

COMUNE DI ANCONA

RESTAURO CONSERVATIVO DELLA ZONA D'INGRESSO MONUMENTALE DEL CIMITERO DI TAVERNELLE (C.U.P. JE38I21000060004 – CIG 8677726E05)

Committente:

Comune di Ancona

PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE SULLE STRUTTURE E CALCOLI STRUTTURALI



Ancona, dicembre 2021

Il progettista architettonico
Arch. Maurizio Volpini

Il progettista strutturale
Ing. Emanuele Filomena

INDICE

PARTE PRIMA	RTI	Relazione tecnica illustrativa	
1.1		Premessa;	pag. 2
1.2		Affidabilità	2
1.3		Livello di conoscenza	3
1.3.1		Relazione sulle verifiche e indagini in situ	3
1.3.2		Elaborazione dei risultati delle prove sui materiali	5
1.4		Descrizione stato di progetto	6
1.5		Analisi dei carichi;	7

PARTE PRIMA: RTI RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA.

1.1 Premessa

Il presente lavoro consiste nel restauro conservativo della ex chiesetta ed ex camera mortuaria dell'ingresso monumentale del Cimitero di Tavernelle di Ancona. Trattasi di due edifici gemelli in muratura portante siti nel comune di Ancona (AN) via Tavernelle distinto al NCEU al Foglio 79 Mappale 12.

I fabbricati presentano un piano fuori terra e l'intervento riguarda il rinforzo strutturale dei solai di copertura con struttura portante in acciaio. Il Committente è il Comune di Ancona U.O. Edilizia Cimiteriale.

Il progetto architettonico è a firma dell'Arch. Maurizio Volpini.

Tale intervento si classifica come intervento locale ai sensi del DM 17/01/2018.

1.2 Affidabilità

Tutte le calcolazioni qui presentate, analisi delle sollecitazioni e verifiche degli elementi strutturali, sono state validate confrontandole con i risultati delle elaborazioni svolte in sede di primo dimensionamento delle strutture svolte con l'impiego di procedure di calcolo tradizionali basate su schemi di calcolo semplici.

Da tale confronto si è evinta la corrispondenza tra i risultati ottenuti ed attesi.

La documentazione dal produttore e distributore del software, ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico, contenendo una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi di impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Il produttore ha 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.

1.3 Livello di Conoscenza

1.3.1 PREMESSA

Il presente paragrafo ha lo scopo di dimostrare che il sottoscritto ing. Emanurele Filomena, per l'intervento di rinforzo strutturale del solaio di copertura in acciaio della ex chiesetta ed ex camera mortuaria dell'ingresso monumentale del Cimitero di Tavernelle sito nel comune di Ancona via Tavernelle ha raggiunto un

Livello di Conoscenza: LC1.

1.3.2 RELAZIONE SULLA “DOCUMENTAZIONE ESISTENTE”

- TIPOLOGIA STRUTTURA: La struttura è costituita da muratura di mattoni pieni legati con malta cementizia. Il solaio di copertura è in struttura portante di acciaio.

- DATA DI COSTRUZIONE PRESUNTA:

La costruzione dei due fabbricati risale ai primi del 1900.

- DOCUMENTI REPERITI:

L'unico documento reperito è il piano cimiteriale comunale di Ancona le cui informazioni sono riportate nell'elaborato “Notizie storiche” a firma dell'Arch. Maurizio Volpini.

1.3.3 RELAZIONE SULLA “CONOSCENZA DEL MANUFATTO”

- STRUTTURE DI FONDAZIONE:

Considerata la natura dell'intervento strutturale, non sono stati effettuati saggi in fondazione. La ex chiesetta presenta un piano interrato ribassato di circa 3,0 m dal piano di campagna adibito a locale cripta inaccessibile. L'ex camera mortuaria non presenta piani interrati.

- ELEVAZIONE:

Entrambi gli edifici presentano un piano fuori terra, sono a pianta rettangolare di dimensioni esterne 13 x 8 m ed altezze interne pari a 8,7 m in gronda e 10,0 m nel colmo.

Le coperture si presentano a due falde coperte da un manto di pannelli di eternit l'ex chiesetta e da pannelli sandwich l'ex camera mortuaria. Esternamente le facciate sono tutte con mattoni facciavista.

- TIPOLOGIA SOLAI:

Entrambi i solai di copertura sono con struttura portante in acciaio costituiti da cinque capriate tipo “Polonceau”, l'orditura secondaria è costituita da travi in legno di sezione 10x10 cm ed il manto di copertura è costituito da lastre ondulate di eternit, l'ex chiesetta e da pannelli sandwich, l'ex camera mortuaria. Non sono presenti cordoli di copertura.

In particolare relativamente alle capriate, i puntoni sono costituite da profili ad “L” di sezione 50x4 mm, le catene sono costituite da piatti di sezione 50x4 mm gli elementi di parete compressi sono costituiti da profili ad “L” di sezione 25x4 mm mentre gli elementi di parete tesi sono costituiti da piatti di sezione 25x4 mm. I collegamenti sono costituiti da bulloni M12.

1.3.4 RELAZIONE SULLE “VERIFICHE E INDAGINI IN SITU”

Definizione del Livello di Conoscenza

Come già dichiarato all’inizio della presente relazione, il sottoscritto intende dimostrare di avere raggiunto un Livello di Conoscenza LC 1.

Dati necessari per la stima del Livello di Conoscenza di edifici in muratura (P.to C8.5.4.1)

Geometria: è stato effettuato un rilievo geometrico dettagliato di entrambi gli edifici con particolare attenzione ai solai di copertura.

Dettagli costruttivi: nel sopralluogo effettuato in data 28/06/2016, sono stati eseguiti dei saggi nell’appoggio della capriata nella muratura della ex chiesetta dal quale si è vista la mancanza di cordoli di copertura in testa alle murature.

Proprietà dei materiali: Le murature sono costituite da mattoni pieni legati con malta di calce. Tale informazione è stata acquisita mediante indagini visive rese possibili dalla presenza di paramenti murari a vista esternamente ed internamente (degrado degli intonaci). Per quanto riguarda il materiale delle capriate in acciaio, sulla base del periodo di costruzione, si è ipotizzato un acciaio Fe360 corrispondente all’attuale S235, mentre per i collegamenti bullonati si è ipotizzata una classe 4.6.

Pertanto, tenuto conto di tutto quanto sopra illustrato e considerato che l’intervento locale previsto consiste nel consolidare e rafforzare i solai di copertura in acciaio, sulla scorta del Cap. C8.5.4 della Circ. 7/2019 si può affermare, che si è acquisito un Livello di Conoscenza LC1

1.4 Descrizione stato di progetto

Il progetto di risanamento conservativo prevede in entrambi i solai di copertura la sostituzione dell'orditura secondaria, attualmente costituita da travi in legno di sezione 10x10 cm con profili tubolari a sezione rettangolare di dimensioni 80x100x30mm, la sostituzione del manto di copertura della ex chiesetta, attualmente in lastre ondulate di eternit con un solaio sandwich s=80 mm simile a quello esistente della ex camera mortuaria che verrà recuperato.

Per quanto riguarda le capriate in acciaio tipo Polonceau, a seguito della verifica di resistenza nella combinazione allo SLU, alcuni componenti sono risultati non verificati. Pertanto, poichè il presente progetto prevede il recupero delle capriate Polonceau, sono previsti il rinforzo dei puntoni, attualmente costituiti da profili ad "L" 50x4, mediante l'accoppiamento di un altro profilo ad "L" 50x40 collegato mediante bulloni M12/500 mm. Inoltre è previsto anche il rinforzo della catena, , attualmente costituiti da profili piatti di sezione 50x4, mediante l'accoppiamento di un altro profilo piatto di sezione 50x40 collegato mediante bulloni M12/500 mm.

Inoltre, è prevista l'introduzione di cordoli metallici in testa alle murature perimetrali costituiti da piatti di sezione 100x12 mm collegato alle murature mediante barre filettate D=16 mm inghisate mediante ancoraggi a base di malta a matrice pozzolanica stabilizzata. Sia i piatti che le barre filettate saranno in acciaio INOX AISI 304.

Il collegamento delle capriate nella muratura, attualmente costituito da una piastra ortogonale all'asse del puntone e saldato ad esso, verrà realizzato mediante cuffia metallica collegata sia al cordolo metallico che alla muratura mediante barre filettate D=16 mm inghisate mediante ancoraggi a base di malta a matrice pozzolanica stabilizzata.

1.5 Analisi dei carichi

STATO ATTUALE

Carichi di Superficie

a) solaio di copertura

- Peso pannello sandwich s=80 mm con lamiera da 0,5 +0,5 mm	15 kg/m ²
- Peso travi in legno sez. 10x10 cm.....	<u>4</u> “
Permanente (g)	19 kg/m²
Variabile neve (q)	120 “

b) Carico variabile NEVE (P.to 3.4 – DM 17/01/2018)

$$q_s = \mu_i q_{sk} c_E c_t$$

Ancona (AN) Zona I Mediterranea, $a_s < 200$ m $q_{sk} = 150$ kg / m²

Coeff. di esposizione $c_E = 1,0$ (normale)

Coeff. termico $c_t = 1$

Coeff. di forma $\mu_i = 0,8$ ($0^\circ < \alpha < 30^\circ$) $\alpha = 20^\circ$

$$q_s = 0,8 \times 150 \times 1,0 \times 1,0 = \mathbf{120 \text{ kg / m}^2}$$

Carichi Nodali

Permanenti

Nodo 15	$P_z = - 19 \times 1,22 \times 1,95 =$	- 45 kg
Nodi 13 e 14	$P_z = - 19 \times ((1,22 + 1,02) / 2) \times 1,95 =$	- 41 kg
Nodi 9 e 10	$P_z = - 19 \times 1,02 \times 1,95 =$	- 38 kg
Nodi 7 e 8	$P_z = - 19 \times ((1,02 + 0,3) / 2) \times 1,95 =$	- 24 kg

Variabili (neve)

Nodo 15	$P_z = - 120 \times 1,22 \times 1,95 =$	- 285 kg-69
Nodi 13 e 14	$P_z = - 120 \times ((1,22 + 1,02) / 2) \times 1,95 =$	- 262 kg
Nodi 9 e 10	$P_z = - 120 \times 1,02 \times 1,95 =$	- 239 kg
Nodi 7 e 8	$P_z = - 120 \times ((1,02 + 0,3) / 2) \times 1,95 =$	- 154 kg

STATO DI PROGETTO

Carichi di Superficie

c) solaio di copertura

- Peso pannello sandwich s=80 mm con lamiere da 0,5 +0,5 mm	15 kg/m ²
- Peso travi in acciaio tubi 80x100x3 mm	8 “
- controsoffitto in legno s = 1,5 cm	<u>6 “</u>
Permanente (g)	29 kg/m²
Variabile neve (q)	120 “

d) Carico variabile NEVE (P.to 3.4 – DM 17/01/2018)

$$q_s = \mu_i q_{sk} c_E c_t$$

Ancona (AN) Zona I Mediterranea, $a_s < 200$ m $q_{sk} = 150$ kg / m²

Coeff. di esposizione $c_E = 1,0$ (normale)

Coeff. termico $c_t = 1$

Coeff. di forma $\mu_i = 0,8$ ($0^\circ < \alpha < 30^\circ$) $\alpha = 20^\circ$

$$q_s = 0,8 \times 150 \times 1,0 \times 1,0 = \mathbf{120 \text{ kg / m}^2}$$

Carichi Nodali

Permanenti

$$\text{Nodo 15} \quad P_z = - 29 \times 1,22 \times 1,95 = \quad - 69 \text{ kg}$$

$$\text{Nodi 13 e 14} \quad P_z = - 29 \times ((1,22 + 1,02) / 2) \times 1,95 = \quad - 63 \text{ kg}$$

$$\text{Nodi 9 e 10} \quad P_z = - 29 \times 1,02 \times 1,95 = \quad - 58 \text{ kg}$$

$$\text{Nodi 7 e 8} \quad P_z = - 29 \times ((1,02 + 0,3) / 2) \times 1,95 = \quad - 37 \text{ kg}$$

Variabili (neve)

$$\text{Nodo 15} \quad P_z = - 120 \times 1,22 \times 1,95 = \quad - 285 \text{ kg}$$

$$\text{Nodi 13 e 14} \quad P_z = - 120 \times ((1,22 + 1,02) / 2) \times 1,95 = \quad - 262 \text{ kg}$$

$$\text{Nodi 9 e 10} \quad P_z = - 120 \times 1,02 \times 1,95 = \quad - 239 \text{ kg}$$

$$\text{Nodi 7 e 8} \quad P_z = - 120 \times ((1,02 + 0,3) / 2) \times 1,95 = \quad - 154 \text{ kg}$$

NDICE

PARTE SECONDA RM Relazione Materiali

2.1	Normativa di riferimento;	pag.	2
2.2	Requisiti dei materiali da utilizzare.		3

PARTE SECONDA RM Relazione

Normativa di riferimento e requisiti dei materiali da utilizzare.

2.1 Normativa di riferimento.

La progettazione, il calcolo e la verifica delle strutture portanti oggetto della presente relazione tecnica sono stati eseguiti in conformità alla vigente normativa appresso elencata:

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le costruzioni”;
- Circ. Min. Infrastrutture 21 gennaio 2019 N. 7 “Istruzioni per l’applicazione delle norme tecniche

2.2 Requisiti dei materiali da utilizzare.

Capriata Polanceau

Gli acciai utilizzati per le capriate sono del tipo **Fe360** avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

tensione di rottura a trazione $f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$

tensione di snervamento $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$

Coefficienti di sicurezza

$\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1,05$ *Resistenza sezioni Classi 1, 2, 3, 4*

$\gamma_{M2} = 1,25$ *Resistenza collegamenti*

Fattore di Confidenza

Poiché per le capriate è stato raggiunto un livello di resistenza LC1 (vedi RTI P.to 1.3)

FC = 1,35

Per le verifiche di resistenza

$$F_{Rd} = f_{yk} / FC = 2350 / 1,35 = 1741 \text{ kg/cm}^2$$

Unioni bullonate [P.to 4.2.8]

Classe 4.6

Resistenza a taglio

$$f_{v,Rd} = 0,6 \times f_{t,b} / \gamma_{M2}$$

$$f_{v,Rd} = 0,6 \times 4\,000 / (1,25 \times 1,35) = 1422 \text{ kg/cm}^2$$

Resistenza a trazione

$$f_{t,Rd} = 0,9 \times f_{t,b} / \gamma_{M2}$$

$$f_{t,Rd} = 0,9 \times 4\,000 / (1,25 \times 1,35) = 2133 \text{ kg/cm}^2$$

Rinforzi Capriata Polanceau

Gli acciai utilizzati per le capriate sono del tipo **S235** avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

tensione di rottura a trazione $f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$

tensione di snervamento $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$

Coefficienti di sicurezza

$\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1,05$ *Resistenza sezioni Classi 1, 2, 3, 4*

$\gamma_{M2} = 1,25$ *Resistenza collegamenti*

Resistenza di progetto SLU

$$F_{Rd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 2750 / 1,05 = 2619 \text{ kg/cm}^2$$

Unioni bullonate [P.to 4.2.8]

Classe 8.8

Resistenza a taglio $f_{v,Rd} = 0,6 \times f_{t,b} / \gamma_{M2}$

$$f_{v,Rd} = 0,6 \times 8\,000 / 1,25 = 3\,840 \text{ kg/cm}^2$$

Resistenza a trazione $f_{t,Rd} = 0,9 \times f_{t,b} / \gamma_{M2}$

$$F_{t,Rd} = 0,9 \times 8\,000 / 1,25 = 5\,760 \text{ kg/cm}^2$$

INDICE

PARTE TERZA CS Calcolo Strutturale

3.1	Premessa;	2
3.2	Dati modellazione S.A.;	3
3.3	Verifiche aste in acciaio S.A.	10
3.4	Verifiche collegamenti S.A.	25
3.5	Dati modellazione S.P.;	26
3.6	Verifiche aste in acciaio S.P.	33
3.7	Verifiche collegamenti S.P.	40

PARTE TERZA: CS Calcolo Strutturale

3.1 Premessa

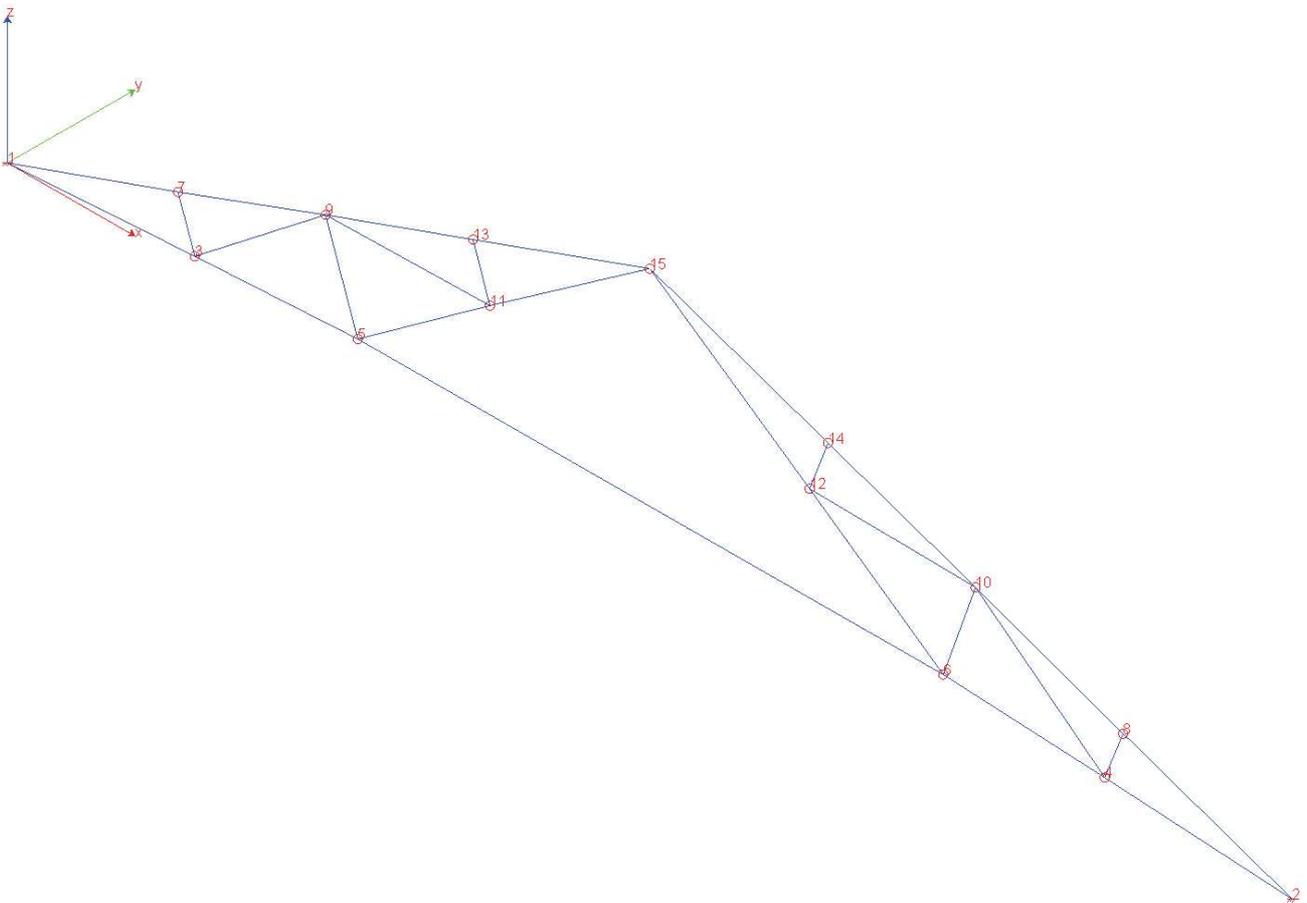
Come accennato nel paragrafo 1.4 della Relazione Tecnico Illustrativa le capriate in acciaio tipo Polonceau, a seguito della verifica di resistenza nella combinazione allo SLU, alcuni componenti sono risultati non verificati: i puntoni e parte della catena.

Pertanto, poichè il presente progetto prevede il recupero delle capriate Polonceau, sono previsti il rinforzo dei puntoni, attualmente costituiti da profili ad "L" 50x4, mediante l'accoppiamento di un altro profilo ad "L" 50x40 collegato mediante bulloni M12/500 mm. Inoltre è previsto anche il rinforzo della catena, attualmente costituiti da profili piatti di sezione 50x4, mediante l'accoppiamento di un altro profilo piatto di sezione 50x40 collegato mediante bulloni M12/500 mm.

Nel modello Stato di Progetto si sono adottati dei profili equivalenti di area pari ai profili accoppiati:

2 L 50x4	$A = 2 \times 3.9 = 7.8 \text{ cm}^2$	L 65x6	$A = 7.5 \text{ cm}^2$
2 piatti 50x4	$A = 2 \times 2.0 = 4.0 \text{ cm}^2$	L 50x4	$A = 3.9 \text{ cm}^2$

Modello strutturale SA e SP



3.2 Dati modellazione S.A.

Dati relativi ai nodi della struttura

Convenzioni adottate

La terna di riferimento generale è destrorsa.

I nodi vengono numerati, con riferimento a una sezione orizzontale, da sinistra a destra, dal basso verso l'alto e per quote crescenti.

L'impalcato di appartenenza di un nodo è definito, in generale, dalla prima delle tre cifre che ne definiscono il numero, possono tuttavia presentarsi casi in cui si hanno più di 100 nodi per solaio nel qual caso il solaio di appartenenza è specificato dall'ultimo valore stampato nella riga dei dati relativi al nodo.

La maschera dei vincoli è costituita dai valori 0 e 1. Il valore 1 indica che per il nodo in riferimento il grado di libertà correlativo è soppresso mentre il valore 0 indica che è libero.

Nel caso di edifici civili multipiano l'asse z generale coincide con l'asse verticale rivolto verso l'alto.

Nodi

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
------	----------	----------	----------	----	----	----	----	----	----	--------

1	0.00	0.00	0.00	1	1	1	1	0	1	0
2	8.36	0.00	0.00	0	1	1	1	0	1	0
3	1.22	0.00	0.08	0	0	0	0	0	0	0
4	7.14	0.00	0.08	0	0	0	0	0	0	0
5	2.28	0.00	0.14	0	0	0	0	0	0	0
6	6.09	0.00	0.14	0	0	0	0	0	0	0
7	1.11	0.00	0.39	0	0	0	0	0	0	0
8	7.26	0.00	0.39	0	0	0	0	0	0	0
9	2.07	0.00	0.74	0	0	0	0	0	0	0
10	6.30	0.00	0.74	0	0	0	0	0	0	0
11	3.14	0.00	0.76	0	0	0	0	0	0	0
12	5.22	0.00	0.76	0	0	0	0	0	0	0
13	3.03	0.00	1.08	0	0	0	0	0	0	0
14	5.34	0.00	1.08	0	0	0	0	0	0	0
15	4.18	0.00	1.49	0	0	0	0	0	0	0

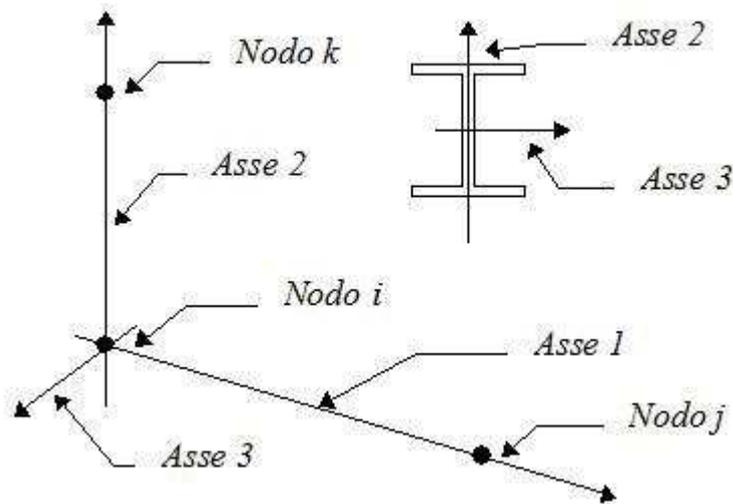
Elementi tipo trave

Convenzioni adottate

Ogni elemento tipo trave viene identificato da:

- Il nodo iniziale **i**;
- Il nodo finale **j**;
- Il nodo **k** che definisce l'orientamento nello spazio della terna riferimento locale dell'elemento.

La terna di riferimento locale della trave risulta essere così disposta:



Vengono riportati i valori di efficacia dei vincoli alle estremità dello elemento (variabili fra 0 e 100%), nei due piani **1-2** e **1-3** della trave in corrispondenza dei nodi, dando quindi la possibilità di considerare aste non perfettamente incastrate (coefficienti **Vi12, Vj12, Vi13, Vj13**).

Caratteristiche dei Materiali:

Tipo	Modulo Elastico [kg/cm ²]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m ³]	Commento
1	300000.0	0.120	0.000012	2500.0	Calcestruzzo
2	2100000.0	0.330	0.000012	7850.0	Acciaio

Sezioni Impiegate:

Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	2	L Equal Flanges 50x50x4	Puntone
2	2	Capriata Piatto 4x50	Catena
3	2	L Equal Flanges 25x25x4	Saette C
4	2	Capriata Piatto 4x25	Saette T

Caratteristiche Inerziali:

Sezione	Materiale	Area [cm ²]	Jt [cm ⁴]	J2 [cm ⁴]	J3 [cm ⁴]	J23 [cm ⁴]	Xx	Xy
1	2	3.89	0	9	9	-5	2.1	2.1
2	2	2.00	0	4	0	0	1.2	1.2
3	2	1.85	0	1	1	-1	2.0	2.0
4	2	1.00	0	1	0	0	1.2	1.2

Dal Nodo	Al Nodo	Nodo k	Luce [m]	Materiale	Sezione	Fixity factors								Rigid-end [m]	
						V_{f12}	V_{f13}	V_{f23}	N_i	N_j	T_i	T_j	d_n	d_r	
9	11	10000	1.07	2	4	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
12	14	10000	0.34	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
11	13	10000	0.34	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
4	10	10000	1.07	2	4	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
3	9	10000	1.08	2	4	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
3	5	10000	1.06	2	2	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
1	3	10000	1.22	2	2	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
14	15	10000	1.23	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
10	14	10000	1.02	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
8	10	10000	1.02	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
2	8	10000	1.17	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
13	15	10000	1.22	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
9	13	10000	1.02	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
7	9	10000	1.02	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
1	7	10000	1.18	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
6	10	10000	0.64	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
4	8	10000	0.33	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
5	9	10000	0.64	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
3	7	10000	0.33	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
12	15	10000	1.27	2	2	100	1	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
6	12	10000	1.07	2	2	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
11	15	10000	1.27	2	2	100	1	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
5	11	10000	1.06	2	2	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
4	6	10000	1.05	2	2	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
2	4	10000	1.22	2	2	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
12	10	10000	1.08	2	4	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
5	6	10000	3.81	2	2	1	1	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00

Condizioni e combinazioni di carico

Convenzioni adottate

Nel seguito vengono riportate il numero di condizioni di carico statiche e dinamiche che sollecitano la struttura. Si noti che:

- Per quanto riguarda le condizioni di carico dinamiche, il programma assimila ogni direzione di ingresso del sisma, definita dal progettista, ad una condizione di carico. Pertanto qualora agiscano sulla struttura n condizioni di carico statiche e il progettista abbia supposto che la struttura venga sollecitata da un sisma entrante in m direzioni, la struttura stessa viene considerata del programma come soggetta ad $n + m$ condizioni di carico.
- Le combinazioni di carico, definite dal progettista, combinano fra loro le $n + m$ condizioni di carico ognuna partecipante alla combinazione i -esima secondo i fattori di partecipazione nel seguito riportati. N.B.: se la condizione j -esima ha fattore di partecipazione unitario, allora partecipa per intero alla combinazione i -esima.
- Le prime n condizioni sono sempre statiche mentre sono di origine dinamica le (eventuali) condizioni da $n+1$ a $n+m$.

Condizioni di carico definite:

Condizione

1	P.p.
2	Perm.
3	Var. Neve

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero

1	
---	--

Comb.\Cond 1 2 3

1	1	1	1.5
---	---	---	-----

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

2	
---	--

Comb.\Cond 1 2 3

2	1	1	1
---	---	---	---

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

3	
---	--

Comb.\Cond 1 2 3

3	1	1	0.5
---	---	---	-----

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

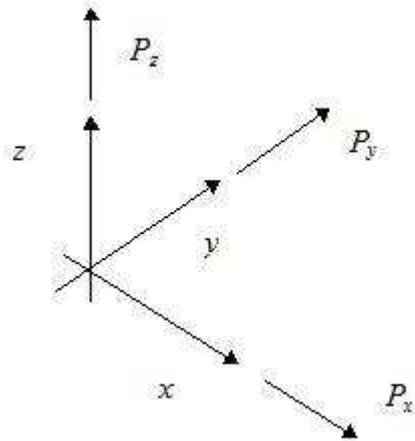
4	
---	--

4	1	1
---	---	---

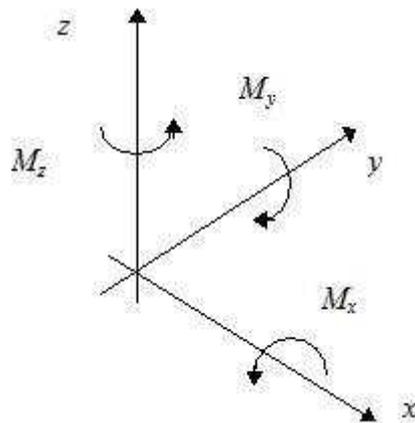
Carichi e coppie applicati ai nodi

Convenzioni adottate

La terna di riferimento generale è destrorsa per cui si hanno i seguenti segni positivi per i carichi o per le coppie direttamente applicati ai nodi:



Versi positivi delle forze concentrate applicate ai nodi.



Versi positivi delle coppie concentrate applicate ai nodi.

Nel seguito vengono riportati per ogni nodo, su cui agiscono carichi concentrati, le componenti del carico (P_x , P_y , P_z , M_x , M_y , M_z) e la condizione di carico cui esse fanno riferimento.

Nodo	Cond.	Px [kg]	Py [kg]	Pz [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Mz [kgm]
------	-------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------

1	1	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0
2	1	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0
3	1	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0
4	1	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0
5	1	0.0	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.0
6	1	0.0	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.0
7	1	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-24.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-154.0	0.0	0.0	0.0
8	1	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-24.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-154.0	0.0	0.0	0.0
9	1	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-38.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-239.0	0.0	0.0	0.0
10	1	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-38.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-239.0	0.0	0.0	0.0
11	1	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0
12	1	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0
13	1	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-41.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-262.0	0.0	0.0	0.0
14	1	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-41.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-262.0	0.0	0.0	0.0
15	1	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-45.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-285.0	0.0	0.0	0.0

Carichi applicati agli elementi

Convenzioni adottate

I carichi applicati vengono raccolti nella tabella riportata alla fine del paragrafo e si intendono applicati nel sistema di riferimento locale dell'elemento.

Per la lettura della tabella si definiscono:

NodoI, NodoJ

I nodi iniziale/finale dell'asta o lato dell'elemento cui afferisce il carico

L

La distanza fra i suddetti nodi.

qxi, ..., qzj

Le componenti di un carico distribuito costante o variabile linearmente iniziali (indice i) e finale (indice j).

xi, xj

Le distanze, misurate a partire dal Nodol, dei punti di applicazione dei carichi $q_{xi}..q_{zj}$ relativi a carichi distribuiti applicati su porzioni di un'asta.

Px, ..., Pz xApp

Le componenti di un Carico Concentrato applicato a distanza xApp dal Nodol.

Mx, ..., Mz xApp

Le componenti di una Coppia Concentrata applicata a distanza xApp dal Nodol.

Var Termica Assiale, ..., Var Termica Farfalla 13

Le variazioni termiche (Assiali ed a Farfalla) misurate in gradi Celsius.

mxi, ..., mzj

Le componenti di coppie distribuite costanti o variabili linearmente iniziali (indice i) e finale (indice j).

qS_x, qS_y, qS_z

carichi, per unità di superficie, applicati su elementi superficiali o facce di elementi solidi

Peso Proprio

Il valore del carico derivante dal peso proprio dell'elemento

Carichi distribuiti

Nodo I	Nodo J	L [m]	Condizione di carico	xi [m]	qxi [kg/m]	qyi [kg/m]	qzi [kg/m]	xj [m]	qxj [kg/m]	qyj [kg/m]	qzj [kg/m]
9	11	1.07	1	0.00	0.0	0.8	0.0	1.07	0.0	0.8	0.0
12	14	0.34	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.34	1.4	0.5	0.0
11	13	0.34	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.34	1.4	0.5	0.0
4	10	1.07	1	0.00	0.5	0.6	0.0	1.07	0.5	0.6	0.0
3	9	1.08	1	0.00	0.5	0.6	0.0	1.08	0.5	0.6	0.0
3	5	1.06	1	0.00	0.1	1.6	0.0	1.06	0.1	1.6	0.0
1	3	1.22	1	0.00	0.1	1.6	0.0	1.22	0.1	1.6	0.0
14	15	1.23	1	0.00	1.0	2.9	0.0	1.23	1.0	2.9	0.0
10	14	1.02	1	0.00	1.0	2.9	0.0	1.02	1.0	2.9	0.0
8	10	1.02	1	0.00	1.0	2.9	0.0	1.02	1.0	2.9	0.0
2	8	1.17	1	0.00	1.0	2.9	0.0	1.17	1.0	2.9	0.0
13	15	1.22	1	0.00	1.0	2.9	0.0	1.22	1.0	2.9	0.0
9	13	1.02	1	0.00	1.0	2.9	0.0	1.02	1.0	2.9	0.0
7	9	1.02	1	0.00	1.0	2.9	0.0	1.02	1.0	2.9	0.0
1	7	1.18	1	0.00	1.0	2.9	0.0	1.18	1.0	2.9	0.0
6	10	0.64	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.64	1.4	0.5	0.0
4	8	0.33	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.33	1.4	0.5	0.0
5	9	0.64	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.64	1.4	0.5	0.0
3	7	0.33	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.33	1.4	0.5	0.0
12	15	1.27	1	0.00	0.9	1.3	0.0	1.27	0.9	1.3	0.0
6	12	1.07	1	0.00	0.9	1.3	0.0	1.07	0.9	1.3	0.0
11	15	1.27	1	0.00	0.9	1.3	0.0	1.27	0.9	1.3	0.0
5	11	1.06	1	0.00	0.9	1.3	0.0	1.06	0.9	1.3	0.0
4	6	1.05	1	0.00	0.1	1.6	0.0	1.05	0.1	1.6	0.0
2	4	1.22	1	0.00	0.1	1.6	0.0	1.22	0.1	1.6	0.0
12	10	1.08	1	0.00	-0.0	0.8	0.0	1.08	-0.0	0.8	0.0
5	6	3.81	1	0.00	0.0	1.6	0.0	3.81	0.0	1.6	0.0

3.3 Verifiche aste in acciaio S.A.

Si riportano le verifiche delle 4 tipologie di aste in acciaio della capriata Polonceau dalle quali si ricava che non risultano verificati tutti i puntone ed alcuni elementi catena.

VERIFICHE TRAVE DAL NODO 1 AL NODO 7 / Sez. 1 L Equal Flanges 50x50x4 (Puntone)

DATI GENERALI

Luce dell'asta	1.18	[m]
Sezione numero	1	L Equal Flanges 50x50x4 (Puntone)
β_{1-2xx}	1.00	
β_{1-3yy}	1.00	

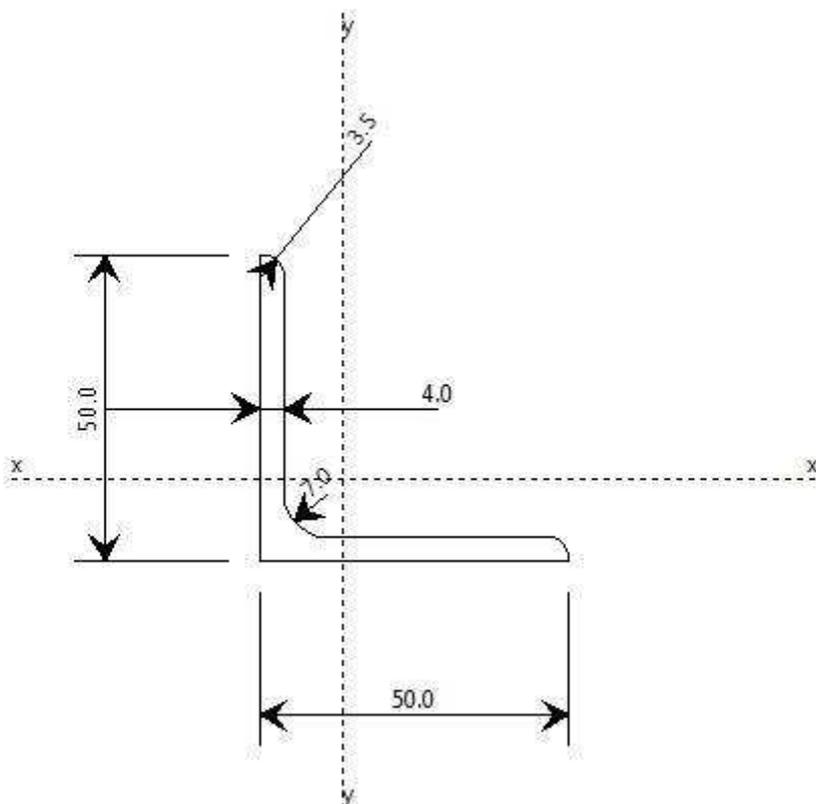
Materiale Acciaio S 235 (FE 360)

f_y	2350.0	[kg/cm ²]
f_u	3600.0	[kg/cm ²]
ϵ	1.00	

Coefficienti di sicurezza:

γ_{M0}	1.35	
γ_{M1}	1.35	
γ_{M2}	1.25	

DATI INERZIALI PROFILO : L Equal Flanges 50x50x4



Area	3.89 [cm ²]	A.Traz	3.89 [cm ²] (L collegamento 0 [mm])
------	-------------------------	--------	--

Jx	9 [cm ⁴]	ix	1.52 [cm]
Wx	2 [cm ³]	Zx	5 [cm ³]
Jy	9 [cm ⁴]	iy	1.52 [cm]
Wy	2 [cm ³]	Zy	5 [cm ³]
Jt	0 [cm ⁴]		
Cw	0 [cm ⁶]		
Curva di instabilità piano 1-2 (x-x)	b		
Curva di instabilità piano 1-3 (y-y)	b		

L

B	50	[mm]
H	50	[mm]
s	4	[mm]
R	7	[mm]
r	4	[mm]

Classificazione generale della sezione:

- Compressione : **3**
- Flessione Mx : **1**
- Flessione My : **1**

Nelle verifiche a trazione $N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{t,k} / \gamma_2$ $\beta = 0.90$

VERIFICA DI RESISTENZA

Sezione in classe	3	
Area _{Eff}	3.89	[cm ²]
Wx _{Eff}	2	[cm ³]
Wy _{Eff}	2	[cm ³]
Combinazione critica	1	
Ascissa	1.18	[m]
N _d	4882.6 [kg]	N _d /N _R =0.72
M _{x,d}	-25.7 [kgm]	M _{x,d} /M _{x,R} =0.60
M _{y,d}	-0.0 [kgm]	M _{y,d} /M _{y,R} =0.00
S _d /S _R	1.32	NON VERIFICATA

VERIFICA DI INSTABILITÀ DA SFORZO NORMALE

Verifica di Instabilità nel Piano 1/2 / *Profilo Singolo*

Luce	1.18	[m]
β (Lc= β L _{netto})	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.52	[cm]
Snellezza	77.54	
Snellezza ridotta λ	0.83	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.71	
Azione assiale	4883.8 [kg]	Combinazione 1
N _{sd} /N _{sR}	1.02	NON VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano 1/3 / *Profilo Singolo*

Luce	1.18	[m]
------	------	-----

β ($L_c = \beta L_{\text{Netto}}$)	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.52	[cm]
Snellezza	77.54	
Snellezza ridotta λ	0.83	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.71	
Azione assiale	4883.8 [kg]	Combinazione 1
N_{SD}/N_{SR}	1.02	NON VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano di minima inerzia / Profilo Singolo

Luce	1.18	[m]
β ($L_c = \beta L_{\text{Netto}}$)	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	0.98	[cm]
Snellezza	120.23	
Snellezza ridotta λ	1.28	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.44	
Azione assiale	4883.8 [kg]	Combinazione 1
N_{SD}/N_{SR}	1.65	NON VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano di massima inerzia / Profilo Singolo

Luce	1.18	[m]
β ($L_c = \beta L_{\text{Netto}}$)	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.91	[cm]
Snellezza	61.61	
Snellezza ridotta λ	0.66	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.81	
Azione assiale	4883.8 [kg]	Combinazione 1
N_{SD}/N_{SR}	0.89	VERIFICATA

VERIFICA DI INSTABILITÀ A PRESSO-FLESSIONE

Verifica condotta in accordo a EC3 UNI EN 1993-1-1:2005 paragrafo 6.3.3 e appendice A.

Sezione in classe	3	
Area _{Eff}	3.89	[cm ²]
W _{x,eff}	2	[cm ³]
W _{y,eff}	2	[cm ³]
Combinazione critica	1	
N _d	4882.6 [kg]	N _d /N _r =1.72
M _{x,d}	25.7 [kgm]	M _{x,d} /M _{x,r} =0.00
M _{y,d}	-0.0 [kgm]	M _{y,d} /M _{y,r} =0.00
S _d /S _r	1.72	NON VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano 1/2 / Profilo Singolo

Luce	1.18	[m]
β ($L_c = \beta L_{\text{Netto}}$)	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.52	[cm]
Snellezza	77.54	
Snellezza ridotta λ	0.83	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.71	
Azione assiale	4882.6 [kg]	Combinazione 1

Verifica di Instabilità nel Piano 1/3 / Profilo Singolo

Luce	1.18	[m]
β ($L_c = \beta L_{\text{netto}}$)	1.00	
β_λ	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.52	[cm]
Snellezza	77.54	
Snellezza ridotta λ	0.83	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.71	
Azione assiale	4882.6 [kg]	Combinazione 1

Snellezze e Fattori di interazione dei momenti flettenti

Piano	λ	χ	μ	C_m
1-2	0.83	0.71	0.86	0.871 NON Lineare
1-3	0.83	0.71	0.86	1.088 Lineare

Fattori di Interazione

a_{LT}	0.98	b_{LT}	-0.00
c_{LT}	0.00	d_{LT}	-0.00
e_{LT}	0.00		
$C_{22 (yy)}$	1.28	$C_{23 (yz)}$	1.18
$C_{32 (zy)}$	1.38	$C_{33 (zz)}$	1.03
$k_{22 (yy)}$	1.17	$k_{23 (yz)}$	1.47
$k_{32 (zy)}$	1.17	$k_{33 (zz)}$	1.47

VERIFICHE TRAVE DAL NODO 1 AL NODO 3 / Sez. 2 Capriata Piatto 4x50 (Catena)

DATI GENERALI

Luce dell'asta	1.22	[m]
Sezione numero	2	Capriata Piatto 4x50 (Catena)
β_{1-2xx}	1.00	
β_{1-3yy}	1.00	

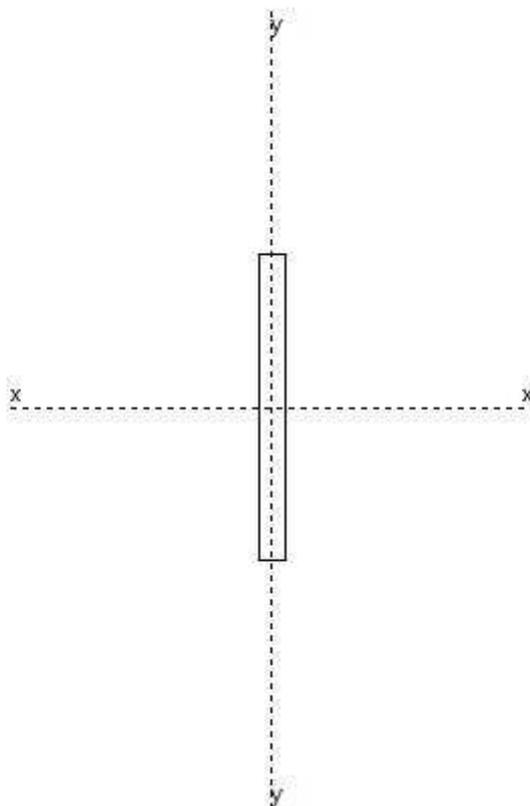
Materiale Acciaio S 235 (FE 360)

f_y	2350.0	[kg/cm ²]
f_u	3600.0	[kg/cm ²]
ϵ	1.00	

Coefficienti di sicurezza:

γ_{M0}	1.35	
γ_{M1}	1.35	
γ_{M2}	1.25	

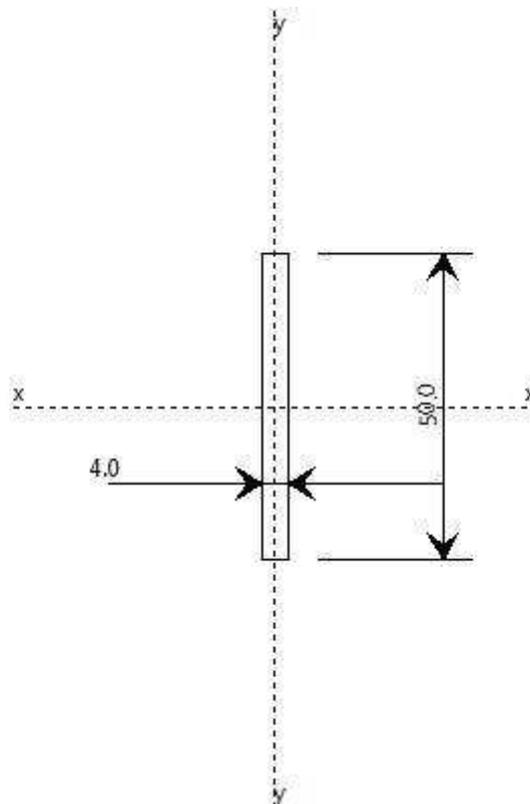
DATI INERZIALI PROFILO : Capriata Piatto 4x50



Area	2.00 [cm ²]	A.Traz	2.00 [cm ²] (L collegamento 0 [mm])
Jx	4 [cm ⁴]	ix	1.44 [cm]
Wx	2 [cm ³]	Zx	3 [cm ³]
Jy	0 [cm ⁴]	iy	0.12 [cm]
Wy	0 [cm ³]	Zy	0 [cm ³]
Jt	0 [cm ⁴]		

Cw	0 [cm ⁶]		
Curva di instabilità piano 1-2 (x-x)	c		
Curva di instabilità piano 1-3 (y-y)	c		

DATI INERZIALI PROFILO : Piatto 50.0x4



Area	2.00 [cm ²]	A.Traz	2.00 [cm ²] (L collegamento 0 [mm])
Jx	0 [cm ⁴]	ix	0.12 [cm]
Wx	0 [cm ³]	Zx	0 [cm ³]
Jy	4 [cm ⁴]	iy	1.44 [cm]
Wy	2 [cm ³]	Zy	2 [cm ³]
Jt	0 [cm ⁴]		
Cw	0 [cm ⁶]		
Curva di instabilità piano 1-2 (x-x)	c		
Curva di instabilità piano 1-3 (y-y)	c		

Piatto

L	50	[mm]
t	4	[mm]

Classificazione generale della sezione:

- Compressione : 1
- Flessione Mx : 1

- Flessione M_y : 1

Nelle verifiche a trazione $N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{t,k} / \gamma_2$ $\beta = 0.90$

VERIFICA DI RESISTENZA

Sezione in classe	1	
Area _{Eff}	2.00	[cm ²]
Wx _{Eff}	3	[cm ³]
Wy _{Eff}	0	[cm ³]
Combinazione critica	1	
Ascissa	1.22	[m]
N _D	-4609.1 [kg]	N _D /N _R =1.32
M _{x,D}	-12.0 [kgm]	M _{x,D} /M _{x,R} =0.28
M _{y,D}	-0.0 [kgm]	M _{y,D} /M _{y,R} =0.00
S _D /S _R	1.60	NON VERIFICATA

VERIFICA DI INSTABILITÀ DA SFORZO NORMALE

L'asta risulta **NON COMPRESSA**.

VERIFICA DI INSTABILITÀ A PRESSO-FLESSIONE

Verifica condotta in accordo a EC3 UNI EN 1993-1-1:2005 paragrafo 6.3.3 e appendice A.

L'asta risulta **NON COMPRESSA**.

VERIFICHE TRAVE DAL NODO 5 AL NODO 9 / Sez. 3 L Equal Flanges 25x25x4 (Salette C)

DATI GENERALI

Luce dell'asta	0.64	[m]
Sezione numero	3	L Equal Flanges 25x25x4 (Salette C)
β_{1-2xx}	1.00	
β_{1-3yy}	1.00	

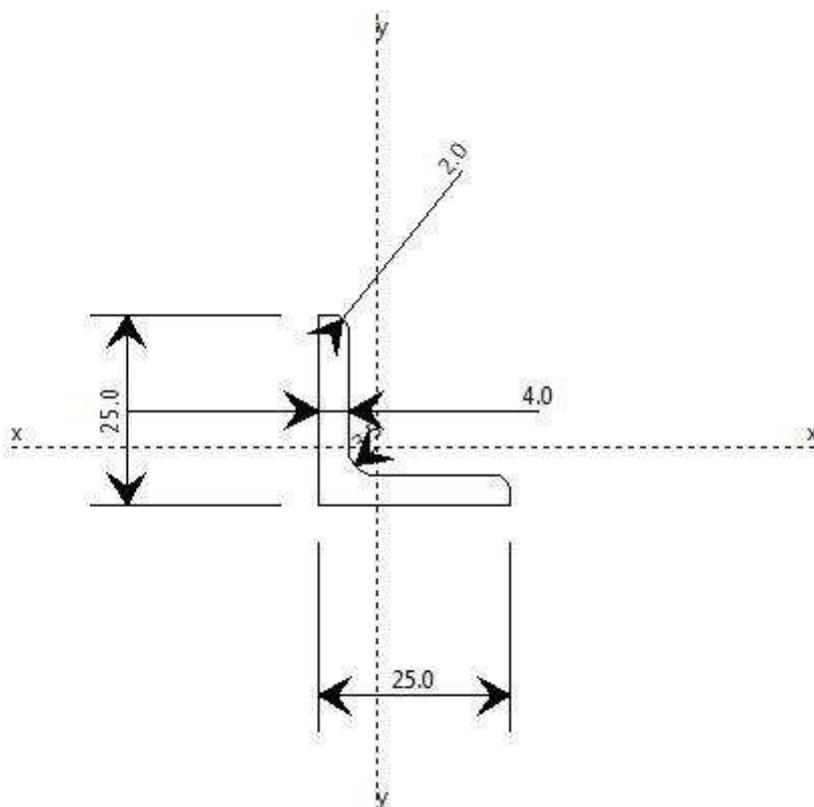
Materiale Acciaio S 235 (FE 360)

f_y	2350.0	[kg/cm ²]
f_u	3600.0	[kg/cm ²]
ϵ	1.00	

Coefficienti di sicurezza:

γ_{M0}	1.35	
γ_{M1}	1.35	
γ_{M2}	1.25	

DATI INERZIALI PROFILO : L Equal Flanges 25x25x4



Area	1.85 [cm ²]	A.Traz	1.85 [cm ²] (L collegamento 0 [mm])
Jx	1 [cm ⁴]	ix	0.74 [cm]
Wx	1 [cm ³]	Zx	1 [cm ³]
Jy	1 [cm ⁴]	iy	0.74 [cm]
Wy	1 [cm ³]	Zy	1 [cm ³]
Jt	0 [cm ⁴]		

Cw	0 [cm ⁶]		
Curva di instabilità piano 1-2 (x-x)	b		
Curva di instabilità piano 1-3 (y-y)	b		

L

B	25	[mm]
H	25	[mm]
s	4	[mm]
R	4	[mm]
r	2	[mm]

Classificazione generale della sezione:

- Compressione : **3**
- Flessione Mx : **1**
- Flessione My : **1**

Nelle verifiche a trazione $N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{t,k} / \gamma_2$ $\beta = 0.90$

VERIFICA DI RESISTENZA

Sezione in classe	3	
Area _{Eff}	1.85	[cm ²]
Wx _{Eff}	1	[cm ³]
Wy _{Eff}	1	[cm ³]
Combinazione critica	1	
Ascissa	0.64	[m]
N _d	735.2 [kg]	N _d /N _r =0.23
M _{x,d}	-0.9 [kgm]	M _{x,d} /M _{x,r} =0.09
M _{y,d}	-0.0 [kgm]	M _{y,d} /M _{y,r} =0.00
S _d /S _r	0.32	VERIFICATA

VERIFICA DI INSTABILITÀ DA SFORZO NORMALE

Verifica di Instabilità nel Piano 1/2 / *Profilo Singolo*

Luce	0.64	[m]
β (Lc= βL_{net})	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	0.74	[cm]
Snellezza	85.98	
Snellezza ridotta λ	0.92	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.65	
Azione assiale	736.1 [kg]	Combinazione 1
N _{sd} /N _{sr}	0.35	VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano 1/3 / *Profilo Singolo*

Luce	0.64	[m]
β (Lc= βL_{net})	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	0.74	[cm]

Snellezza	85.98	
Snellezza ridotta λ	0.92	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.65	
Azione assiale	736.1 [kg]	Combinazione 1
N_{SD}/N_{SR}	0.35	VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano di minima inerzia / Profilo Singolo

Luce	0.64	[m]
β ($L_c = \beta L_{Netto}$)	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	0.93	[cm]
Snellezza	68.44	
Snellezza ridotta λ	0.73	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.77	
Azione assiale	736.1 [kg]	Combinazione 1
N_{SD}/N_{SR}	0.30	VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano di massima inerzia / Profilo Singolo

Luce	0.64	[m]
β ($L_c = \beta L_{Netto}$)	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	0.48	[cm]
Snellezza	132.42	
Snellezza ridotta λ	1.41	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.38	
Azione assiale	736.1 [kg]	Combinazione 1
N_{SD}/N_{SR}	0.61	VERIFICATA

VERIFICA DI INSTABILITÀ A PRESSO-FLESSIONE

Verifica condotta in accordo a EC3 UNI EN 1993-1-1:2005 paragrafo 6.3.3 e appendice A.

Sezione in classe	3	
Area _{Eff}	1.85	[cm ²]
W _{x,eff}	1	[cm ³]
W _{y,eff}	1	[cm ³]
Combinazione critica	1	
N _D	735.2 [kg]	N _D /N _R =0.44
M _{x,D}	0.9 [kgm]	M _{x,D} /M _{x,R} =0.00
M _{y,D}	-0.0 [kgm]	M _{y,D} /M _{y,R} =0.00
S _D /S _R	0.44	VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano 1/2 / Profilo Singolo

Luce	0.64	[m]
β ($L_c = \beta L_{Netto}$)	1.00	
β_A	1.00	
Raggio d'inerzia i	0.74	[cm]
Snellezza	85.98	
Snellezza ridotta λ	0.92	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.65	
Azione assiale	735.2 [kg]	Combinazione 1

Verifica di Instabilità nel Piano 1/3 / Profilo Singolo

Luce	0.64	[m]
β ($L_c = \beta L_{Netto}$)	1.00	
β_A	1.00	

Raggio d'inerzia i	0.74	[cm]
Snellezza	85.98	
Snellezza ridotta λ	0.92	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.65	
Azione assiale	735.2 [kg]	Combinazione 1

Snellezze e Fattori di interazione dei momenti flettenti

Piano λ χ μ C_m

1-2	0.92	0.65	0.95	0.897 NON Lineare
1-3	0.92	0.65	0.95	1.034 Lineare

Fattori di Interazione

a_{LT}	0.90	b_{LT}	-0.00
c_{LT}	0.00	d_{LT}	-0.00
e_{LT}	0.00		
$C_{22 (yy)}$	1.06	$C_{23 (yz)}$	1.04
$C_{32 (zy)}$	1.09	$C_{33 (zz)}$	1.00
$k_{22 (yy)}$	0.99	$k_{23 (yz)}$	1.14
$k_{32 (zy)}$	0.99	$k_{33 (zz)}$	1.14

VERIFICHE TRAVE DAL NODO 9 AL NODO 11 / Sez. 4 Capriata Piatto 4x25 (Saette T)

DATI GENERALI

Luce dell'asta	1.07	[m]
Sezione numero	4	Capriata Piatto 4x25 (Saette T)
β_{1-2xx}	1.00	
β_{1-3yy}	1.00	

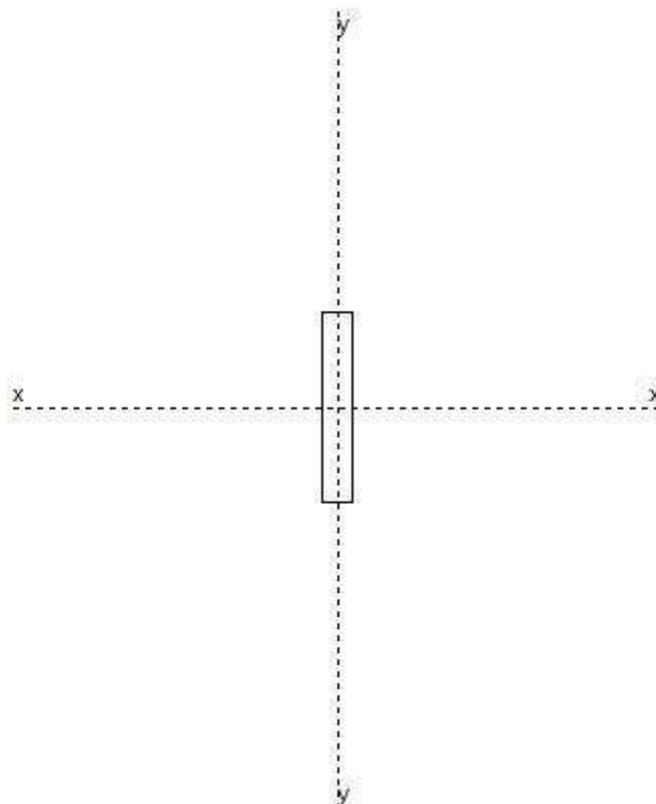
Materiale Acciaio S 235 (FE 360)

f_y	2350.0	[kg/cm ²]
f_u	3600.0	[kg/cm ²]
ϵ	1.00	

Coefficienti di sicurezza:

γ_{M0}	1.35	
γ_{M1}	1.35	
γ_{M2}	1.25	

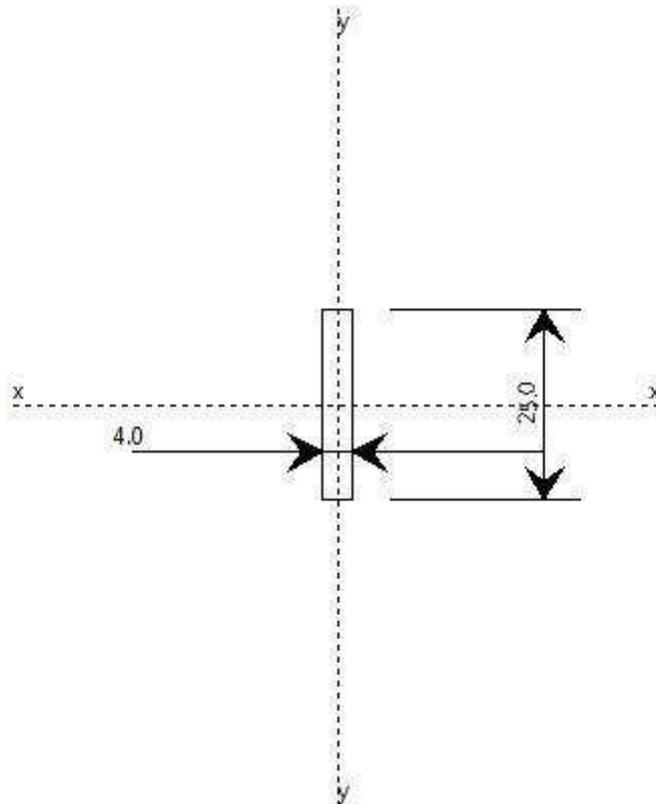
DATI INERZIALI PROFILO : Capriata Piatto 4x25



Area	1.00 [cm ²]	A.Traz	1.00 [cm ²] (L collegamento 0 [mm])
Jx	1 [cm ⁴]	ix	0.72 [cm]
Wx	0 [cm ³]	Zx	1 [cm ³]
Jy	0 [cm ⁴]	iy	0.12 [cm]
Wy	0 [cm ³]	Zy	0 [cm ³]
Jt	0 [cm ⁴]		

Cw	0 [cm ⁶]		
Curva di instabilità piano 1-2 (x-x)	c		
Curva di instabilità piano 1-3 (y-y)	c		

DATI INERZIALI PROFILO : Piatto 25.0x4



Area	1.00 [cm ²]	A.Traz	1.00 [cm ²] (L collegamento 0 [mm])
Jx	0 [cm ⁴]	ix	0.12 [cm]
Wx	0 [cm ³]	Zx	0 [cm ³]
Jy	1 [cm ⁴]	iy	0.72 [cm]
Wy	0 [cm ³]	Zy	1 [cm ³]
Jt	0 [cm ⁴]		
Cw	0 [cm ⁶]		
Curva di instabilità piano 1-2 (x-x)	c		
Curva di instabilità piano 1-3 (y-y)	c		

Piatto

L	25	[mm]
t	4	[mm]

Classificazione generale della sezione:

- Compressione : 1
- Flessione Mx : 1

- Flessione M_y : 1

Nelle verifiche a trazione $N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{t,k} / \gamma_2$ $\beta = 0.90$

VERIFICA DI RESISTENZA

Sezione in classe	1	
Area _{Eff}	1.00	[cm ²]
Wx _{Eff}	1	[cm ³]
Wy _{Eff}	0	[cm ³]
Combinazione critica	1	
Ascissa	1.07	[m]
N _D	-602.5 [kg]	N _D /N _R =0.35
M _{x,D}	-0.6 [kgm]	M _{x,D} /M _{x,R} =0.06
M _{y,D}	-0.0 [kgm]	M _{y,D} /M _{y,R} =0.00
S _D /S _R	0.41	VERIFICATA

VERIFICA DI INSTABILITÀ DA SFORZO NORMALE

L'asta risulta **NON COMPRESSA**.

VERIFICA DI INSTABILITÀ A PRESSO-FLESSIONE

Verifica condotta in accordo a EC3 UNI EN 1993-1-1:2005 paragrafo 6.3.3 e appendice A.

L'asta risulta **NON COMPRESSA**.

Percentuale di sfruttamento dei profilati metallici

Distribuzione degli elementi Trave (n. di elementi in ogni campo)

Sezione Numero	Sezione tipo	Sd/Sr ≤ 33%	Sd/Sr ≤ 66%	Sd/Sr ≤ 100%	Sd/Sr ≤ 1000%	Sd/Sr ≤ 1004%	Sd/Sr ≤ 1005%	Sd/Sr ≤ 1006%
1	L Equal Flanges 50x50x4/Puntone	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	100.00 (8)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)
2	Capriata Piatto 4x50/Catena	0.00 (0)	22.22 (2)	33.33 (3)	44.44 (4)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)
3	L Equal Flanges 25x25x4/Saette C	66.67 (4)	33.33 (2)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)
4	Capriata Piatto 4x25/Saette T	25.00 (1)	75.00 (3)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)

Elementi maggiormente sollecitati

Elementi Trave

Sezione	Min Elemento nodi	Min S _d /S _r	Max Elemento nodi	Max S _d /S _r
1 L Equal Flanges 50x50x4/Puntone	8 10	1.48	1 7	1.72
2 Capriata Piatto 4x50/Catena	6 12	0.64	1 3	1.60
3 L Equal Flanges 25x25x4/Saette C	3 7	0.23	5 9	0.61
4 Capriata Piatto 4x25/Saette T	4 10	0.33	9 11	0.41

3.4 Verifiche collegamenti S.A.

COLLEGAMENTO – Catena 50x4 – Catena 50x4

Si adotta un collegamento con 2 bulloni M 12 classe 4.6

Si effettua la verifica nel nodo 5 asta 5-6 Comb. di carico 1 (SLU)

$N_d = - 2588$ kg (trazione)

$N_{Rd} = 2 \times f_{t,Rd} \times A_{Res} = 2 \times 2133 \times 0,84 = 3584 > 2766$ kg VERIFICATO

COLLEGAMENTO – Puntone L 50x4 – Puntone L 50x4

Si adotta un collegamento con 3 bulloni M 12 classe 4.6

Si effettua la verifica nel nodo 15 asta 15-13 Comb. di carico 1 (SLU)

$N_d = 4661$ kg (compressione)

$N_{Rd} = 3 \times f_{t,Rd} \times A_{Res} = 2 \times 2133 \times 0,84 = 5375 > 4933$ kg VERIFICATO

CONCLUSIONI

Non risultano verificate tutti gli elementi puntone (8 elementi)

Alcuni elementi catena (4 elementi).

Pertanto per motivi statici ed architettonici, si procede al rinforzo di tutti gli elementi puntone con accoppiamento di un profilo gemello "L" 50x4 e tutti gli elementi catena con l'accoppiamento di un profilo gemello piatto 50x4

Si riporta di seguito la modellazione allo Stato di Progetto con i profili rinforzati

3.5 Dati modellazione SP

Dati relativi ai nodi della struttura

Convenzioni adottate

La terna di riferimento generale è destrorsa.

I nodi vengono numerati, con riferimento a una sezione orizzontale, da sinistra a destra, dal basso verso l'alto e per quote crescenti.

L'impalcato di appartenenza di un nodo è definito, in generale, dalla prima delle tre cifre che ne definiscono il numero, possono tuttavia presentarsi casi in cui si hanno più di 100 nodi per solaio nel qual caso il solaio di appartenenza è specificato dall'ultimo valore stampato nella riga dei dati relativi al nodo.

La maschera dei vincoli è costituita dai valori 0 e 1. Il valore 1 indica che per il nodo in riferimento il grado di libertà correlativo è soppresso mentre il valore 0 indica che è libero.

Nel caso di edifici civili multipiano l'asse z generale coincide con l'asse verticale rivolto verso l'alto.

Nodi

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz	Solaio
------	----------	----------	----------	----	----	----	----	----	----	--------

1	0.00	0.00	0.00	1	1	1	1	0	1	0
2	8.36	0.00	0.00	0	1	1	1	0	1	0
3	1.22	0.00	0.08	0	0	0	0	0	0	0
4	7.14	0.00	0.08	0	0	0	0	0	0	0
5	2.28	0.00	0.14	0	0	0	0	0	0	0
6	6.09	0.00	0.14	0	0	0	0	0	0	0
7	1.11	0.00	0.39	0	0	0	0	0	0	0
8	7.26	0.00	0.39	0	0	0	0	0	0	0
9	2.07	0.00	0.74	0	0	0	0	0	0	0
10	6.30	0.00	0.74	0	0	0	0	0	0	0
11	3.14	0.00	0.76	0	0	0	0	0	0	0
12	5.22	0.00	0.76	0	0	0	0	0	0	0
13	3.03	0.00	1.08	0	0	0	0	0	0	0
14	5.34	0.00	1.08	0	0	0	0	0	0	0
15	4.18	0.00	1.49	0	0	0	0	0	0	0

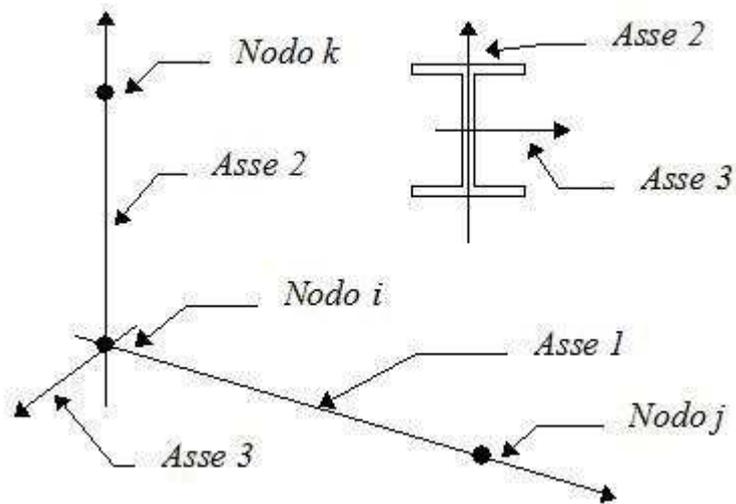
Elementi tipo trave

Convenzioni adottate

Ogni elemento tipo trave viene identificato da:

- Il nodo iniziale **i**;
- Il nodo finale **j**;
- Il nodo **k** che definisce l'orientamento nello spazio della terna riferimento locale dell'elemento.

La terna di riferimento locale della trave risulta essere così disposta:



Vengono riportati i valori di efficacia dei vincoli alle estremità dello elemento (variabili fra 0 e 100%), nei due piani **1-2** e **1-3** della trave in corrispondenza dei nodi, dando quindi la possibilità di considerare aste non perfettamente incastrate (coefficienti **Vi12, Vj12, Vi13, Vj13**).

Caratteristiche dei Materiali:

Tipo	Modulo Elastico [kg/cm ²]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m ³]	Commento
1	300000.0	0.120	0.000012	2500.0	Calcestruzzo
2	2100000.0	0.330	0.000012	7850.0	Acciaio

Sezioni Impiegate:

Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	2	L Equal Flanges 65x65x6	Puntone
2	2	Capriata Piatto 4x50	Catena
3	2	L Equal Flanges 25x25x4	Saette C
4	2	Capriata Piatto 4x25	Saette T
5	2	L Equal Flanges 50x50x4	Catena rinforzata

Caratteristiche Inerziali:

Sezione	Materiale	Area [cm ²]	Jt [cm ⁴]	J2 [cm ⁴]	J3 [cm ⁴]	J23 [cm ⁴]	Xx	Xy
1	2	7.53	1	29	29	-17	2.1	2.1
2	2	2.00	0	4	0	0	1.2	1.2
3	2	1.85	0	1	1	-1	2.0	2.0
4	2	1.00	0	1	0	0	1.2	1.2
5	2	3.89	0	9	9	-5	2.1	2.1

Dal Nodo	Al Nodo	Nodo k	Luce [m]	Materiale	Sezione	Fixity factors								Rigid-end [m]	
						V_{i12}	V_{j12}	V_{i13}	V_{j13}	N_i	N_j	T_i	T_j	d_n	d_r
9	11	10000	1.07	2	4	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
12	14	10000	0.34	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
11	13	10000	0.34	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
4	10	10000	1.07	2	4	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
3	9	10000	1.08	2	4	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
3	5	10000	1.06	2	5	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
1	3	10000	1.22	2	5	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
14	15	10000	1.23	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
10	14	10000	1.02	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
8	10	10000	1.02	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
2	8	10000	1.17	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
13	15	10000	1.22	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
9	13	10000	1.02	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
7	9	10000	1.02	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
1	7	10000	1.18	2	1	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
6	10	10000	0.64	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
4	8	10000	0.33	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
5	9	10000	0.64	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
3	7	10000	0.33	2	3	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
12	15	10000	1.27	2	5	100	1	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
6	12	10000	1.07	2	5	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
11	15	10000	1.27	2	5	100	1	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
5	11	10000	1.06	2	5	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
4	6	10000	1.05	2	5	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
2	4	10000	1.22	2	5	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
12	10	10000	1.08	2	4	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00
5	6	10000	3.81	2	5	1	1	100	100	100	100	100	100	0.00	0.00

Condizioni e combinazioni di carico

Convenzioni adottate

Nel seguito vengono riportate il numero di condizioni di carico statiche e dinamiche che sollecitano la struttura. Si noti che:

- Per quanto riguarda le condizioni di carico dinamiche, il programma assimila ogni direzione di ingresso del sisma, definita dal progettista, ad una condizione di carico. Pertanto qualora agiscano sulla struttura n condizioni di carico statiche e il progettista abbia supposto che la struttura venga sollecitata da un sisma entrante in m direzioni, la struttura stessa viene considerata del programma come soggetta ad $n + m$ condizioni di carico.
- Le combinazioni di carico, definite dal progettista, combinano fra loro le $n + m$ condizioni di carico ognuna partecipante alla combinazione i -esima secondo i fattori di partecipazione nel seguito riportati. N.B.: se la condizione j -esima ha fattore di partecipazione unitario, allora partecipa per intero alla combinazione i -esima.
- Le prime n condizioni sono sempre statiche mentre sono di origine dinamica le (eventuali) condizioni da $n+1$ a $n+m$.

Condizioni di carico definite:

Condizione

1	P.p.
2	Perm.
3	Var. Neve

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero

1

Comb.\Cond 1 2 3

1	1	1	1.5
---	---	---	-----

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

2

Comb.\Cond 1 2 3

2	1	1	1
---	---	---	---

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

3

Comb.\Cond 1 2 3

3	1	1	0.5
---	---	---	-----

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero

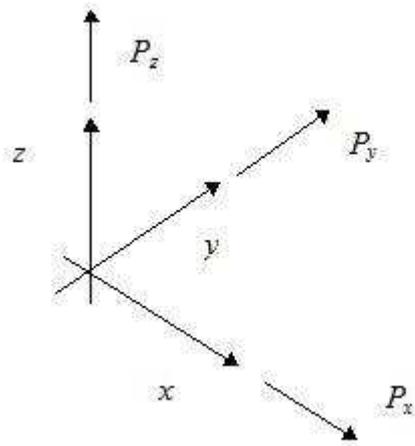
4

4	1	1
---	---	---

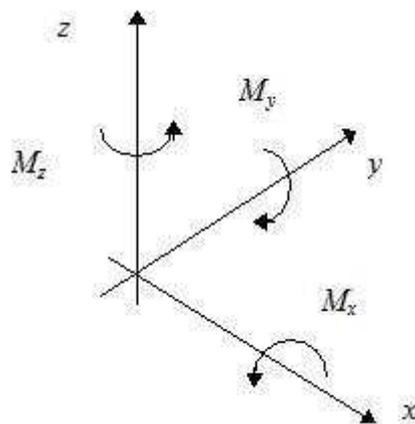
Carichi e coppie applicati ai nodi

Convenzioni adottate

La terna di riferimento generale è destrorsa per cui si hanno i seguenti segni positivi per i carichi o per le coppie direttamente applicati ai nodi:



Versi positivi delle forze concentrate applicate ai nodi.



Versi positivi delle coppie concentrate applicate ai nodi.

Nel seguito vengono riportati per ogni nodo, su cui agiscono carichi concentrati, le componenti del carico (P_x , P_y , P_z , M_x , M_y , M_z) e la condizione di carico cui esse fanno riferimento.

Nodo	Cond.	Px [kg]	Py [kg]	Pz [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Mz [kgm]
------	-------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------

1	1	0.0	0.0	-0.8	0.0	0.0	0.0
2	1	0.0	0.0	-0.8	0.0	0.0	0.0
3	1	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0
4	1	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0
5	1	0.0	0.0	-1.4	0.0	0.0	0.0
6	1	0.0	0.0	-1.4	0.0	0.0	0.0
7	1	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-37.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-154.0	0.0	0.0	0.0
8	1	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-37.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-154.0	0.0	0.0	0.0
9	1	0.0	0.0	-1.1	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-58.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-239.0	0.0	0.0	0.0
10	1	0.0	0.0	-1.1	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-58.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-239.0	0.0	0.0	0.0
11	1	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0
12	1	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0
13	1	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-63.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-262.0	0.0	0.0	0.0
14	1	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-63.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-262.0	0.0	0.0	0.0
15	1	0.0	0.0	-1.7	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	-69.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	-285.0	0.0	0.0	0.0

Carichi applicati agli elementi

Convenzioni adottate

I carichi applicati vengono raccolti nella tabella riportata alla fine del paragrafo e si intendono applicati nel sistema di riferimento locale dell'elemento.

Per la lettura della tabella si definiscono:

NodoI, NodoJ

I nodi iniziale/finale dell'asta o lato dell'elemento cui afferisce il carico

L

La distanza fra i suddetti nodi.

qxi, ..., qzj

Le componenti di un carico distribuito costante o variabile linearmente iniziali (indice i) e finale (indice j).

xi, xj

Le distanze, misurate a partire dal Nodol, dei punti di applicazione dei carichi $q_{xi}..q_{zj}$ relativi a carichi distribuiti applicati su porzioni di un'asta.

Px, ..., Pz xApp

Le componenti di un Carico Concentrato applicato a distanza xApp dal Nodol.

Mx, ..., Mz xApp

Le componenti di una Coppia Concentrata applicata a distanza xApp dal Nodol.

Var Termica Assiale, ..., Var Termica Farfalla 13

Le variazioni termiche (Assiali ed a Farfalla) misurate in gradi Celsius.

mxi, ..., mzj

Le componenti di coppie distribuite costanti o variabili linearmente iniziali (indice i) e finale (indice j).

qS_x, qS_y, qS_z

carichi, per unità di superficie, applicati su elementi superficiali o facce di elementi solidi

Peso Proprio

Il valore del carico derivante dal peso proprio dell'elemento

Carichi distribuiti

Nodo I	Nodo J	L [m]	Condizione di carico	xi [m]	qxi [kg/m]	qyi [kg/m]	qzi [kg/m]	xj [m]	qxj [kg/m]	qyj [kg/m]	qzj [kg/m]
9	11	1.07	1	0.00	0.0	0.8	0.0	1.07	0.0	0.8	0.0
12	14	0.34	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.34	1.4	0.5	0.0
11	13	0.34	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.34	1.4	0.5	0.0
4	10	1.07	1	0.00	0.5	0.6	0.0	1.07	0.5	0.6	0.0
3	9	1.08	1	0.00	0.5	0.6	0.0	1.08	0.5	0.6	0.0
3	5	1.06	1	0.00	0.2	3.1	0.0	1.06	0.2	3.1	0.0
1	3	1.22	1	0.00	0.2	3.1	0.0	1.22	0.2	3.1	0.0
14	15	1.23	1	0.00	2.0	5.6	0.0	1.23	2.0	5.6	0.0
10	14	1.02	1	0.00	2.0	5.6	0.0	1.02	2.0	5.6	0.0
8	10	1.02	1	0.00	2.0	5.6	0.0	1.02	2.0	5.6	0.0
2	8	1.17	1	0.00	2.0	5.6	0.0	1.17	2.0	5.6	0.0
13	15	1.22	1	0.00	2.0	5.6	0.0	1.22	2.0	5.6	0.0
9	13	1.02	1	0.00	2.0	5.6	0.0	1.02	2.0	5.6	0.0
7	9	1.02	1	0.00	2.0	5.6	0.0	1.02	2.0	5.6	0.0
1	7	1.18	1	0.00	2.0	5.6	0.0	1.18	2.0	5.6	0.0
6	10	0.64	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.64	1.4	0.5	0.0
4	8	0.33	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.33	1.4	0.5	0.0
5	9	0.64	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.64	1.4	0.5	0.0
3	7	0.33	1	0.00	1.4	0.5	0.0	0.33	1.4	0.5	0.0
12	15	1.27	1	0.00	1.8	2.5	0.0	1.27	1.8	2.5	0.0
6	12	1.07	1	0.00	1.8	2.5	0.0	1.07	1.8	2.5	0.0
11	15	1.27	1	0.00	1.8	2.5	0.0	1.27	1.8	2.5	0.0
5	11	1.06	1	0.00	1.8	2.5	0.0	1.06	1.8	2.5	0.0
4	6	1.05	1	0.00	0.2	3.1	0.0	1.05	0.2	3.1	0.0
2	4	1.22	1	0.00	0.2	3.1	0.0	1.22	0.2	3.1	0.0
12	10	1.08	1	0.00	-0.0	0.8	0.0	1.08	-0.0	0.8	0.0
5	6	3.81	1	0.00	0.0	3.1	0.0	3.81	0.0	3.1	0.0

3.6 Verifiche aste in acciaio S.P.

Si riportano di seguito le verifiche delle aste rinforzate i puntoni e le catene della capriata che risultano verificate.

VERIFICHE TRAVE DAL NODO 1 AL NODO 7 / Sez. 1 L Equal Flanges 65x65x6 (Puntone)

DATI GENERALI

Luce dell'asta	1.18	[m]
Sezione numero	1	L Equal Flanges 65x65x6 (Puntone)
$\beta_{1-z_{xx}}$	1.00	
$\beta_{1-z_{yy}}$	1.00	

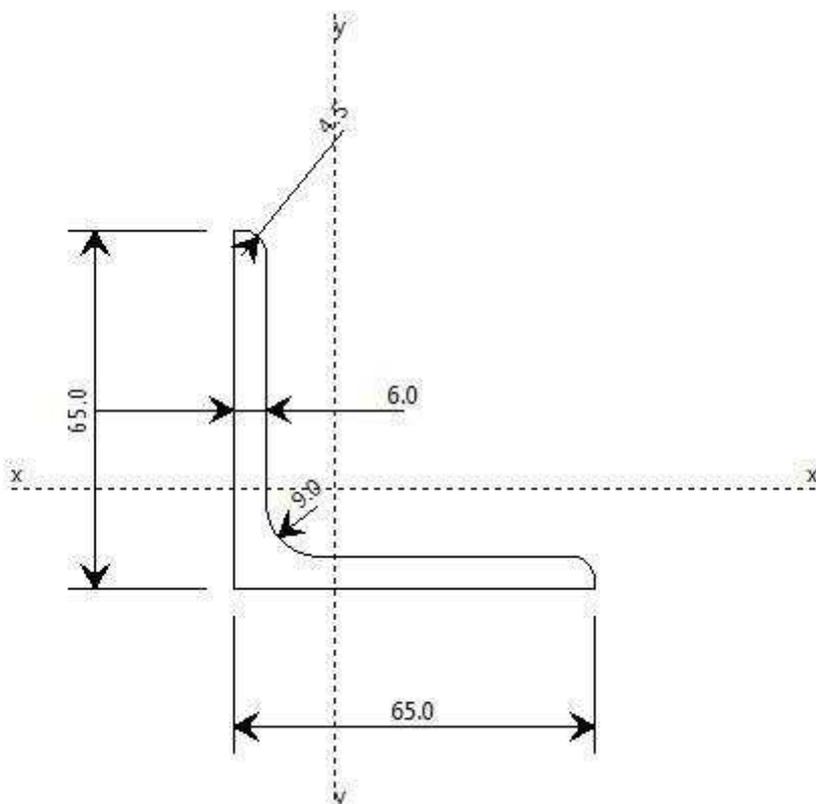
Materiale Acciaio S 235 (FE 360)

f_y	2350.0	[kg/cm ²]
f_u	3600.0	[kg/cm ²]
ϵ	1.00	

Coefficienti di sicurezza:

γ_{M_0}	1.35	
γ_{M1}	1.35	
γ_{M2}	1.25	

DATI INERZIALI PROFILO : L Equal Flanges 65x65x6



Area	7.53 [cm ²]	A.Traz	7.53 [cm ²]
------	-------------------------	--------	-------------------------

			(L collegamento 0 [mm])
Jx	29 [cm ⁴]	ix	1.97 [cm]
Wx	6 [cm ³]	Zx	11 [cm ³]
Jy	29 [cm ⁴]	iy	1.97 [cm]
Wy	6 [cm ³]	Zy	11 [cm ³]
Jt	1 [cm ⁴]		
Cw	0 [cm ⁶]		
Curva di instabilità piano 1-2 (x-x)	b		
Curva di instabilità piano 1-3 (y-y)	b		

L

B	65	[mm]
H	65	[mm]
s	6	[mm]
R	9	[mm]
r	5	[mm]

Classificazione generale della sezione:

- Compressione : **3**
- Flessione Mx : **1**
- Flessione My : **1**

Nelle verifiche a trazione $N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{t,k} / \gamma_2$ $\beta=0.90$

VERIFICA DI RESISTENZA

Sezione in classe	3	
Area _{Eff}	7.53	[cm ²]
Wx _{Eff}	6	[cm ³]
Wy _{Eff}	6	[cm ³]
Combinazione critica	1	
Ascissa	1.18	[m]
N _d	5166.4 [kg]	N _d /N _R =0.39
M _{x,d}	-39.8 [kgm]	M _{x,d} /M _{x,R} =0.37
M _{y,d}	11.3 [kgm]	M _{y,d} /M _{y,R} =0.10
S _d /S _R	0.87	VERIFICATA

VERIFICA DI INSTABILITÀ DA SFORZO NORMALE

Verifica di Instabilità nel Piano 1/2 / *Profilo Singolo*

Luce	1.18	[m]
β (Lc= βL_{net})	1.00	
β_x	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.97	[cm]
Snellezza	59.78	
Snellezza ridotta λ	0.64	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.82	
Azione assiale	5168.7 [kg]	Combinazione 1

N_{SD}/N_{SR}	0.48	VERIFICATA
-----------------	------	-------------------

Verifica di Instabilità nel Piano 1/3 / Profilo Singolo

Luce	1.18	[m]
β ($L_c = \beta L_{Netto}$)	1.00	
β_λ	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.97	[cm]
Snellezza	59.78	
Snellezza ridotta λ	0.64	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.82	
Azione assiale	5168.7 [kg]	Combinazione 1
N_{SD}/N_{SR}	0.48	VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano di minima inerzia / Profilo Singolo

Luce	1.18	[m]
β ($L_c = \beta L_{Netto}$)	1.00	
β_λ	1.00	
Raggio d'inerzia i	2.48	[cm]
Snellezza	47.48	
Snellezza ridotta λ	0.51	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.88	
Azione assiale	5168.7 [kg]	Combinazione 1
N_{SD}/N_{SR}	0.45	VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano di massima inerzia / Profilo Singolo

Luce	1.18	[m]
β ($L_c = \beta L_{Netto}$)	1.00	
β_λ	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.27	[cm]
Snellezza	92.82	
Snellezza ridotta λ	0.99	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.60	
Azione assiale	5168.7 [kg]	Combinazione 1
N_{SD}/N_{SR}	0.65	VERIFICATA

VERIFICA DI INSTABILITA A PRESSO-FLESSIONE

Verifica condotta in accordo a EC3 UNI EN 1993-1-1:2005 paragrafo 6.3.3 e appendice A.

Sezione in classe	3	
Area _{Eff}	7.53	[cm ²]
Wx _{Eff}	6	[cm ³]
Wy _{Eff}	6	[cm ³]
Combinazione critica	1	
N _d	5166.4 [kg]	N _d /N _r =0.99
M _{x,d}	39.8 [kgm]	M _{x,d} /M _{x,r} =0.00
M _{y,d}	11.3 [kgm]	M _{y,d} /M _{y,r} =0.00
S _d /S _r	0.99	VERIFICATA

Verifica di Instabilità nel Piano 1/2 / Profilo Singolo

Luce	1.18	[m]
β ($L_c = \beta L_{Netto}$)	1.00	
β_λ	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.97	[cm]
Snellezza	59.78	
Snellezza ridotta λ	0.64	
Curva d'instabilità	b	

Coeff. di riduzione χ	0.82	
Azione assiale	5166.4 [kg]	Combinazione 1

Verifica di Instabilità nel Piano 1/3 / Profilo Singolo

Luce	1.18	[m]
β ($L_c = \beta L_{\text{Netto}}$)	1.00	
β_x	1.00	
Raggio d'inerzia i	1.97	[cm]
Snellezza	59.78	
Snellezza ridotta λ	0.64	
Curva d'instabilità	b	
Coeff. di riduzione χ	0.82	
Azione assiale	5166.4 [kg]	Combinazione 1

Snellezze e Fattori di interazione dei momenti flettenti

Piano λ χ μ C_m

1-2	0.64	0.82	0.98	0.963 NON Lineare
1-3	0.64	0.82	0.98	0.970 Lineare

Fattori di Interazione

a_{LT}	0.97	b_{LT}	0.00
c_{LT}	0.00	d_{LT}	0.00
e_{LT}	0.00		
$C_{22(yz)}$	1.19	$C_{23(yz)}$	1.26
$C_{32(yz)}$	1.26	$C_{33(yz)}$	1.19
$k_{22(yz)}$	1.07	$k_{23(yz)}$	1.07
$k_{32(yz)}$	1.07	$k_{33(yz)}$	1.07

VERIFICHE TRAVE DAL NODO 1 AL NODO 3 / Sez. 5 L Equal Flanges 50x50x4 (Catena rinforzata)

DATI GENERALI

Luce dell'asta	1.22	[m]
Sezione numero	5	L Equal Flanges 50x50x4 (Catena rinforzata)
β_{1-2xx}	1.00	
β_{1-3yy}	1.00	

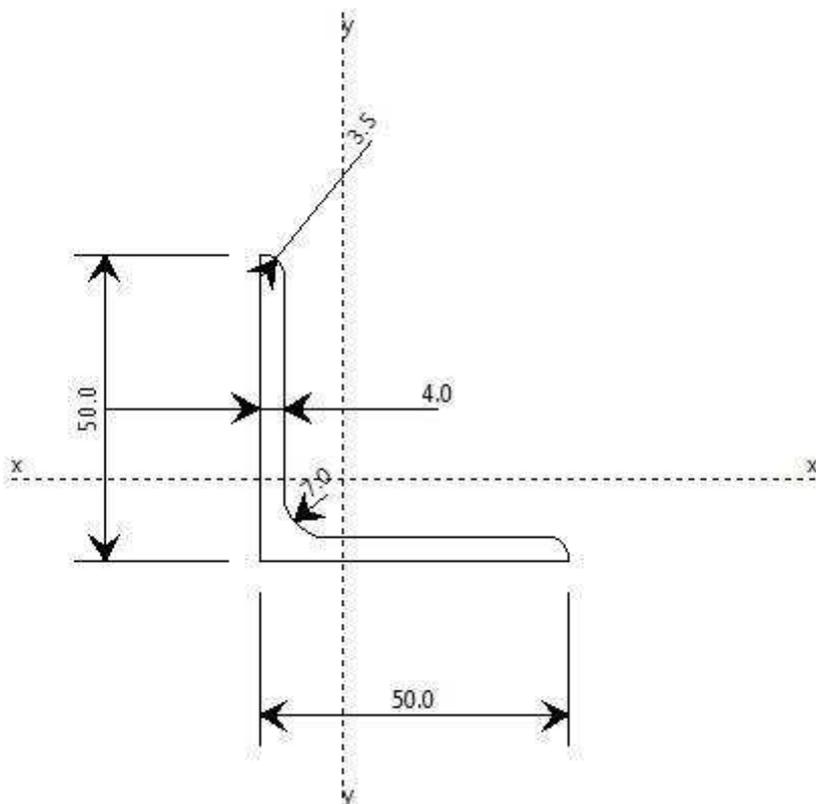
Materiale Acciaio S 235 (FE 360)

f_y	2350.0	[kg/cm ²]
f_u	3600.0	[kg/cm ²]
ϵ	1.00	

Coefficienti di sicurezza:

γ_{M0}	1.35	
γ_{M1}	1.35	
γ_{M2}	1.25	

DATI INERZIALI PROFILO : L Equal Flanges 50x50x4



Area	3.89 [cm ²]	A.Traz	3.89 [cm ²] (L collegamento 0 [mm])
Jx	9 [cm ⁴]	ix	1.52 [cm]
Wx	2 [cm ³]	Zx	5 [cm ³]
Jy	9 [cm ⁴]	iy	1.52 [cm]
Wy	2 [cm ³]	Zy	5 [cm ³]

Jt	0 [cm ⁴]		
Cw	0 [cm ⁶]		
Curva di instabilità piano 1-2 (x-x)	b		
Curva di instabilità piano 1-3 (y-y)	b		

L

B	50	[mm]
H	50	[mm]
s	4	[mm]
R	7	[mm]
r	4	[mm]

Classificazione generale della sezione:

- Compressione : **3**
- Flessione Mx : **1**
- Flessione My : **1**

Nelle verifiche a trazione $N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{t,k} / \gamma_2$ $\beta = 0.90$

VERIFICA DI RESISTENZA

Sezione in classe	1	
Area _{Eff}	3.89	[cm ²]
Wx _{Eff}	5	[cm ³]
Wy _{Eff}	5	[cm ³]
Combinazione critica	1	
Ascissa	1.22	[m]
N _D	-4874.4 [kg]	N _D /N _R =0.72
M _{x,D}	-15.3 [kgm]	M _{x,D} /M _{x,R} =0.19
M _{y,D}	-0.2 [kgm]	M _{y,D} /M _{y,R} =0.00
S _D /S _R	0.92	VERIFICATA

VERIFICA DI INSTABILITÀ DA SFORZO NORMALE

L'asta risulta **NON COMPRESSA**.

VERIFICA DI INSTABILITÀ A PRESSO-FLESSIONE

Verifica condotta in accordo a EC3 UNI EN 1993-1-1:2005 paragrafo 6.3.3 e appendice A.

L'asta risulta **NON COMPRESSA**.

Percentuale di sfruttamento dei profilati metallici

Distribuzione degli elementi Trave (n. di elementi in ogni campo)

Sezione Numero	Sezione tipo	Sd/Sr ≤ 33%	Sd/Sr ≤ 66%	Sd/Sr ≤ 100%	Sd/Sr ≤ 1000%	Sd/Sr ≤ 1004%	Sd/Sr ≤ 1005%	Sd/Sr ≤ 1006%
1	L Equal Flanges 65x65x6/Puntone	0.00 (0)	0.00 (0)	100.00 (8)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)
3	L Equal Flanges 25x25x4/Saette C	66.67 (4)	33.33 (2)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)
4	Capriata Piatto 4x25/Saette T	50.00 (2)	50.00 (2)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)
5	L Equal Flanges 50x50x4/Catena rinforzata	0.00 (0)	55.56 (5)	44.44 (4)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)	0.00 (0)

Elementi maggiormente sollecitati

Elementi Trave

Sezione	Min Elemento nodi	Min S _d /S _R	Max Elemento nodi	Max S _d /S _R
1 L Equal Flanges 65x65x6/Puntone	10 14	0.83	1 7	0.99
3 L Equal Flanges 25x25x4/Saette C	4 8	0.16	5 9	0.63
4 Capriata Piatto 4x25/Saette T	4 10	0.29	9 11	0.38
5 L Equal Flanges 50x50x4/Catena rinforzata	6 12	0.40	1 3	0.92

3.7 Verifiche collegamenti SP

COLLEGAMENTO – Catena 50x4 – Catena 50x4

Si adotta un collegamento con 2 bulloni M 12 classe 4.6

Si effettua la verifica nel nodo 5 asta 5-6 Comb. di carico 1 (SLU)

$N_d = - 2766$ kg (trazione)

$N_{Rd} = 2 \times f_{t,Rd} \times A_{Res} = 2 \times 2133 \times 0,84 = 3584 > 2766$ kg VERIFICATO

COLLEGAMENTO – Puntone L 50x4 – Puntone L 50x4

Si adotta un collegamento con 3 bulloni M 12 classe 4.6

Si effettua la verifica nel nodo 15 asta 15-13 Comb. di carico 1 (SLU)

$N_d = 4933$ kg (compressione)

$N_{Rd} = 3 \times f_{t,Rd} \times A_{Res} = 2 \times 2133 \times 0,84 = 5375 > 4933$ kg VERIFICATO

CONCLUSIONI

Nella configurazione di progetto, puntone e catene rinforzati, tutte le aste risultano verificate allo SLU.

Anche i collegamenti esistenti risultano tutti verificati.

PARTE QUARTA: Relazione sulle fondazioni

L'incremento di carico in fondazione, dovuto all'intervento di rinforzo del solaio di copertura dei 2 edifici dell'ingresso monumentale del Cimitero di Tarenelle è praticamente inesistente e quindi inferiore al 10 % e poiché non sono presenti dissesti che evidenzino problemi di fondazione, lo scrivente progettista strutturale non prevede alcun intervento in fondazione.

INDICE

PARTE QUINTA Piano di manutenzione

5.1	Premessa;	2
5.2	Descrizione sintetica dell'opera;	3
5.3	Soggetti interessati;	4
5.4	Elenco documentazione tecnica dell'opera.	5
5.5	Verifiche e controlli;	6
5.6	Interventi di manutenzione.	7

PARTE QUINTA PM Piano di Manutenzione

5.1 Premessa

Il presente piano di manutenzione, relativo all'opera in oggetto, è redatto tenendo conto delle specifiche norme di buona tecnica, al fine di determinare la tipologia e la cadenza dei controlli e degli interventi da eseguire per la verifica e la manutenzione dell'opera e per garantirne la piena efficienza.

Gli interventi di manutenzione sono ridotti al minimo, in quanto, nel progetto, sono previsti materiali e tecniche costruttive, finalizzate ad ottenere un'ottima qualità dell'opera finita.

Per la scelta degli interventi, è stata effettuata una analisi statistica su opere simili ed è stato fatto riferimento a precedenti esperienze professionali.

Questo piano di manutenzione è diviso in due parti:

- La prima parte riguarda la tipologia e la cadenza delle verifiche e dei controlli da eseguire in relazione ai livelli prestazionali richiesti per le singole parti delle opere.
- La seconda parte contiene la descrizione e la suddivisione nel tempo degli interventi di manutenzione al fine di mantenere la qualità e l'efficienza delle categorie di opere.

Il piano di manutenzione potrà essere, eventualmente, modificato ed integrato in fase esecutiva, al termine dei lavori e nel corso dell'esistenza dell'opera.

5.2 Descrizione sintetica dell'opera

Il presente lavoro consiste nel restauro conservativo della ex chiesetta ed ex camera mortuaria dell'ingresso monumentale del Cimitero di Tavernelle di Ancona. Trattasi di due edifici gemelli in muratura portante siti nel comune di Ancona (AN) via Tavernelle distinto al NCEU al Foglio 79 Mappale 12.

I fabbricati presentano un piano fuori terra e l'intervento riguarda il rinforzo strutturale dei solai di copertura con struttura portante in acciaio. Il Committente è il Comune di Ancona U.O. Edilizia Cimiteriale. Il progetto architettonico è a firma dell'Arch. Maurizio Volpini.

Tale intervento si classifica come intervento locale ai sensi del DM 17/01/2018.

Attualmente i solai di copertura sono con struttura portante in acciaio costituiti da cinque capriate tipo "Polonceau", l'orditura secondaria è costituita da travi in legno di sezione 10x10 cm ed il manto di copertura è costituito da lastre ondulate di eternit, l'ex chiesetta e da pannelli sandwich, l'ex camera mortuaria. Non sono presenti cordoli di copertura.

In particolare relativamente alle capriate, i puntoni sono costituite da profili ad "L" di sezione 50x4 mm, le catene sono costituite da piatti di sezione 50x4 mm gli elementi di parete compressi sono costituiti da profili ad "L" di sezione 25x4 mm mentre gli elementi di parete tesi sono costituiti da piatti di sezione 25x4. I collegamenti sono costituiti da bulloni M12.

Il progetto di risanamento conservativo prevede in entrambi i solai di copertura della sostituzione dell'orditura secondaria, attualmente costituita da travi in legno di sezione 10x10 cm con profili tubolari a sezione rettangolare di dimensioni 80x100x30mm, la sostituzione del manto di copertura della ex chiesetta, attualmente in lastre ondulate di eternit con un solaio sandwich s=80 mm simile a quello esistente della ex camera mortuaria che verrà recuperato.

Per quanto riguarda le capriate in acciaio tipo Polonceau, a seguito della verifica di resistenza nella combinazione allo SLU, alcuni componenti sono risultati non verificati. Pertanto, poichè il presente progetto prevede il recupero delle capriate Polonceau, sono previsti il rinforzo dei puntoni, attualmente costituiti da profili ad "L" 50x4, mediante l'accoppiamento di un altro profilo ad "L" 50x40 collegato mediante bulloni M12/500 mm. Inoltre è previsto anche il rinforzo della catena, , attualmente costituiti da profili piatti di sezione 50x4, mediante l'accoppiamento di un altro profilo piatto di sezione 50x40 collegato mediante bulloni M12/500 mm.

Inoltre, è prevista l'introduzione di cordoli metallici in testa alle murature perimetrali costituiti da piatti di sezione 100x12 mm collegato alle murature mediante barre filettate D=16 mm inghisate mediante ancoraggi a base di malta a matrice pozzolanica stabilizzata. Sia i piatti che le barre filettate saranno in acciaio INOX AISI 304.

Il collegamento delle capriate nella muratura, attualmente costituito da una piastra ortogonale all'asse del puntone e saldato ad esso, verrà realizzato mediante cuffia metallica collegata sia al cordolo metallico che alla muratura mediante barre filettate D=16 mm inghisate mediante ancoraggi a base di malta a matrice pozzolanica stabilizzata.

5.3 Soggetti interessati

Indirizzo del cantiere

Ancona (AN), Cimitero di Tavernelle ingresso monumentale

Durata dei Lavori

Inizio lavori: giugno 2022

Fine lavori ottobre 2022

Committenti:

Comune di Ancona U. O. Edilizia Cimiteriale

RUP Ing. Jessica Angeloni

Indirizzo via Zappata, 1

60121 Ancona

Tel: 071.2222862

Progettista e D. L. Opere Strutturali

Arch. Maurizio Volpini

Indirizzo via Sacconi, 2

60129 - Ancona

Tel: 347.3463173

Progettista Opere Strutturali

Ing. Emanuele Filomena

Indirizzo via Bramucci, 21

60129 - Ancona

Tel: 333.2837972

Impresa appaltatrice: da definire

Indirizzo

Tel:

Legale Rappresentante:

5.4 Elenco documentazione Tecnica dell'opera

Il progetto esecutivo redatto dall'Ing. Emanuele Filomena, è composto dai seguenti elaborati:

Fascicolo RTI	Relazione Tecnico illustrativa;
Fascicolo RM	Relazione sui materiali;
Fascicolo CS	Calcoli Strutturali ;
Fascicolo RF	Relazione sulle fondazioni;

Tavole grafiche:

**N° Tav
U.O.
Sismica**

DESCRIZIONE

10-S1 Particolari della copertura

5.5 Verifiche e Controlli

Nelle seguenti tabelle, suddivise per categorie di opere, sono riportati i livelli prestazionali, le verifiche e i controlli richiesti per le singole parti delle opere stesse:

In particolare in ogni tabella sono riportate:

- tipo di opere;
- elementi costitutivi delle opere;
- livelli di prestazione (qualitativi o quantitativi);
- cadenza massima delle verifiche e controlli da effettuare;
- specializzazione del personale addetto alle verifiche e controlli;
- tipologia delle verifiche e controlli da eseguire.

Tipo	Elemento	Livello prestazionale	Cadenza controlli	Personale specializzato	Tipologia controlli
Strutture in acciaio	Capriata e cordolo	Stabilità geometrica Assenza di deformazioni Assenza di cedimenti Assenza di ruggine	2 anni o dopo un evento eccezionale (esplosione, incendio o urto)	Si	Visivo con verifica del degrado dei materiali Mediante battitura

Tali tabelle potranno essere, eventualmente, modificate ed integrate in fase esecutiva, al termine dei lavori e nel corso dell'esistenza dell'opera

5.6 Interventi di Manutenzione

Nelle seguenti tabelle, suddivise per categorie di opere, sono riportati la tipologia e la cadenza degli interventi previsti:

In particolare in ogni tabella sono riportate:

- tipo di opere;
- tipologia degli interventi da eseguire;
- cadenza massima prevista degli interventi da effettuare;

Tipo	Tipologia interventi	Cadenza interventi
Capriata in acciaio	Serraggio e/o sostituzione bulloni	10 anni o quando necessario (dopo un evento eccezionale quale esplosione incendio o urto)
	Rimozione della ruggine	
	Trattamento con cicli di verniciatura antiruggine	

Tali tabelle potranno essere, eventualmente, modificate ed integrate in fase esecutiva, al termine dei lavori e nel corso dell'esistenza dell'opera

PARTE SESTA VS Valutazione Della Sicurezza (§ 8.3 - NTC 2018)

Il progetto prevede esclusivamente interventi locali; gli interventi quindi riguardano porzioni limitate della costruzione; inoltre non comportano aumenti dei carichi esistenti importanti e non incidono sul comportamento globale della struttura.

Per quanto sopra, ai sensi del § 8.3 delle NTC 2018, “... *la valutazione della sicurezza potrà essere effettuata anche solo sugli elementi interessati e su quelli con essi interagenti ...*”.

Per questi medesimi motivi, la valutazione della sicurezza coincide con le verifiche riportate in “CS – Calcolo Strutturale” (ove ogni singolo elemento è verificato in modo distinto) alla quale si rimanda integralmente.

Calcolo contributo istruttorio

Attualmente versamento non dovuto.