

Soggetto attuatore della progettazione

STAZIONE APPALTANTE

Regione Toscana

Settore trasporto pubblico locale

IL DIRIGENTE

Ing. Enrico Becattini

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Enrico Becattini

IL DIRETTORE ESECUTIVO DEL CONTRATTO

Ing. Michela Di Matteo

Soggetto appaltante esecuzione lavori

STAZIONE APPALTANTE

Provincia di Grosseto

Servizio Viabilità

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Alessandro Vichi

IL SUPPORTO AL RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO

Geom. Maurizio Bellaveglia

IL DIRETTORE DEI LAVORI

Ing. Gianluca Monaci



REGIONE
LIGURIA



Regione Toscana



REGIONE
LAZIO



MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Regione Toscana

Lotto prioritario 2B - Costa della Maremma Stralcio 1

dal Comune di Follonica al Comune di Scarlino

ATI ESECUZIONE LAVORI



RT PROGETTISTI INDICATI



COORDINAMENTO GRUPPO DI PROGETTAZIONE
INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
PROGETTAZIONE IDRAULICA
Ing. Luana BILIA - Ordine Ingegneri Lucca n. 1005



PROGETTAZIONE STRUTTURALE
Ing. Giovanni GUIGLI - Ordine Ingegneri Lucca n. 1246
Ing. Michele BIANCHINI - Ordine Ingegneri Bologna n. 6875



ASPETTI NATURALISTICO FORESTALI
Dott. For. Katuscia BEGLIOMINI - Ordine Dott. Agronomi e Dott. Forestali Pistoia n. 135



ASPETTI GEOLOGICI
Dott. Geol. Massimo PELLEGRINI - Ordine Geologi Toscana n. 418

ASPETTI PAESAGGISTICI
Arch. Jessica BACCHI - Ordine Architetti P.P.C. Pisa n. 1115

PROGETTO DEFINITIVO - VARIANTE N. 1

03_PROGETTO STRUTTURALE

Relazione di calcolo

NOME FILE						SCALA		DATA		ELABORATO N.	
0624	DXX	STR	004	A	-			Settembre 2024		1.1.1	
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE				REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO			
A	Settembre 2024	Emissione per CdS				Ciuffardi	Ciuffardi	Bilia			

Sommario

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
4	DATI CARATTERISTICI	7
5	MATERIALI	10
5.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA	10
6	ANALISI DELLE AZIONI	11
6.1	AZIONI PERMANENTI (G1 e G2)	11
6.2	AZIONI VARIABILI (q)	12
6.2.1	CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (q1)	12
6.2.2	INCREMENTO DINAMICO ADDIZIONALE (q2)	12
6.2.3	AZIONE LONGITUDINALE DI FREN. O DI ACC. (q3)	12
6.2.4	AZIONE CENTRIFUGA (q4)	12
6.2.5	AZIONE DELLA NEVE (q5)	13
6.2.6	AZIONE DEL VENTO (q5)	13
6.2.7	AZIONE DELLA TEMPERATURA (q7)	17
6.2.8	RESISTENZE PASSIVE DEI VINCOLI (q9)	18
6.3	AZIONE SISMICA (E)	19
7	COMBINAZIONI DI CARICO	22
8	ANALISI STRUTTURALE	24
8.1	MODELLO STRUTTURALE	24
8.2	CAPACITÀ RESISTENTE DELLE SEZIONI	31
8.3	METODI DI ANALISI GLOBALE	32
8.4	EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI	33
8.5	ANALISI DI BUCKLING	33
8.6	RISULTATI ANALISI MODALE	36
8.7	SOLLECITAZIONI	39
9	VERIFICHE DI VIBRAZIONE	42
10	VERIFICHE ELEMENTI IN ACCIAIO	44
10.1	CORRENTE SUPERIORE	45
10.2	CORRENTE INFERIORE	47
10.3	MONTANTE	49
10.4	TRAVERSO INFERIORE	50
10.5	TRAVERSO SUPERIORE	52

10.6	DIAGONALE	54
10.7	CONTROVENTI INFERIORI	56
10.8	CONTROVENTI SUPERIORI	58
11	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ	60
12	VERIFICHE A FATICA.....	61
13	CARICHI SUGLI APPOGGI.....	62

1 PREMESSA

Nel presente elaborato si riportano le verifiche strutturali della passerella a struttura reticolare prevista nel comune di Scarlino, in provincia di Grosseto, all'interno del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della Ciclovia Nazionale Tirrenica, come parte della Macrotratta TO (Regione Toscana), porzione del tronco 04 e parte del tronco 05. In particolare, lo Stralcio 1 ha origine al confine tra la provincia di Livorno e la provincia di Grosseto nei comuni di Follonica (GR) e di Scarlino (GR).

Si riporta in figura una vista satellitare del sito, indicando con un riquadro rosso l'area interessata dalla costruzione (Lat. 42,89023°, Long. 10,790533°).

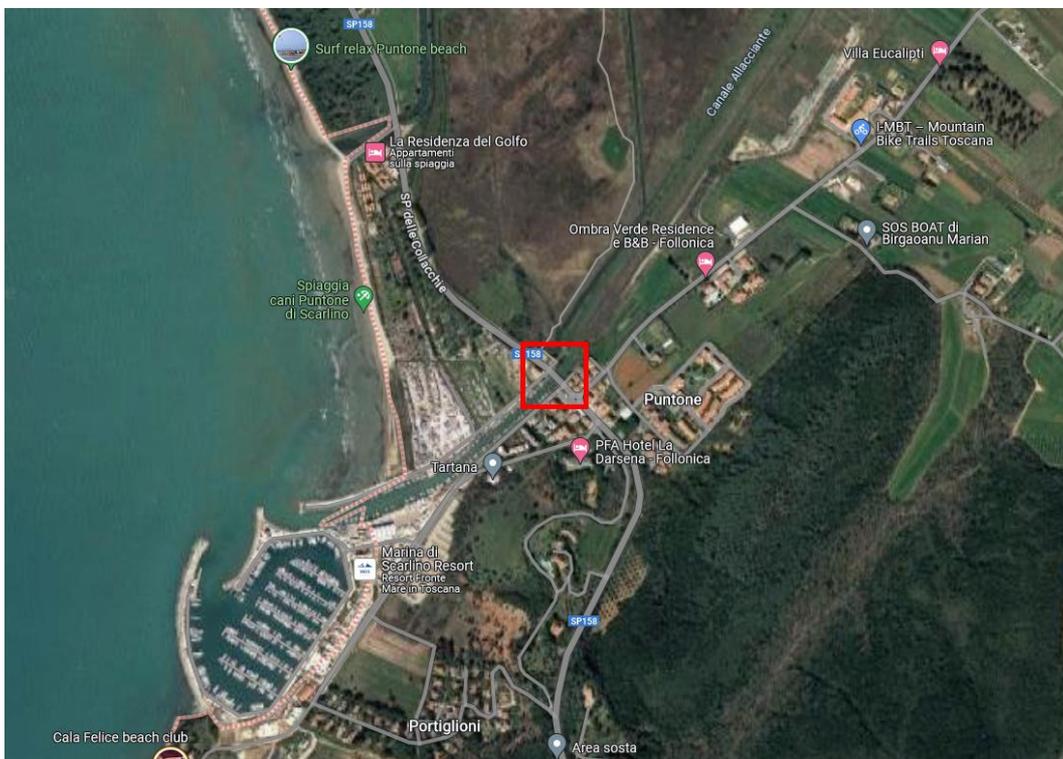


Figura 1-1: Immagine satellitare di inquadramento del sito

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si riportano nell'elenco seguente le normative utilizzate:

- Decreto 17.01.2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»
- Circolare 21.01.2019, n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Eurocodice 1 parte 1-4 – Azioni sulle strutture. Azioni in generale – Azioni del vento
- Eurocodice 1 parte 1-5 – Azioni sulle strutture. Azioni in generale – Azioni termiche
- Eurocodice 3 parte 1-1 – Progettazione delle strutture di acciaio, Regole generali e regole per gli edifici

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La passerella a struttura reticolare, realizzata in acciaio, si sviluppa in un'unica campata di 35 metri (34 m asse appoggi). Si riporta una vista prospettica di inquadramento:

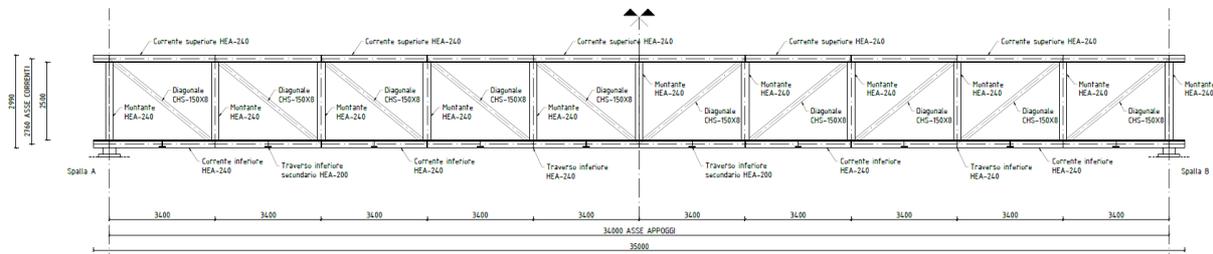


Figura 3-1: Prospetto

L'impalcato è composto da:

- 2 correnti inferiori posti ad interasse costante di 3,23 m;
- 2 diaframmi di spalla che collegano i due correnti nelle sezioni terminali;
- 19 traversi intermedi a passo 1,7 m, di cui 9 principali e 10 secondari

Si riporta in Figura la vista planimetrica:

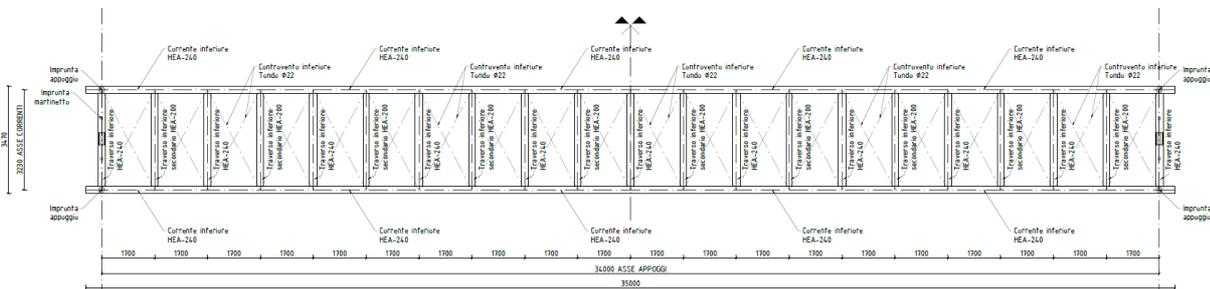


Figura 3-2: Carpenteria inferiore

Superiormente sono presenti 2 correnti posti ad interasse costante di 3,23 m e 11 traversi a passo di 3,4 m.

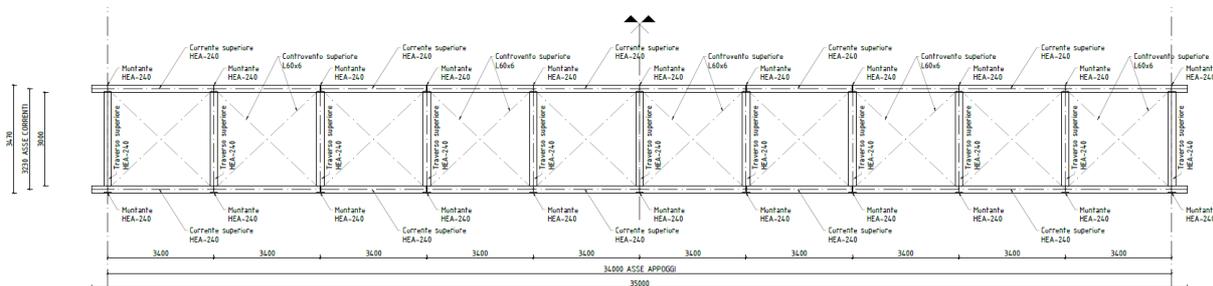


Figura 3-3: Carpenteria superiore

La sezione trasversale della passerella ha un ingombro totale di 3,47 m, per un piano di calpestio di larghezza totale 3 m.

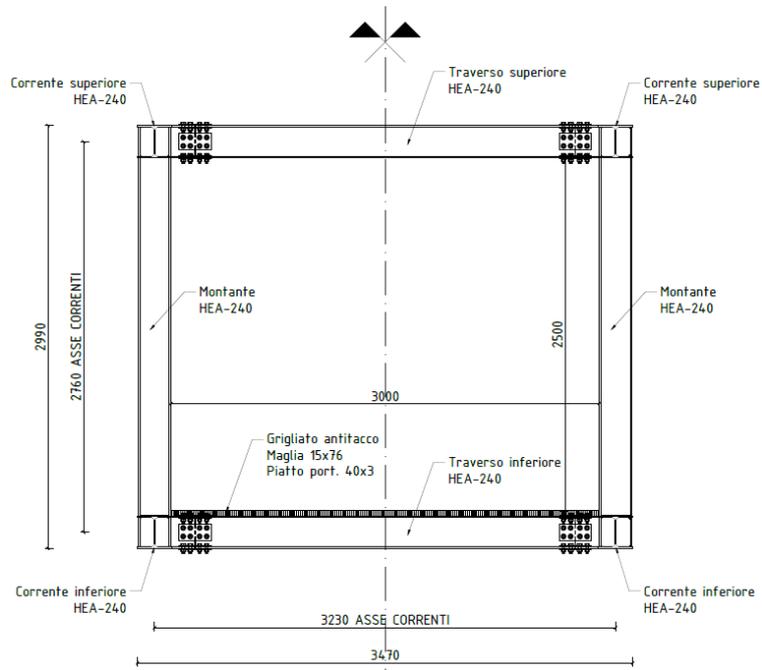


Figura 3-4: Sezione trasversale tipica

I correnti superiori e inferiori, i montanti, i traversi principali inferiori ed i traversi superiori sono realizzati con profili HEA-240. I traversi secondari inferiori sono realizzati con profili HEA-200.

Lo schema di vincolo prevede quattro appoggi. In corrispondenza della Spalla A si ha un appoggio multidirezionale ed un appoggio unidirezionale longitudinale mentre in corrispondenza della Spalla B si ha un appoggio unidirezionale trasversale e un appoggio fisso.

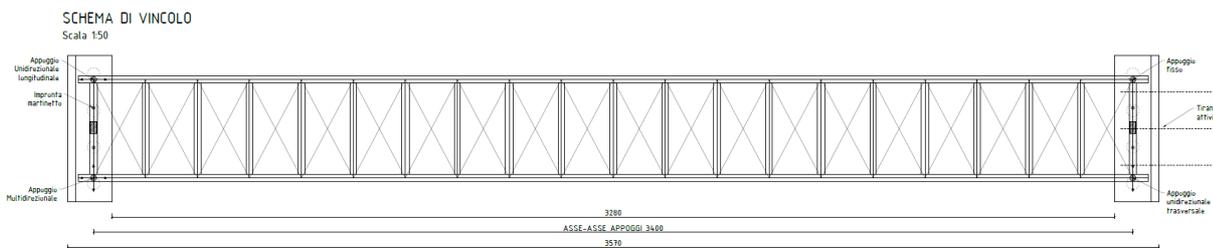


Figura 3-5: Schema di vincolo

4 DATI CARATTERISTICI

Si riportano nella tabella seguente i dati essenziali del sito e dell'opera:

DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA			
Posizione geografica			
Regione	Toscana	Provincia	Grosseto
		Comune	Scarlino
Lat	42,89023 gradi	Latitudine	
Long	10,79053 gradi	Longitudine	
as	3 m.s.l.m	Altitudine del sito	
dc	0 km	Distanza dalla costa	
Periodo di riferimento			
VN	50 -	Vita nominale di progetto	Tab. 2.4.I, par. 2.4.1 NTC-2018
Classe	II -	Classe d'uso	par. 2.4.2 NTC-2018
CU	1 -	Coefficiente d'uso	Tab. 2.4.II, par. 2.4.3 NTC-2018
VR	50 anni	Periodo di riferimento per l'azione sismica	par. 2.4.3 NTC-2018
Categoria del sottosuolo e condizione topografica			
Cat	E -	Categoria sottosuolo	Tab 3.2.II, par. 3.2.2 NTC-2018
Cat	T1 -	Categoria topografica	Tab 3.2.III, par. 3.2.2 NTC-2018
Classe di rugosità del terreno			
Classe	D	Classe di rugosità del terreno	Tab 3.3.III, par. 3.3.7 NTC-2018
Classificazione sismica regionale Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 23.03.2003			
Zona	4	Zona sismica da classificazione regionale	

Figura 4-1: Dati caratteristici dell'opera

La definizione della vita nominale, della classe d'uso e del periodo di riferimento è stata fatta con riferimento a quanto riportato nel Capitolo 3 delle NTC-2018:

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 4-2: Vita nominale

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Figura 4-3: Classe d'uso

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Figura 4-4: Coefficiente d'uso

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 4-5: Categoria di sottosuolo

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 4-6: Categoria topografica

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Figura 4-7: Classe di rugosità del terreno

5 MATERIALI

5.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Gli elementi in acciaio sono realizzati in acciaio S355J0 per spessori minori di 30 mm e S355J2 per spessori compresi tra 30 mm e 45 mm:

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA			NTC-2018 par. 4.2.1.1
Simbolo	S355	S355	Descrizione
<i>Coefficienti di sicurezza</i>			
γ_{M0}	1,05	1,05 -	Resistenza delle sezioni di classe 1-2-3-4
γ_{M1}	1,10	1,10 -	Instabilità delle membrature per ponti
<i>Resistenza caratteristica</i>			
t	t ≤ 40	40 ≤ t ≤ 80 mm	Spessore nominale dell'elemento
f _{yk}	355	335 MPa	Resistenza caratteristica a snervamento
f _{tk}	510	470 MPa	Resistenza caratteristica a rottura
<i>Resistenza di calcolo</i>			
f _{yd}	338,1	319,0 MPa	Resistenza a snervamento di calcolo (f _{yk} /γ _{M0})
f _{yd}	322,7	304,5 MPa	Resistenza a snervamento di calcolo (f _{yk} /γ _{M1})
<i>Moduli elastici</i>			
E	210000	210000 MPa	Modulo di elasticità normale o di Young
ν	0,3	0,3 -	Coefficiente di Poisson
G	80769	80769 MPa	Modulo di elasticità tangenziale
<i>Coefficiente di dilatazione termica</i>			
α	1,2E-05	1,2E-05 1/°C	Coefficiente di dilatazione termica

Figura 5-1: Resistenze dell'acciaio per carpenteria metallica

6 ANALISI DELLE AZIONI

6.1 AZIONI PERMANENTI (G1 e G2)

I carichi permanenti strutturali e non strutturali sono costituiti da:

- Peso proprio della carpenteria metallica
- Peso proprio del grigliato metallico antitacco 0,70 kN/m²
- Parapetto 1,50 kN/m x 2
- Impianti 1,00 kN/m x 2

Per quanto riguarda la carpenteria metallica, il peso proprio degli elementi strutturali è derivato dalle dimensioni geometriche e dal peso specifico del materiale con cui è realizzato l'elemento strutturale. In particolare, per l'acciaio si è assunto $\gamma=78,5$ kN/m³, così come indicato al paragrafo 3.1.2, Tab. 3.1.1, delle NTC-2018.

Il peso totale della carpenteria metallica è di 233 kN.

BARRA PORTANTE			BARRA TRASVERSALE			N. barre portanti	ANTITACCO		ANTIFERA		EDILIZIA	
H	S	L	H	S	L		Maglia					
mm	mm	mm	mm	mm	mm		kg/m ²					
25	2	998				67	25,2	-	18,0	18,4	15,8	
30	2	998				47	30,1	-	21,5	-	18,9	
40	2	998				47	40,1	-	-	-	25,0	
25	3	999				67	38,1	-	-	-	23,6	
30	3	999				47	45,7	-	32,2*	-	28,2	
40	3	999				47	61,0	-	-	-	37,6	
50	3	999				47	76,2	-	-	-	46,9	
60	3	999				47	92,4	-	-	-	57,1	
70	3	999				47	107,8	-	-	-	66,5	
80	3	999				47	123,2	-	-	-	-	
40	4	1000				47	-	-	57,6	-	50,4	
50	4	1000				47	-	-	72,0	-	63,0	
60	4	1000				47	-	-	87,2	-	76,3	
70	4	1000				47	-	-	101,8	-	89,0	

Figura 6-1: Grigliato metallico antitacco tipo Orsogril

6.2 AZIONI VARIABILI (q)

6.2.1 CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (q1)

I carichi verticali da traffico, comprensivi degli effetti dinamici, sono definiti dagli Schemi di carico descritti al par. 5.1.3.3.3 delle NTC-2018. Poiché il ponte in esame è classificato, secondo il par. 5.1.3.3.4 delle NTC-2018, come ponte per il transito dei soli carichi associati allo Schema 5 (ponti pedonali), si considera lo Schema di carico 5. Inoltre, non sono previsti veicoli speciali.

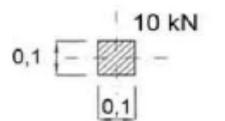
Lo Schema di carico 5 è costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5 kN/m². Il valore di combinazione è invece di 2,5 kN/m². Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante.



Schema di carico 5

Figura 6-2: Schema di carico 5, secondo par. 5.1.3.3.3 delle NTC-2018

Si considera inoltre lo Schema di carico 4, costituito da un carico isolato di 10 kN con impronta quadrata di lato 0,10 m, utilizzato per le verifiche locali.



Schema di carico 4
(dimensioni in [m])

Figura 6-3: Schema di carico n. 4

6.2.2 INCREMENTO DINAMICO ADDIZIONALE (q2)

I carichi mobili precedentemente esaminati includono gli effetti dinamici per pavimentazioni di media rugosità. Non sono stati inclusi effetti dinamici addizionali.

6.2.3 AZIONE LONGITUDINALE DI FREN. O DI ACC. (q3)

Per il ponte in esame $q_3=0$.

6.2.4 AZIONE CENTRIFUGA (q4)

Per il ponte in esame $q_4=0$.

6.2.5 AZIONE DELLA NEVE (q5)

Si riporta il calcolo dell'azione della neve come indicato al Capitolo 3.4 delle NTC-2018.

Zona III

Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo:

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m} \quad [3.4.5]$$

AZIONE DELLA NEVE		Capitolo 3.4 NTC-2018
Provincia	Grosseto	Località in cui sorge l'opera
as	3 m.s.l.m	Altitudine del sito
α	0 gradi	Inclinazione della copertura
Caso	0° ≤ α ≤ 30° -	Caso in cui ricade la copertura
Topografia	Normale -	Caratteristica topografica in cui sorge l'opera
Zona	III -	Zona di carico della neve
qsk	0,60 kN/m2	Valore di riferimento del carico neve al suolo
μ1	0,80 -	Coefficiente di forma delle coperture
CE	1,0 -	Coefficiente di esposizione
Ct	1,0 -	Coefficiente termico
qs	0,48 kN/m2	Carico neve

Figura 6-4: Azione della neve

6.2.6 AZIONE DEL VENTO (q5)

6.2.6.1 VELOCITÀ E PRESSIONE CINETICA DEL VENTO

Si riporta il calcolo dell'azione del vento così come indicato al Capitolo 3.3 delle NTC-2018. Si considerano anche le indicazioni riportate nella CNR-DT 207 R1/2018, "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

AZIONE DEL VENTO		Capitolo 3.3 NTC-2018
Dati		
Regione Toscana	Provincia Grosseto	Comune Scarlino
Velocità di riferimento di progetto		
<i>Velocità base di riferimento</i>		
Zona	3 - Zona del territorio italiano (Tab.3.3.I NTC-2018)	
vb,0	27,0 m/s Velocità base di riferimento al livello del mare	
as	3 m.s.l.m Altitudine del sito	
a0	500 m Altitudine di riferimento	
ks	0,37 - Coefficiente	
ca	1,00 - Coefficiente di altitudine (valido se as ≤ 1500 m)	
vb	27,0 m/s Velocità base di riferimento	
<i>Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto</i>		
TR	50 anni Tempo di ritorno	
cr	1,00 - Coefficiente di ritorno (per TR<50 anni)	
vr	27,0 m/s Velocità di riferimento di progetto	
Coefficiente di esposizione		
<i>Categoria di esposizione del sito</i>		
Classe	D - Classe di rugosità del terreno (Tab.3.3.III, NTC-2018)	
dc	<10 km Distanza dalla costa	
Cat	II - Categoria di esposizione del sito (Fig.3.3.2, NTC-2018)	
kr	0,19 - Fattore di terreno (Tab. 3.3.II, NTC-2018)	
z0	0,05 m Lunghezza di rugosità (Tab. 3.3.II, NTC-2018)	
zmin	4,00 m Altezza minima (Tab. 3.3.II, NTC-2018)	
<i>Coefficiente di topografia</i>		
ct	1,00 - Coefficiente di topografia	
<i>Coefficiente di esposizione</i>		
z	6,0 m Altezza del punto considerato rispetto al suolo	
ce	2,04 - Coefficiente di esposizione a quota z	
Pressione cinetica del vento		
<i>Pressione cinetica di picco</i>		
ρ	1,25 kg/m ³ Densità dell'aria	
qr	0,46 kN/m ² Pressione cinetica di riferimento, $qr=0,5 \cdot \rho \cdot vr^2$	
qp	0,93 kN/m ² Pressione cinetica di picco a quota z, $qp=ce \cdot qr$	
<i>Coefficiente dinamico</i>		
cd	1,00 - Coefficiente dinamico	
<i>Pressione cinetica del vento, a meno di cp</i>		
p/cp	0,93 kN/m ² Pressione del vento, a meno del fattore cp, a quota z	

Figura 6-5: Velocità e pressione cinetica del vento

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Figura 6-6: Individuazione della zona

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Figura 6-7: Classi di rugosità del terreno

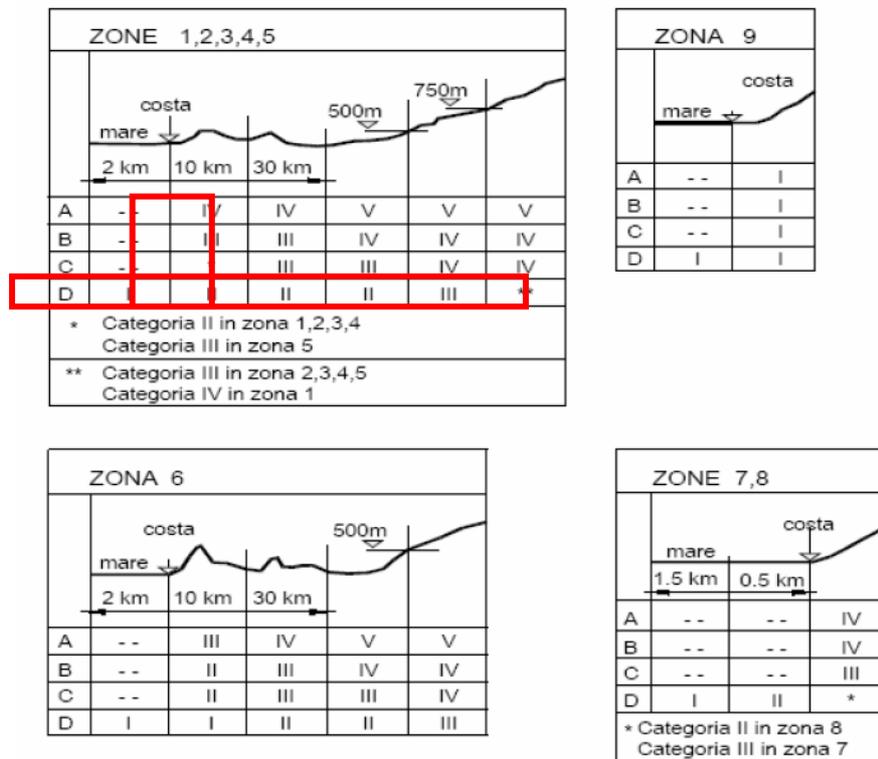


Figura 6-8: Individuazione della classe di esposizione

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Figura 6-9: Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

6.2.6.2 AZIONE DEL VENTO SU IMPALCATO ISOLATO

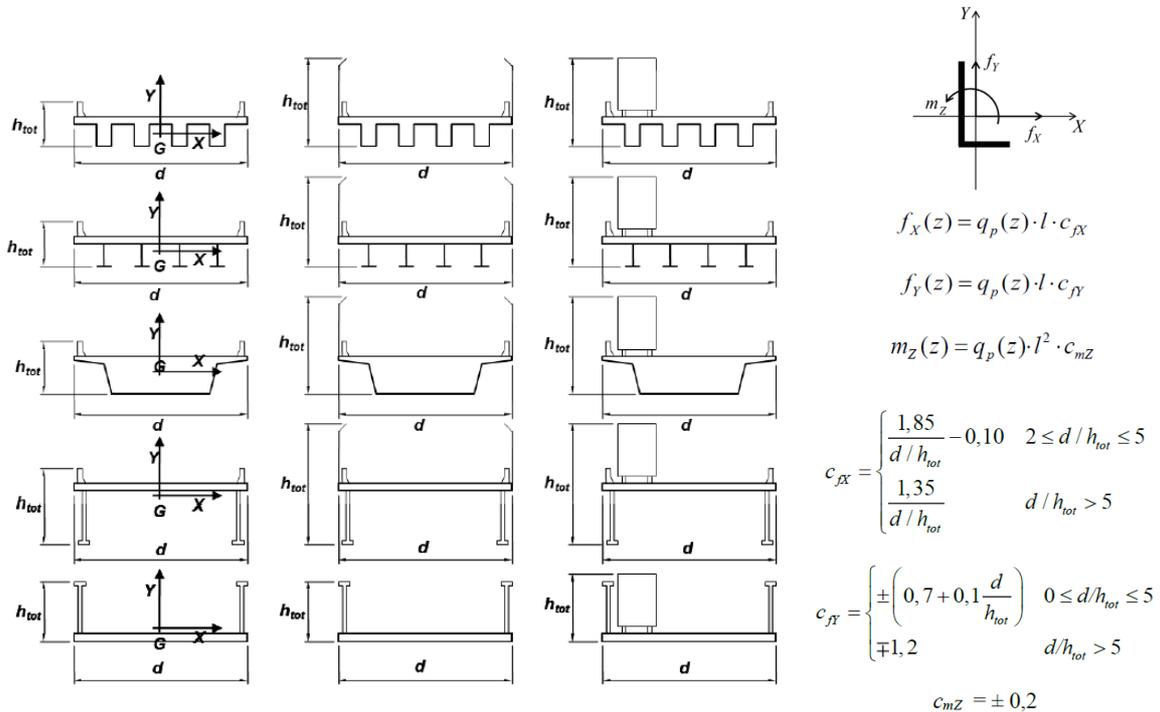
I dati utilizzati per il calcolo dell'azione del vento sull'impalcato sono i seguenti:

- $d = 3,47$ m è la larghezza dell'impalcato (vedere sezione trasversale);
- $htot = 1,77$ m è pari alla somma dell'altezza dei correnti, dell'altezza della soletta e dell'altezza del parapetto;
- $l = d$ se per c_{fx} è stata utilizzata l'espressione valida per impalcati da ponte, $l = h_{tot}$ se per c_{fx} è stata utilizzata l'espressione per gli elementi rettangolari allungati;
- $z = 6$ m è il massimo valore della quota del centro dell'impalcato rispetto al punto più basso del suolo sottostante, incrementato di $htot/2$;

Le azioni aerodinamiche f_x , f_y e m_z si considerano di norma simultanee e combinate con i segni che producono gli effetti più onerosi. Si riassumono le informazioni nella tabella sottostante.

Impalcati da ponte isolati

CNR-DT 207 R1/2018, Appendice G.11



qp	0,93 kN/m ²	Pressione cinetica di picco
d	3,23 m	Larghezza dell'impalcato nella direzione del vento
htot	1,77 m	Altezza totale di ingombro dell'impalcato
d/htot	1,82 -	Rapporto tra larghezza impalcato e altezza totale di ingombro dell'impalcato
cfx	1,722 -	Coefficiente di forza in direzione x
cfy	0,882 -	Coefficiente di forza in direzione y
cmz	0,200 -	Coefficiente di momento
L_cfx	1,77 m	Dimensione di riferimento per cfx
L_cfy	3,23 m	Dimensione di riferimento per cfy
L_cMZ	3,23 m	Dimensione di riferimento per cmz
fx	2,8 kN/m	Azione in direzione trasversale
fy	2,6 kN/m	Azione in direzione verticale
mz	1,9 kNm/m	Azione torcente

NOTA: Poiché $d/h_{tot} < 2$, per c_{fx} si applicano le espressioni valide per elementi di forma rettangolare e $l=h_{tot}$

Figura 6-10: Azione del vento su impalcato

6.2.7 AZIONE DELLA TEMPERATURA (q7)

L'azione della temperatura viene determinata secondo il Capitolo 3.5 delle NTC-2018 e la EN 1991-1-5:2004.

AZIONE DELLA TEMPERATURA		
<i>Individuazione del sito</i>		
Regione	Toscana	
Zona	II -	Zona della temperatura dell'aria esterna
as	3 m.s.l.m	Altitudine del sito
<i>Temperatura esterna minima e massima</i>		
TR	50 anni	Tempo di ritorno
Tmin	-8,02 °C	Temperatura esterna minima all'ombra dell'aria, nel sito della costruzione
Tmax	41,99 °C	Temperatura esterna massima all'ombra dell'aria, nel sito della costruzione
<i>Tipo di impalcato (EN 1991-1-5:2004, par. 6.1.1)</i>		
Tipo	1 -	Impalcato in acciaio
Sottotipo	1.2 -	Trave reticolare in acciaio
<i>Componente uniforme di temperatura (EN 1991-1-5:2004, par. 6.1.3)</i>		
Te,min	-0,02 °C	Componente di temperatura uniforme minima del ponte
Te,max	57,99 °C	Componente di temperatura uniforme massima del ponte
T0	15,00 °C	Temperatura iniziale del ponte
ΔTN,con	-15,02 °C	Intervallo massimo di contrazione della comp. uniforme di temperatura
ΔTN,exp	42,99 °C	Intervallo massimo di espansione della comp. uniforme di temperatura
ΔTN	58,01 °C	Intervallo complessivo della componente uniforme di temperatura del ponte
<i>Componente uniforme per appoggi e giunti di espansione (EN 1991-1-5:2004, par. 6.1.3.3, nota 2)</i>		
ΔTN,con	-25,02 °C	Intervallo massimo di contrazione della comp. uniforme di temperatura
ΔTN,exp	52,99 °C	Intervallo massimo di espansione della comp. uniforme di temperatura
<i>Componente lineare verticale di temperatura (EN 1991-1-5:2004, par. 6.1.4)</i>		
ΔTM,heat	18,00 °C	ΔT lineare (Top warmer than bottom)
ksur,heat	1,0 -	Coefficiente (Top warmer than bottom)
ΔTM,heat	18,00 °C	ΔT lineare (Top warmer than bottom)
ΔTM,cool	-13,00 °C	ΔT lineare (Bottom warmer than top)
ksur,cool	1,0 -	Coefficiente (Bottom warmer than top)
ΔTM,cool	-13,00 °C	ΔT lineare (Bottom warmer than top)
<i>NOTA: Per le travi reticolari in acciaio e gli impalcato a piastra di tipo 1, i valori massimi di Tmax indicati possono essere ridotti di 3°C</i>		

Figura 6-11: Azione della temperatura

In accordo con quanto riportato al par. 6.1.5 della UNI EN 1991-1-5, la simultaneità delle componenti uniformi e lineari è stata considerata come segue:

$$\Delta T_{M,heat} \text{ (oppure } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \Delta T_{N,exp} \text{ (oppure } \Delta T_{N,con}) \quad (6.3)$$

oppure

$$\omega_N \Delta T_{M,heat} \text{ (oppure } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} \text{ (oppure } \Delta T_{N,con}) \quad (6.4)$$

dove si raccomanda di scegliere l'effetto più gravoso.

Nota 1 L'appendice nazionale può specificare i valori numerici di ω_N e ω_M . Se non sono disponibili altre informazioni, i valori raccomandati per ω_N e ω_M sono:

$$\omega_N = 0,35$$

$$\omega_M = 0,75$$

6.2.8 RESISTENZE PASSIVE DEI VINCOLI (q9)

Secondo le indicazioni delle NTC-2018 nel calcolo delle pile, delle spalle, delle fondazioni, degli apparecchi di appoggio e, se del caso, dell'impalcato, si devono considerare le forze che derivano dalle resistenze parassite dei vincoli.

6.3 AZIONE SISMICA (E)

L'azione sismica viene calcolata così come indicato al Capitolo 3 delle NTC-2018:

AZIONE SISMICA					
Posizione geografica					
Regione	Toscana	Provincia	Grosseto	Comune	Scarlino
Lat	42,8902 gradi	Latitudine			
Lon	10,7905 gradi	Longitudine			
Periodo di riferimento					
VN	50 anni	Vita nominale di progetto			Tab. 2.4.I, par. 2.4.1 NTC-2018
Classe	II	Classe d'uso			par. 2.4.2 NTC-2018
CJ	1	Coefficiente d'uso			Tab. 2.4.II, par. 2.4.3 NTC-2018
VR	50 anni	Periodo di riferimento per l'azione sismica			par. 2.4.3 NTC-2018
Categoria del sottosuolo e condizione topografica					
Cat	E	Categoria di sottosuolo			Tab 3.2.II, par. 3.2.2 NTC-2018
Cat	T1	Categoria topografica			Tab 3.2.III, par. 3.2.2 NTC-2018
Parametri per la definizione dello spettro di risposta					
		SLO	SLD	SLV	SLC
	VR	50	50	50	50 anni
	PVR	81	63	10	5 %
	TR	30	50	475	975 anni
	ag	0,025	0,030	0,055	0,064 g
	Fo	2,630	2,685	2,800	2,853 -
	TC*	0,185	0,200	0,282	0,295 s
	ξ	5	5	5	5 %
	η	1,000	1,000	1,000	1,000 -
Componente orizzontale	CC	2,259	2,189	1,908	1,874 -
	SS	1,600	1,600	1,600	1,600 -
	ST	1,000	1,000	1,000	1,000 -
	S	1,600	1,600	1,600	1,600 -
	TB	0,139	0,146	0,179	0,184 s
	TC	0,418	0,438	0,538	0,553 s
	TD	1,700	1,720	1,820	1,856 s
	ag*S	0,040	0,048	0,088	0,102 g
Componente verticale	ag*S*η*Fo	0,105	0,129	0,246	0,292 g
	Fv	0,561	0,628	0,886	0,974 -
	SS	1,000	1,000	1,000	1,000 -
	ST	1,000	1,000	1,000	1,000 -
	S	1,000	1,000	1,000	1,000 -
	TB	0,050	0,050	0,050	0,050 s
	TC	0,150	0,150	0,150	0,150 s
	TD	1,000	1,000	1,000	1,000 s
ag*S	0,025	0,03	0,055	0,064 g	
ag*S*η*Fv	0,014	0,019	0,049	0,062 g	

Figura 6-12: Calcolo dei parametri per la definizione dello spettro di risposta elastico

I grafici degli spettri di risposta elastici sono riportati di seguito.

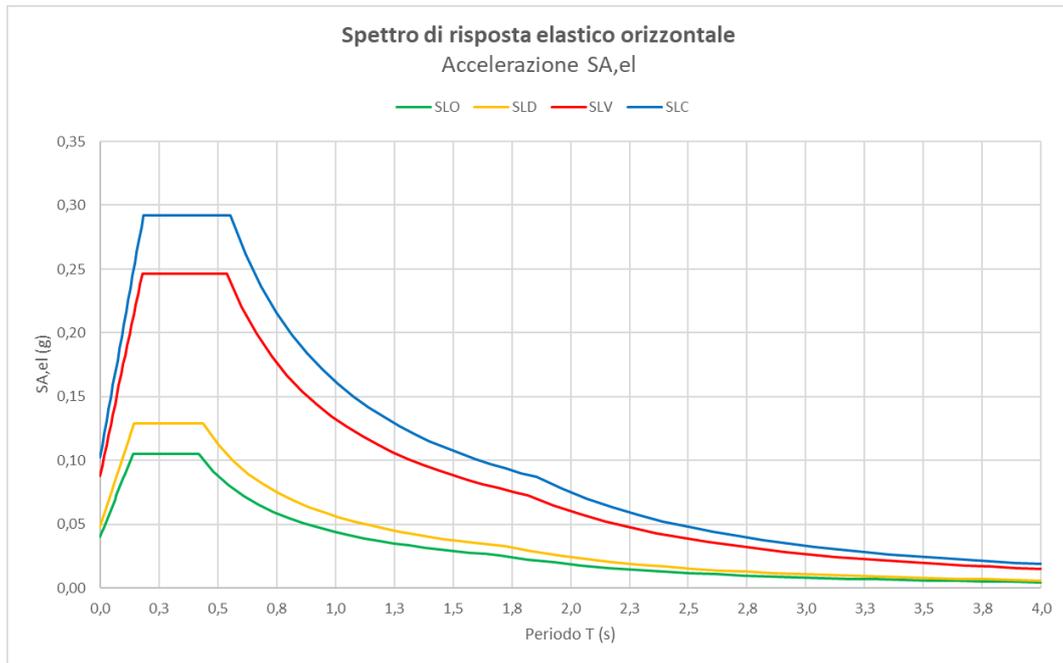


Figura 6-13: Spettro di risposta elastico in accelerazione. Componente orizzontale

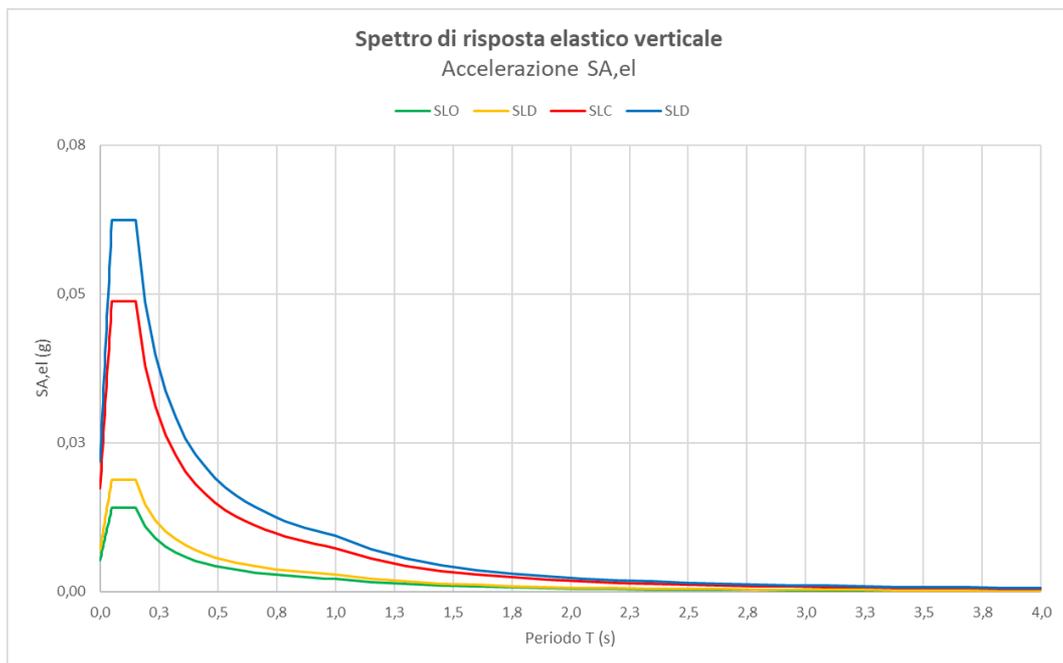


Figura 6-14: Spettro di risposta elastico in accelerazione. Componente verticale

dove:

- VR è il periodo di riferimento;
- PVR è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento;
- TR è il periodo di ritorno;
- ag è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale;
- F0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;
- TC* è il valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante;
- CC è il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- SS è il coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- ST è il coefficiente di amplificazione topografica;
- S è il coefficiente di amplificazione $S=SS \cdot ST$;
- ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso;
- η è il fattore che altera lo spettro elastico;
- TB è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a accelerazione costante;
- TC è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- TD è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche devono essere stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al Capitolo 2 delle NTC-2018. Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si devono considerare, generalmente, le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV:

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Figura 7-1: Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Poiché il ponte in esame è un ponte pedonale, si adotta il gruppo di azioni 3.

La Tab. 5.1.V, con riferimento al Capitolo 2.6.1, fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi:

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 7-2: Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

I valori dei coefficienti di combinazione ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI:

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	–	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Figura 7-3: Coefficienti di combinazione

8 ANALISI STRUTTURALE

8.1 MODELLO STRUTTURALE

Secondo quanto indicato al paragrafo 4.2.3 delle NTC-2018:

“Il metodo di analisi deve essere coerente con le ipotesi di progetto. L’analisi deve essere basata su modelli strutturali di calcolo appropiati, a seconda dello stato limite considerato.

Le ipotesi scelte ed il modello di calcolo adottato devono essere in grado di riprodurre il comportamento globale della struttura e quello locale delle sezioni adottate, degli elementi strutturali, dei collegamenti e degli appoggi.

Nell’analisi globale della struttura, in quella dei sistemi di controvento e nel calcolo delle membrature si deve tener conto delle imperfezioni geometriche e strutturali di cui al paragrafo 4.2.3.5.”

L’ analisi strutturale è stata eseguita tramite il codice di calcolo SAP2000. Si riporta in Figura la geometria della struttura utilizzata ai fini del calcolo delle sollecitazioni, degli spostamenti e delle reazioni agli appoggi.

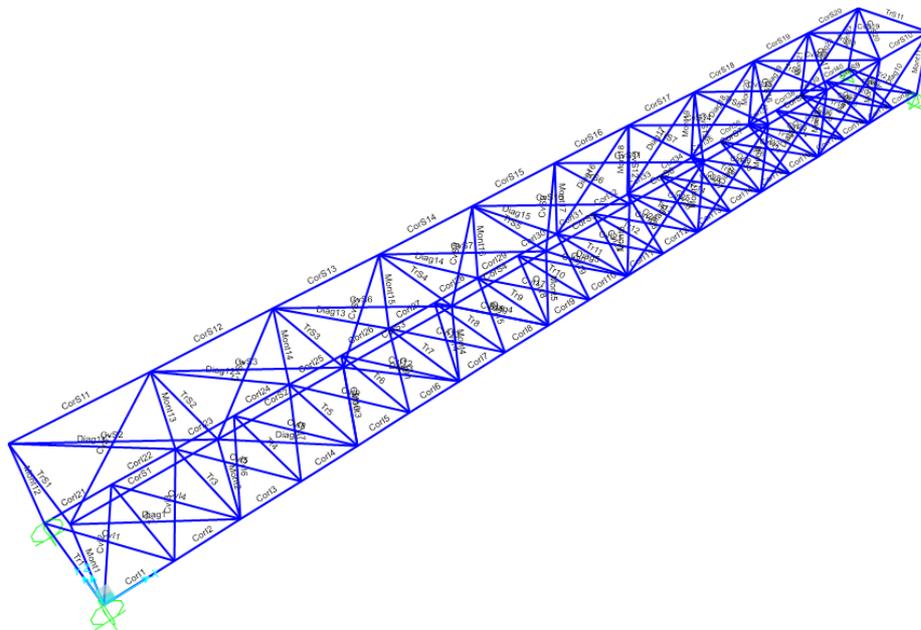


Figura 8-1: Modello FEM realizzato con SAP2000

Gli elementi diagonali sono rilasciati a momento, così come i controventi di piano inferiori e superiori. I traversi ed i montanti sono incastrati tra loro.

Si riportano alcune viste di dettaglio, per una migliore comprensione dei nomi assegnati agli elementi frame:

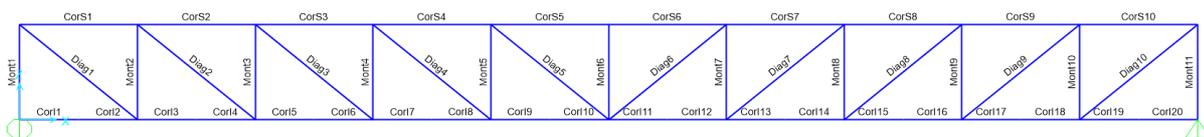


Figura 8-2: Vista laterale

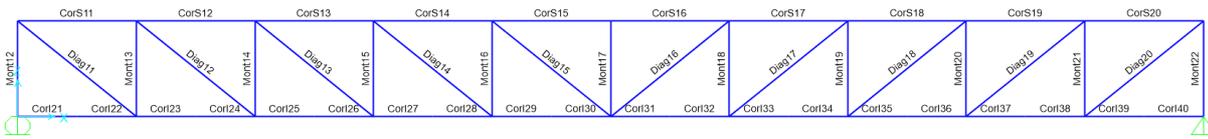


Figura 8-3: Vista laterale

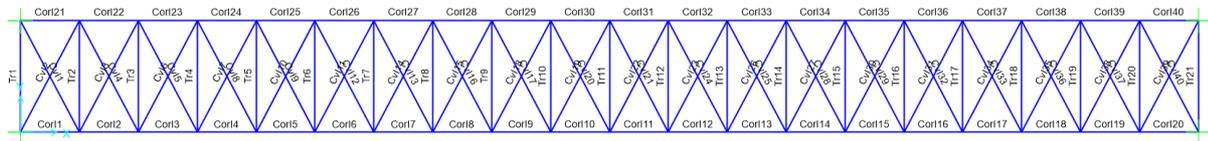


Figura 8-4: Vista in pianta – carpenteria inferiore

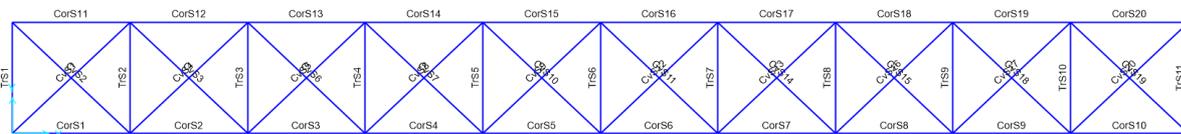


Figura 8-5: Vista in pianta – carpenteria superiore

Lo schema di vincolo è quello discusso al Capitolo 3 della presente relazione.

Si riportano di seguito le sezioni utilizzate:

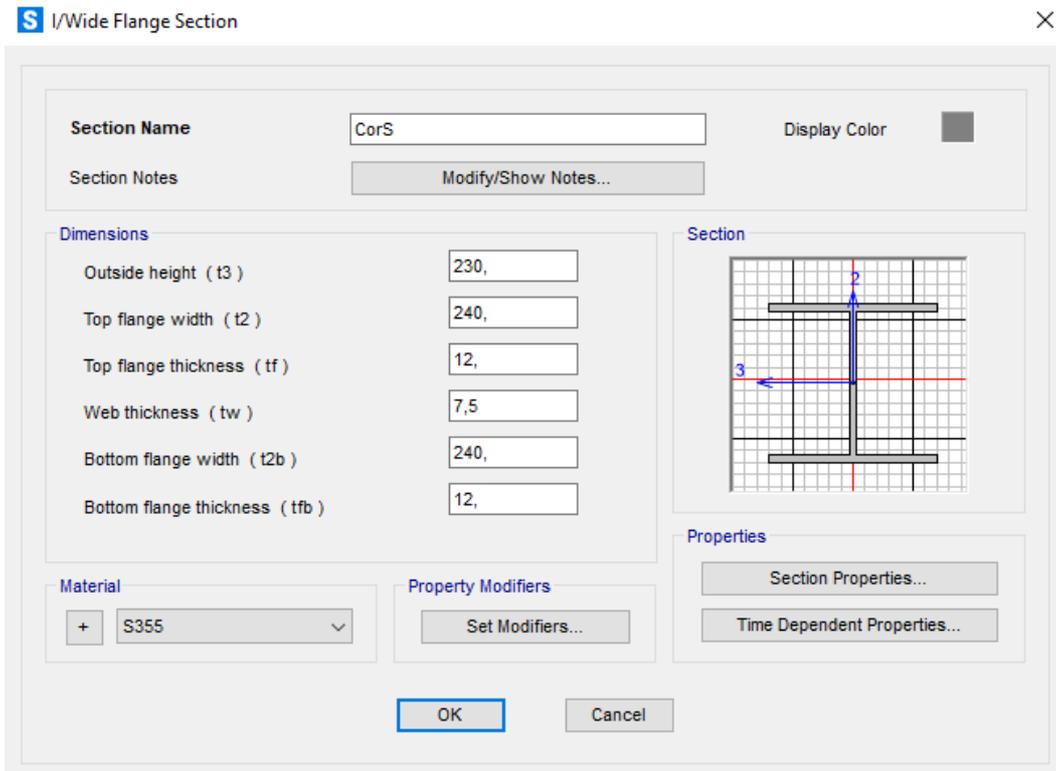


Figura 8-6: Corrente superiore

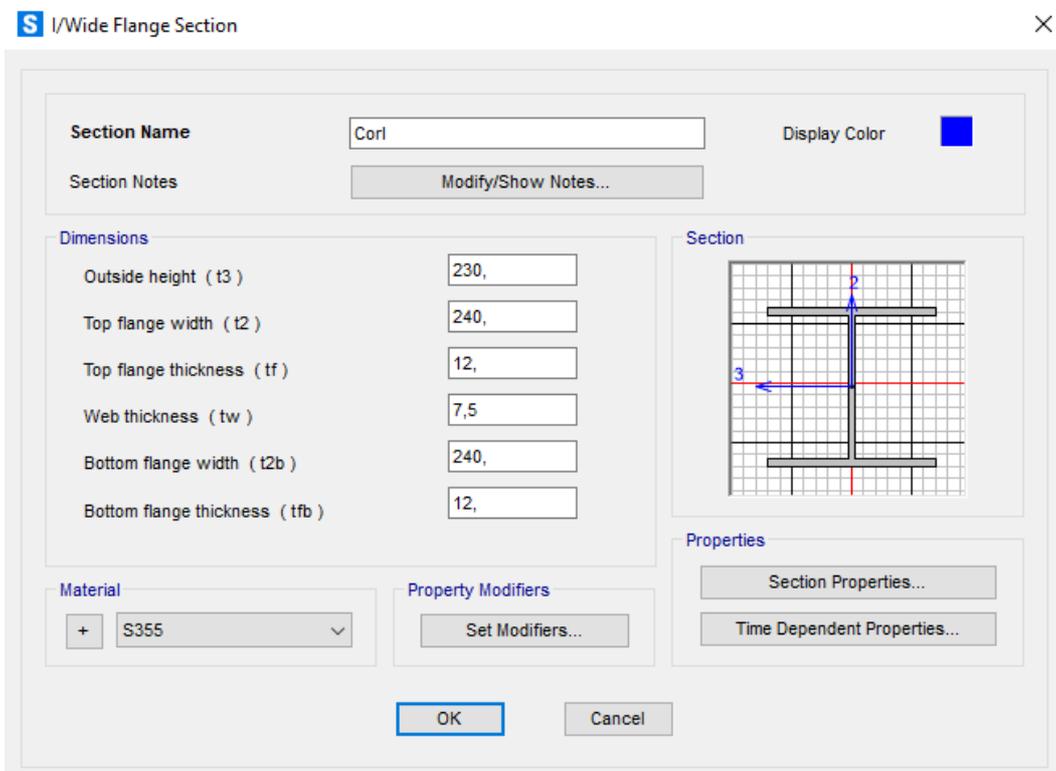


Figura 8-7: Corrente inferiore

S I/Wide Flange Section ×

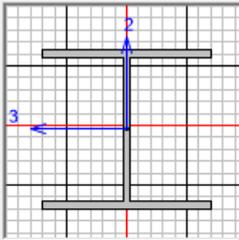
Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="230,"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="240,"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="12,"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="7,5"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="240,"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="12,"/>

Section



Material:

Property Modifiers:

Properties:

Figura 8-8: Montante

S I/Wide Flange Section ×

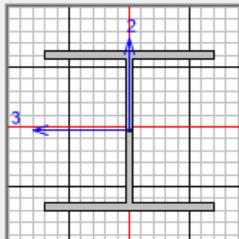
Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="230,"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="240,"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="12,"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="7,5"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="240,"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="12,"/>

Section



Material:

Property Modifiers:

Properties:

Figura 8-9: Traverso inferiore principale

S I/Wide Flange Section ×

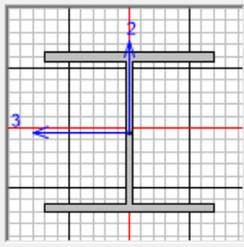
Section Name **Display Color**

Section Notes

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="190,"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="200,"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="10,"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="6,5"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="200,"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="10,"/>

Section



Material

Property Modifiers

Properties

Figura 8-10: Traverso inferiore secondario

S I/Wide Flange Section ×

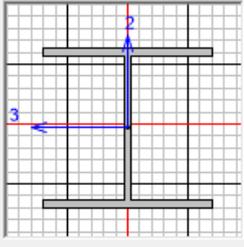
Section Name **Display Color**

Section Notes

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="230,"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="240,"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="12,"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="7,5"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="240,"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="12,"/>

Section



Material

Property Modifiers

Properties

Figura 8-11. Traverso superiore

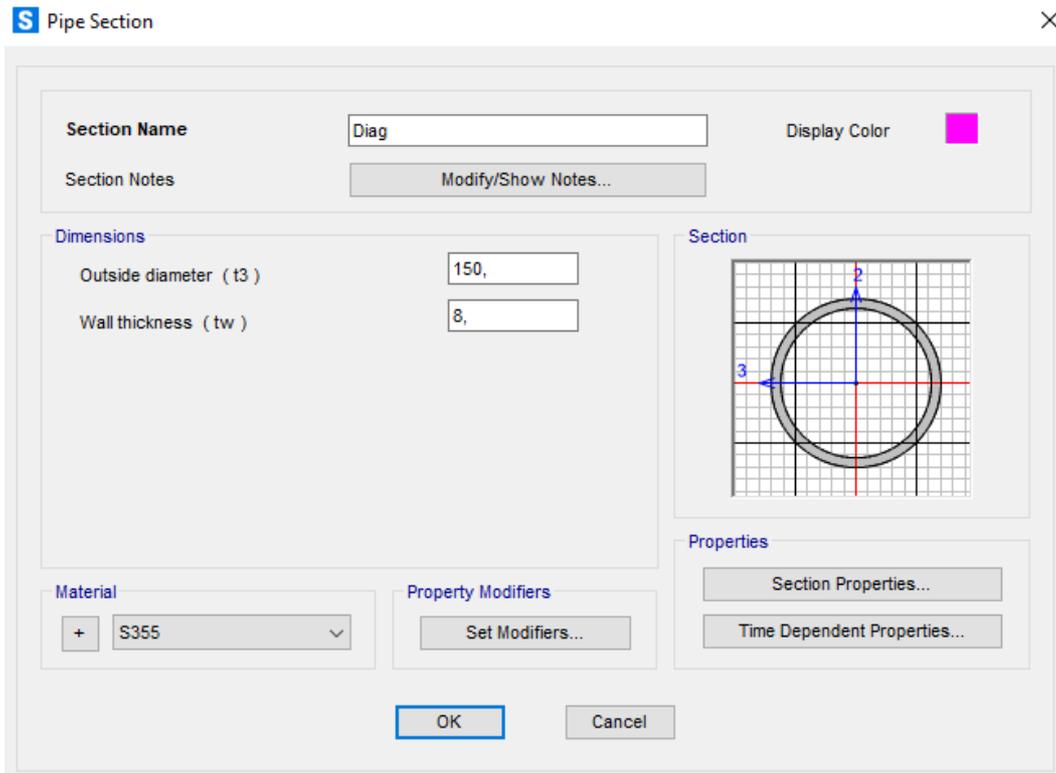


Figura 8-12: Diagonale

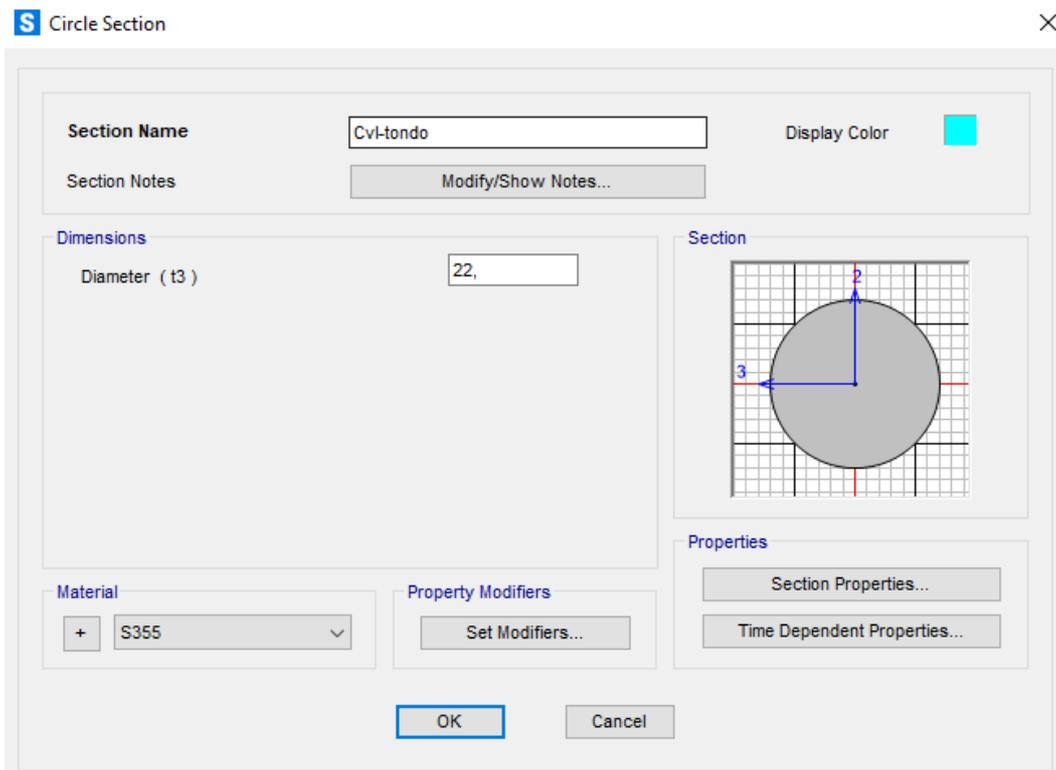


Figura 8-13: Controventi inferiori

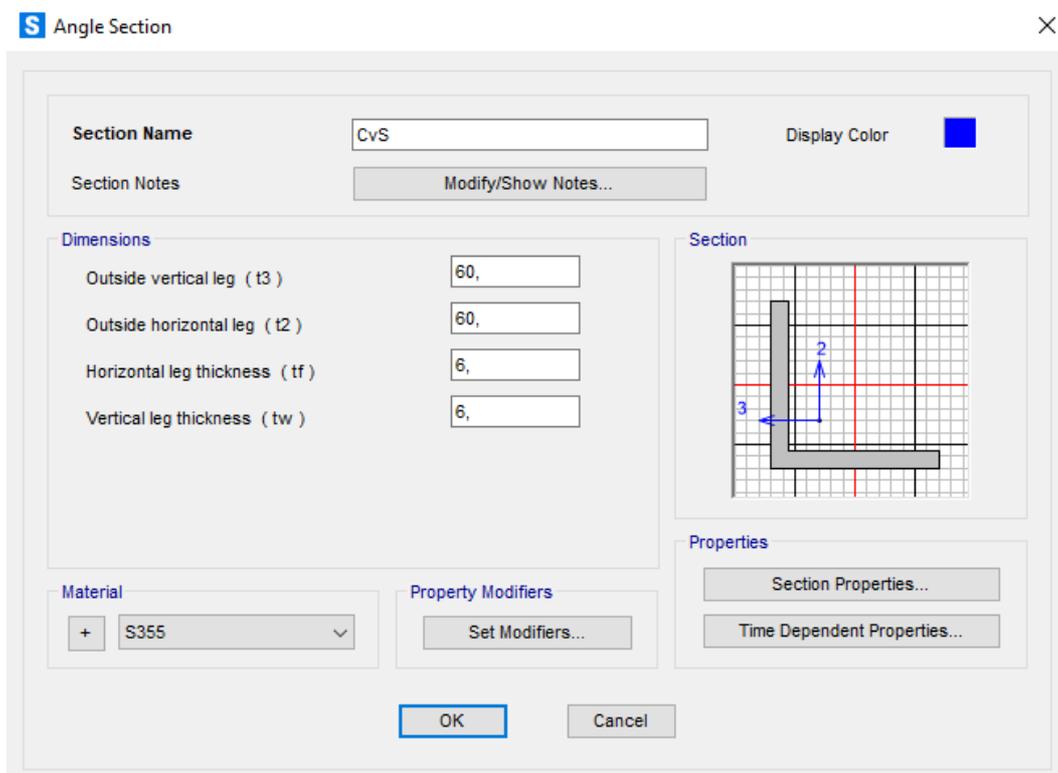


Figura 8-14: Controventi superiori

8.2 CAPACITÀ RESISTENTE DELLE SEZIONI

Secondo quanto stabilito al paragrafo 4.2.3.2 delle NTC-2018:

“La capacità resistente delle sezioni deve essere valutata nei confronti delle sollecitazioni di trazione o compressione, flessione, taglio e torsione, determinando anche gli effetti indotti sulla resistenza dalla presenza combinata di più sollecitazioni.

La capacità resistente della sezione si determina con uno dei seguenti metodi.

- Metodo elastico (E): si assume un comportamento elastico lineare del materiale, sino al raggiungimento della condizione di snervamento. Il metodo può applicarsi a tutte le classi di sezioni, con l'avvertenza di riferirsi al metodo delle sezioni efficaci o a metodi equivalenti, nel caso di sezioni di classe 4.
- Metodo plastico (P): si assume la completa plasticizzazione del materiale. Il metodo può applicarsi solo a sezioni di classe 1 e 2.
- Metodo elasto-plastico (EP): si assumono legami costitutivi tensione-deformazione del materiale di tipo bilineare o più complessi. Il metodo può applicarsi a qualsiasi tipo di sezione.”

Per le sezioni di Classe 1 e 2, per la determinazione della capacità resistente adotteremo il metodo plastico (P), mentre qualora la sezione dovesse ricadere in Classe 3, la resistenza sarà determinata con il metodo elastico (E).

8.3 METODI DI ANALISI GLOBALE

Secondo quanto stabilito al paragrafo 4.2.3.3 delle NTC-2018:

“L’analisi globale della struttura può essere condotta con uno dei seguenti metodi:

- Metodo elastico (E): si valutano gli effetti delle azioni nell’ipotesi che il legame tensione-deformazione del materiale sia indefinitamente lineare. Il metodo è applicabile a strutture composte da sezioni di classe qualsiasi. La resistenza delle sezioni può essere valutata con il metodo elastico, plastico o elasto-plastico per le sezioni duttili o compatte (classe 1 o 2), con il metodo elastico o elasto-plastico per le sezioni semi-compatte o snelle (classe 3 o 4).
- Metodo plastico (P): gli effetti delle azioni si valutano trascurando la deformazione elastica degli elementi strutturali e concentrando le deformazioni plastiche nelle sezioni di formazione delle cerniere plastiche. Il metodo è applicabile a strutture interamente composte da sezioni di classe 1.
- Metodo elasto-plastico (EP): Gli effetti delle azioni si valutano introducendo nel modello il legame momento-curvatura delle sezioni ottenuto considerando un legame costitutivo tensione-deformazione di tipo bilineare o più complesso. Il metodo è applicabile a strutture composte da sezioni di classe qualsiasi.”

Si riporta la Tab. 4.2.VI delle NTC-2018 in cui viene evidenziato il tipo di analisi condotto e il metodo di calcolo utilizzato per determinare la capacità resistente della sezione:

Tab. 4.2.VI - Metodi di analisi globali e relativi metodi di calcolo delle capacità e classi di sezioni ammesse

Metodo di analisi globale	Metodo di calcolo della capacità resistente della sezione	Tipo di sezione
(E)	(E)	tutte (*)
(E)	(P)	classi 1 e 2
(E)	(EP)	tutte (*)
(P)	(P)	classe 1
(EP)	(EP)	tutte (*)

(*) per le sezioni di classe 4 la capacità resistente può essere calcolata con riferimento alla sezione efficace.

Figura 8-15: Tab. 4.2.VI NTC-2018

8.4 EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI

Secondo quanto riportato al capitolo 4.2.3.4 delle NTC-2018:

“In generale, è possibile effettuare:

- l’analisi globale del primo ordine, imponendo l’equilibrio sulla configurazione iniziale della struttura
- l’analisi globale del secondo ordine, imponendo l’equilibrio sulla configurazione deformata della struttura.

L’analisi globale può condursi con la teoria del primo ordine nei casi in cui possano ritenersi trascurabili gli effetti delle deformazioni sull’entità delle sollecitazioni, sui fenomeni di instabilità e su qualsiasi altro rilevante parametro di risposta della struttura.

Tale condizione si può assumere verificata se risulta soddisfatta la seguente relazione:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10 \quad \text{per l'analisi elastica}$$
$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 15 \quad \text{per l'analisi plastica}$$

[4.2.1]

Figura 8-16: Capitolo 4 NTC-2018, par. 4.2.3.4, formula 4.2.1

dove α_{cr} è il moltiplicatore dei carichi applicati che induce l’instabilità globale della struttura F_{Ed} è il valore dei carichi di progetto e F_{cr} è il valore del carico instabilizzante calcolato considerando la rigidezza iniziale elastica della struttura.”

Il capitolo 4.2.3.4 delle NTC-2018 stabilisce che l’analisi globale della struttura può essere eseguita con la teoria del primo ordine qualora il moltiplicatore dei carichi applicati α_{cr} che induce l’instabilità della struttura sia maggiore o uguale a 10, se si esegue una analisi elastica, o a 15 se si esegue una analisi plastica.

8.5 ANALISI DI BUCKLING

Al fine di determinare il valore del moltiplicatore α_{cr} , si combinano opportunamente i carichi definiti al Capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e si considera, tra le analisi di Buckling definite, quella che restituisce il minimo valore di α_{cr} . La combinazione dei carichi che produce il minimo valore di α_{cr} è riportata di seguito:

S Load Case Data - Buckling ×

Load Case Name: Notes

Load Case Type:

Stiffness to Use
 Zero Initial Conditions - Unstressed State
 Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Mass Source:

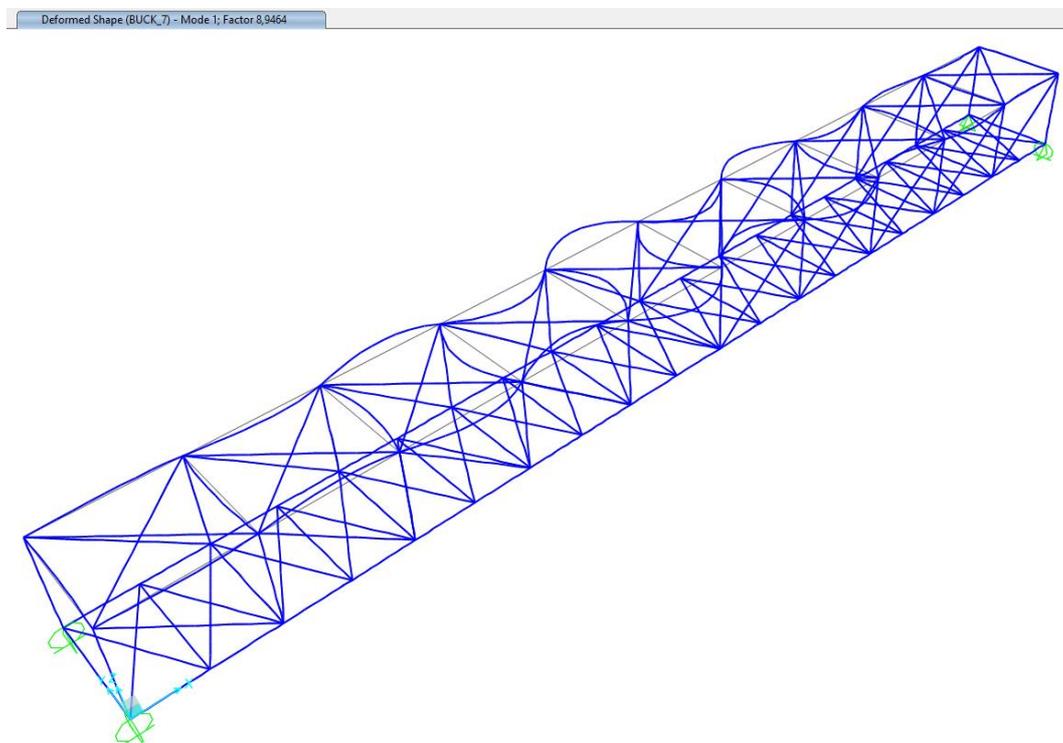
Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1,35
Load Pattern	DEAD	1,35
Load Pattern	G1_GRIGLIATO	1,35
Load Pattern	G2_IMP	1,5
Load Pattern	G2_PAR	1,5
Load Pattern	F_D01	1,5
Load Pattern	VENTO7	0,9

Other Parameters
 Number of Buckling Modes:
 Eigenvalue Convergence Tolerance:

Il minimo valore di α_{cr} del quale devono essere incrementati i carichi applicati alla struttura per causare il primo fenomeno di instabilità elastica globale è pari a:

$$\alpha_{cr} = 8,946$$



Il valore di α_{cr} , seppur di poco inferiore a 10, comporta l'introduzione degli effetti delle imperfezioni nell'analisi strutturale. In particolare, si considerano le imperfezioni dei sistemi di controvento, così come definite nella Circolare 2019, al paragrafo C4.2.3.5:

Nell'analisi di un sistema di controvento, le imperfezioni del sistema controventato possono essere tenute in conto considerando uno scostamento di quest'ultimo dalla configurazione iniziale di valor massimo e_0 uguale a

$$e_0 = \alpha_m \cdot \frac{L}{500} \quad [C4.2.13]$$

dove L è la luce del sistema di controvento e α_m dipende dal numero m di elementi controventati,

$$\alpha_m = \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{m} \right)} \quad [C4.2.14]$$

Gli effetti delle imperfezioni sul sistema di controvento possono essere tenute in conto anche mediante un carico distribuito equivalente

$$q_d = \frac{8(e_0 + \delta_q) N_{Ed}}{L^2} \quad [C4.2.15]$$

dove δ_q è la freccia massima del sistema di controvento dovuta a q_d e ai carichi esterni, da considerarsi nulla se si effettua un'analisi del second'ordine, e N_{Ed} è la forza normale di compressione nel sistema o quella trasmessa dagli elementi controventati (Figura C4.2.5).

Se il sistema di controventamento è preposto alla stabilizzazione laterale di un elemento inflesso di altezza h , la forza N_{Ed} riportata nella [C4.2.15] e rappresentativa degli effetti prodotti dall'instabilità della piattabanda compressa dell'elemento inflesso sul controventamento, è data da

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h} \quad [C4.2.16]$$

dove M_{Ed} è il massimo momento flettente nell'elemento inflesso. Se l'elemento da stabilizzare è soggetto anche a compressione assiale, una quota di tale sollecitazione deve essere considerata per determinare N_{Ed} .

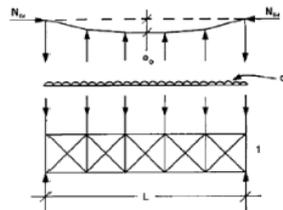


Figura C4.2.5 - Forze equivalenti in sistemi di controvento

Le forze che piattabande o elementi compressi giuntati esercitano sul sistema di controvento, in corrispondenza del giunto, possono essere assunte uguali a

$$F_d = \alpha_m \cdot \phi_0 = \frac{\alpha_m \cdot N_{Ed}}{100} \quad [C4.2.17]$$

essendo N_{Ed} la forza di compressione nella piattabanda o nell'elemento (Figura C4.2.6).

8.6 RISULTATI ANALISI MODALE

Nella tabella che segue si riportano i periodi propri di vibrare e le masse partecipanti associate. A seguire si riportano le deformate dei primi tre modi di vibrare:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios																			
Output	Cas	Step	Type	Step	Num	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Hertz														
MODAL	Mode	1	0,312	0,000	0,800	0,000	0,00	0,80	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	3,207
MODAL	Mode	2	0,287	0,019	0,000	0,810	0,02	0,80	0,81	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	3,486
MODAL	Mode	3	0,182	0,000	0,047	0,000	0,02	0,84	0,81	0,85	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	5,502
MODAL	Mode	4	0,139	0,000	0,001	0,000	0,02	0,85	0,81	0,00	0,00	0,68	0,87	0,00	0,68	0,87	0,00	0,68	7,208
MODAL	Mode	5	0,095	0,190	0,000	0,002	0,21	0,85	0,81	0,00	0,50	0,00	0,87	0,50	0,68	0,87	0,50	0,68	10,501
MODAL	Mode	6	0,090	0,000	0,000	0,000	0,21	0,85	0,81	0,00	0,00	0,04	0,87	0,50	0,72	0,87	0,50	0,72	11,142
MODAL	Mode	7	0,089	0,000	0,077	0,000	0,21	0,92	0,81	0,02	0,00	0,00	0,89	0,50	0,72	0,89	0,50	0,72	11,219
MODAL	Mode	8	0,079	0,650	0,000	0,004	0,86	0,92	0,81	0,00	0,12	0,00	0,89	0,62	0,72	0,89	0,62	0,72	12,664
MODAL	Mode	9	0,066	0,000	0,000	0,000	0,86	0,92	0,81	0,00	0,00	0,10	0,89	0,62	0,82	0,89	0,62	0,82	15,042
MODAL	Mode	10	0,059	0,000	0,007	0,000	0,86	0,93	0,81	0,02	0,00	0,00	0,90	0,62	0,82	0,90	0,62	0,82	16,832
MODAL	Mode	11	0,054	0,000	0,000	0,000	0,86	0,93	0,81	0,00	0,00	0,00	0,90	0,62	0,82	0,90	0,62	0,82	18,389
MODAL	Mode	12	0,054	0,000	0,018	0,000	0,86	0,95	0,81	0,00	0,00	0,00	0,91	0,62	0,82	0,91	0,62	0,82	18,540
MODAL	Mode	13	0,053	0,032	0,000	0,096	0,89	0,95	0,91	0,00	0,00	0,00	0,91	0,62	0,82	0,91	0,62	0,82	18,768
MODAL	Mode	14	0,052	0,000	0,000	0,000	0,89	0,95	0,91	0,02	0,00	0,00	0,93	0,62	0,82	0,93	0,62	0,82	19,102
MODAL	Mode	15	0,046	0,000	0,000	0,000	0,89	0,95	0,91	0,01	0,00	0,00	0,94	0,62	0,82	0,94	0,62	0,82	21,680
MODAL	Mode	16	0,045	0,000	0,000	0,000	0,89	0,95	0,91	0,00	0,00	0,04	0,94	0,62	0,86	0,94	0,62	0,86	22,161
MODAL	Mode	17	0,041	0,000	0,000	0,000	0,89	0,95	0,91	0,00	0,13	0,00	0,94	0,75	0,86	0,94	0,75	0,86	24,197
MODAL	Mode	18	0,041	0,000	0,000	0,000	0,89	0,95	0,91	0,00	0,00	0,00	0,94	0,75	0,86	0,94	0,75	0,86	24,219
MODAL	Mode	19	0,039	0,000	0,008	0,000	0,89	0,96	0,91	0,00	0,00	0,00	0,94	0,75	0,86	0,94	0,75	0,86	25,476
MODAL	Mode	20	0,039	0,000	0,001	0,000	0,89	0,96	0,91	0,00	0,00	0,00	0,94	0,75	0,86	0,94	0,75	0,86	25,520
MODAL	Mode	21	0,039	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,91	0,00	0,01	0,00	0,94	0,76	0,86	0,94	0,76	0,86	25,532
MODAL	Mode	22	0,039	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,91	0,00	0,00	0,00	0,94	0,76	0,87	0,94	0,76	0,87	25,766
MODAL	Mode	23	0,039	0,000	0,000	0,003	0,89	0,96	0,91	0,00	0,00	0,00	0,94	0,76	0,87	0,94	0,76	0,87	25,967
MODAL	Mode	24	0,038	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,91	0,00	0,00	0,00	0,95	0,76	0,87	0,95	0,76	0,87	25,995
MODAL	Mode	25	0,037	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,91	0,00	0,02	0,00	0,95	0,78	0,87	0,95	0,78	0,87	26,785
MODAL	Mode	26	0,037	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,91	0,00	0,00	0,00	0,95	0,78	0,87	0,95	0,78	0,87	26,825
MODAL	Mode	27	0,037	0,001	0,000	0,010	0,89	0,96	0,92	0,00	0,00	0,00	0,95	0,78	0,87	0,95	0,78	0,87	27,244
MODAL	Mode	28	0,036	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,92	0,00	0,00	0,00	0,95	0,78	0,87	0,95	0,78	0,87	27,674
MODAL	Mode	29	0,036	0,000	0,000	0,034	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,95	0,78	0,87	0,95	0,78	0,87	27,878
MODAL	Mode	30	0,036	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,96	0,02	0,00	0,00	0,97	0,78	0,87	0,97	0,78	0,87	28,159
MODAL	Mode	31	0,035	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,96	0,00	0,07	0,00	0,97	0,85	0,87	0,97	0,85	0,87	28,283
MODAL	Mode	32	0,035	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,97	0,85	0,87	0,97	0,85	0,87	28,460
MODAL	Mode	33	0,034	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,02	0,97	0,85	0,88	0,97	0,85	0,88	29,016
MODAL	Mode	34	0,032	0,000	0,001	0,000	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,97	0,85	0,88	0,97	0,85	0,88	31,338
MODAL	Mode	35	0,031	0,000	0,003	0,000	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,97	0,85	0,88	0,97	0,85	0,88	31,975
MODAL	Mode	36	0,030	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,97	0,85	0,89	0,97	0,85	0,89	33,896
MODAL	Mode	37	0,026	0,000	0,000	0,000	0,89	0,96	0,96	0,00	0,00	0,01	0,97	0,85	0,90	0,97	0,85	0,90	37,746
MODAL	Mode	38	0,026	0,059	0,000	0,000	0,95	0,96	0,96	0,00	0,01	0,00	0,97	0,87	0,90	0,97	0,87	0,90	38,005
MODAL	Mode	39	0,026	0,000	0,000	0,000	0,95	0,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,97	0,87	0,90	0,97	0,87	0,90	38,270
MODAL	Mode	40	0,025	0,000	0,005	0,000	0,95	0,97	0,96	0,00	0,00	0,00	0,97	0,87	0,90	0,97	0,87	0,90	39,676

Figura 8-17: Risultati analisi modale

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0,3118; f = 3,20717

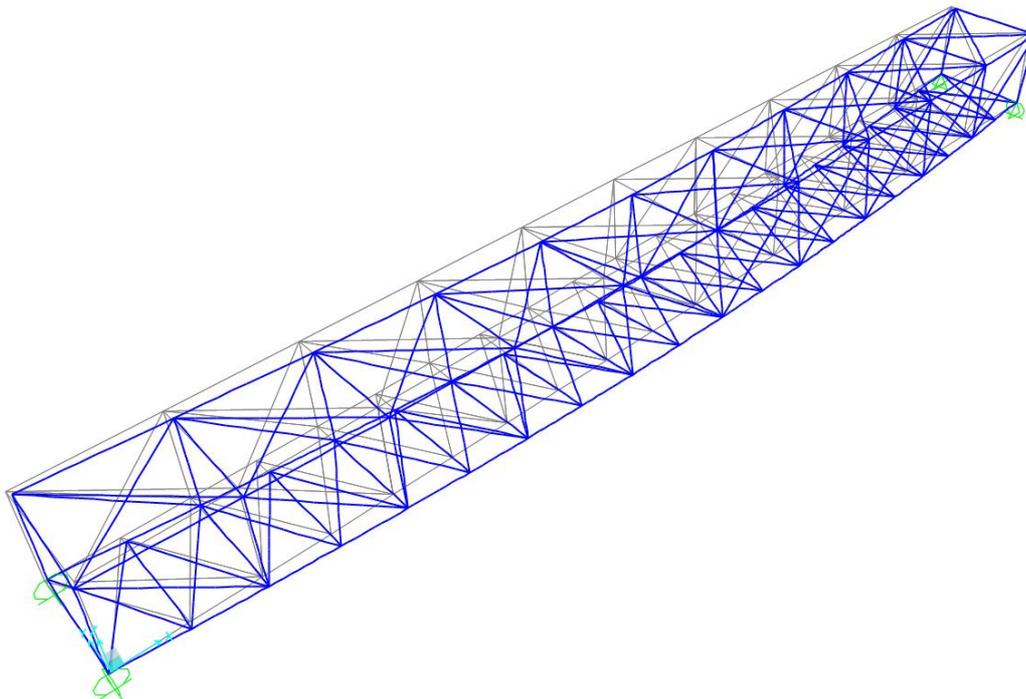


Figura 8-18: Modo 1: Traslazionale y

Deformed Shape (MODAL) - Mode 2; T = 0,28687; f = 3,48587

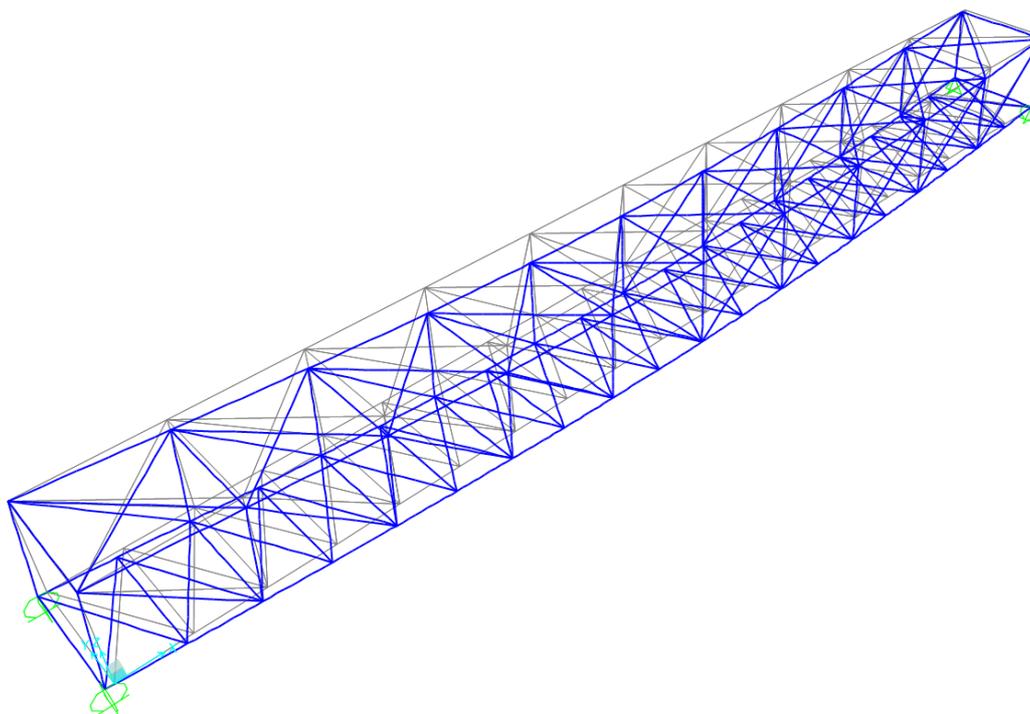


Figura 8-19: Modo 2: Traslazionale z

Deformed Shape (MODAL) - Mode 3; T = 0,18173; f = 5,50193

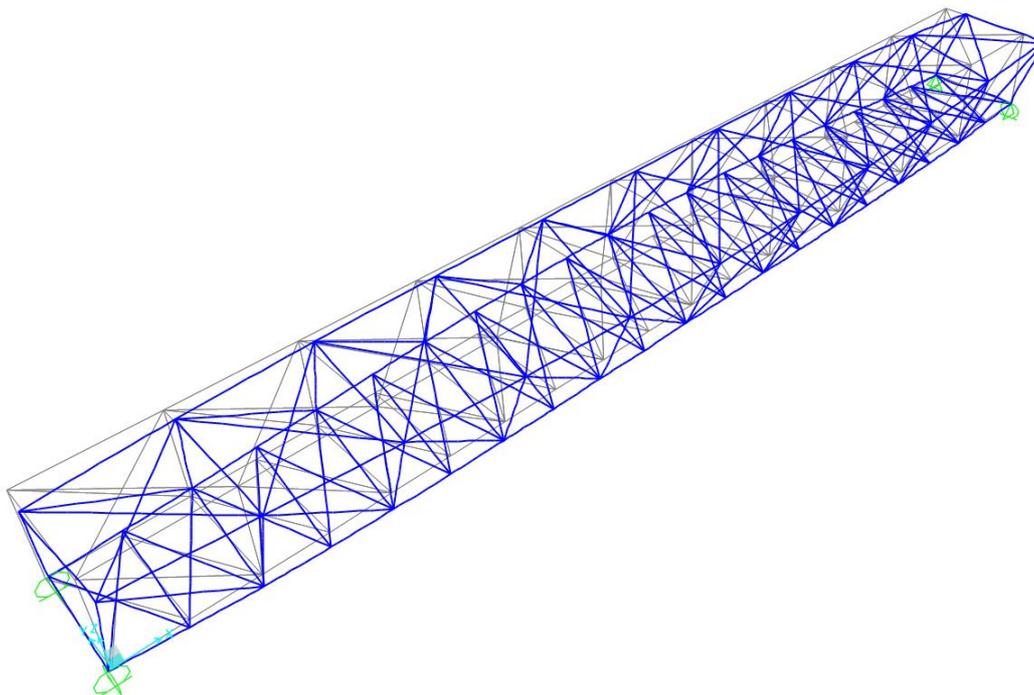


Figura 8-20: Modo 3: Rotazionale

8.7 SOLLECITAZIONI

Si riporta l'involuppo delle sollecitazioni allo stato limite ultimo:

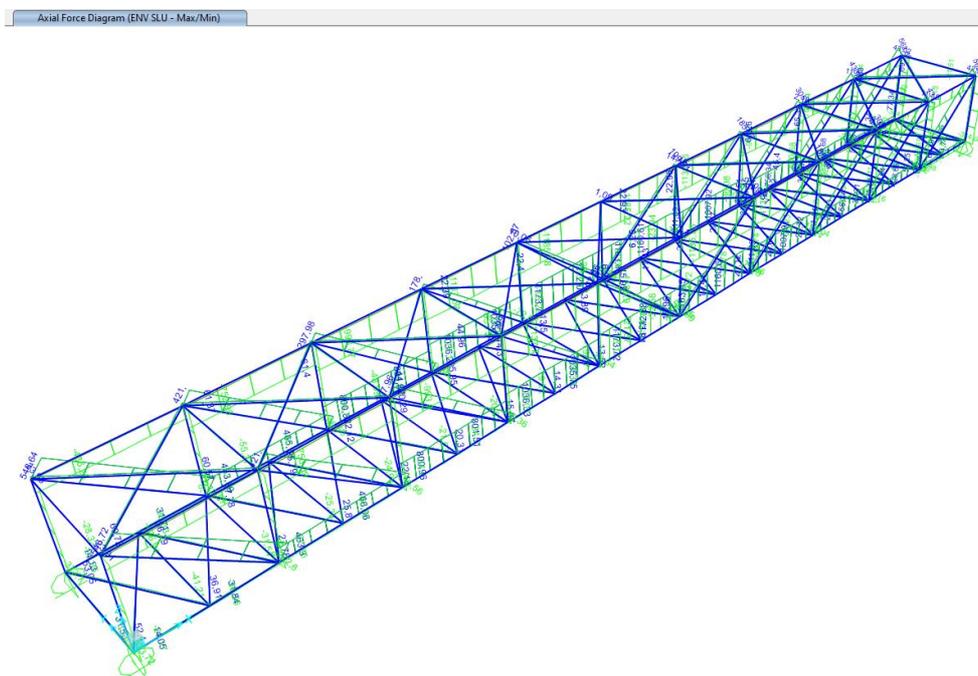


Figura 8-21: Involuppo SLU: Sforzo normale

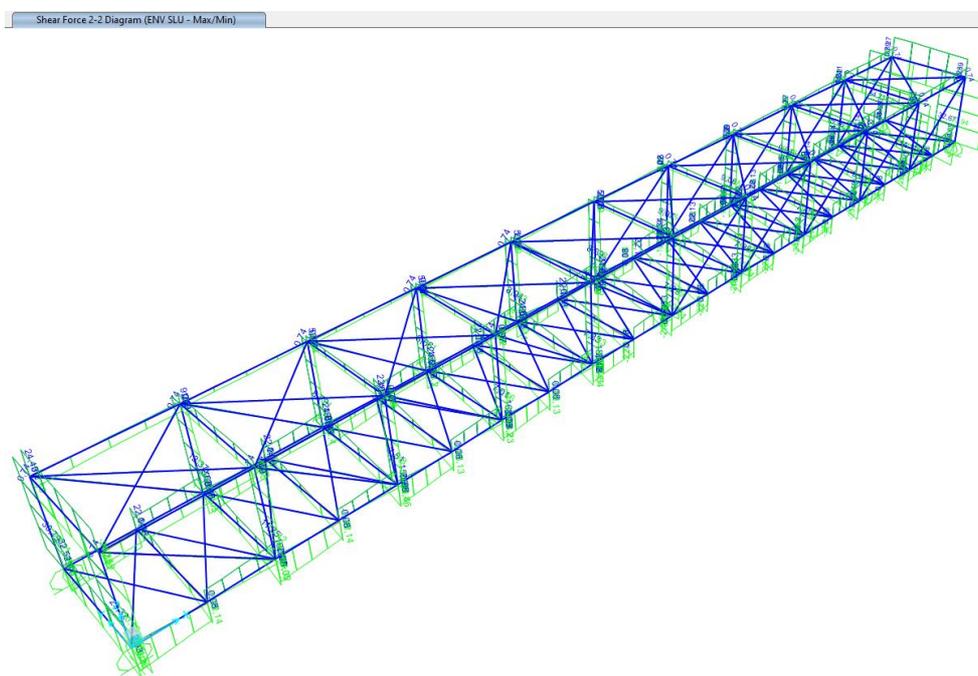


Figura 8-22: Involuppo SLU: Taglio V2

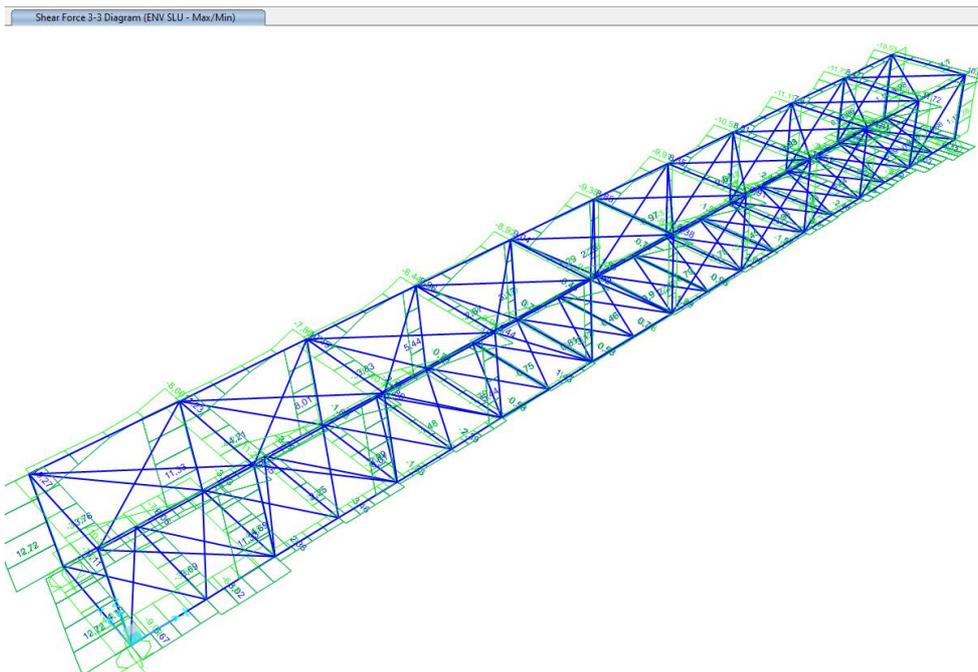


Figura 8-23: Involuppo SLU: Taglio V3

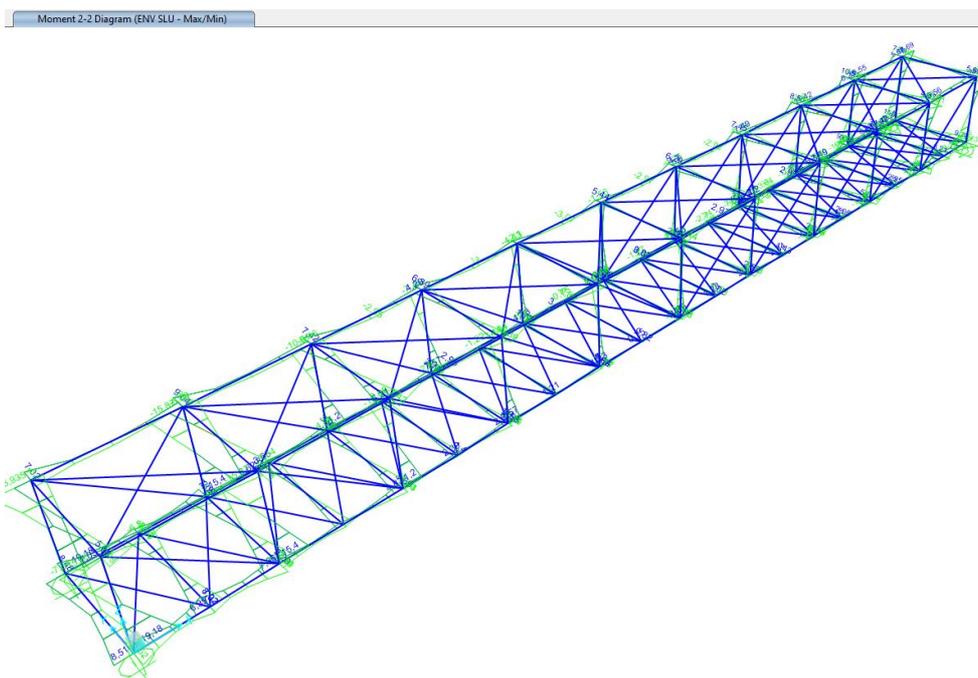


Figura 8-24: Involuppo SLU: Momento M2

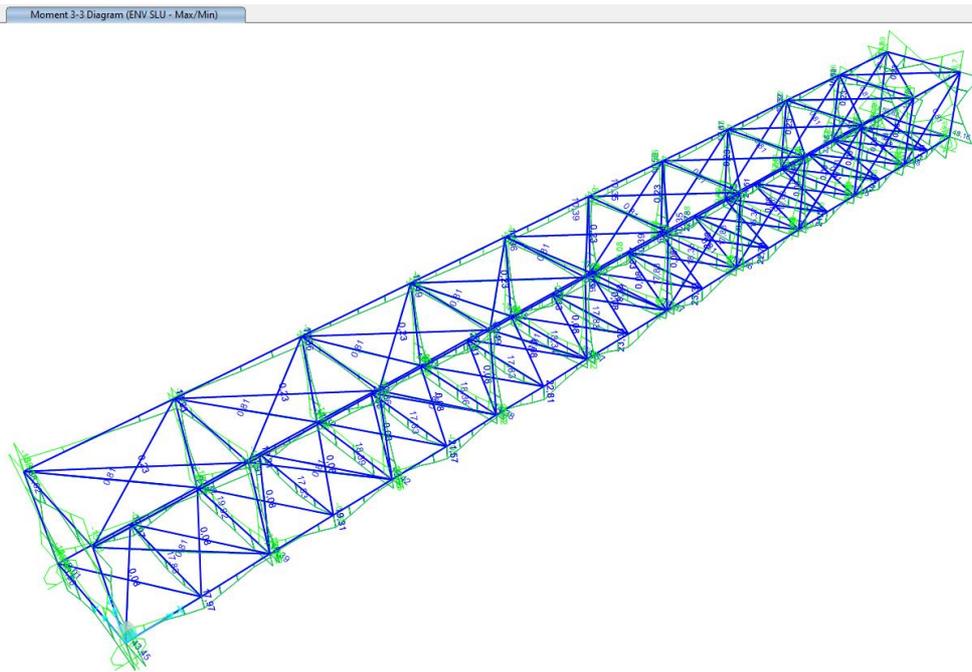


Figura 8-25: Involuppo SLU: Momento M3

9 VERIFICHE DI VIBRAZIONE

Per le verifiche di vibrazione si fa riferimento al documento “Technical guide – Footbridges –Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading – SÉTRA –Service d’Études techniques des routes et autoroutes”.

Al paragrafo 4.1 della suddetta guida, viene determinata la classe del ponte pedonale oggetto di progettazione. Per il caso in esame, salvo diversa indicazione in fase esecutiva, è stata scelta la Classe III, corrispondente a:

“footbridge for standard use, that may occasionally be crossed by large groups of people but that will never be loaded throughout its bearing area”

Per la Classe III viene considerata una densità di pedoni pari a 0,5 P/m², ovvero, considerando un peso dei pedoni di 70 kg (paragrafo 4.6.1 del documento), 0,35 kN/m².

Le frequenze del ponte carico rimangono vicine a quelle del ponte scarico:

Output	Cas	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	Frequency	
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Hertz							
MODAL	Mode	1	0,326	0,000	0,795	0,000	0,03	0,00	0,00	0,00	3,072	trasversale
MODAL	Mode	2	0,298	0,019	0,000	0,810	0,00	0,00	0,00	0,00	3,351	verticale
MODAL	Mode	3	0,186	0,000	0,048	0,000	0,85	0,00	0,00	0,00	5,363	torsionale
MODAL	Mode	4	0,145	0,000	0,001	0,000	0,00	0,00	0,00	0,67	6,913	torsionale
MODAL	Mode	5	0,099	0,189	0,000	0,002	0,00	0,50	0,00	0,00	10,090	torsionale e longitudinale
MODAL	Mode	6	0,093	0,000	0,077	0,000	0,02	0,00	0,00	0,00	10,715	trasversale
MODAL	Mode	7	0,092	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,04	0,00	10,873	
MODAL	Mode	8	0,082	0,649	0,000	0,004	0,00	0,12	0,00	0,00	12,175	longitudinale

Figura 9-1: Frequenze ponte carico

Gli intervalli critici delle frequenze naturali delle passerelle pedonali sono:

Per vibrazioni verticali e longitudinali:

$$1,7 \text{ Hz} \leq f \leq 2,1 \text{ Hz}$$

Per vibrazioni trasversali:

$$0,5 \text{ Hz} \leq f \leq 1,1 \text{ Hz}$$

I valori delle frequenze trovate mediante analisi modale sono al di fuori dei range delle frequenze critiche.

In entrambe le direzioni, verticale e orizzontale, la guida tecnica Sètra fornisce quattro intervalli di frequenza, corrispondenti a un rischio di risonanza decrescente:

Range 1: rischio massimo di risonanza

Range 2: rischio medio di risonanza

Range 3: basso rischio di risonanza

Range 4: rischio trascurabile di risonanza

La tabella 2.3 definisce gli intervalli di frequenza per le vibrazioni verticali e orizzontali longitudinali. La tabella 2.4 riguarda le vibrazioni orizzontali trasversali.

In both vertical and horizontal directions, there are four frequency ranges, corresponding to a decreasing risk of resonance:

Range 1: maximum risk of resonance.

Range 2: medium risk of resonance.

Range 3: low risk of resonance for standard loading situations.

Range 4: negligible risk of resonance.

Table 2.3 defines the frequency ranges for vertical vibrations and for longitudinal horizontal vibrations. Table 2.4 concerns transverse horizontal vibrations.

Frequency	0	1	1.7	2.1	2.6	5
Range 1						
Range 2						
Range 3						
Range 4						

Table 2.3: Frequency ranges (Hz) of the vertical and longitudinal vibrations

Frequency	0	0.3	0.5	1.1	1.3	2.5
Range 1						
Range 2						
Range 3						
Range 4						

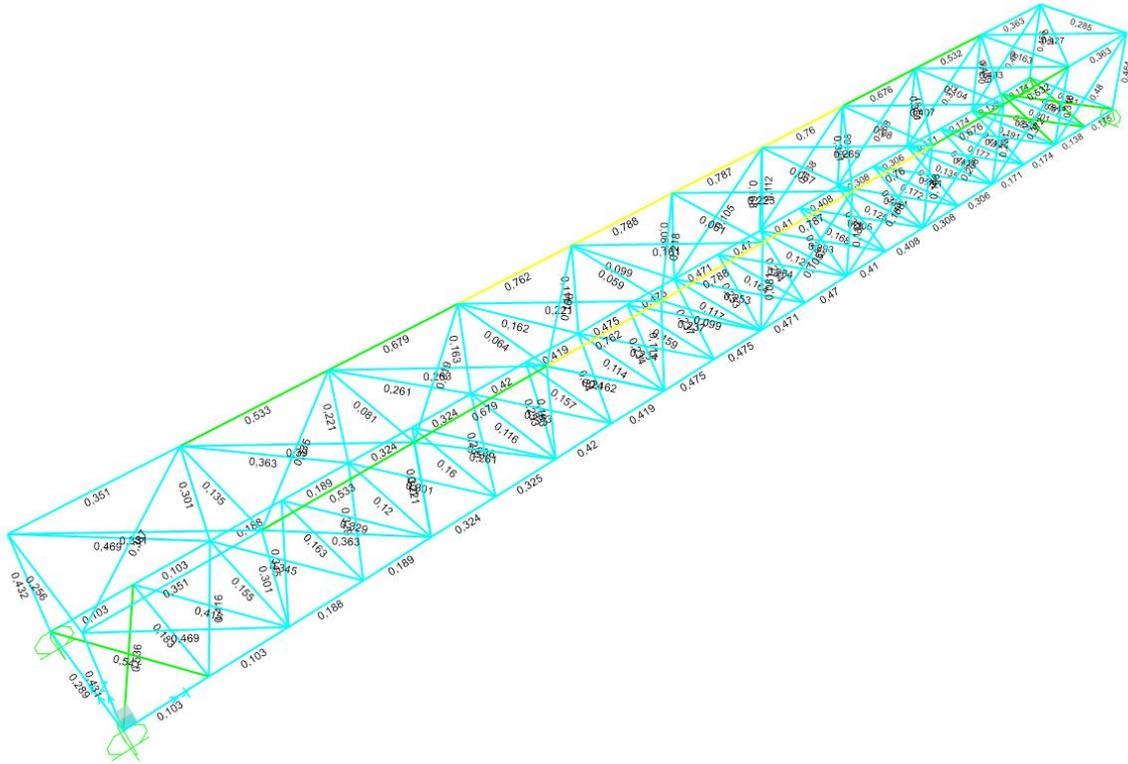
Table 2.4: Frequency ranges (Hz) of the transverse horizontal vibrations

Figura 9-2: Tabelle 2.3 e 2.4 della guida tecnica Sètra

La frequenza verticale di 3,351 Hz ricade nel Range 3, ovvero la struttura ha un basso rischio di risonanza. La frequenza orizzontale trasversale di 3,072 Hz ricade nel Range 4, ovvero la struttura ha un rischio trascurabile di risonanza. Il grado di comfort è garantito dal basso rischio di risonanza della struttura in Classe III e pertanto non è necessario condurre una analisi dinamica con il calcolo delle accelerazioni.

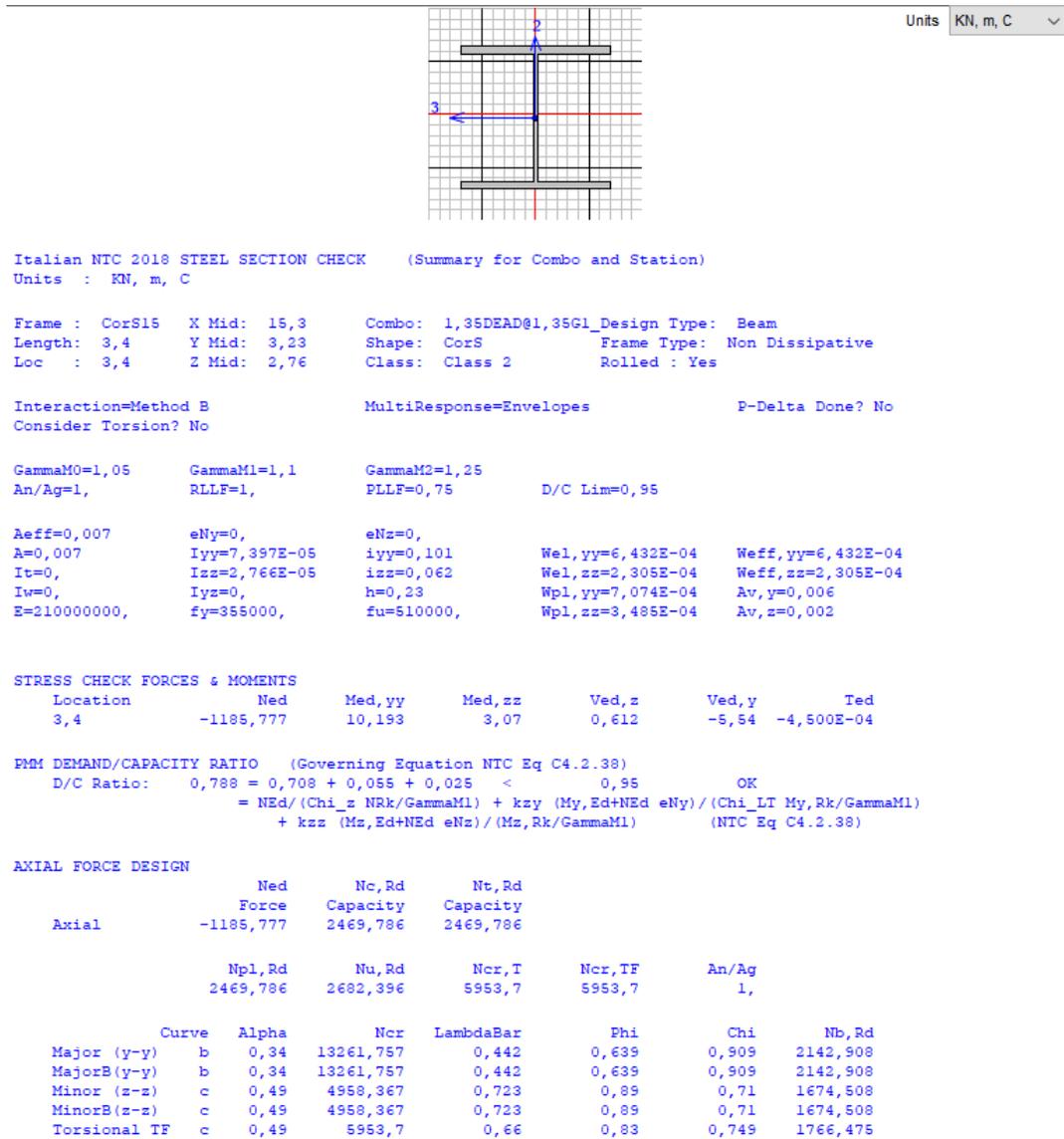
10 VERIFICHE ELEMENTI IN ACCIAIO

Si riportano le verifiche delle sezioni più significative considerando quelle combinazioni che risultano dimensionanti per gli elementi.



Le verifiche di resistenza e stabilità sono soddisfatte.

10.1 CORRENTE SUPERIORE



MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	10,193	10,392	9,465	10,392
Minor (z-z)	3,07	3,07	-0,089	2,303

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	239,171	239,171	139,046	176,596
Minor (z-z)	117,825	117,825	104,151	

LTB	Curve b	AlphaLT 0,34	LambdaBarLT 0,718	PhiLT 0,846	ChiLT 0,774	Iw 0,	Mcr 487,322
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	----------------	----------	----------------

Factors	kw 1,	Psi 1,132	C2 0,459	C3 0,525	zj 0,
	za 0,115	zs 0,	zg 0,115	zz 0,	

Factors	kyy 1,112	kyz 0,545	kzy 0,93	kzz 0,908
---------	--------------	--------------	-------------	--------------

SHEAR DESIGN

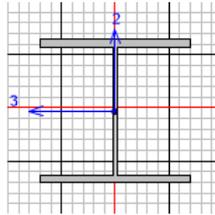
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0,612	4,500E-04	319,151	0,002	OK
Minor (y)	5,54	4,500E-04	1124,348	0,005	OK

Reduction	Vpl, Rd 319,151	Eta 1,	LambdaBarW 0,382
-----------	--------------------	-----------	---------------------

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left 2,415	VMajor Right 1,522
------------	-------------------------	--------------------------

10.2 CORRENTE INFERIORE



Units KN, m, C

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : CorI10 X Mid: 16,15 Combo: 1,35DEAD@1,35G1_Design Type: Beam
 Length: 1,7 Y Mid: 0, Shape: CorI Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 1,7 Z Mid: 0, Class: Class 2 Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,1 GammaM2=1,25
 An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95
 Aeff=0,007 eNy=0, eNz=0,
 A=0,007 Iyy=7,397E-05 iyy=0,101 Wel,yy=6,432E-04 Weff,yy=6,432E-04
 It=0, Izz=2,766E-05 izz=0,062 Wel,zz=2,305E-04 Weff,zz=2,305E-04
 Iw=0, Iyz=0, h=0,23 Wpl,yy=7,074E-04 Av,y=0,006
 E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,zz=3,485E-04 Av,z=0,002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,7	1172,079	-4,532	-0,196	18,829	-0,025	0,019

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.38(n))
 D/C Ratio: 0,475 = 0,475 < 0,95 OK
 = (Ned/NRd) (NTC Eq 4.2.38(n))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
Axial	Force	Capacity	Capacity			
	1172,079	2469,786	2469,786			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	2469,786	2682,396	18657,774	18657,774	1,	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0,34	13261,757	0,442	0,639	2142,908
MajorB (y-y)	b	0,34	13261,757	0,442	0,639	2142,908
Minor (z-z)	c	0,49	19833,468	0,362	0,605	2162,912
MinorB (z-z)	c	0,49	19833,468	0,362	0,605	2162,912
Torsional TF	c	0,49	18657,774	0,373	0,612	2149,13

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-4,532	-4,532	10,047	-4,532
Minor (z-z)	-0,196	-0,238	-0,217	-0,221

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	239,171	239,171	140,529	212,243
Minor (z-z)	117,825	117,825	104,71	

LTB	Curve b	AlphaLT 0,34	LambdaBarLT 0,391	PhiLT 0,609	ChiLT 0,93	Iw 0,	Mcr 1643,517
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	---------------	----------	-----------------

Factors	kw 1,	Psi 1,132	C2 0,459	C3 0,525	zj 0,
	za 0,115	zs 0,	zg 0,115	zz 0,	

Factors	kyy 0,558	kyz 0,558	kzy 0,962	kzz 0,929
---------	--------------	--------------	--------------	--------------

SHEAR DESIGN

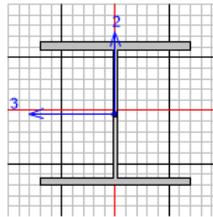
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	18,829	0,019	319,151	0,059	OK
Minor (y)	0,025	0,019	1124,348	2,200E-05	OK

Reduction	Vpl, Rd 319,151	Eta 1,	LambdaBarW 0,374
-----------	--------------------	-----------	---------------------

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left 14,044	VMajor Right 18,829
------------	--------------------------	---------------------------

10.3 MONTANTE



Units KN, m, C

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : Mont22 X Mid: 34, Combo: 1,35DEAD@1,35G1_Design Type: Column
 Length: 2,76 Y Mid: 3,23 Shape: Mont Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 0, Z Mid: 1,38 Class: Class 2 Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,1 GammaM2=1,25
 An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95

Aeff=0,007 eNy=0, eNz=0,
 A=0,007 Iyy=7,397E-05 iyy=0,101 Wel,yy=6,432E-04 Weff,yy=6,432E-04
 It=0, Izz=2,766E-05 izz=0,062 Wel,zz=2,305E-04 Weff,zz=2,305E-04
 Iw=0, Iyz=0, h=0,23 Wpl,yy=7,074E-04 Av,y=0,006
 E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,zz=3,485E-04 Av,z=0,002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,	-329,63	48,082	-16,575	32,026	-11,106	0,005

MM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0,466 = 0,189 + 0,216 + 0,061 < 0,95 OK
 = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kz_y (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
 + kz_z (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-329,63	2469,786	2469,786

	Np1,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2469,786	2682,396	6567,044	6567,044	1,

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	10774,602	0,491	0,67	0,888	2094,323
MajorB(y-y)	b	31930,314	0,285	0,555	0,97	2285,828
Minor (z-z)	c	5676,527	0,676	0,845	0,74	1743,502
MinorB(z-z)	c	16451,46	0,397	0,627	0,899	2119,156
Torsional TF	c	6567,044	0,628	0,802	0,768	1811,575

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mn,Ed	Meq,Ed
	Moment	Moment	Moment	Moment
Major (y-y)	48,082	48,082	3,886	19,233
Minor (z-z)	-16,575	-16,575	-1,249	-6,63

	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	239,171	239,171	231,759	213,646
Minor (z-z)	117,825	117,825	117,825	

Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	b	0,34	0,375	0,6	0,936	0, 1784,332

Factors	kw	Psi	C2	C3
1,	2,35	0,	0,711	
za	zs	zg	zz	zj
0,115	0,	0,115	0,	0,

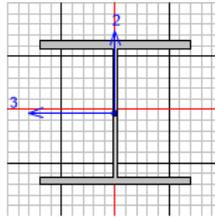
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0,405	0,247	0,959	0,412

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	32,026	0,005	319,151	0,1	OK
Minor (y)	11,106	0,005	1124,348	0,01	OK

Reduction	Vp1,Rd	Eta	LambdaBarW
	319,151	1,	0,38

10.4 TRAVERSO INFERIORE



Units

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : Tr21 X Mid: 34, Combo: 1,35DEAD@1,35G1_Design Type: Beam
 Length: 3,23 Y Mid: 1,615 Shape: Tr1 Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 3,23 Z Mid: 0, Class: Class 2 Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,1 GammaM2=1,25
 An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95
 Aeff=0,007 eNy=0, eNz=0
 A=0,007 Iyy=7,397E-05 iyy=0,101 Wel,yy=6,432E-04 Weff,yy=6,432E-04
 It=0, Izz=2,766E-05 izz=0,062 Wel,zz=2,305E-04 Weff,zz=2,305E-04
 Iw=0, Iyz=0, h=0,23 Wpl,yy=7,074E-04 Av,y=0,006
 E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,zz=3,485E-04 Av,z=0,002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3,23	-67,403	-50,79	6,971	34,357	-4,308	-0,008

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
 D/C Ratio: 0,341 = 0,039 + 0,277 + 0,026 < 0,95 OK
 = Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
 + kzz (Mz,Ed+NED eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	-67,403	2469,786	2469,786			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	2469,786	2682,396	6411,187	6411,187	1,	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b 0,34	14694,467	0,42	0,626	0,918	2164,255
MajorB (y-y)	b 0,34	14694,467	0,42	0,626	0,918	2164,255
Minor (z-z)	c 0,49	5494,036	0,687	0,855	0,733	1727,354
MinorB (z-z)	c 0,49	5494,036	0,687	0,855	0,733	1727,354
Torsional TF	c 0,49	6411,187	0,636	0,809	0,764	1800,791

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-50,79	-50,79	-4,844	-38,092
Minor (z-z)	6,971	6,971	0,014	2,788

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	239,171	239,171	239,171	180,366
Minor (z-z)	117,825	117,825	117,825	

LTB	Curve b	AlphaLT 0,34	LambdaBarLT 0,689	PhiLT 0,82	ChiLT 0,79	Iw 0,	Mcr 529,431
-----	------------	-----------------	----------------------	---------------	---------------	----------	----------------

Factors	kw 1,	Psi 1,132	C2 0,459	C3 0,525	zj 0,
	za 0,115	zs 0,	zg 0,115	zz 0,	

Factors	kyy 0,403	kyz 0,247	kzy 0,982	kzz 0,412
---------	--------------	--------------	--------------	--------------

SHEAR DESIGN

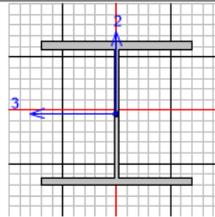
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	34,357	0,008	319,151	0,108	OK
Minor (y)	4,308	0,008	1124,348	0,004	OK

Reduction	Vpl, Rd 319,151	Eta 1,	LambdaBarW 0,381
-----------	--------------------	-----------	---------------------

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left 34,621	VMajor Right 34,655
------------	--------------------------	---------------------------

10.5 TRAVERSO SUPERIORE



Units KN, m, C

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : TrS11 X Mid: 34, Combo: 1,3SDEAD@1,3SG1_Design Type: Beam
 Length: 3,23 Y Mid: 1,615 Shape: TrS Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 1,615 Z Mid: 2,76 Class: Class 2 Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,1 GammaM2=1,25
 An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95

Aeff=0,007 eNy=0, eNz=0,
 A=0,007 Iyy=7,397E-05 iyy=0,101 Wel,yy=6,432E-04 Weff,yy=6,432E-04
 It=0, Izz=2,766E-05 izz=0,062 Wel,zz=2,305E-04 Weff,zz=2,305E-04
 Iw=0, Iyz=0, h=0,23 Wpl,yy=7,074E-04 Av,y=0,006
 E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,zz=3,485E-04 Av,z=0,002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,615	-29,921	-0,916	-0,968	25,832	-3,983	-0,006

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0,285 = 0,017 + 0,241 + 0,027 < 0,95 OK

$$= \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + N_{Ed} e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_y, Rk / \gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + N_{Ed} e_{Nz})}{(M_z, Rk / \gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-29,921	2469,786	2469,786				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	2469,786	2682,396	6411,187	6411,187	1,		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0,34	14694,467	0,42	0,626	0,918	2164,255
MajorB (y-y)	b	0,34	14694,467	0,42	0,626	0,918	2164,255
Minor (z-z)	c	0,49	5494,036	0,687	0,855	0,733	1727,354
MinorB (z-z)	c	0,49	5494,036	0,687	0,855	0,733	1727,354
Torsional TF	c	0,49	6411,187	0,636	0,809	0,764	1800,791

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-0,916	-43,797	-1,352	-32,847
Minor (z-z)	-0,968	-7,4	-0,968	-2,96

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	239,171	239,171	239,171	180,366
Minor (z-z)	117,825	117,825	117,825	

LTB	Curve b	AlphaLT 0,34	LambdaBarLT 0,689	PhiLT 0,82	ChiLT 0,79	Iw 0,	Mcr 529,431
-----	------------	-----------------	----------------------	---------------	---------------	----------	----------------

Factors	kw l, za	Psi 1,132 ss	C2 0,459 zg	C3 0,525 zz	C4 zj
	0,115	0,	0,115	0,	0,

Factors	kyy 0,401	kyz 0,243	kzy 0,992	kzz 0,405
---------	--------------	--------------	--------------	--------------

SHEAR DESIGN

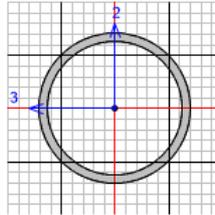
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	25,832	0,006	319,151	0,081	OK
Minor (y)	3,983	0,006	1124,348	0,004	OK

Reduction	Vpl, Rd 319,151	Eta 1,	LambdaBarW 0,381
-----------	--------------------	-----------	---------------------

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left 27,209	VMajor Right 27,27
------------	--------------------------	--------------------------

10.6 DIAGONALE



Units

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : Diag10 X Mid: 32,3 Combo: 1,35DEAD@1,35G1_Design Type: Brace
 Length: 4,379 Y Mid: 0, Shape: Diag Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 2,19 Z Mid: 1,38 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,1 GammaM2=1,25
 An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95
 Aeff=0,004 eNy=0, eNz=0,
 A=0,004 Iyy=9,024E-06 iyy=0,05 Wel,yy=1,203E-04 Weff,yy=1,203E-04
 It=1,805E-05 Izz=9,024E-06 izz=0,05 Wel,zz=1,203E-04 Weff,zz=1,203E-04
 Iw=0, Iyz=0, h=0,15 Wpl,yy=1,615E-04 Av,y=0,002
 E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,zz=1,615E-04 Av,z=0,002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2,19	561,617	0,809	0,	0,	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))
 D/C Ratio: 0,48 = 0,465 + sqrt[(0,015)^2 + (0,)^2] 1 < 0,95 OK
 = (Ned/NRd) + sqrt[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2] (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	561,617	1206,611	1206,611			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	1206,611	1310,481	288253,209	975,25	1,	
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi
Major (y-y)	a	0,21	975,25	1,14	1,248	0,569
MajorB (y-y)	a	0,21	975,25	1,14	1,248	0,569
Minor (z-z)	a	0,21	975,25	1,14	1,248	0,569
MinorB (z-z)	a	0,21	975,25	1,14	1,248	0,569
Torsional TF	a	0,21	975,25	1,14	1,248	0,569
						Nb,Rd
						655,487

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0,809	0,809	0,506	0,658
Minor (z-z)	0,	0,	0,	0,

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	54,597	54,597	54,597	52,115
Minor (z-z)	54,597	54,597	54,597	

	Curve d	AlphaLT 0,76	LambdaBarLT 0,169	PhiLT 0,503	ChiLT 1,	Iw 0,	Mcr 1995,894
LTB							

Factors	kw 1,	Psi 1,132	C2 0,459	C3 0,525	zj 1,
	za 0,075	zs 0,	zg 0,075	zz 0,	

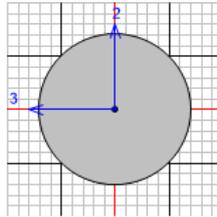
Factors	kyy 0,95	kyz 0,6	kzy 0,57	kzz 1,
---------	-------------	------------	-------------	-----------

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0,	0,	443,493	0,	OK
Minor (y)	0,	0,	443,493	0,	OK

Reduction	Vpl, Rd 443,493	Eta 1,	LambdaBarW 0,
-----------	--------------------	-----------	------------------

10.7 CONTROVENTI INFERIORI



Units KN, m, C

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : CvI40 X Mid: 33,15 Combo: 1,35DERD@1,35G1_Design Type: Beam
 Length: 3,65 Y Mid: 1,615 Shape: CvI-tondo Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 1,825 Z Mid: 0, Class: Class 2 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,1 GammaM2=1,25
 An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95

Aeff=3,801E-04 eNy=0, eNz=0,
 A=3,801E-04 iyy=0,006 iyy=0,006 Wel,yy=1,045E-06 Weff,yy=1,045E-06
 It=0, Izz=0, Izz=0,006 Wel,zz=1,045E-06 Weff,zz=1,045E-06
 Iw=0, Iyz=0, h=0,022 Wpl,yy=1,775E-06 Av,y=3,421E-04
 E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,zz=1,775E-06 Av,z=3,421E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,825	66,297	0,077	0,	0,	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))

D/C Ratio: 0,644 = 0,516 + sqrt[(0,129)^2 + (0,)^2] < 0,95 OK
 = (Ned/NRd) + sqrt[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2] (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	66,297	128,521	128,521	128,521	139,585	30703,027	1,789	1,
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	c	0,49	1,789	8,685	40,297	0,013	1,54	
MajorB (y-y)	c	0,49	1,789	8,685	40,297	0,013	1,54	
Minor (z-z)	c	0,49	1,789	8,685	40,297	0,013	1,54	
MinorB (z-z)	c	0,49	1,789	8,685	40,297	0,013	1,54	
Torsional TF	c	0,49	1,789	8,685	40,297	0,013	1,54	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0,077	0,077	0,081	0,066
Minor (z-z)	0,	0,	0,	0,

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mo, Rd Capacity
Major (y-y)	0,6	0,6	0,6	0,573
Minor (z-z)	0,6	0,6	0,6	

LTB	Curve d	AlphaLT 0,76	LambdaBarLT 0,432	PhiLT 0,682	ChiLT 0,827	Iw 0,	Mcr 3,37
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	----------------	----------	-------------

Factors	kw 1,	Psi 1,132	C2 0,459	C3 0,525
	za 0,011	zs 0,	zg 0,011	zz 0,
				zj 1,

Factors	kyy 0,95	kyz 0,6	kzy 0,57	kzz 1,
---------	-------------	------------	-------------	-----------

SHEAR DESIGN

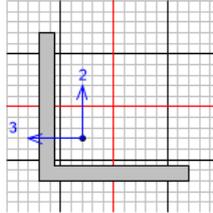
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0,	0,	66,781	0,	OK
Minor (y)	0,	0,	66,781	0,	OK

Reduction	Vpl, Rd 66,781	Eta 1,	LambdaBarW 0,
-----------	-------------------	-----------	------------------

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0,085	0,085

10.8 CONTROVENTI SUPERIORI



Units

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : CvS19 X Mid: 32,3 Combo: 1,35DEAD@1,35G1_Design Type: Beam
 Length: 4,69 Y Mid: 1,615 Shape: CvS Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 2,345 Z Mid: 2,76 Class: Class 4 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,05	GammaM1=1,1	GammaM2=1,25		
An/Ag=1,	RLLF=1,	PLLF=0,75	D/C Lim=0,95	
Aeff=6,840E-04	eNy=0,	eNz=0,		
A=6,840E-04	Iyy=0,	iyy=0,018	Wel,yy=5,452E-06	Weff,yy=5,452E-06
It=0,	Izz=0,	izz=0,018	Wel,zz=5,452E-06	Weff,zz=5,452E-06
Iw=0,	Iyz=0,	h=0,06	Wpl,yy=9,823E-06	Av,y=3,600E-04
E=210000000,	fy=355000,	fu=510000,	Wpl,zz=9,823E-06	Av,z=3,600E-04
Iyz=0,	Imax=0,	imax=0,023	Wel,zz,maj=8,754E-06	
Rot= 45, deg	Imin=0,	imin=0,012	Wel,zz,min=3,910E-06	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2,345	69,884	0,229	0,	0,	0,	0,

MM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))

D/C Ratio: 0,427 = 0,302 + 0,124 + 0, < 0,95 OK
 = (Ned/NRd) + (My,Ed/My,Rd) + (Mz,Ed/Mz,Rd) (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	69,884	231,257	231,257			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	231,257	251,165	587,033	34,214	1,	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b 0,34	35,002	2,634	4,382	0,127	27,995
MajorB (y-y)	b 0,34	35,002	2,634	4,382	0,127	27,995
Minor (z-z)	b 0,34	8,968	5,204	14,889	0,035	7,654
MinorB (z-z)	b 0,34	8,968	5,204	14,889	0,035	7,654
Torsional TF	b 0,34	34,214	2,664	4,467	0,124	27,41

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	0,229	0,229	0,181	0,197
Minor (z-z)	0,	0,	0,	0,

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	1,843	1,843	1,843	1,051
Minor (z-z)	1,843	1,843	1,843	

	Curve d	AlphaLT 0,76	LambdaBarLT 0,772	PhiLT 1,015	ChiLT 0,597	Iw 0,	Mcr 3,248
LTB							

Warning: The equation to calculate Mcr is not applicable to Angle section
 Please be aware of the assumptions made by the program

Factors	kw	Psi	C2	C3	zj
	1,	1,132	0,459	0,525	
	za	zs	zg	zz	
	0,043	-0,014	0,057	0,	-0,038

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0,95	1,	1,	1,

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0,	0,	70,272	0,	OK
Minor (y)	0,	0,	70,272	0,	OK

Reduction	Vpl,Rd 70,272	Eta 1,	LambdaBarW 0,

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

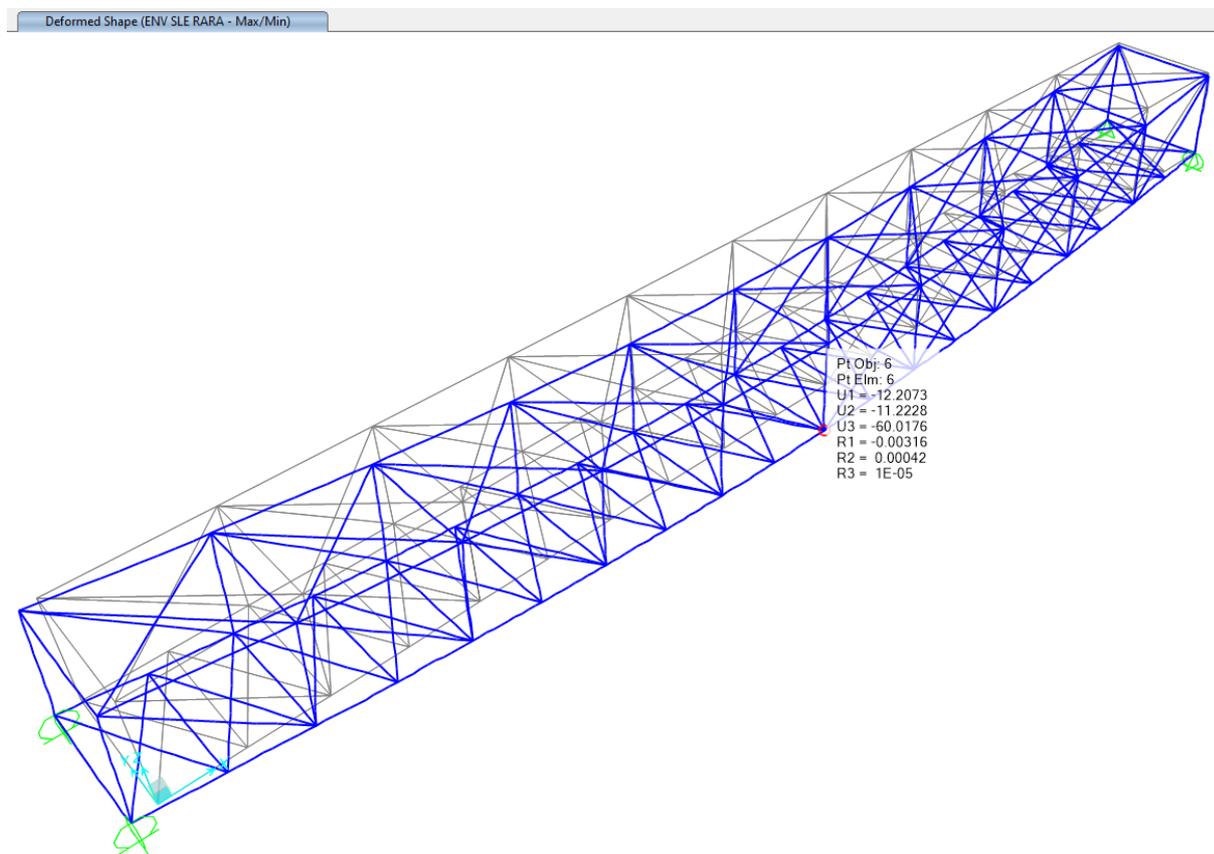
Major (V2)	VMajor Left 0,195	VMajor Right 0,195

11 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

Per le verifiche allo stato limite di deformabilità, si ritiene accettabile limitare lo spostamento verticale a $L/300$, salvo diverse indicazioni della fase esecutiva.

Per la combinazione di carico caratteristica, il massimo spostamento registrato, combinando i carichi definiti al capitolo 6, è pari a:

$$v = 60 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = 113 \text{ mm}$$



12 VERIFICHE A FATICA

La passerella pedonale in oggetto è classificata, in conformità con le NTC2018, come ponte per il transito dei soli carichi associati allo schema 5 (ponti pedonali). La condizione di carico a cui è sottoposta la struttura rende pertanto il problema del danneggiamento per fatica non rilevante ai fini della sicurezza dell'opera.

13 CARICHI SUGLI APPOGGI

Si riporta lo schema di vincolo utilizzato:

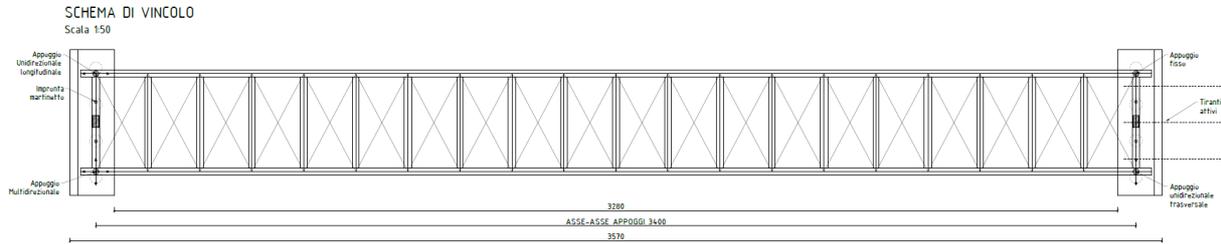


Figura 13-1: Schema di vincolo

Si riportano le reazioni agli appoggi agli stati limite SLE, SLU, SLV e SLC:

CARICHI SUGLI APPOGGI - COMBINAZIONE SLE RARA					
	Posizione	Tipologia	Vert. [kN]	Trasv. [kN]	Long. [kN]
SPALLA A	Trave 1	Multidirezionale	320	0	0
	Trave 2	Unidirezionale longitudinale	320	70	0
SPALLA B	Trave 1	Unidirezionale trasversale	320	0	115
	Trave 2	Fisso	320	70	115

Figura 13-2: Carichi agli appoggi – Combinazione caratteristica

CARICHI SUGLI APPOGGI - COMBINAZIONE SLU					
	Posizione	Tipologia	Vert. [kN]	Trasv. [kN]	Long. [kN]
SPALLA A	Trave 1	Multidirezionale	450	0	0
	Trave 2	Unidirezionale longitudinale	450	110	0
SPALLA B	Trave 1	Unidirezionale trasversale	450	0	175
	Trave 2	Fisso	450	110	175

Figura 13-3: Carichi agli appoggi – Combinazione fondamentale

CARICHI SUGLI APPOGGI - COMBINAZIONE SLV					
	Posizione	Tipologia	Vert. [kN]	Trasv. [kN]	Long. [kN]
SPALLA A	Trave 1	Multidirezionale	415	0	0
	Trave 2	Unidirezionale longitudinale	415	80	0
SPALLA B	Trave 1	Unidirezionale trasversale	415	0	152
	Trave 2	Fisso	415	80	152

Figura 13-4: Carichi agli appoggi – Combinazione SLV

CARICHI SUGLI APPOGGI - COMBINAZIONE SLC					
	Posizione	Tipologia	Vert. [kN]	Trasv. [kN]	Long. [kN]
SPALLA A	Trave 1	Multidirezionale	420	0	0
	Trave 2	Unidirezionale longitudinale	420	92	0
SPALLA B	Trave 1	Unidirezionale trasversale	420	0	181
	Trave 2	Fisso	420	92	181

Figura 13-5: Carichi agli appoggi – Combinazione SLC