_u : 430

Lunghezze di libera inflessione [m]: l_{0y} 4.1 l_{0z} 4.1

Aggiorna Tabella

	designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
	UPN 100	10.6	100	50	6.00	8.50	8.50
	UPN 120	13.4	120	55	7.00	9.00	9.00
	UPN 140	16.0	140	60	7.00	10.00	10.00
	UPN 160	18.8	160	65	7.50	10.50	10.50
	UPN 180	22.0	180	70	8.00	11.00	11.00
▶	UPN 200	25.3	200	75	8.50	11.50	11.50
	UPN 220	29.4	220	80	9.00	12.50	12.50

Plotta

UPN 200

$N_{by,Rd}$ [kN] 655.6 $M_{cy,Rd}$ [kNm] 59.71

$N_{bz,Rd}$ [kN] 139.4 $M_{cz,Rd}$ [kNm] 13.57

$V_{ply,Rd}$ [kN] 260.8 $V_{plz,Rd}$ [kN] 260.8

g (Kg/m): 25.3 r_2 (cm): 6

h (mm): 200 A (cm²): 32.2 i_y (cm): 7.7 i_z (cm): 2.14

b (mm): 75 I_y (cm⁴): 1.910 I_z (cm⁴): 148 I_T (cm⁴): 11.9

tw (mm): 8.5 W_y (cm³): 191 W_z (cm³): 27 I_w (cm⁶): 9.070

r1 (mm): 11.5 $W_{pl,y}$ (cm³): 228 $W_{pl,z}$ (cm³): 51.8

Classe Sezione

Compressione 1

Flessione My 1

Flessione Mz 1

Data1

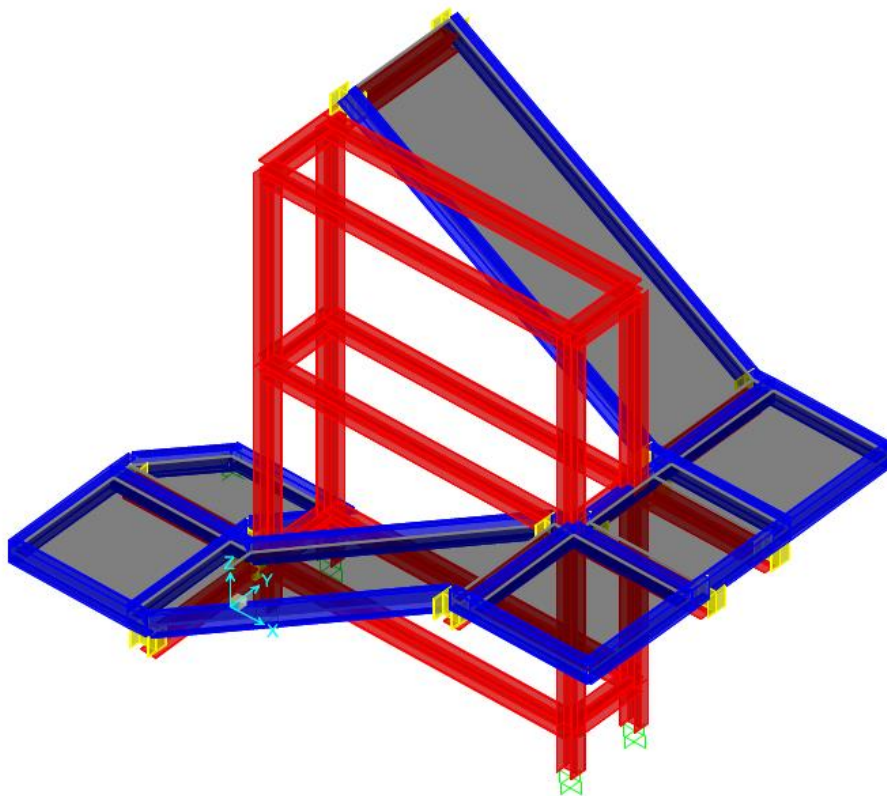
La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.14 < 1$).

6.5. Scala Interna 2

Come evidenziato precedentemente il progetto di ristrutturazione prevede tra le altre cose la realizzazione di due scale metalliche interne. Con scala interna 2 si intende quella che collega il livello 3 (+27.00 m) con il livello 4 (+31.50 m).

La struttura risulta costituita da un castelletto metallico realizzato in profili HEA 160 su cui si poggia la scala. I cosciali della scala sono costituiti da profili UPN 200.

A differenza delle scale esterne, le due scale interne si poggiano sull'edificio esistente, per questa ragione per il calcolo dell'azione sismica si devono tenere in conto anche le caratteristiche dell'edificio esistente. In particolare, per il calcolo dell'accelerazione si fa riferimento al capitolo 7.2.3 della Circolare 21 Gennaio 2019 che tratta gli elementi secondari.



6.5.1. Analisi modale

Si riportano di seguito le forme modali principali della struttura. La percentuale di massa attivata supera il 90%.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.360	0.001	0.048	0.001	0.048	0.774	0.774
MODAL	Mode	2	0.212	0.070	0.570	0.071	0.618	0.000	0.774
MODAL	Mode	3	0.194	0.213	0.080	0.284	0.698	0.001	0.775
MODAL	Mode	4	0.161	0.017	0.004	0.301	0.702	0.054	0.829
MODAL	Mode	5	0.116	0.200	0.026	0.501	0.728	0.001	0.830
MODAL	Mode	6	0.114	0.136	0.003	0.637	0.732	0.001	0.831
MODAL	Mode	7	0.102	0.011	0.006	0.648	0.737	0.021	0.852
MODAL	Mode	8	0.090	0.032	0.003	0.680	0.740	0.001	0.853
MODAL	Mode	9	0.077	0.004	0.002	0.683	0.742	0.002	0.855
MODAL	Mode	10	0.074	0.006	0.039	0.689	0.780	0.023	0.878
MODAL	Mode	11	0.068	0.123	0.001	0.812	0.781	0.000	0.878
MODAL	Mode	12	0.065	0.025	0.008	0.836	0.789	0.000	0.878
MODAL	Mode	13	0.060	0.000	0.000	0.837	0.790	0.002	0.880
MODAL	Mode	14	0.051	0.011	0.001	0.848	0.790	0.000	0.880
MODAL	Mode	15	0.045	0.000	0.002	0.848	0.793	0.000	0.880
MODAL	Mode	16	0.043	0.000	0.000	0.848	0.793	0.000	0.881
MODAL	Mode	17	0.037	0.017	0.003	0.865	0.796	0.005	0.886
MODAL	Mode	18	0.034	0.042	0.002	0.906	0.798	0.003	0.888
MODAL	Mode	19	0.033	0.002	0.000	0.908	0.798	0.001	0.889
MODAL	Mode	20	0.031	0.010	0.015	0.919	0.814	0.006	0.895

I primi modi di vibrare significativi si trovano a circa 0.21 secondi. Di seguito si riporta il calcolo dell'accelerazione massima che agisce sulla scala considerando le proprietà dell'edificio principale:

AZIONE SISMICA ELEMENTI SECONDARI

Periodo proprio edificio	T_1	2.32	s
Periodo proprio elemento non strutturale	T_a	0.21	s
Quota del baricentro dell'elemento non strutturale	z	29.25	m
Altezza della costruzione	H	31.5	m
Parametro Tabella C7.2.II	a	0.3	-
Parametro Tabella C7.2.II	b	1	-
Parametro Tabella C7.2.II	a_p	2.5	-
Accelerazione massima su suolo rigido	α	0.147836	g
Coefficiente di amplificazione	S	1.5	-

$T_a < a \cdot T_1$	$S_a(T_a)$	0.618	g
$a \cdot T_1 < T_a < b \cdot T_1$	$S_a(T_a)$	1.069	g
$T_a > b \cdot T_1$	$S_a(T_a)$	0.477	g

Accelerazione di progetto elemento secondario	$S_a(T_a)$	0.618	g
---	------------	-------	---

6.5.2. Combinazioni considerate

Per quanto riguarda la progettazione della scala est le combinazioni fondamentali considerate sono le seguenti:

- SLU carico folla;
- SLV azione sismica in direzione trasversale (dir y);
- SLV azione sismica in direzione longitudinale (dir x);
- ENV inviluppo delle precedenti combinazioni;

6.5.3. Sollecitazioni massime negli elementi

Si seguito vengono riportate le caratteristiche della sollecitazione considerando la combinazione ENV.

Colonne HEA 160: $N = -71 \text{ kN}$, $M_3 = 8 \text{ kNm}$, $M_2 = 6 \text{ kNm}$

Traversi HEA 160: $M_3 = 15 \text{ kNm}$

Cosciali UPN 200: $M_3 = 6.5 \text{ kNm}$

6.5.4. Verifica colonne

Si riporta adesso la verifica della colonna maggiormente sollecitata. Per quanto riguarda la determinazione delle lunghezze libere di inflessione si fa riferimento agli “alignment charts” per strutture a nodi spostabili. Considerando l'altezza dei singoli telai pari a 1.90 metri, la lunghezza libera di inflessione in entrambi i piani è risultata pari a $L_0 = 1.5 \times L = 2.85 \text{ m}$.

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClis Normativa: NTC ?

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL ☐ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB ☐ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC ☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Ordina per: ☒ Wy ☐ ly ☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) f_y (N/mm²): 275 f_u : 430

Lunghezze di libera inflessione [m]: L_{0y} : 2.85 L_{0z} : 2.85

N_{Sd} [kN]: 72

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16.7	96	100	5.00	8.00	12.00
HE 120 A	19.9	114	120	5.00	8.00	12.00
HE 140 A	24.7	133	140	5.50	8.50	12.00
HE 160 A	30.4	152	160	6.00	9.00	15.00
HE 180 A	36.0	171	180	6.00	9.50	15.00
HE 200 A	42.3	190	200	6.50	10.00	18.00
HE 220 A	50.5	210	220	7.00	11.00	18.00

Plotta

HE 160 A

$N_{by,Rd}$ [kN]: 898.0 $N_{bz,Rd}$ [kN]: 656.5 $V_{ply,Rd}$ [kN]: 199.7

$M_{cy,Rd}$ [kNm]: 64.19 $M_{cz,Rd}$ [kNm]: 30.80 $V_{plz,Rd}$ [kN]: 435.5

g (Kg/m): 30.4 h (mm): 152 r2 (mm): 0

b (mm): 160 A (cm²): 38.77 I_y (cm⁴): 1.673 I_z (cm⁴): 615.6 I_T (cm⁴): 12.19

tw (mm): 6 W_y (cm³): 220.1 W_z (cm³): 76.95 I_w (cm⁶): 31.410

r1 (mm): 15 W_{ply} (cm³): 245.1 $W_{pl,z}$ (cm³): 117.6

Classe Sezione: Compressione 1 Flessione My 1 Flessione Mz 1 Presso-Flessione 1

Verifiche: Presso Flessione Svergolamento

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

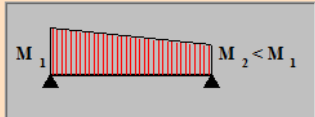
HE 160 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 72

Inflexione attorno all'asse

	y - y	z - z
I_0 [m]	2.85	2.85
Snellezza λ	43.38	71.61
$N_{b,Rd}$ [kN]	898.0	656.5
$M_{1,Sd}$ [kNm]	8	6
$M_{2,Sd}$ [kNm]	0	0
β_M	1.8	1.8
μ	-0.086	0.198
k	1.007	0.979
$M_{c,Rd}$ [kNm]	64.19	30.80
M_{Sd} [kNm]	8	6

☒ Momenti all'estremità
☐ Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano
☐ Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano più momenti d'estremità



Resistenza della sezione **0.210** OK ?
 Instabilità flessione-torsionale **0.433** OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.110 + 0.125 + 0.191 = 0.426$$
 OK

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.426<1$).

6.5.5. Verifica trasversi

Si riporta adesso la verifica del traverso maggiormente sollecitato. In questo caso la verifica si riduce al caso di semplice flessione.

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioCis Normativa: NTC ?

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL
☒ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB
☐ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC
☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Ordina per
☒ Wy
☐ ly
☐ g

Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275 f_u 430

Lunghezze di libera inflessione [m]
 l_{0y} 2 l_{0z} 2

N_{Sd} [kN] 70

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16.7	96	100	5.00	8.00	12.00
HE 120 A	19.9	114	120	5.00	8.00	12.00
HE 140 A	24.7	133	140	5.50	8.50	12.00
HE 160 A	30.4	152	160	6.00	9.00	15.00
HE 180 A	36.0	171	180	6.00	9.50	15.00
HE 200 A	42.3	190	200	6.50	10.00	18.00
HE 220 A	50.5	210	220	7.00	11.00	18.00

HE 160 A

$N_{by,Rd}$ [kN] 959.8 ?
 $N_{bz,Rd}$ [kN] 810.1 ?
 $V_{ply,Rd}$ [kN] 199.7 ?

$M_{cy,Rd}$ [kNm] 64.19 ?
 $M_{cz,Rd}$ [kNm] 30.80 ?
 $V_{plz,Rd}$ [kN] 435.5

g (Kg/m): 30.4
 h (mm): 152
 b (mm): 160
 tw (mm): 6
 tf (mm): 9
 r1 (mm): 15

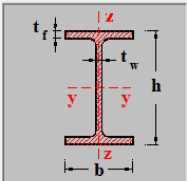
r2 (mm): 0
 A (cm²): 38.77
 Iy (cm⁴): 1.673
 Iy (cm⁴): 1.673
 Wy (cm³): 220.1
 Wply (cm³): 245.1

iy (cm): 6.57
 iz (cm): 3.98
 Iy (cm⁴): 615.6
 Iz (cm⁴): 76.95
 Wz (cm³): 117.6

IT (cm⁴): 12.19
 lw (cm⁶): 31.410

Classe Sezione
 Compressione 1
 Flessione My 1
 Flessione Mz 1 ?
 Presso-Flessione 1

Verifiche



La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.23<1$).

6.5.6. Cosciali

Si riporta adesso la verifica del cosciale maggiormente sollecitato. In questo caso la verifica si riduce al caso di flessione.

The screenshot shows the 'Profili U' software window. The 'UPN' checkbox is selected. The material is set to 'Acciaio S275 (Fe430)'. The yield strength f_y is 275 N/mm² and the ultimate strength f_u is 430 N/mm². The free length of inflection l_{0y} and l_{0z} are both 4.1 m. The 'Aggiorna Tabella' button is visible. The table below lists the properties of various UPN profiles, with UPN 200 highlighted in blue.

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
UPN 100	10.6	100	50	6.00	8.50	8.50
UPN 120	13.4	120	55	7.00	9.00	9.00
UPN 140	16.0	140	60	7.00	10.00	10.00
UPN 160	18.8	160	65	7.50	10.50	10.50
UPN 180	22.0	180	70	8.00	11.00	11.00
UPN 200	25.3	200	75	8.50	11.50	11.50
UPN 220	29.4	220	80	9.00	12.50	12.50

The 'UPN 200' profile is selected, and its properties are displayed in the bottom section:

- $N_{by,Rd}$ [kN]: 655.6
- $N_{bz,Rd}$ [kN]: 139.4
- $V_{ply,Rd}$ [kN]: 260.8
- $M_{cy,Rd}$ [kNm]: 59.71
- $M_{cz,Rd}$ [kNm]: 13.57
- $V_{plz,Rd}$ [kN]: 260.8

Other properties include: g (kg/m): 25.3, h (mm): 200, b (mm): 75, tw (mm): 8.5, tf (mm): 11.5, r1 (mm): 11.5, r2 (cm): 6, A (cm²): 32.2, I_y (cm⁴): 1,910, I_z (cm⁴): 148, I_T (cm⁴): 11.9, W_y (cm³): 191, W_z (cm³): 27, W_{ply} (cm³): 228, $W_{pl,z}$ (cm³): 51.8. The 'Classe Sezione' is set to 'Compressione 1', 'Flessione My 1', and 'Flessione Mz 1'.

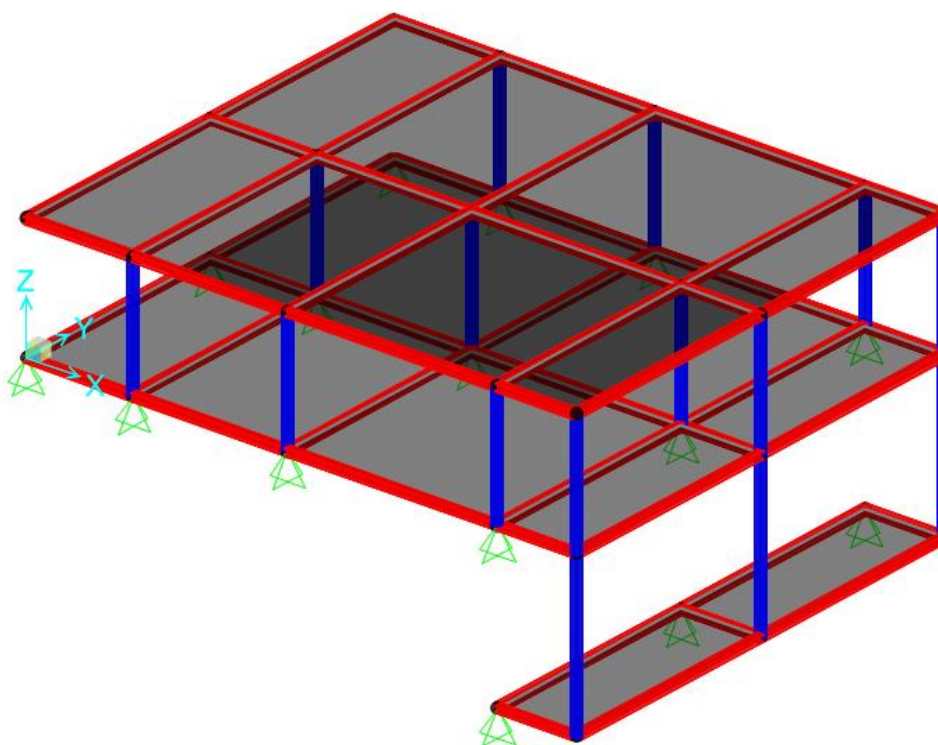
La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.11 < 1$).

6.6. Struttura copertura

Come evidenziato precedentemente il progetto di ristrutturazione prevede tra le altre cose la realizzazione di una struttura metallica alla quota di copertura dell'edificio esistente. Tale struttura leggera e temporanea è costituita da telai a nodi rigidi non controventati.

Le colonne sono costituite da scatolari quadrati 200x200x8 mentre le travi sono realizzate in HEA 200.

A differenza delle scale esterne, le due scale interne si poggiano sull'edificio esistente, per questa ragione per il calcolo dell'azione sismica si devono tenere in conto anche le caratteristiche dell'edificio esistente. In particolare, per il calcolo dell'accelerazione si fa riferimento al capitolo 7.2.3 della Circolare 21 Gennaio 2019 che tratta gli elementi secondari.



6.6.1. Analisi modale

Si riportano di seguito le forme modali principali della struttura. La percentuale di massa attivata supera il 90%.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.421	0.000	0.360	0.000	0.360	0.301	0.301
MODAL	Mode	2	0.366	0.503	0.000	0.503	0.360	0.000	0.301
MODAL	Mode	3	0.325	0.000	0.485	0.503	0.845	0.113	0.415
MODAL	Mode	4	0.300	0.000	0.039	0.503	0.884	0.032	0.447
MODAL	Mode	5	0.291	0.120	0.000	0.623	0.884	0.000	0.447
MODAL	Mode	6	0.283	0.000	0.025	0.623	0.910	0.301	0.747
MODAL	Mode	7	0.264	0.119	0.000	0.742	0.910	0.000	0.747
MODAL	Mode	8	0.229	0.000	0.004	0.742	0.914	0.106	0.853
MODAL	Mode	9	0.213	0.039	0.000	0.782	0.914	0.000	0.853
MODAL	Mode	10	0.184	0.000	0.025	0.782	0.939	0.003	0.856
MODAL	Mode	11	0.181	0.000	0.055	0.782	0.993	0.051	0.907
MODAL	Mode	12	0.141	0.000	0.004	0.782	0.997	0.000	0.907
MODAL	Mode	13	0.128	0.037	0.000	0.819	0.997	0.000	0.907
MODAL	Mode	14	0.100	0.000	0.000	0.819	0.997	0.017	0.924
MODAL	Mode	15	0.098	0.017	0.000	0.836	0.997	0.000	0.924
MODAL	Mode	16	0.090	0.000	0.003	0.836	1.000	0.005	0.929
MODAL	Mode	17	0.030	0.000	0.000	0.836	1.000	0.000	0.929
MODAL	Mode	18	0.023	0.000	0.000	0.836	1.000	0.000	0.929
MODAL	Mode	19	0.022	0.000	0.000	0.836	1.000	0.000	0.929
MODAL	Mode	20	0.022	0.000	0.000	0.836	1.000	0.000	0.929

I primi modi di vibrare significativi si trovano a circa 0.4 secondi. Di seguito si riporta il calcolo dell'accelerazione massima che agisce sulla scala considerando le proprietà dell'edificio principale:

AZIONE SISMICA ELEMENTI SECONDARI

Periodo proprio edificio	T_1	2.32	s
Periodo proprio elemento non strutturale	T_a	0.4	s
Quota del baricentro dell'elemento non strutturale	z	31.5	m
Altezza della costruzione	H	31.5	m
Parametro Tabella C7.2.II	a	0.3	-
Parametro Tabella C7.2.II	b	1	-
Parametro Tabella C7.2.II	a_p	2.5	-
Accelerazione massima su suolo rigido	α	0.1311	g
Coefficiente di amplificazione	S	1.5	-

$T_a < a \cdot T_1$	$S_a(T_a)$	0.773	g
$a \cdot T_1 < T_a < b \cdot T_1$	$S_a(T_a)$	0.983	g
$T_a > b \cdot T_1$	$S_a(T_a)$	0.485	g

Accelerazione di progetto elemento secondario	$S_a(T_a)$	0.773	g
---	------------	-------	---

6.6.2. Combinazioni considerate

Per quanto riguarda la progettazione della scala est le combinazioni fondamentali considerate sono le seguenti:

- SLU carico folla;
- SLU azione vento in direzione trasversale (dir y);
- SLU azione vento in direzione longitudinale (dir x);
- SLV azione sismica in direzione trasversale (dir y);
- SLV azione sismica in direzione longitudinale (dir x);
- ENV involucro delle precedenti combinazioni;

6.6.3. Sollecitazioni massime negli elementi

Si seguito vengono riportate le caratteristiche della sollecitazione considerando la combinazione ENV.

Colonne 200x200x8: $N = -85 \text{ kN}$, $M_3 = 60 \text{ kNm}$, $M_2 = 15 \text{ kNm}$

Travi HEA 200: $M_3 = 87 \text{ kNm}$

6.6.4. Verifica colonne

Considerando l'altezza della colonna pari a 3.50 metri, la lunghezza libera di inflessione in entrambi i piani è risultata pari a $L_0 = 2.0 \times L = 7.00$ m.

The first screenshot shows the 'Tube Section' dialog box. It contains fields for 'Section Name' (200x200), 'Display Color' (blue), and 'Section Notes' (Modify/Show Notes...). Under 'Dimensions', there are input fields for 'Outside depth (t3)' (20), 'Outside width (t2)' (20), 'Flange thickness (tf)' (0.8), and 'Web thickness (tw)' (0.8). A 'Section' preview shows a square on a grid with axes 1 and 2. The 'Material' dropdown is set to 'S355'. There are buttons for 'Property Modifiers' (Set Modifiers...), 'Section Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

The second screenshot shows the 'Property Data' dialog box. It displays the 'Section Name' (200x200) and a table of properties:

Properties			
Cross-section (axial) area	61.44	Section modulus about 3 axis	378.1427
Moment of Inertia about 3 axis	3781.4272	Section modulus about 2 axis	378.1427
Moment of Inertia about 2 axis	3781.4272	Plastic modulus about 3 axis	442.624
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	442.624
Shear area in 2 direction	32.	Radius of Gyration about 3 axis	7.8452
Shear area in 3 direction	32.	Radius of Gyration about 2 axis	7.8452
Torsional constant	5662.3104	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

An 'OK' button is at the bottom.

La snellezza risulta pari a $\lambda=89$ quindi $\chi=0.65$. La verifica a pressoflessione risulta quindi:

$$85000/(0.65 \times 6144 \times 262) + 60000/(378 \times 262) + 15000/(378 \times 262) = 0.84$$

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.84 < 1$).

6.6.5. Verifica travi

Si riporta adesso la verifica della trave maggiormente sollecitata. In questo caso la verifica si riduce al caso di semplice flessione.

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClis Normativa: NTC ?

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL ☐ Wy
☒ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB ☐ ly
☐ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC ☐ g
☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Acciaio: S275 (Fe430) f_y (N/mm²): 275 f_u : 430

Lunghezze di libera inflessione [m]
 l_{0y} : 4.5 l_{0z} : 4.5

N_{Sd} [kN]: 0

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16.7	96	100	5.00	8.00	12.00
HE 120 A	19.9	114	120	5.00	8.00	12.00
HE 140 A	24.7	133	140	5.50	8.50	12.00
HE 160 A	30.4	152	160	6.00	9.00	15.00
HE 180 A	36.0	171	180	6.00	9.50	15.00
HE 200 A	42.3	190	200	6.50	10.00	18.00
HE 220 A	50.5	210	220	7.00	11.00	18.00

HE 200 A

$N_{by,Rd}$ [kN]: 1.161 $M_{cy,Rd}$ [kNm]: 112.5
 $N_{bz,Rd}$ [kN]: 728.2 $M_{cz,Rd}$ [kNm]: 53.38
 $V_{ply,Rd}$ [kN]: 273.4 $V_{plz,Rd}$ [kN]: 604.8

g (Kg/m): 42.3 r_2 (mm): 0
h (mm): 190 A (cm²): 53.83 i_y (cm): 8.28 i_z (cm): 4.98
b (mm): 200 I_y (cm⁴): 3.692 I_z (cm⁴): 1.336 I_T (cm⁴): 20.98
tw (mm): 6.5 W_y (cm³): 388.6 W_z (cm³): 133.6 I_w (cm⁶): 108.000
tf (mm): 10 $W_{pl,y}$ (cm³): 429.5 $W_{pl,z}$ (cm³): 203.8
r1 (mm): 18

Classe Sezione
Compressione: 2
Flessione My: 2
Flessione Mz: 2
Presso-Flessione: 2

Verifiche
Presso-Flessione
Svergolamento

La verifica risulta soddisfatta ($\rho=0.78 < 1$).

7. Le fondazioni profonde

Nonostante non siano presenti recenti indagini geognostiche e geofisiche in corrispondenza dell'edificio in oggetto, è comunque possibile far riferimento alle numerose indagini svolte nelle immediate vicinanze dell'edificio in occasione della costruzione delle limitrofe strutture.

Tali indagini sono state raccolte nella relazione geologica dell'ottobre 2017 a firma del Dott. Geol. Dario Senesi, all'interno della quale viene identificata la colonna litotecnica del terreno e vengono identificati i parametri geosismici del sito.

Inoltre sempre all'interno di tale documento vengono riportate le verifiche a liquefazione dei terreni.

Il quadro geologico individuato e la necessità di trasmettere al terreno le sollecitazioni dovute alle nuove scale con un impronta a terra molto ridotta hanno richiesto l'utilizzo di un sistema fondale con pali di medio e grande diametro con lo scopo di garantire la necessaria portanza.

Le fondazioni profonde sono realizzate con 12 pali di grande diametro pari a 80cm, lunghi 15 metri per la scala Nord e con 13 pali di medio diametro pari a 50cm, lunghi 15 metri per la scala Ovest.

La scelta di due diversi diametri è legata alla necessità di ottimizzare le distanze tra i nuovi pali ed i pali dell'edificio esistente.

I due sistemi di pali così identificati dovranno risultare idonei a soddisfare le seguenti combinazioni di carico.

SCALA OVEST (carichi

Sul palo più caricato agiscono le seguenti azioni verticali agli stati limite:

- SLU Folla = 214 kN
- SLU Vento = 259 kN
- SLV = 315 kN

Per quanto riguarda le azioni orizzontali si hanno le seguenti forze.

- Taglio alla base dovuto al vento totale = 117 kN
- Taglio alla base dovuto al vento sul singolo palo = 9 kN
- Taglio alla base dovuto al sisma totale = 112 kN
- Taglio alla base dovuto al sisma sul singolo palo = 9 kN

SCALA NORD

Sul palo più caricato agiscono le seguenti azioni agli stati limite:

- SLU Folla = 452 kN
- SLU Vento = 547 kN
- SLV = 544 kN

Per quanto riguarda le azioni orizzontali si hanno le seguenti forze.

- Taglio alla base dovuto al vento totale = 265 kN
- Taglio alla base dovuto al vento sul singolo palo= 22 kN
- Taglio alla base dovuto al sisma totale = 162 kN
- Taglio alla base dovuto al sisma sul singolo palo = 14 kN

8. Caratteristiche ed affidabilità dei codici di calcolo

In conformità con quanto previsto al paragrafo 10.2 delle NTC2018 e al paragrafo B.2.2 dell'allegato B al DGR 1373 del 2011 si riportano di seguito le caratteristiche e le dichiarazioni sull'affidabilità dei codici di calcolo.

8.1. Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo delle strutture d'impalcato viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle sollecitazioni, dovute al carico applicato;
- Verifiche delle sezioni resistenti.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

8.2. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo per l'impalcato

Titolo	SAP2000 Plus
Versione	20.1.0 Built 1415
Produttore	Computer and Structures, Inc.
Utente	Studio Micheloni S.r.l.
Licenza	15ZMHEZ8622MWB2

8.3. Altri software utilizzati

Oltre ai codici di calcolo sopra riportati è stato utilizzato per la verifica delle sezioni in cemento armato il software Vca.Slu Ver.7.7 del Prof. Piero Gelfi e per le verifiche delle sezioni in acciaio il software Profili del Prof. Piero Gelfi

Sono inoltre stati utilizzati dei fogli di calcolo "Excel" elaborati dal progettista che ha avuto cura di verificarne l'affidabilità.

8.4. Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrici dei software

hanno verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

8.5. Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi.

8.6. Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

8.7. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal progettista ed utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

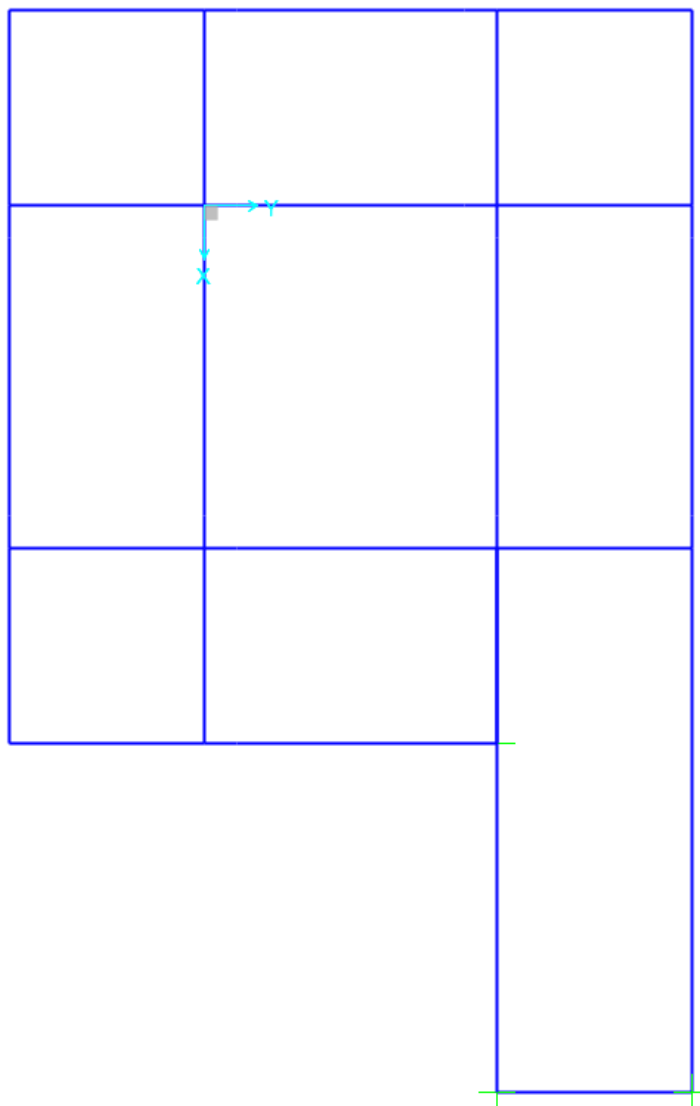
9. Validazione del modello di calcolo

Si riporta di seguito la validazione del modello di calcolo agli elementi finiti secondo quanto prescritto dal Capitolo 10 delle Nuove Norme tecniche NTC 2018.

Si procede alla validazione della risultante alla base indotto dai carichi variabili nella scala Interna n.1.

La superficie calpestabile della scala risulta pari a:

$$A = 1.2 \times 1.2 \times 4 + 2.1 \times 1.2 \times 2 + 1.8 \times 1.2 \times 2 + 2.14 \times 1.2 = 17.7 \text{ mq}$$



Considerando 4 kN/mq la risultante alla base dovrebbe essere pari a:

$$R_{\text{CALCOLO}} = 70.8 \text{ kN}$$

La risultante alla base restituita dal programma di calcolo vale invece:

$R_{FEM} = 70.75 \text{ kN}$

La differenza tra il valore restituito dal programma agli elementi finiti e il valore dedotto da l'analisi dei carichi risulta inferiore all' 1‰. Il modello di calcolo si ritiene pertanto affidabile.