

COMMITTENTE:



RETE FERROVIARIA ITALIANA S.P.A.
DIREZIONE INVESTIMENTI

SOGGETTO TECNICO:

RFI – DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE DI FIRENZE
S.O. INGEGNERIA

PROGETTAZIONE: MANDATARIA



PROGETTO DEFINITIVO

LINEA PISTOIA - LUCCA - VIAREGGIO/PISA
RADDOPPIO DELLA LINEA PISTOIA - LUCCA - PISA S.R.
TRATTA PESCIA - LUCCA

11 - OPERE D'ARTE

Comune di Capannori - cavalcavia su autostrada A11

Relazione tecnica e di calcolo

SCALA --

Foglio 1 di 1

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.
1 3 4 6 P O	S 1 1	P D	T G S P	3 0	0 1	E 0 0 1

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Prima Emissione	G. Tanzi	18/09/2018						

POSIZIONE ARCHIVIO	LINEA	SEDE TECN.	NOME DOC.	NUMERAZ.		
	L 5 4 2	L 0 1 1 1 6	T B 0 0	1 0 / 0 1		
	Verificato e trasmesso	Data	Convalidato	Data	Archiviato	Data

1346-PO-S11-PD-TGSP-30-01-E001.dwg

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3. MATERIALI.....	10
3.1. MATERIALI IMPALCATO	10
3.2. Materiali spalla.....	13
3.3. Materiale del rilevato a monte della spalla.....	13
3.4. Resistenze di progetto.....	13
4. IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACCIAIO-CLS	15
4.1. CONSIDERAZIONI DI PROGETTO.....	15
4.2. ANALISI STRUTTURALE.....	15
4.3. COMBINAZIONI DI CARICO	16
4.3.1. Combinazioni	19
4.3.2. Procedure di verifica.....	20
4.4. ANALISI DEI CARICHI.....	21
4.4.1. Criteri per la valutazione delle azioni sulla struttura	21
4.4.2. Vita nominale di progetto	21
4.4.3. Pesi specifici.....	21
4.4.4. Pesi propri strutturali.....	21
4.4.5. Pesi propri portati:	21
4.4.6. Altri permanenti portati	22
4.4.7. Carichi da traffico stradali.....	22
4.4.8. Avviamento e Frenatura.....	23
4.4.9. Carico sui marciapiedi	24
4.4.10. Termica uniforme.....	24
4.4.11. Vento.....	24
4.4.12. Azioni sismiche.....	26
4.5. ANALISI STRUTTURALE.....	29
4.5.1. Modello di calcolo e ipotesi progettuali.....	29
4.5.2. Discretizzazione strutturale	30

4.5.3.	Nodi.....	30
4.5.4.	Elementi.....	34
4.5.5.	Caratteristiche statiche d'analisi.....	38
4.5.6.	Assegnazione dei carichi all'interno del modello.....	38
4.5.7.	Analisi dinamica.....	43
4.6.	Sollecitazioni.....	49
4.6.1.	Carichi permanenti.....	49
4.6.2.	Carichi permanenti portati.....	50
4.6.3.	Carichi mobili frequenti.....	51
4.6.4.	Carichi mobili caratteristici.....	53
4.7.	Verifiche ELEMENTI STRUTTURALI.....	55
4.7.1.	Geometria e classificazione della sezione.....	55
4.7.2.	Verifiche di resistenza.....	64
4.7.3.	Verifiche sulle sezioni miste acciaio-clc.....	64
4.7.4.	Verifiche sulle sezioni in acciaio.....	121
4.8.	Deformabilità dell'impalcato.....	124
4.8.1.	Verifiche di deformabilità dell'impalcato.....	124
4.8.2.	Verifiche di inflessione nel piano verticale.....	124
5.	PILE.....	125
5.1.	VERIFICHE STRUTTURALI DELLA PILA.....	125
5.2.	PLATEA DI FONDAZIONE DELLE PILE.....	128
5.2.1.	Reazioni vincolari in testa ai pali.....	128
5.2.2.	Verifiche strutturali della platea di fondazione.....	132
5.3.	AZIONI SUGLI APPOGGI DELLE SPALLE.....	141
6.	SPALLE.....	143
6.1.	ANALISI DEI CARICHI.....	143
6.1.1.	Peso proprio della spalla e pesi permanenti portati.....	143
6.1.2.	Spinta statica del terreno.....	144
6.1.3.	Sovraccarichi da traffico stradale sul rilevato a tergo della spalla.....	145
6.1.4.	Azioni orizzontali da traffico (Frenatura/Avviamento).....	146
6.1.5.	Azione sismica.....	146
6.1.6.	Sovrappinta sismica del terreno.....	149

6.1.7. Forze inerziali dovute al sisma	151
6.1.8. Carichi sui marciapiedi	151
6.1.9. Azioni da impalcato	152
6.1.10. Azioni sul paraghiaie – Azione verticale da traffico ferroviario	152
6.2. COMBINAZIONI DEI CARICHI E CRITERI DI VERIFICA	154
6.2.1. Combinazioni delle azioni	154
6.3. MODELLO DI CALCOLO	161
6.4. SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SULLA PLATEA DI FONDAZIONE	165
6.5. VERIFICHE STRUTTURALI	166
6.5.1. Verifiche del cordolo di fondazione	167
6.5.2. Verifiche del muro paraghiaia	177
6.6. SPALLA - INCIDENZA ARMATURE	183

1. INTRODUZIONE

La presente relazione di calcolo strutturale è relativa alla progettazione del nuovo cavalcavia stradale inserito nella nuova viabilità del comune di Capannori (LU) in corrispondenza dell'attraversamento dell'Autostrada A11.

Il ponte ha luce totale di 117 metri e si compone di 3 campate: la campata centrale che attraversa l'autostrada sottostante è di 51 metri, quelle laterali hanno luce 33 metri. La struttura portante dell'impalcato è a struttura mista acciaio calcestruzzo a trave continua. Esso è composto da quattro travi principali in piatti saldati di altezza variabile con pioli Nelson in testa. I traversi in corrispondenza degli appoggi hanno sezione variabile mentre i controventi trasversali sono costituiti da L12x12 ad interasse variabile. Lo spessore della soletta in c.a. è variabile da 20 a 35 cm.

L'impalcato è installato su due pile centrali e due spalle passanti laterali.

Le pile sono in c.a. a sezione piena variabile in altezza di altezza 8,20 metri. Le fondazioni sono costituite da platee su pali di dimensioni 18x7,2m e spessore 1,8m. I pali sono 10, di diametro 1,2 metri e interasse in entrambe le direzioni di 3,6 metri

Le spalle passanti sono disposte in testa al rilevato stradale. Esse sono costituite da un cordolo di collegamento sul quale si dispongono gli appoggi dell'impalcato. Il cordolo collega un'unica fila di 7 pali di fondazione, 5 frontali e 2 laterali, di diametro 1,2 metri e interasse 3,6 metri. Esso ha larghezza 2 metri altezza 1,8, è lungo 16,8 metri in direzione trasversale all'asse della strada sovrastante.

Il muro paraghiaia, anch'esso avente larghezza pari a 16,8 m, è spesso 0,5 m e ha un'altezza dal piano degli appoggi di 1,75 m. Lateralmente vi sono due muri andatori anch'essi di spessore 0,5 metri e altezza totale 2,13 metri.

L'altezza totale della spalla è 3.55 metri.

Lungo i lati esterni della carreggiata si considera in sede progettuale la presenza di marciapiedi adibiti ai pedoni.

Si riportano nel seguito i prospetti e le sezioni descrittivi dell'opera in esame.

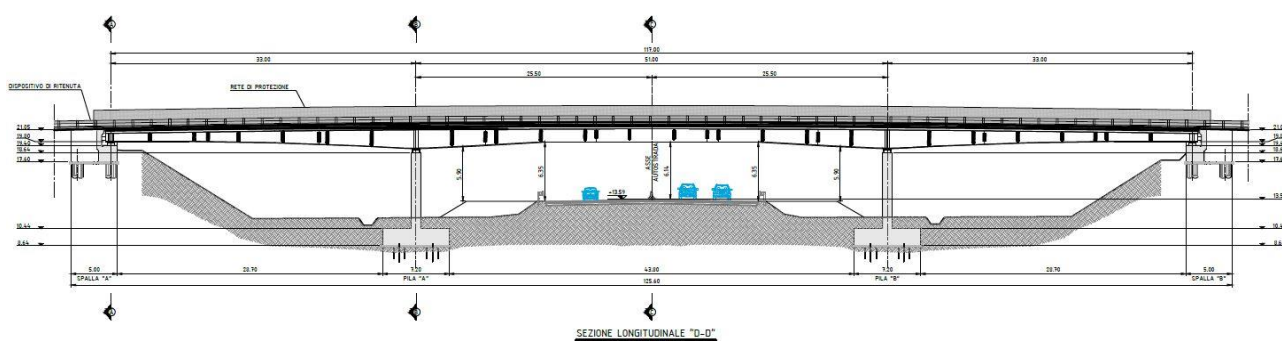


Figura 1-1 Sezione longitudinale dell'opera

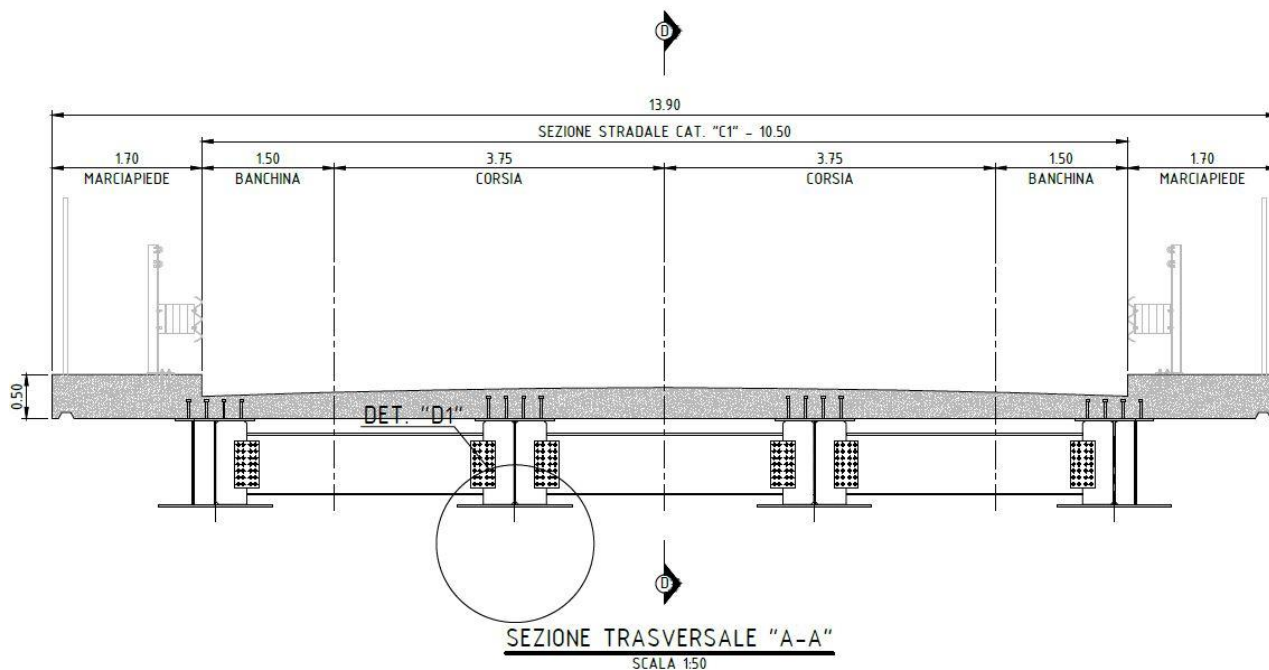


Figura 1-2 Sezione trasversale A-A dell'impalcato

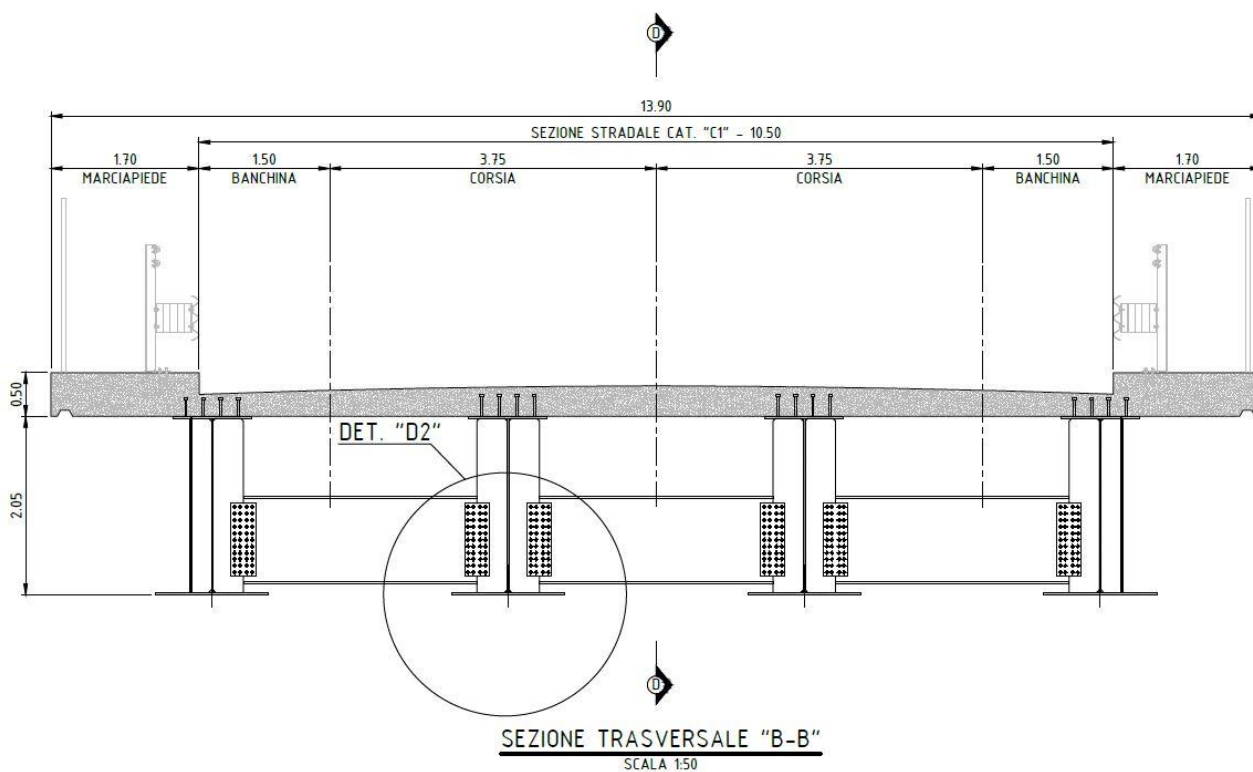


Figura 1-3 Sezione trasversale B-B dell'impalcato

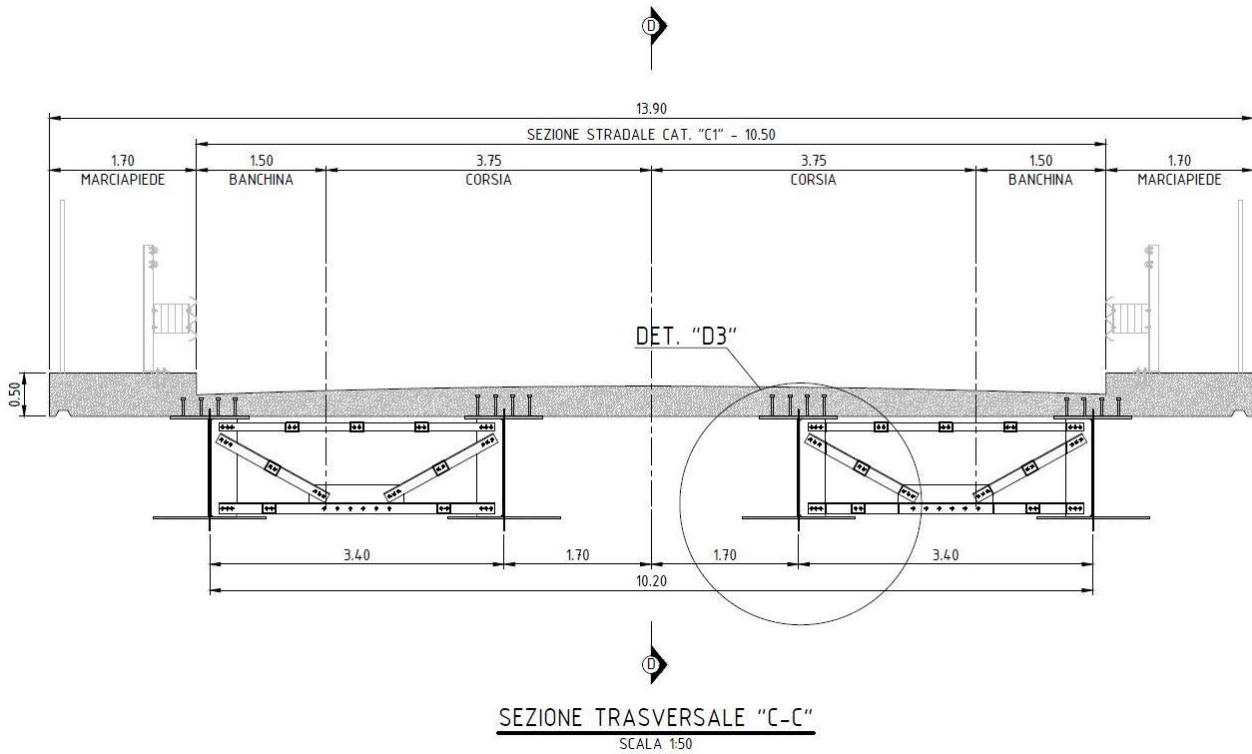


Figura 1-4 Sezione trasversale C-C dell'impalcato

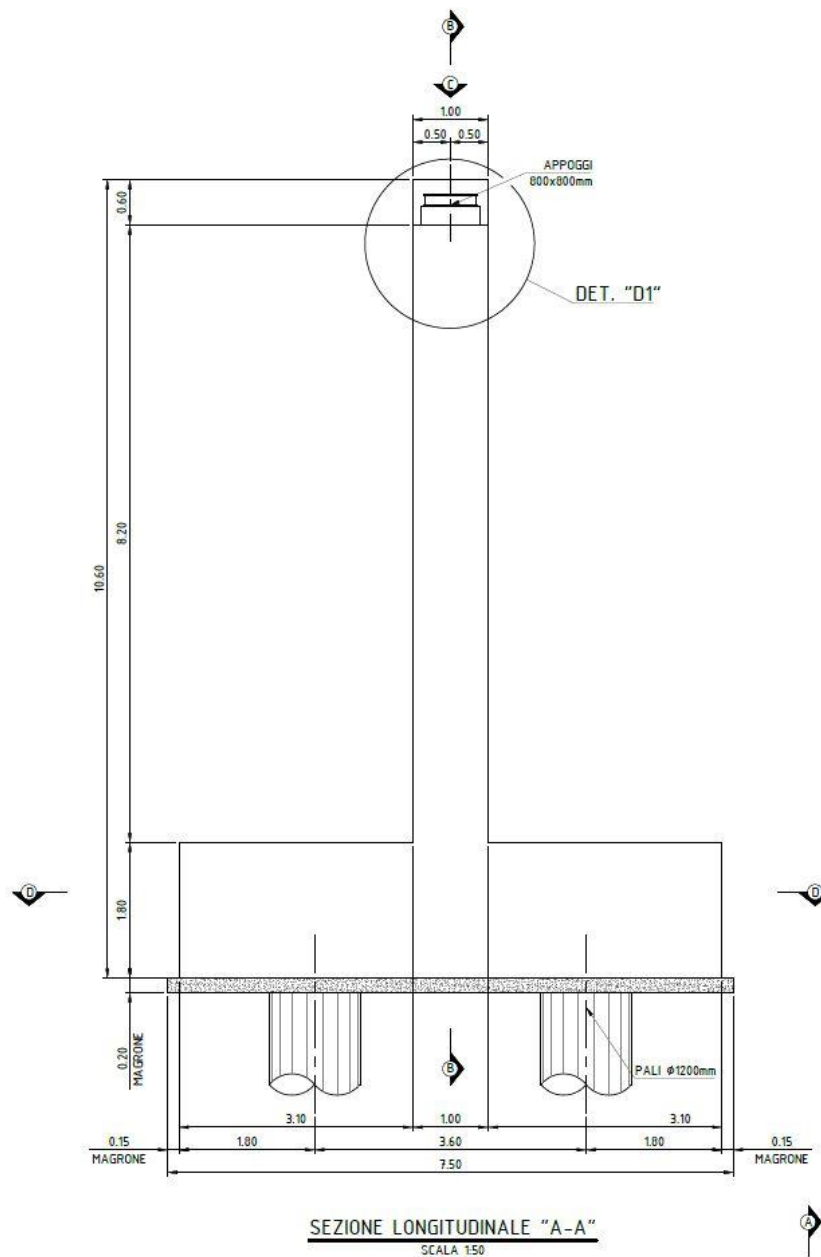


Figura 1-5 Sezione longitudinale della pila

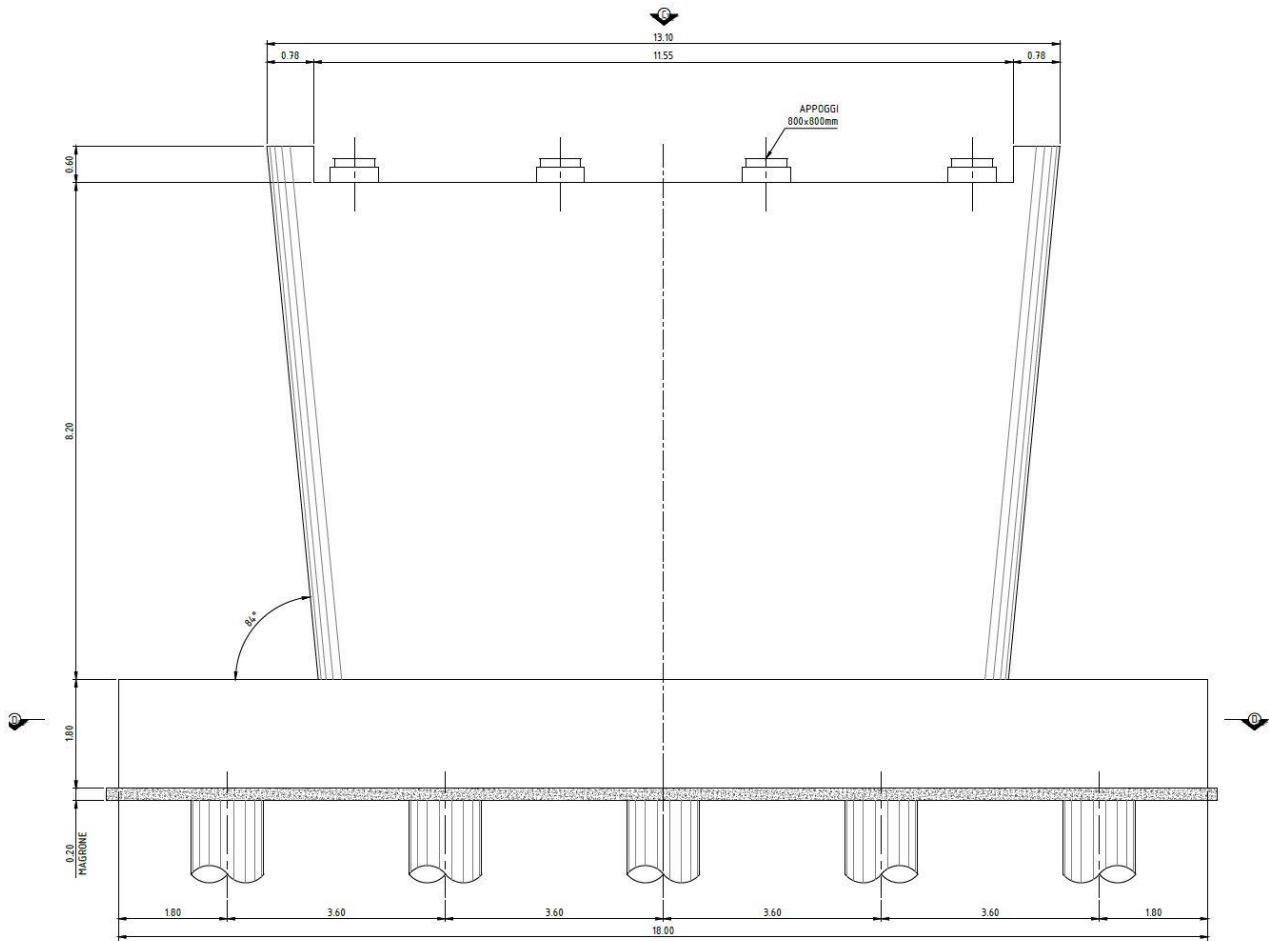


Figura 1-6 Sezione trasversale pila

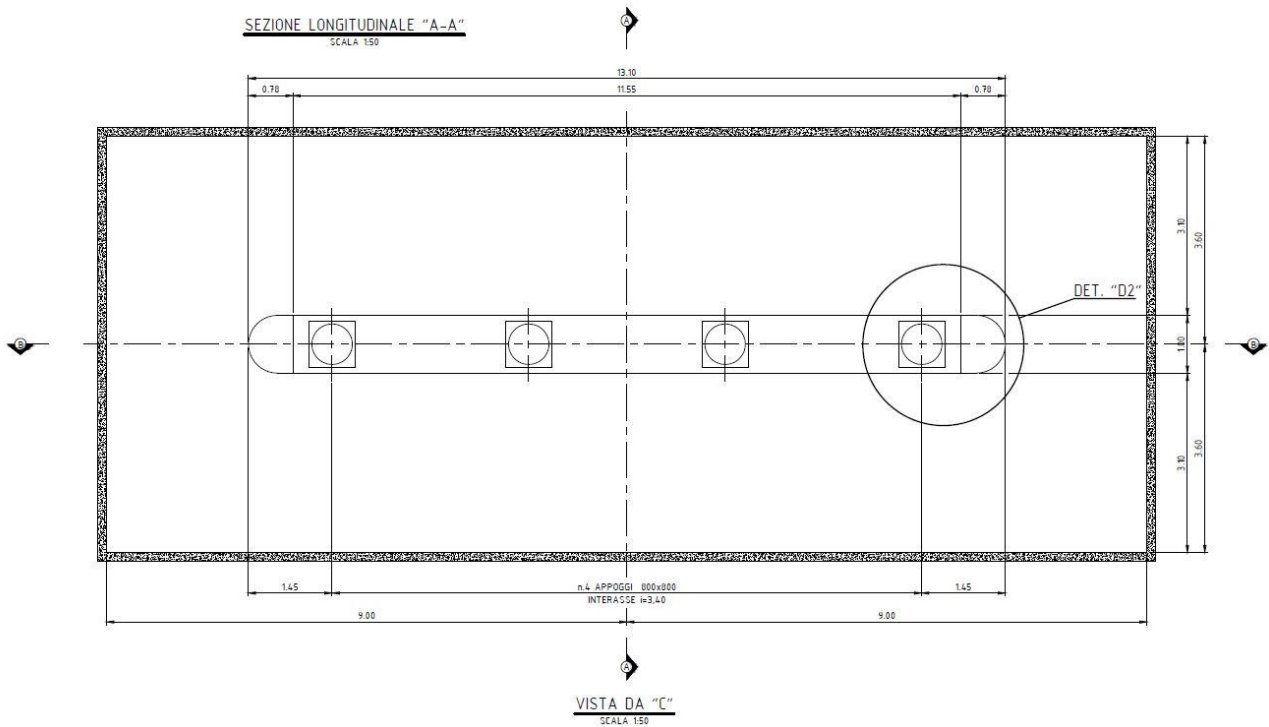


Figura 1-7 Vista in pianta della pila (piano degli appoggi)

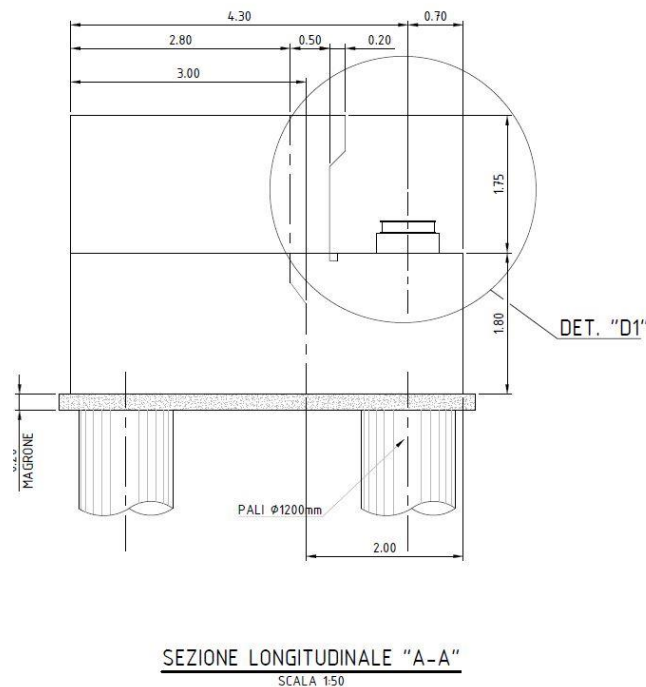


Figura 1-8 Sezione longitudinale della spalla

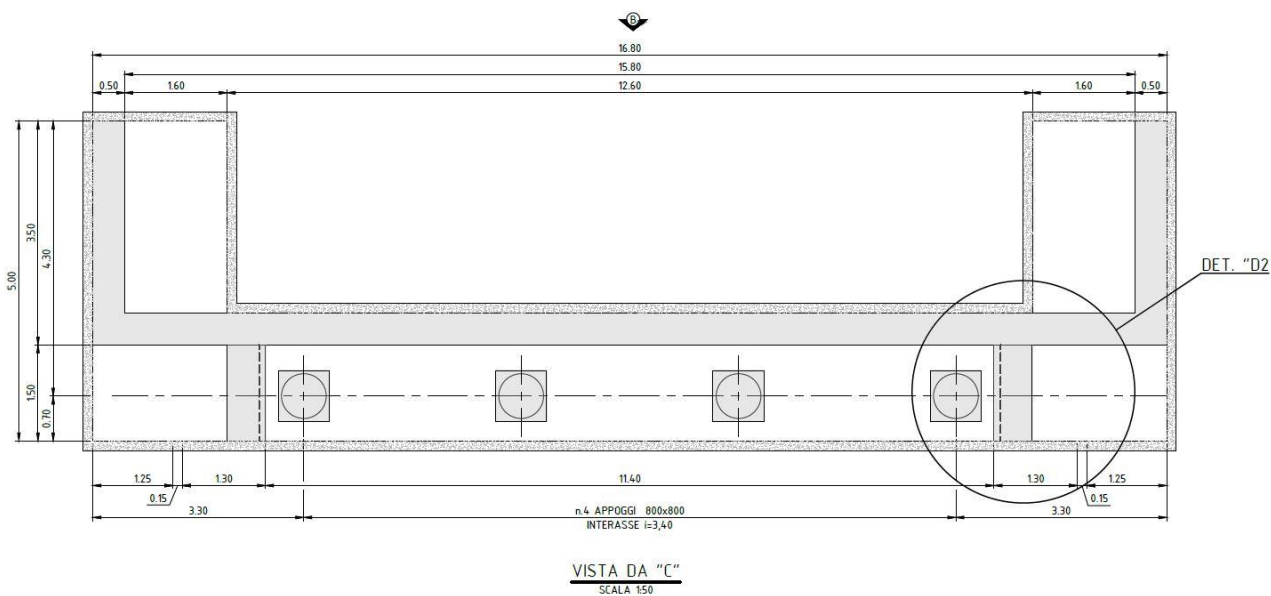


Figura 1-9 Vista in pianta della spalla (piano degli appoggi)

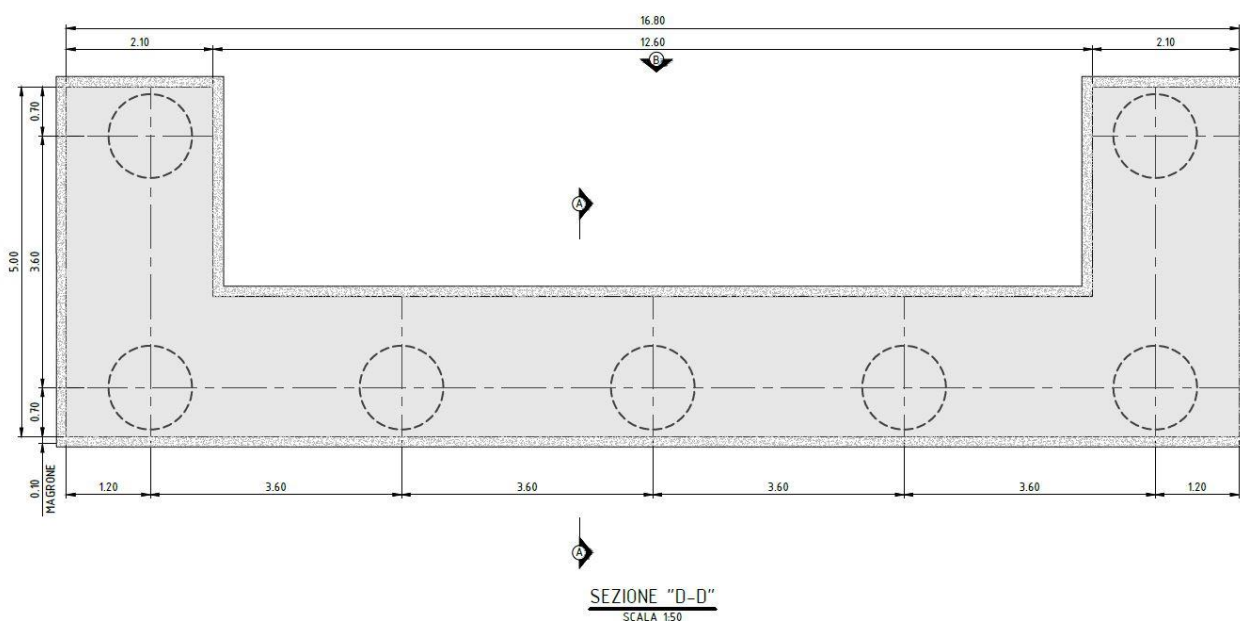


Figura 1-10 Vista in pianta della spalla (pali di fondazione)

Lo schema dei vincoli per il ponte in esame è quello indicato nella seguente immagine e si compone di quattro appoggi per ogni sottostruttura, che si differenziano per il grado di vincolo imposto rispetto gli spostamenti, di seguito si riporta una breve descrizione dello schema di vincolo adottato per il ponte in esame:

Mandataria

Mandanti

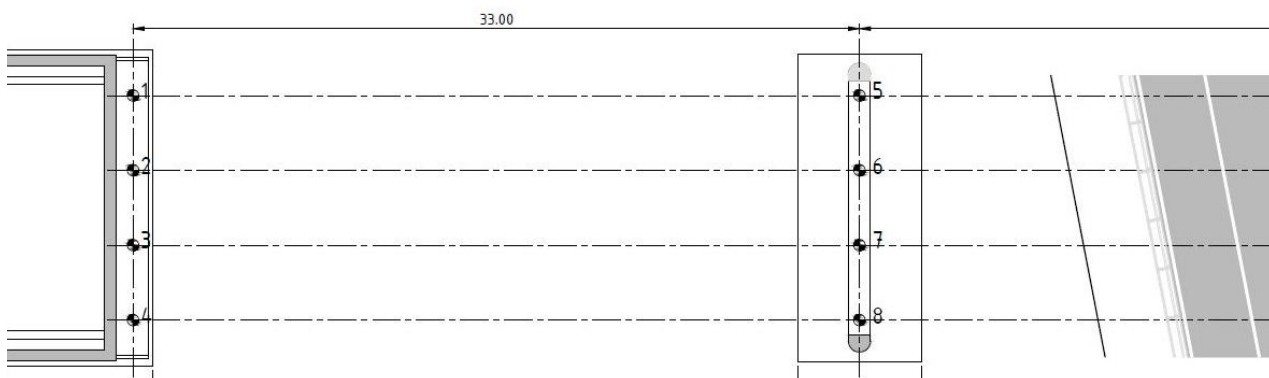


Figura 1-11 Pianta schematica degli appoggi_1

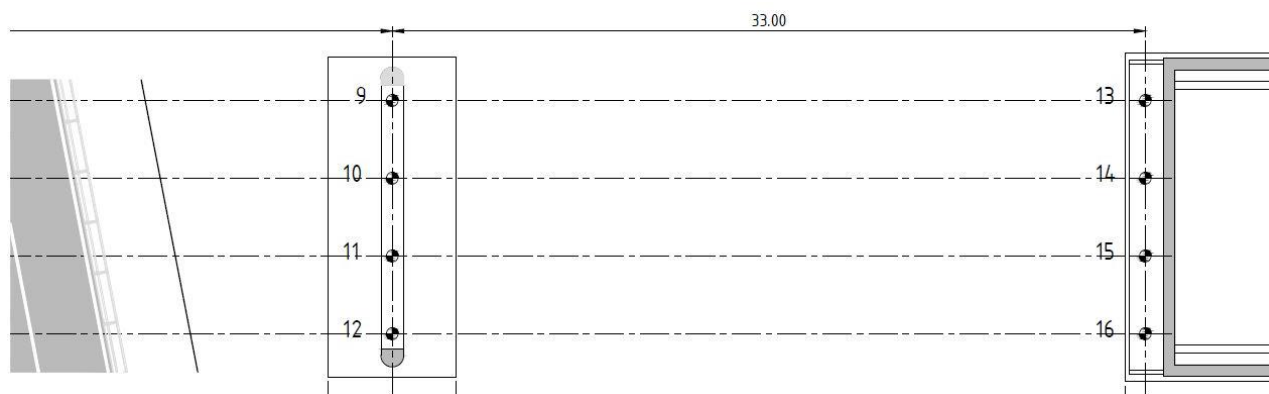


Figura 1-12 Pianta schematica degli appoggi_2

Spalla "A"	1	Fisso
	2	Unidirezionale in Y (direzione trasversale)
	3	Unidirezionale in Y (direzione trasversale)
	4	Fisso
Pila "A"	5	Unidirezionale in Y (direzione trasversale)
	6	Multidirezionale
	7	Multidirezionale
	8	Unidirezionale in Y (direzione trasversale)
Pila "B"	9	Unidirezionale in Y (direzione trasversale)
	10	Multidirezionale
	11	Multidirezionale
	12	Unidirezionale in Y (direzione trasversale)
Spalla "B"	13	Unidirezionale in Y (direzione trasversale)
	14	Multidirezionale
	15	Multidirezionale
	16	Unidirezionale in Y (direzione trasversale)

Le verifiche sulle sottostrutture della presente relazione vengono effettuate sulla pila "A" e sulla spalla "A" con appoggi fissi.

Mandataria

Mandanti

2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento per la progettazione in oggetto è la seguente:

Norme tecniche per le costruzioni

- D.M. 17/01/2018: Norme tecniche per le costruzioni (d'ora in avanti definite NTC18);

Specifiche tecniche ed istruzioni RFI

- RFI DTC SI MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili - PARTE I - DISPOSIZIONI GENERALI
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A Manuale di progettazione delle opere civili - PARTE II - SEZIONE 1 – AMBIENTE E GEOLOGIA
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A Manuale di progettazione delle opere civili - PARTE II - SEZIONE 2 – PONTI E STRUTTURE
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A Manuale di progettazione delle opere civili - PARTE II - SEZIONE 3 – CORPO STRADALE
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A Manuale di progettazione delle opere civili - PARTE II - SEZIONE 5 – PRESCRIZIONI PER I MARCIAPIEDI E LE PENSILINE
- RFI DTC SICS SP IFS 001 B del 24-12-15 Capitolato appalto OOC
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la Progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A Specifica per la Progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio "I" incorporate nel calcestruzzo

Eurocodici:

- UNI EN 1990: Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture.
- UNI EN 1992: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
- UNI EN 1993: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio.
- UNI EN 1993: Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo.
- UNI EN 1997: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica.
- UNI EN 1998: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.

3. MATERIALI

3.1. MATERIALI IMPALCATO

I requisiti minimi delle miscele di calcestruzzo sono individuati in tabella 6.5.5.1 del Capitolato d'Appalto RFI. Per il copriferro di progetto, individuato a partire dalla classe di esposizione ambientale, si fa riferimento alla tabella del par. 2.5.2.2.3.2 del Manuale di Progettazione RFI.

Tabella 6.5.5.1 – Requisiti minimi delle miscele

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo	Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
C**	1	Impalcato in c.a. ordinari Solette in c.a. in elevazione	XC3	0.55	C30/37	S4,S5	CEM I,II,III,IV,V Rck
	2	Pile e spalle Baggioli e pulvini Strutture in c.a. in elevazione	XC3	0.55	C30/37	S3,S4	CEM I,II,III,IV,V Rck
H**	1	Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V 30
	2	Pali di fondazione gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V 30
	3	Pali di fondazione prefabbricati	[XA1]	0.50	C32/40	S4, S5	CEM III,IV,V Rck
I	Magrone di riempimento o livellamento	X0	-	C12/15	-	CEM I,II,III,IV,V Rck	

Elemento strutturale	Categoria di esposizione minima	Copriferro minimo
Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera	XC2	60mm
Pali/diaframmi di fondazione gettati in opera	XC2	60mm
Pali di fondazione prefabbricati	XA1	60mm
Solettoni di fondazione, fondazioni amate	XC2	40mm
Fondazioni non amate (pozzi, sottopinti, ecc.)	XC2	40mm
Cunette canalette e cordoli	XC1	40mm
Opere in elevazione in viste (pile, spalle, baggioli)	XC3	40mm
Opere in elevazione con superfici interrato o non ispezionabili	XC3	40mm
Solette estradosso	XC3	35mm
Solette intradosso (getto in opera)		35mm
Impalcato armatura ordinaria	XC3	40mm

tabella 2.5.2.2.3.2.-1

- Calcestruzzo soletta impalcato:

Tipo	C 30/37
Classe di esposizione	XC3
Copriferro	40 mm
Rapporto a/c massimo	0.55
Classe di consistenza	S3, S4
Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} \geq 2.169 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 33642.8 \text{ N/mm}^2$
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$

- Acciaio da carpenteria in barre da c.a. e reti elettrosaldate:

Tipo	B450C
Resistenza caratteristica di snervamento	$F_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_s = 206000 \text{ N/mm}^2$
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{acc} = 78.5 \text{ kN/m}^3$

- Acciaio da carpenteria:

Passerelle e camminamenti	S235JR
Profili e lamiere non saldati	S275J0
Elementi saldati in acciaio (comprese longherine)	S275J2

Mandataria

Mandanti

La tensione di snervamento nelle prove meccaniche nonché il CEV nell'analisi chimica dovrà essere nei limiti dell'UNI EN 10025 - 3.

Prima della tracciatura dei pezzi devono essere definiti gli eventuali interventi sulla carpenteria imposti dal sistema di montaggio e varo.

Le tolleranze dimensionali per lamiere e profilati dovranno rispettare i limiti prescritti dall'UNI EN 10029, prospetto I, Classe B. Tutti i materiali dovranno essere corredati di certificati e documenti di tracciabilità.

- Bulloni

Note e prescrizioni secondo DM 14.01.2008 e UNI EN 14399-1.

I collegamenti bullonati ad attrito devono essere a serraggio controllato.

Viti e dadi: riferimento normativo UNI EN 14399 2005, parte 4.

Rosette: riferimento normativo UNI EN 14399 2005, parte 6.

Piastrine: riferimento normativo UNI 5715/5716 acciaio C50

Viti 8.8 – 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 2001.

Dadi 8 – 10 secondo UNI EN 20898 – 2 1994.

N.B.: I bulloni disposti verticalmente avranno, se possibile, la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado. Il piano di taglio, se non diversamente indicato, interesserà il gambo non filettato della vite.

I bulloni classe 10.9 vengono calcolati con le proprietà della classe 8.8.

Nelle giunzioni a taglio la portata del bullone viene ridotta del 15%.

Coppie di serraggio

Precarico secondo UNI EN 1993-1-1 (EC3)

N.B.: Per le giunzioni a taglio la coppia di serraggio dovrà essere la stessa prevista per le giunzioni ad attrito. In caso si adottino coppie minori dovranno essere previsti opportuni sistemi antisvitamento.

Fori per bulloni ad alta resistenza

M16-8.8/10.9 A TAGLIO	-	FORO Φ 17 se non diversamente indicato
M20-8.8/10.9 A TAGLIO	-	GIOCO FORO-BULLONE 0.3 mm compr. toll. vite
M24-8.8/10.9 A TAGLIO	-	GIOCO FORO-BULLONE 0.3 mm compr. toll. vite
M27-8.8/10.9 A TAGLIO	-	GIOCO FORO-BULLONE 0.3 mm compr. toll. vite

Saldature

Note e prescrizioni secondo D.M. 17/01/2018 istruzioni RFI DTC SICS PS SP IFS 001 A

Giunzioni delle travi principali realizzate mediante saldature a piena penetrazione di 1a classe, effettuate da entrambi i lati, molate in direzione degli sforzi e soggette a controlli non distruttivi

N.B.: la saldatura deve girare intorno agli irrigidenti.

Controlli

Secondo D.M. 17/01/2018, istruzioni RFI DTC SICS PS SP IFS 001 A e UNI EN 1090

Mandataria

Mandanti

3.2. Materiali spalla

I requisiti minimi delle miscele di calcestruzzo sono individuati in tabella 6.5.5.1 del Capitolato d'Appalto RFI. Per il copriferro di progetto, individuato a partire dalla classe di esposizione ambientale, si fa riferimento alla tabella del par. 2.5.2.2.3.2 del Manuale di Progettazione RFI.

In accordo alla tabella il calcestruzzo impiegato per le spalle è il seguente:

- Calcestruzzo spalle:

Tipo	C 30/37
Classe di esposizione	XC3
Copriferro	40 mm
Rapporto a/c massimo	0.55
Classe di consistenza	S3, S4
Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} \geq 2.169 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 33642.8 \text{ N/mm}^2$
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$

- Acciaio in barre da c.a. e reti elettrosaldate:

Tipo	B450C
Resistenza caratteristica di snervamento	$F_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_s = 206000 \text{ N/mm}^2$
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{acc} = 78.5 \text{ kN/m}^3$

3.3. Materiale del rilevato a monte della spalla

A monte della spalla si assumono i parametri geotecnici di un rilevato ferroviario in rettilineo con le caratteristiche meccaniche come indicato dal Manuale di Progettazione (PARTE II – SEZIONE 3 - 3.8.1.3.3):

- Peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito $\varphi' = 38^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$

3.4. Resistenze di progetto

- Acciaio

Stato limite ultimo: limite elastico della sezione.

ACCIAIO S275

Il valore del modulo elastico da assumere è pari a $E_a = 210000 \text{ N/mm}^2$

Il valore del modulo di elasticità tangenziale risulta pari a $G = E / [2 \times (1 + \nu)] = 80770 \text{ N/mm}^2$

La resistenza di calcolo f_d è definita mediante l'espressione:

Mandatataria

Mandanti

$$f_d = f_{yk} / \gamma_M$$

essendo:

$$f_{yk} = 27.5 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{per spessori } t < 40 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 25.5 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{per spessori } t > 40 \text{ mm}$$

Riferimento Tabella 11.3.IX par. 11.3.4.1 DM 14/01/2008

I coefficienti γ_M definiti come da Tabella 4.2.V par. 4.2.4.1.1 DM 17/01/2018:

ACCIAIO S235 (camminamenti e passerelle)

Il valore del modulo elastico da assumere è pari a $E_a = 210000 \text{ N/mm}^2$

Il valore del modulo di elasticità tangenziale risulta pari a $G = E / [2 \times (1 + \nu)] = 80770 \text{ N/mm}^2$

La resistenza di calcolo f_d è definita mediante l'espressione:

$$f_d = f_{yk} / \gamma_M$$

essendo:

$$f_{yk} = 23.5 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{per spessori } t < 40 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 21.5 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{per spessori } t > 40 \text{ mm}$$

Riferimento Tabella 11.3.IX par. 11.3.4.1 DM 14/01/2008

I coefficienti γ_M definiti come da Tabella 4.2.V par. 4.2.4.1.1 DM 17/01/2018:

- Saldature

In accordo con i par. 4.2.8.2.2, 4.2.8.2.3 e 4.2.8.2.4 del DM 17/01/18, per saldature a cordoni d'angolo e a parziale penetrazione, risulta :

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{Acciaio S275} \quad \beta = 0.85$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{Acciaio S355} \quad \beta = 0.90$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{Acciaio S235} \quad \beta = 0.80$$

4. IMPALCATO A STRUTTURA MISTA ACCIAIO-CLS

4.1. CONSIDERAZIONI DI PROGETTO

Lo schema statico globale è di trave continua su quattro appoggi.

Il ponte è stato studiato con un modello tridimensionale la cui struttura resistente è costituita dalle travi principali e diaframmi reticolari. I carichi sono stati applicati al modello per ogni condizione di carico. Mediante l'utilizzo del modello globale sono state determinate le sollecitazioni con cui sono state calcolate le travi principali e le sollecitazioni da effetto globale.

Per l'analisi statica globale si considerano convenzionalmente tre fasi di calcolo essendovi una sezione mista, risulta necessario valutare gli effetti viscosi del calcestruzzo:

Fase 1: è agente il peso proprio della struttura metallica.

Fase 2: sono agenti i permanenti portati.

Fase 3: corrisponde al transito dei sovraccarichi accidentali associati al transito dei veicoli ed azioni ambientali

4.2. ANALISI STRUTTURALE

All'interno del modello realizzato i nodi di schema corrispondono a punti caratteristici della struttura.

L'extrapolazione delle sollecitazioni nei punti sopra menzionati consente così di effettuare rapidamente le verifiche.

L'analisi strutturale delle travi principali è stata eseguita tramite il codice di calcolo Midas Civil impiegando le seguenti fasi di studio:

FASE1: carico di peso proprio Acciaio

FASE2: permanenti portati.

FASE3:

Carichi mobili:

- varie c.d.c. dovute alle diverse posizioni del carico mobile
- effetti massimi

FREN:

- varie c.d.c. dovute a agli effetti della frenatura
- effetti massimi

Termica U/L:

- condizioni di carico associate alla variazione termica uniforme e lineare

Mandataria

Mandanti

- effetti massimi

Per il progetto delle sottostrutture quali le due Pile interposte nella campata intermedia si è realizzato un secondo modello in cui vengono modellate le stesse mediante elementi Beam insieme ai pulvini ed il solettone delle stesse mediante plate.

4.3. COMBINAZIONI DI CARICO

In accordo con i paragrafi. 2.5.3 e 5.2.3.2 del DM 17/01/2018 si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo "+" vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{G1} e γ_{Qj} sono dati nel § 2.6.1.

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

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

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

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo in conto le masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj}$$

4.3.1. Combinazioni

Si riportano le azioni, ed i relativi coefficienti, applicate alla struttura per le diverse combinazioni di carico:

Combinazioni														
Combinazioni	Vento trasversale	Dilatazione termica uniforme positiva	Dilatazione termica uniforme negativa	Dilatazione termica non uniforme	Area rimanente - Folla	Frenatura/Avviamento	RS-X	RS-Y	LM1_freq	LM1_car	G1	G2	Cree p	Shrinka ge
01-SLU-LM1freq-T+-STR	0,9	0,9		0,9	1,35	1,35			1,35		1,35	1,35	1,35	1,35
02-SLU-LM1freq-T--STR	0,9		0,9	0,9	1,35	1,35			1,35		1,35	1,35	1,35	1,35
03-SLU-LM1car-T+-STR	0,9	0,9		0,9	1,35					1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
04-SLU-LM1car-T--STR	0,9		0,9	0,9	1,35					1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
05-SLU-LM1freq-W-T+-STR	1,5	0,9		0,9	1,35	1,35			1,35		1,35	1,35	1,35	1,35
06-SLU-LM1car-W-T+-STR	1,5	0,9		0,9	1,35					1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
07-SLU-LM1freq-W-T--STR	1,5		0,9	0,9	1,35	1,35			1,35		1,35	1,35	1,35	1,35
08-SLU-LM1car-W-T--STR	1,5		0,9	0,9	1,35					1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
09-SLV-T+-STR-X		0,5		0,5			1	0,3			1	1	1	1
10-SLV-T+-STR-X-		0,5		0,5			-1	0,3			1	1	1	1
11-SLV-T--STR-X			0,5	0,5			1	0,3			1	1	1	1
12-SLV-T-STR-X-			0,5	0,5			-1	0,3			1	1	1	1
13-SLV-T+-STR-Y		0,5		0,5			0,3	1			1	1	1	1
14-SLV-T+-STR-Y-		0,5		0,5			0,3	-1			1	1	1	1
15-SLV-T--STR-Y			0,5	0,5			0,3	1			1	1	1	1
16-SLV-T--STR-Y-			0,5	0,5			0,3	-1			1	1	1	1
17-SLE-LM1freq-T+-RARA	1	0,9		0,9	0,5				1		1	1	1	1
18-SLE-LM1freq-T--RARA	1		0,9	0,9	0,5				1		1	1	1	1
19-SLE-LM1car-T+-RARA	1	0,9		0,9	0,5					1	1	1	1	1
20-SLE-LM1car-T--RARA	1		0,9	0,9	0,5					1	1	1	1	1
21-SLE-LM1freq-T+-FREQ		0,5		0,5	0,5				1		1	1	1	1
22-SLE-LM1freq-T--FREQ			0,5	0,5	0,5				1		1	1	1	1
23-SLE-LM1car-T+-FREQ		0,5		0,5	0,5					1	1	1	1	1
24-SLE-LM1car-T--FREQ			0,5	0,5	0,5					1	1	1	1	1

25-SLE-LM1freq-T+- QPERM	0,5	0,5	1	1	1	1	1
26-SLE-LM1freq-T-- QPERM		0,5	0,5	1	1	1	1
27-SLE-LM1car-T+- QPERM	0,5	0,5		1	1	1	1
28-SLE-LM1car-T-- QPERM		0,5	0,5	1	1	1	1

4.3.2. Procedure di verifica

Indipendentemente dalla classificazione delle sezioni le verifiche delle travi principali saranno eseguite facendo riferimento al limite elastico degli elementi.

Su tutti gli elementi strutturali vengono condotte verifiche elastiche/plastiche a seconda delle esigenze ed in ogni caso in accordo con quanto prescritto dagli Eurocodici:

- Eurocodice 3 per elementi metallici;
- Eurocodice 2 per elementi in cls;
- Eurocodice 4 per elementi a sezione mista acciaio-cls.

Lo stato limite ultimo adottato corrisponde allo stato limite elastico della sezione, ovvero il raggiungimento in un qualunque suo punto della resistenza limite elastica di calcolo.

Le verifiche di resistenza sono state condotte per tutte le sezioni del viadotto mediante il software di modellazione Midas Civil.

4.4. ANALISI DEI CARICHI

4.4.1. Criteri per la valutazione delle azioni sulla struttura

- Carichi permanenti

I carichi permanenti sono costituiti dai pesi propri delle strutture portanti e delle sovrastrutture. Essi sono valutati moltiplicando il volume calcolato geometricamente per i pesi specifici dei materiali.

- Azioni dei carichi accidentali mobili

I carichi accidentali agenti sull'impalcato sono definiti dalle normative e vanno posizionati in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli ai fini della stabilità degli elementi dell'impalcato (travi, soletta, traversi).

- Coefficiente dinamico

Il coefficiente di incremento dinamico da applicare alle azioni indotte dai carichi mobili è già considerato negli schemi di carico previsti nelle NTC18.

- Azioni del vento

Le azioni del vento sono state valutate calcolando una pressione cinetica di riferimento secondo le prescrizioni delle NTC18, da applicarsi alla sagoma trasversale del ponte.

- Azioni sismiche

Le azioni sismiche sono state valutate calcolando secondo le prescrizioni delle NTC18.

4.4.2. Vita nominale di progetto

Le azioni sono state calcolate per una vita nominale di progetto $VN=50$ anni (rif. Par. 2.4.1 NTC18).

4.4.3. Pesi specifici

Nella determinazione dei pesi propri dei materiali si è tenuto conto dei seguenti parametri:

Caratteristiche dei materiali

peso specifico dell'acciaio	78,5 kN/m ³
peso specifico del calcestruzzo armato	25,0 kN/ m ³
peso specifico rilevato	19,0 kN/ m ³
peso specifico sovrastruttura stradale	22,0 kN/ m ³

4.4.4. Pesi propri strutturali

Il peso della struttura in acciaio viene assegnato in automatico al modello di calcolo sulla base delle aree degli elementi principali e secondari che la costituiscono.

4.4.5. Pesi propri portati:

Si considera, il peso del pacchetto stradale, con $\gamma = 22$ kN/m³, altezza convenzionale pari a 0.2 m su una larghezza pari a 10.5 m da cui:

$$(10.5m \cdot 0.2m) \cdot 22kN/m^3 = 46.20 \text{ kN/m.}$$

4.4.6. Altri permanenti portati

Marciapiedi	$25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.2\text{m} \cdot 1.7\text{m}$	=	8.5 kN/m
Barriere di protezione	$2 \cdot 1.5 \text{ kN/m}$	=	3.0 kN/m
Parapetti	$2 \cdot 0.5 \text{ kN/m}$	=	1.5 kN/m
Impianti	$1.50 \text{ kN/m} \cdot 2$	=	<u>3.0 kN/m</u>
			16.0 kN/m

4.4.7. Carichi da traffico stradali

In accordo con NTC18 par.5.1.3.3.5, i carichi mobili verticali sono definiti per ciascun mezzo di carico. In particolare, nel nostro caso si considerano due corsie di marcia al di sopra dell'impalcato come previsto da progetto:

5.1.3.3.3 Schemi di Carico

Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti Schemi di Carico:

- Schema di Carico 1:** è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato in Fig. 5.1.2. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.
- Schema di Carico 2:** è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m, come mostrato in Fig. 5.1.2. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.
- Schema di Carico 3:** è costituito da un carico isolato da 150 kN con impronta quadrata di lato 0,40 m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi non protetti da sicurvia.
- Schema di Carico 4:** è costituito da un carico isolato da 10 kN con impronta quadrata di lato 0,10 m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi protetti da sicurvia e sulle passerelle pedonali.
- Schema di Carico 5:** costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,0 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.
- Schemi di Carico 6.a, b, c:** In assenza di studi specifici ed in alternativa al modello di carico principale, generalmente cautelativo, per opere di luce maggiore di 300 m, ai fini della statica complessiva del ponte, si può far riferimento ai seguenti carichi $q_{L,a}$, $q_{L,b}$ e $q_{L,c}$.

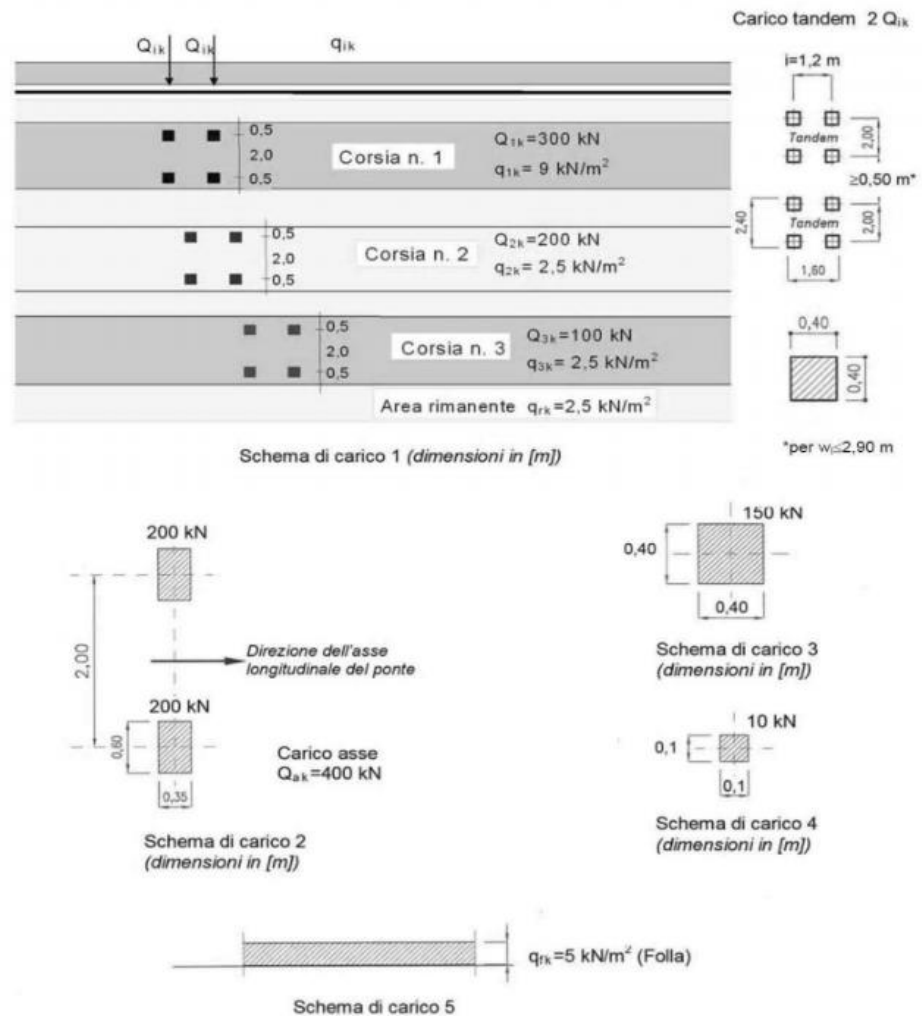


Fig. 5.1.2 - Schemi di carico 1 – 5 (dimensioni in m)

Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

4.4.8. Avviamento e Frenatura

L'azione di frenatura o di avviamento q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 ed è uguale a:

$$180kN \leq q_3 = 0.6 \cdot (2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900kN$$

Essendo w_1 la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata. La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata ed include gli effetti di interazione.

4.4.9. Carico sui marciapiedi

L'azione della folla compatta sul ponte, agente con intensità nominale, comprensiva di effetti dinamici è considerata come da NTC18.

$$q_{vk} = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

4.4.10. Termica uniforme

Viene considerata una variazione termica uniforme pari a $\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$. Questo in accordo con quanto definito al paragrafo 5.2.2.4.2 del NTC2018 per impalcato con strutture miste acciaio-calcestruzzo.

4.4.11. Vento

Il calcolo dell'azione del vento è stato condotto secondo quanto riportato al par. 3.3 del DM 2018 e si riportano di seguito i principali parametri di calcolo.

AZIONE DEL VENTO PAR. 3.3 NTC18

DEFINIZIONE DEI DATI

zona:

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)



Classe di rugosità del terreno:

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1

km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):

Distanza dalla costa

T_R (Tempo di ritorno):

Categoria di esposizione

160	[m]
30	[km]
100	[anni]
II	

CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO DEL VENTO §3.3.2.

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s	C_a
3	27	500	0,37	1,000

$$v_b = v_{b,0} * c_a$$

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

v_b (velocità base di riferimento) **27,00 m/s**

$$v_r = v_b * c_r$$

C_r coefficiente di ritorno 1,04

v_r (velocità di riferimento) **28,06 m/s**

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

Pressione cinetica di riferimento q_r **492,08** [N/m²]

CALCOLO DEI COEFFICIENTI

Coefficiente dinamico [§3.3.8]

c_d **1,00**

Mandataria

Mandanti

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Il coefficiente topografico vale: c_t **1,00**

Coefficiente di esposizione: $c_{e,colmo}$ **2,35** $z = 10,00$ m

Pressione cinetica: $q_p =$ **1.39 kN/m²**

Le azioni applicate al modello globale sono:

Azione trasversale del vento a metro di struttura	$q_{s,tot}$	5.2	kN/m
---	-------------	-----	------

4.4.12. Azioni sismiche

L'azione sismica è stata definita sulla base del comune di appartenenza del sito di realizzazione dell'opera (Capannori, LU).

In accordo alla Tabella 2.5.1.1.1-1 del Manuale di Progettazione, si considera la seguente Vita Nominale:

$$V_N \geq 50 \text{ anni}$$

Dalla Tabella 2.5.1.1.2-1 del Manuale, si ricava la classe d'uso dell'opera in esame, la C III, per la quale il coefficiente d'uso risulta:

$$C_U = 1.5$$

Ne consegue un periodo di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche sulla struttura:

$$P_{VR} = 10\%$$

$$T_R = 712 \text{ anni}$$

Per il sottosuolo in questione si ha:

Categoria di sottosuolo: C

Condizione topografica: T1

Il periodo di ritorno per lo Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV) è:

$$V_R = V_N \cdot C_U \geq 75 \text{ anni}$$

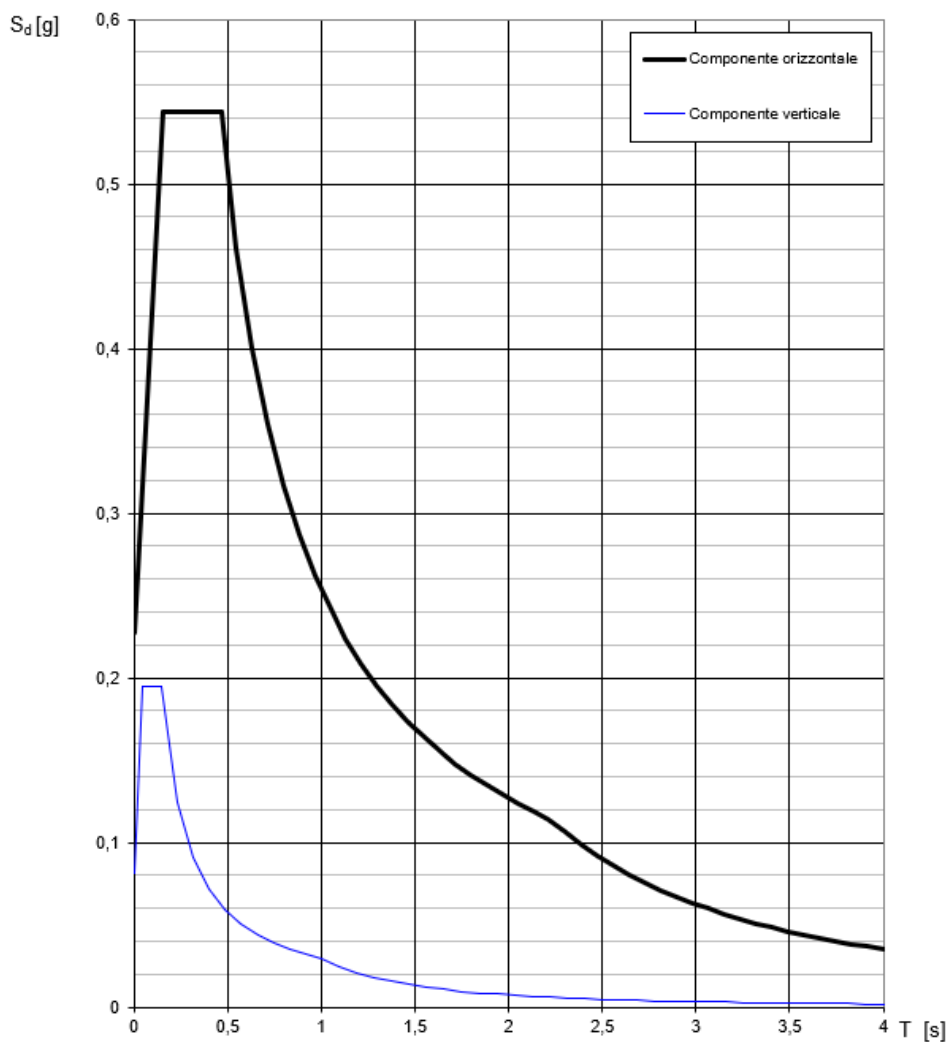
Infine, si considera un fattore di struttura come suggerito da NTC'18 al paragrafo 7.9.5.6.2 sulla base del collegamento con l'impalcato. Nel caso in esame si analizza la spalla con apparecchio di appoggio fisso.

Si ha quindi:

Fattore di struttura: 1

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri_NTCver.1.0.3.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,154 g
F_{0x}	2,389
T_C	0,298 s
S_S	1,479
C_C	1,566
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,479
η	1,000
T_B	0,155 s
T_C	0,466 s
T_D	2,215 s

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta verticale sono:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{qv}	0,081 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,000
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,265
S	1,000
η	1,000

4.5. ANALISI STRUTTURALE

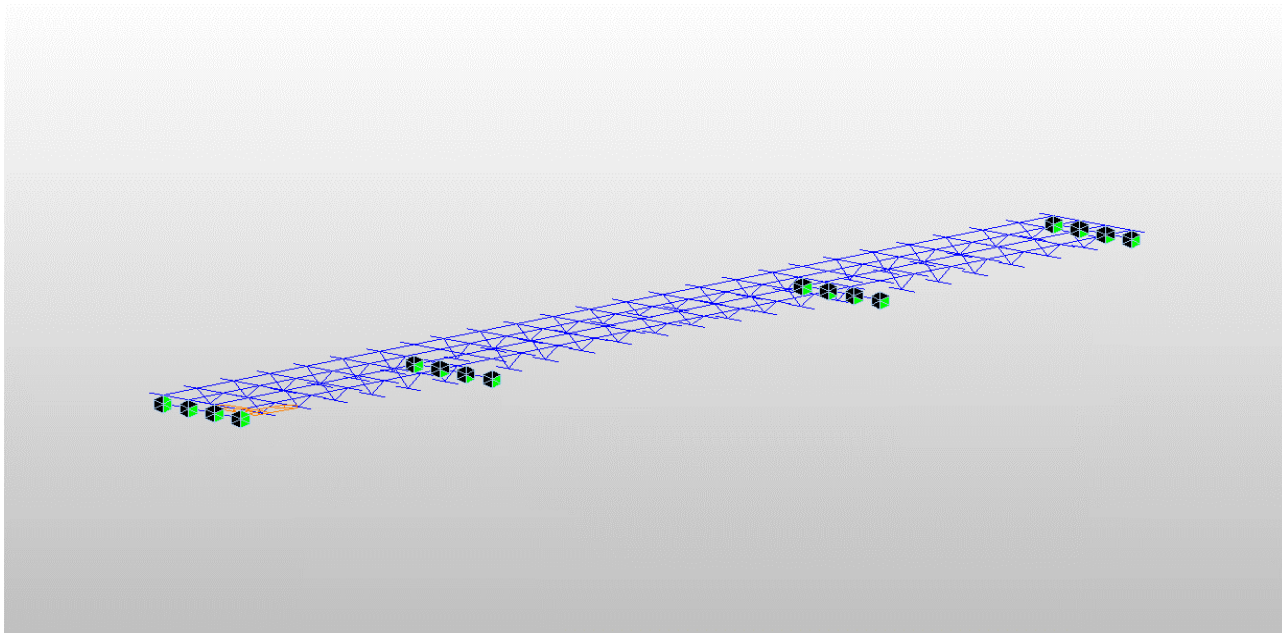
4.5.1. *Modello di calcolo e ipotesi progettuali*

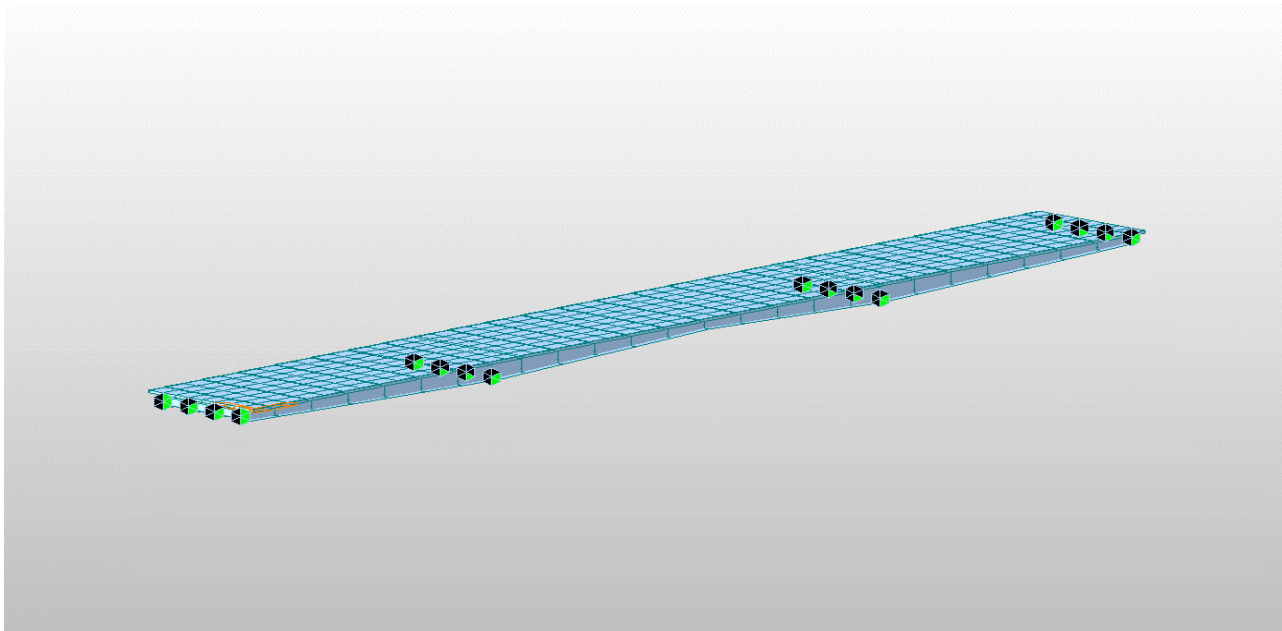
Per la valutazione delle sollecitazioni indotte dalle azioni ordinarie (permanenti, azioni da traffico e variabili ambientali) si è utilizzata un'analisi statica impiegando un metodo elastico, gli effetti dinamici dei carichi mobili sono stati tenuti in conto per mezzo di opportuni coefficienti d'incremento.

Per la valutazione dell'azione sismica si è utilizzata un'analisi dinamica lineare.

A supporto di queste analisi si è realizzato un modello tridimensionale la cui struttura resistente è costituita da quattro travi principali metalliche e soletta in C.A., collegate tra loro da diaframmi trasversali; all'estradosso della struttura metallica sono saldati 4 connettori di collegamento della soletta in c.a. Mediante questa modellazione sono state determinate le sollecitazioni utilizzate per le verifiche degli elementi. Inoltre utilizzando questa schematizzazione sono state valutate le reazioni sugli appoggi e le deformazioni (spostamenti e rotazioni).

La descrizione dei gradi di libertà tra gli elementi strutturali è analizzata nel paragrafo successivo.





Per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali è stato analizzato lo stato di sollecitazione nell'ambito dello schema statico d'insieme (modello tridimensionale), così da valutare gli effetti globali per ogni condizione di carico.

4.5.2. Discretizzazione strutturale

Il modello riprende il tracciamento degli assi schema degli elementi strutturali, modellati per mezzo di frame di opportune caratteristiche statiche.

Sugli appoggi sono stati inseriti degli elementi rigidi per considerare correttamente la distanza tra asse schema strutturale e i vincoli.

Le travi principali sono parte della sezione mista acciaio calcestruzzo che vengono considerati incastrati alla loro estremità, come le aste che compongono i diagonali trasversali.

I pesi propri della struttura sono applicati nel modello in maniera automatica a seguito della definizione della sezione che compone l'elemento e l'attribuzione del materiale di ogni elemento; i permanenti portati sono applicati con la relativa distribuzione e in funzione delle aree di influenza su ciascun elemento, i sovraccarichi mobili sono esercitati con l'effettiva distribuzione direttamente sulle linee di carico.

Ai fini della valutazione della risposta dinamica strutturale è stata effettuata una analisi modale per determinare i modi propri caratteristici del ponte.

4.5.3. Nodi

Impalcato completo 117m

Mandataria

TECH PROJECT
ingegneria integrata ©

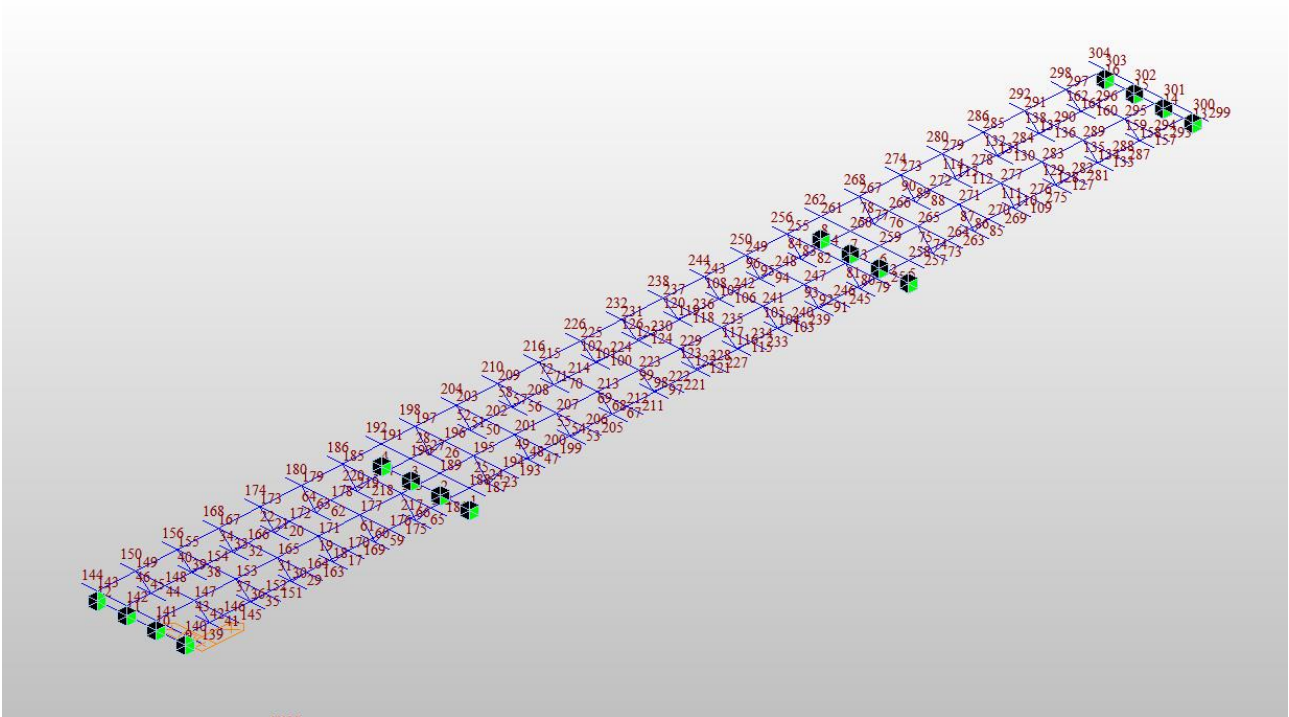


Mandanti

 **STUDIO GEOTECNICO ITALIANO** srl
Ingegneria geotecnica - Ingegneria idraulica - Ingegneria ambientale
progettazione applicata

 **ambiente**
ingegneria ambientale e laboratori

Pag.
30



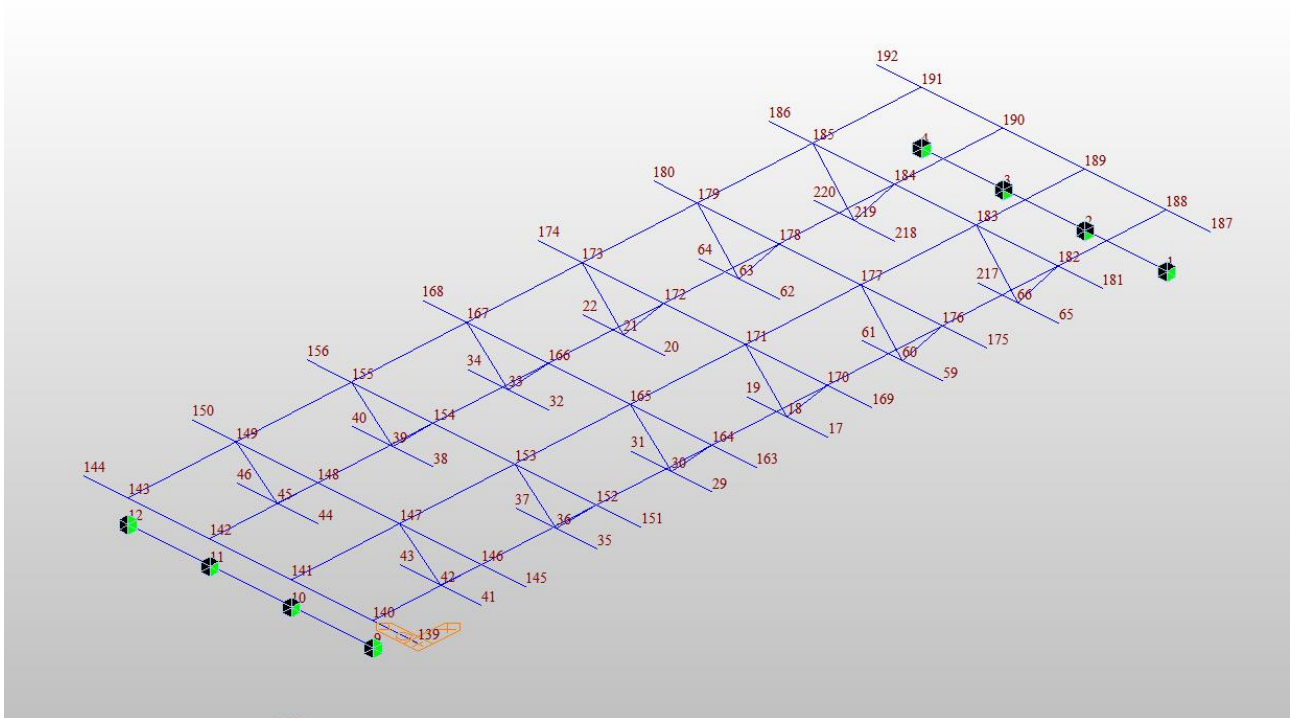
Campata 1: Luce 33m

Mandataria

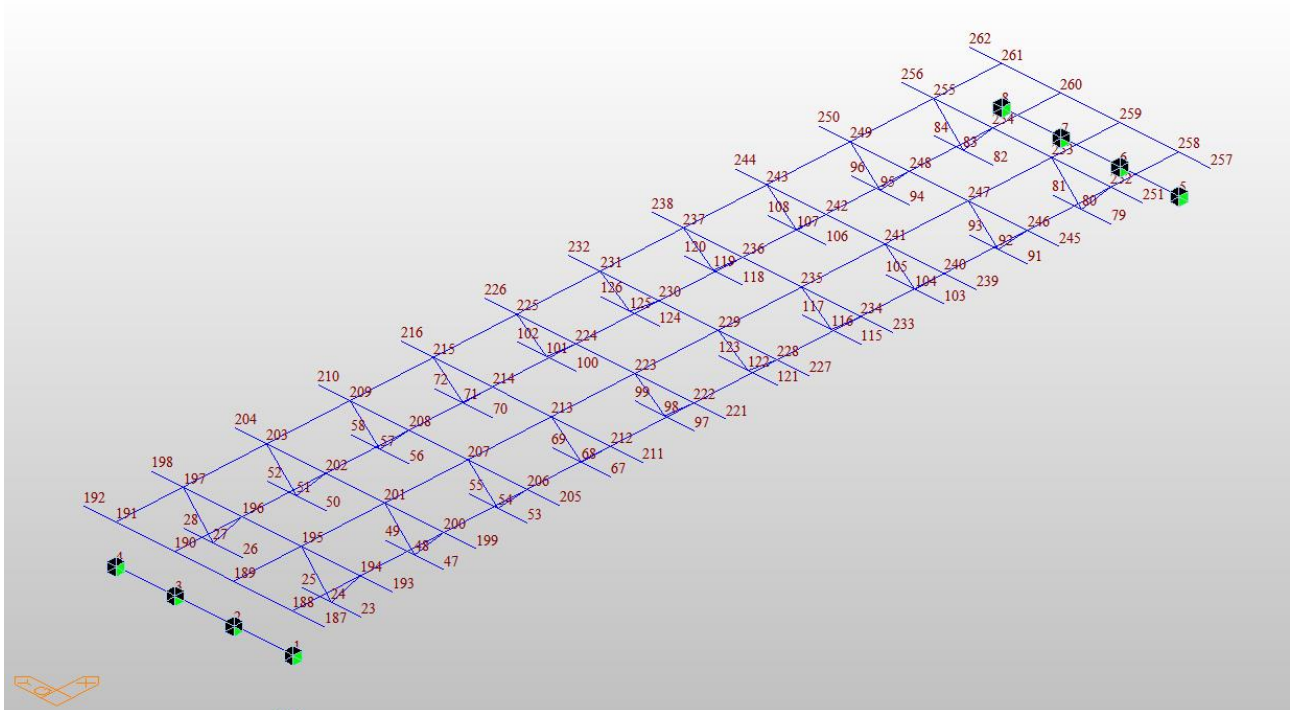


Mandanti





Campata 2: Luce 51m



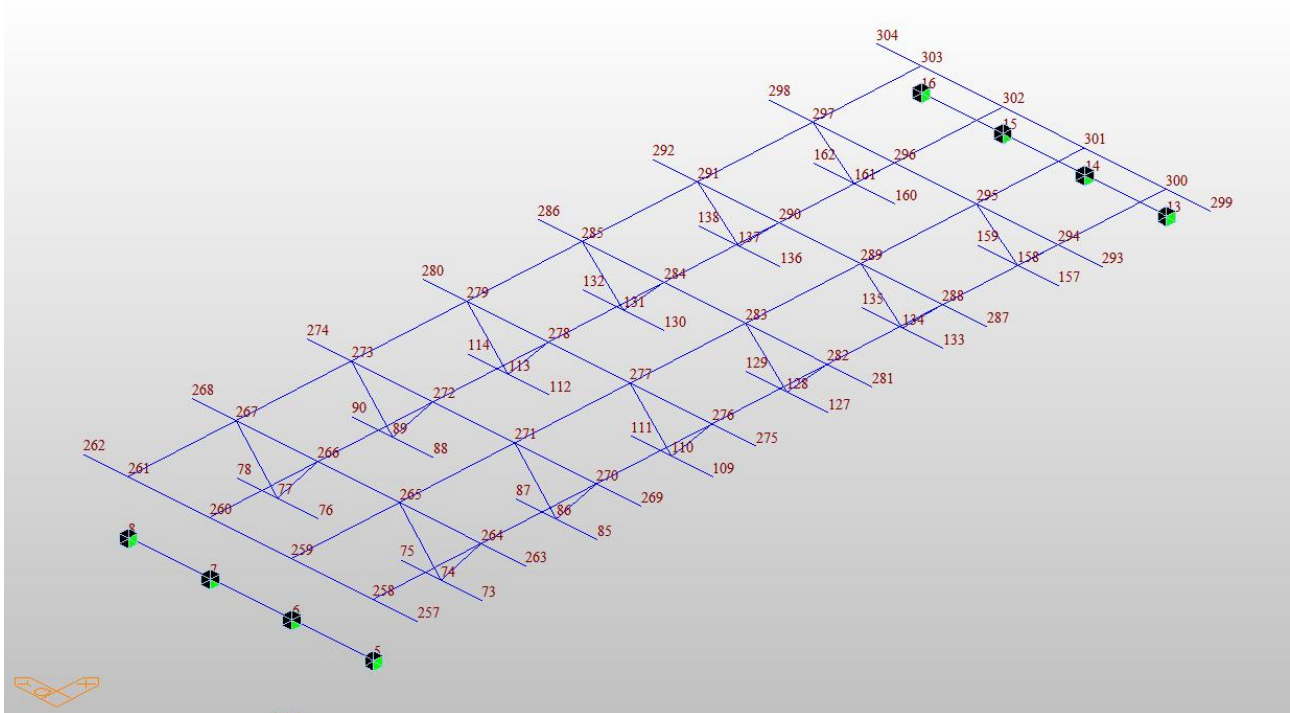
Mandataria



Mandanti



Campata 3: Luce 33m



I nodi sede di vincolo sono i seguenti:

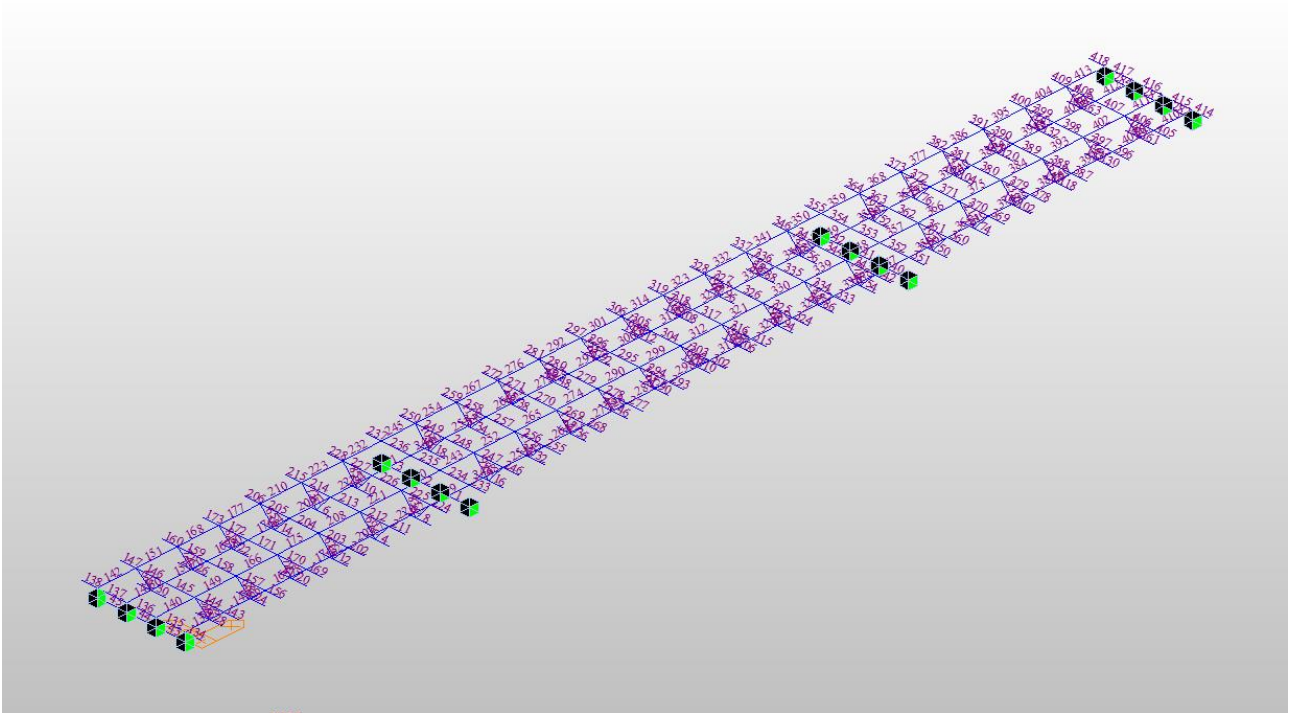
- | | |
|---------------------|-------------------------------------|
| 9-12 | Appoggio fisso |
| 10-11-1-4-5-8-13-16 | Appoggio unidirezionale trasversale |
| 2-3-6-7-14-15 | Appoggio multidirezionale |

Mandataria

Mandanti

4.5.4. Elementi

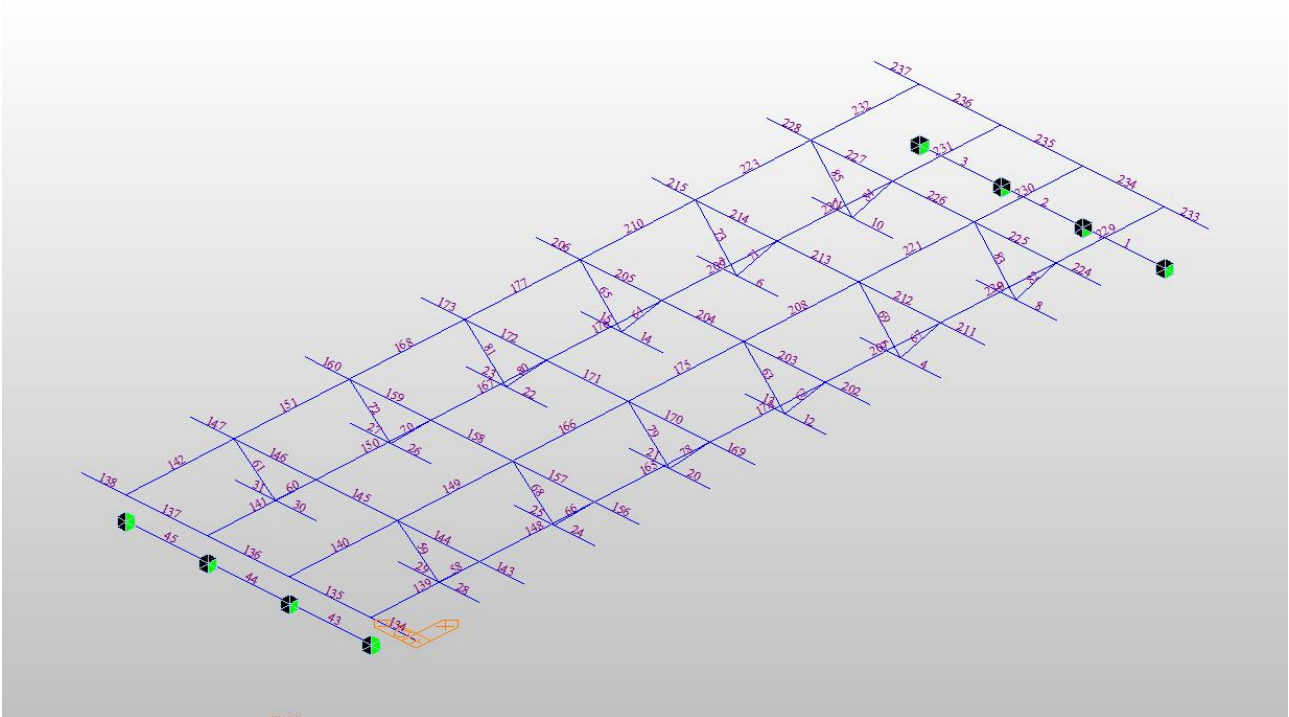
Impalcato completo: L=117m



Campata 1: L=33m

Mandataria

Mandanti



Campata 2: L=51m

Mandataria

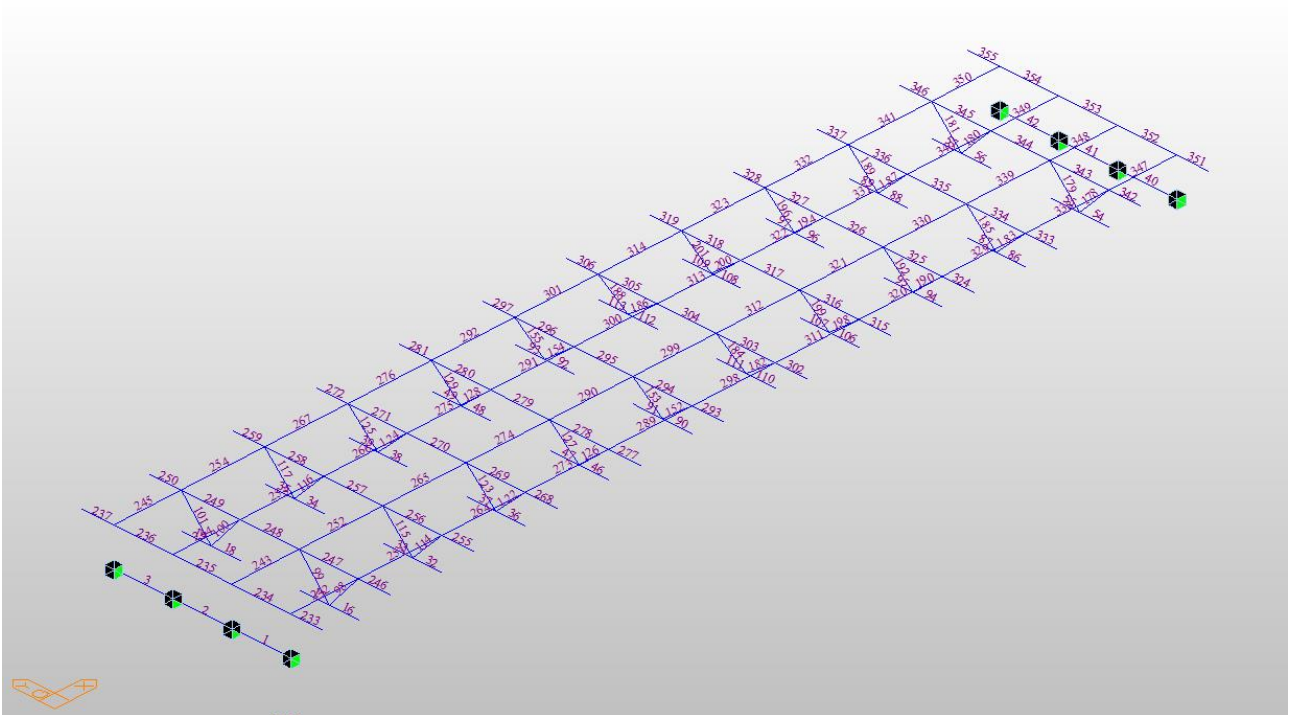
TECH PROJECT
ingegneria integrata ©



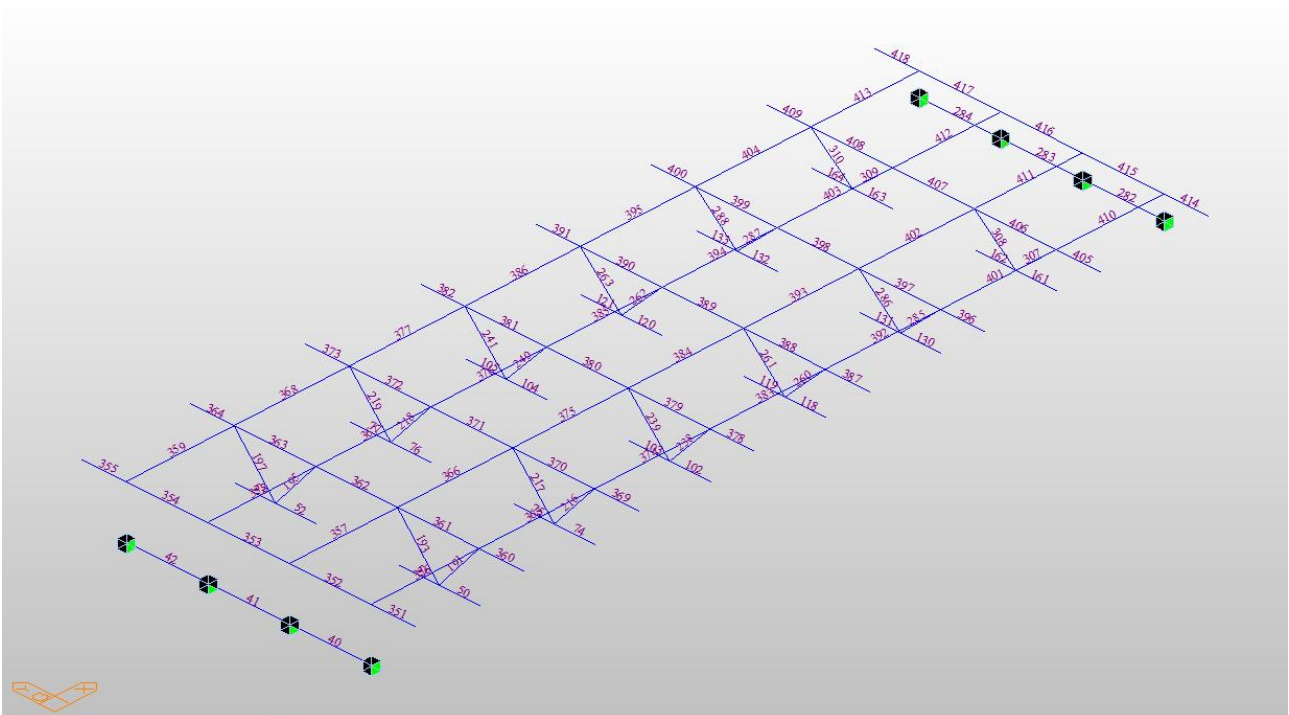
Mandanti

SGI STUDIO GEOTECNICO ITALIANO srl
Ingegneria geotecnica - Ingegneria idraulica - Ingegneria ambientale
perizia appaltata

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori



Campata 3: L=33m



Mandataria

Mandanti

Mandataria

TECH | PROJECT
ingegneria integrata ©



Mandanti



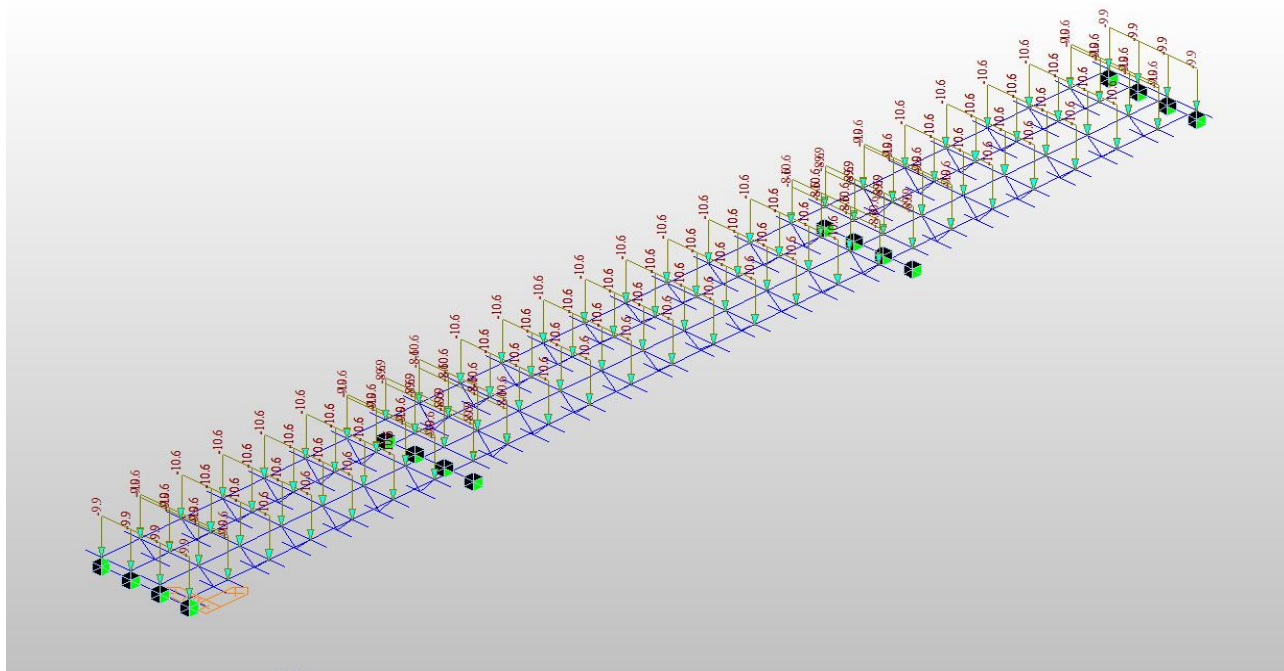
4.5.5. Caratteristiche statiche d'analisi

Le proprietà inerziali proprie dei singoli elementi sono state calcolate automaticamente dal codice di calcolo Midas Civil assegnandone la geometria in input.

4.5.6. Assegnazione dei carichi all'interno del modello

Di seguito viene riportata in maniera grafica l'assegnazione di alcuni carichi principali all'interno del modello agli elementi finiti.

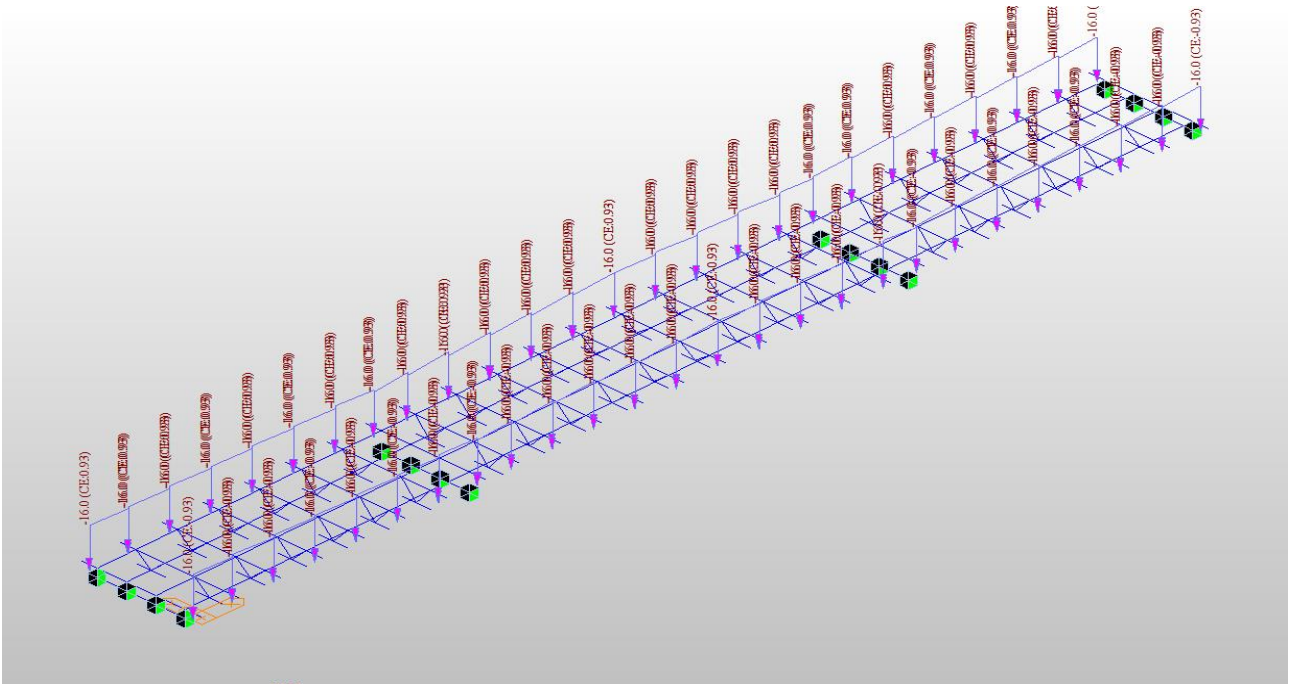
Carichi permanenti portati:



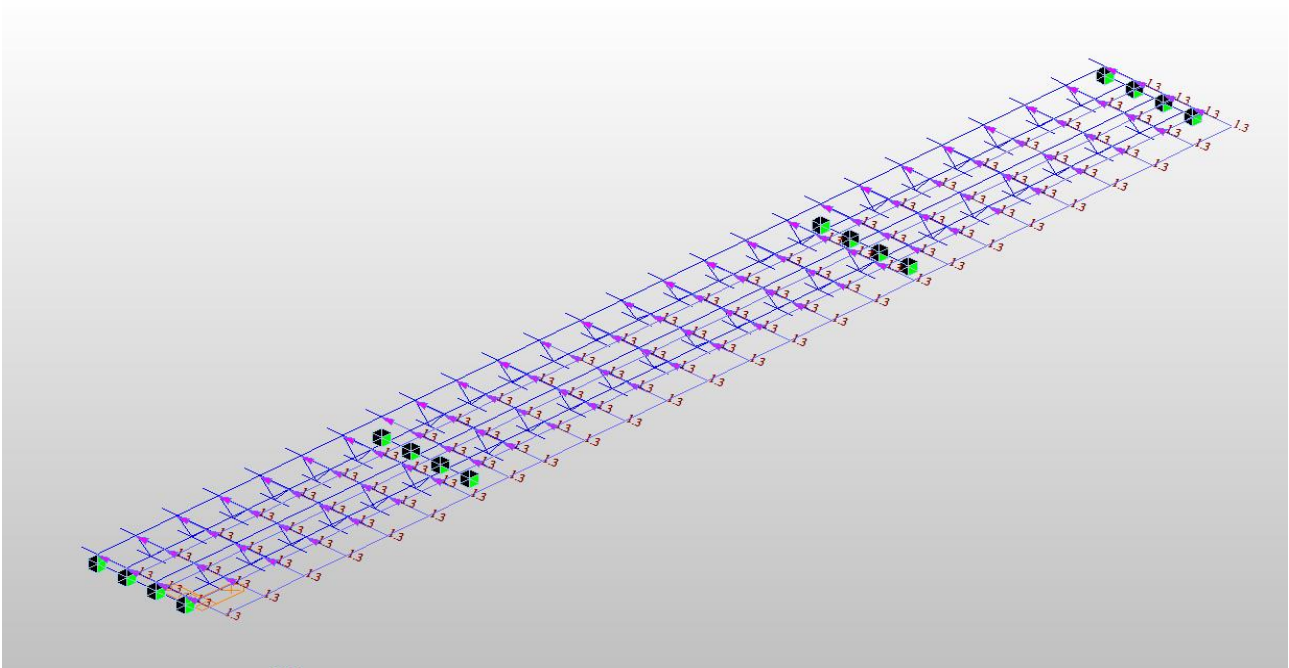
Carichi marciapiedi e impianti :

Mandataria

Mandanti



Vento WY :



Frenatura/Avviamento :

Mandataria

TECH PROJECT
ingegneria integrata ®



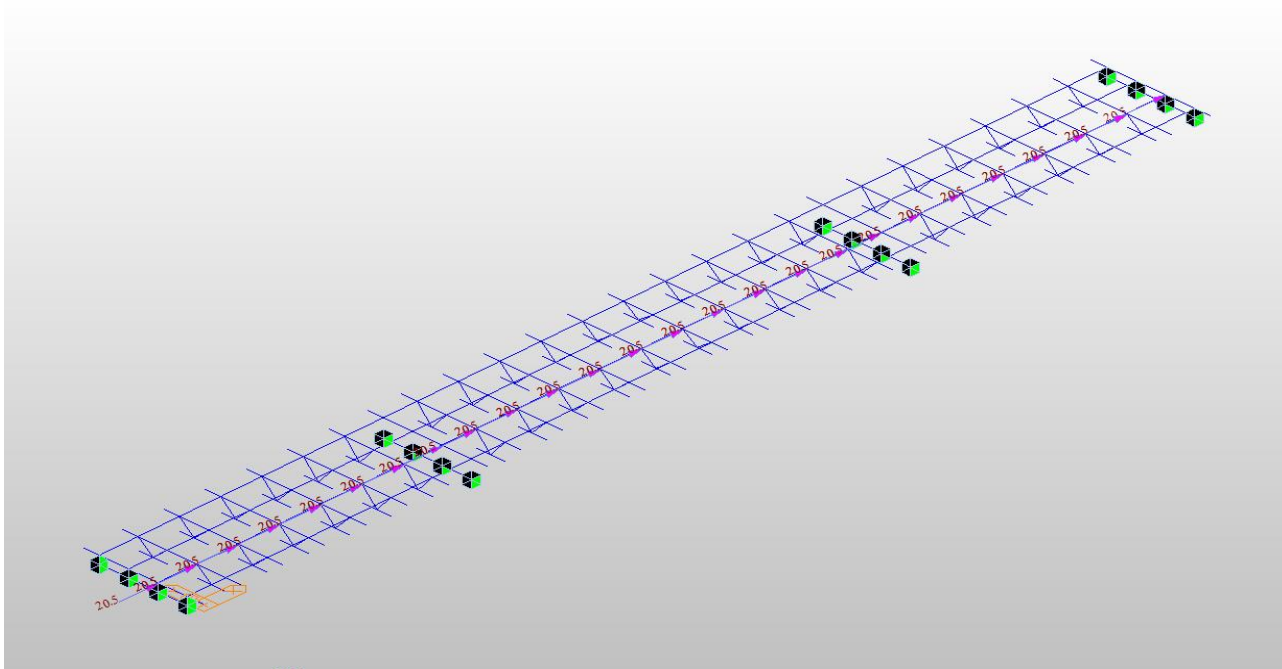
Quality Engineering

Mandanti



STUDIO GEOTECNICO ITALIANO s.r.l.
Ingegneria geotecnica - Ingegneria idraulica - Ingegneria sismica
progettazione applicata





*Linea di carico Azioni Mobili:
-Corsia 1*

Mandataria

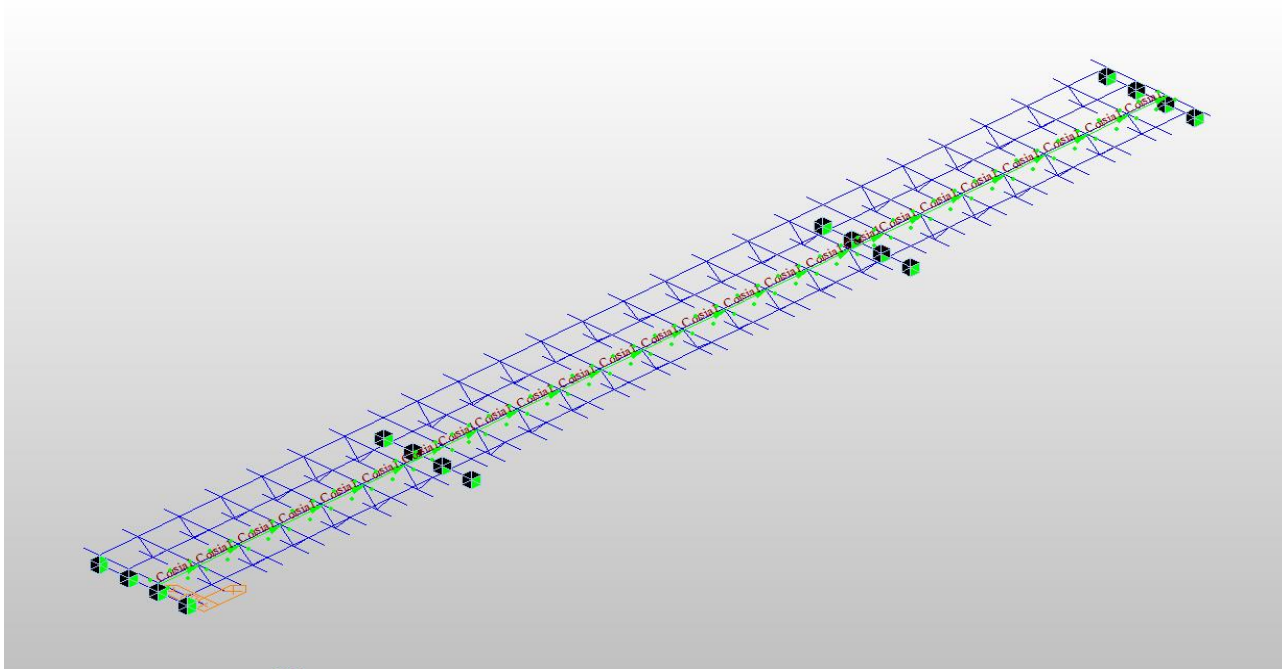
TECH PROJECT
ingegneria integrata ©



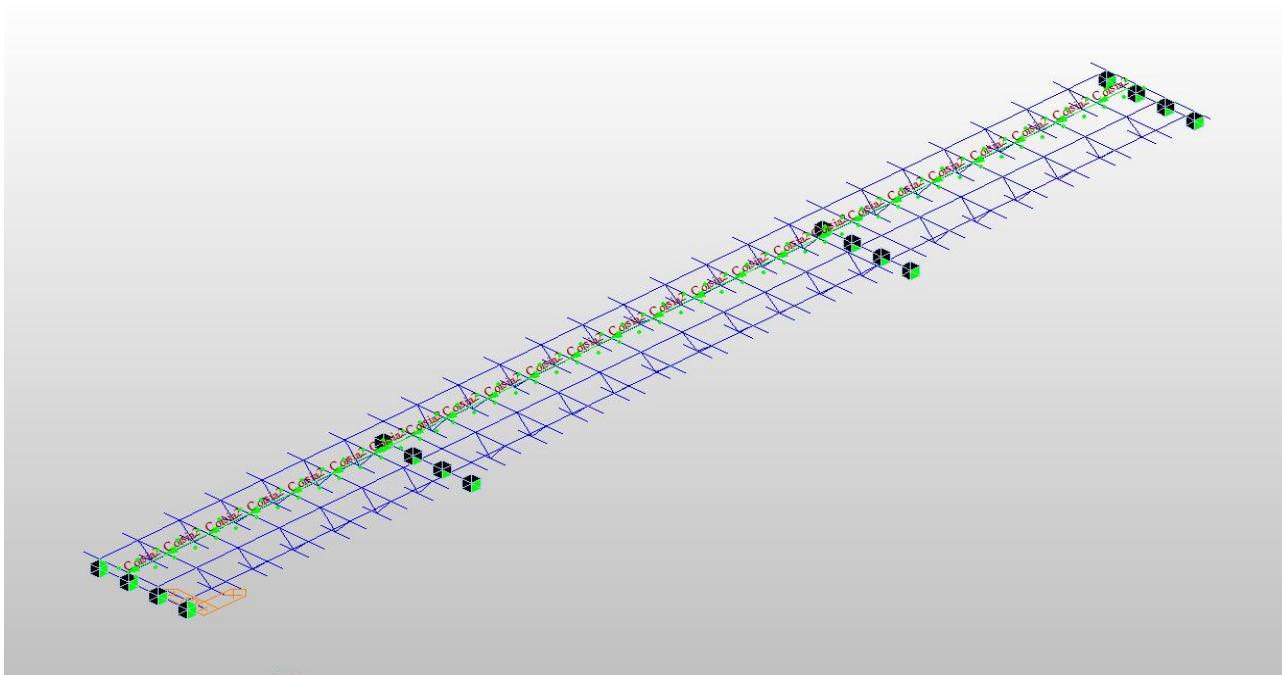
Mandanti

SGI STUDIO GEOTECNICO ITALIANO srl
Ingegneria geotecnica - Ingegneria idraulica - Ingegneria ambientale
progettazione applicata

ambiente
ingegneria ambientale e laboratori



-Corsia 2



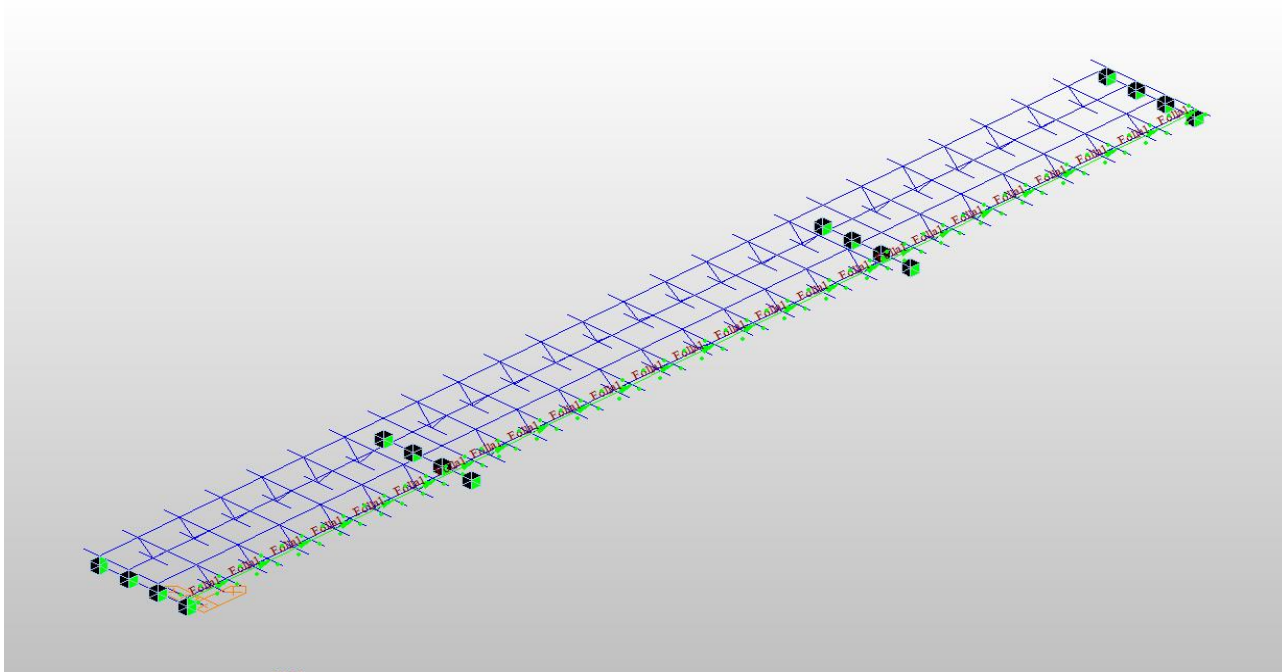
Mandataria



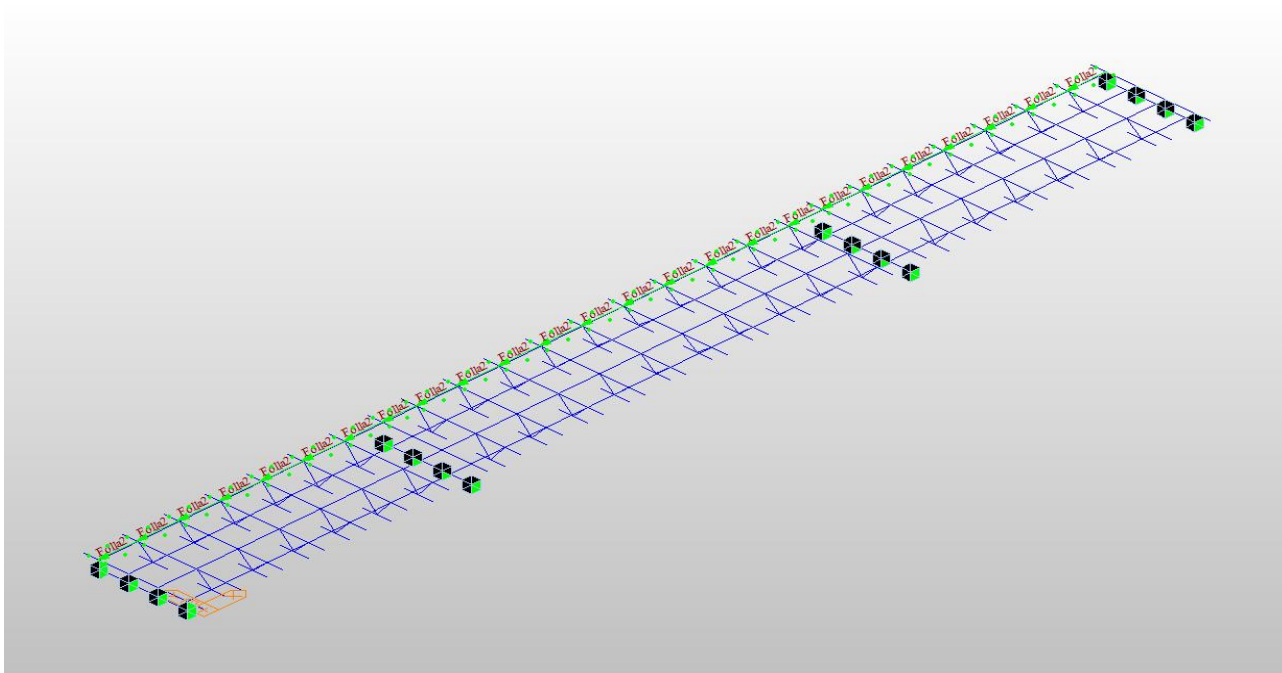
Mandanti



-Folla 1



-Folla 2



Mandataria

Mandanti

4.5.7. Analisi dinamica

La risposta sismica della struttura è stata studiata anche attraverso l'analisi dinamica lineare. La normativa a tal proposito definisce quella che è la procedura da seguire per tale analisi:

- determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale)
- calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati
- combinazione di questi effetti

La procedura qui esposta è stata eseguita interamente utilizzando il modello Midas Civil già descritto nel precedente capitolo. Primo passo precedente all'analisi modale è stato quello di andare a definire quelle che sono le masse modali: la massa considerata nel modello di calcolo è composta dai carichi permanenti del ponte dai pesi permanenti portati, inoltre con riferimento alla condizione quasi permanente dei carichi è stato considerato anche il 20% della massa del carico verticale da traffico ferroviario.

4.5.7.1. Analisi modale

Si riportano nelle seguenti figure i modi propri caratteristici della struttura (eigenmodes):

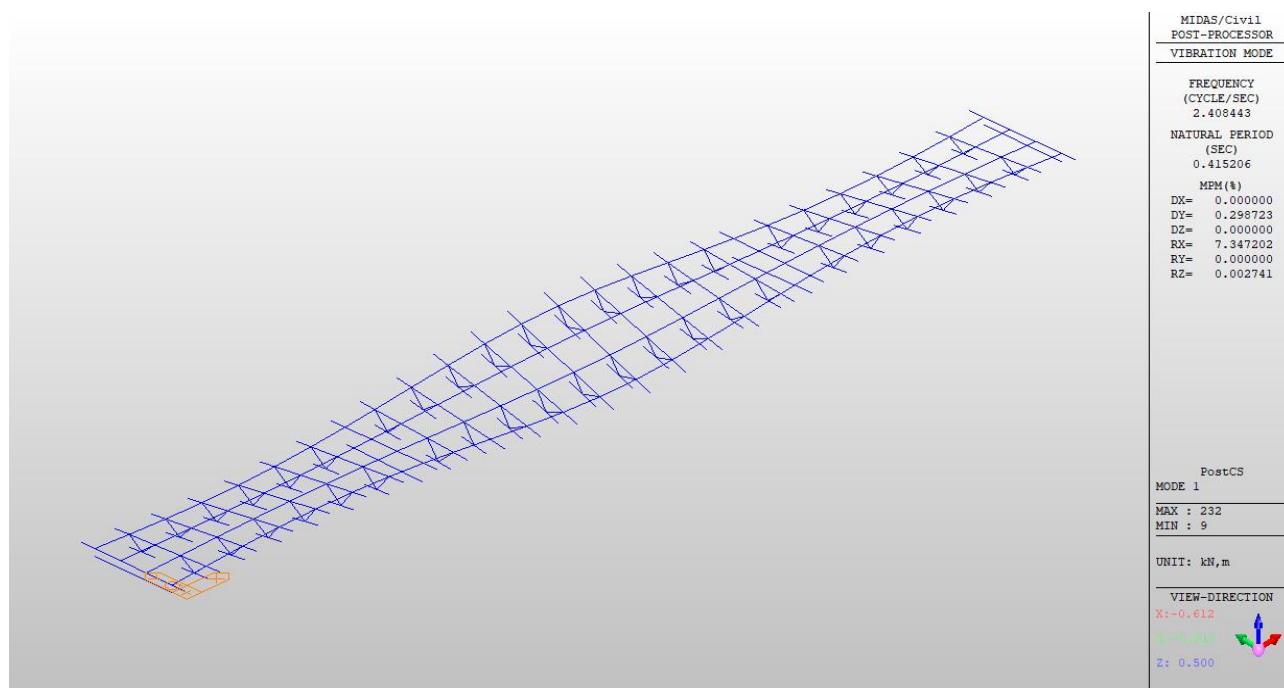


Figure 1 ModeShape1

Primo modo proprio – $T=0.415206$ s ($f=2.408443$ Hz) – vista tridimensionale

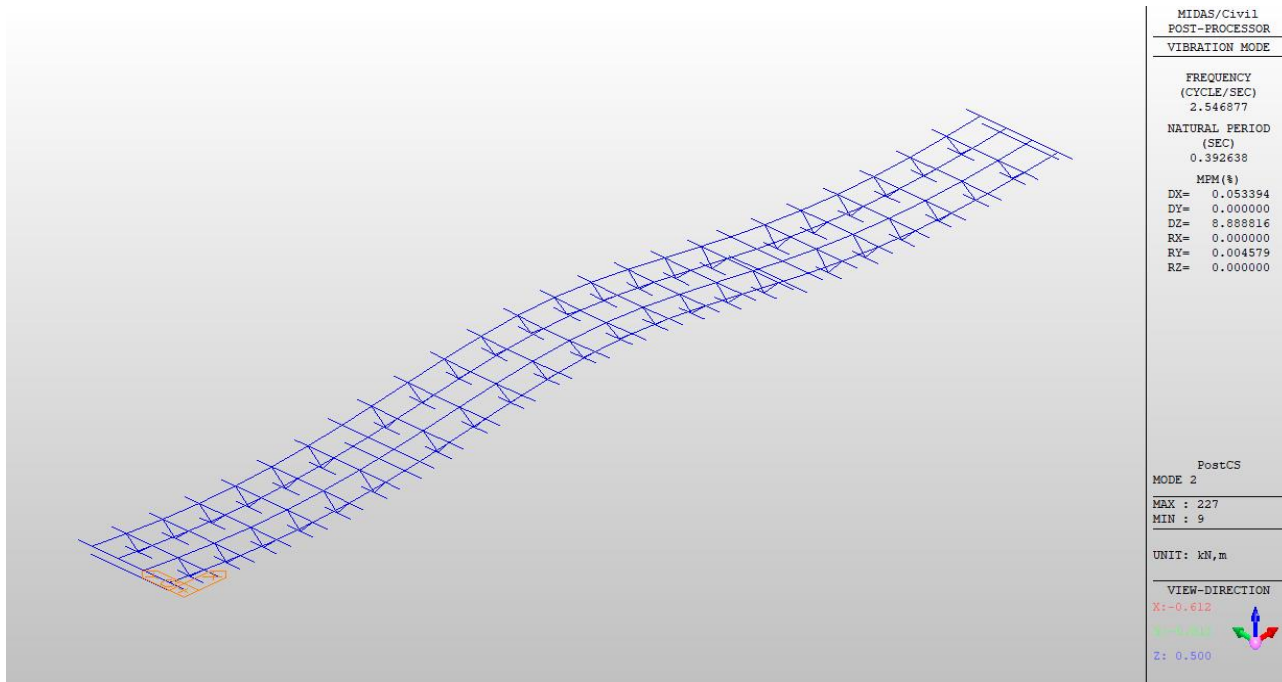


Figure 2 ModeShape2

Secondo modo proprio – $T=0.392638$ s ($f=2.546877$ Hz) – vista tridimensionale

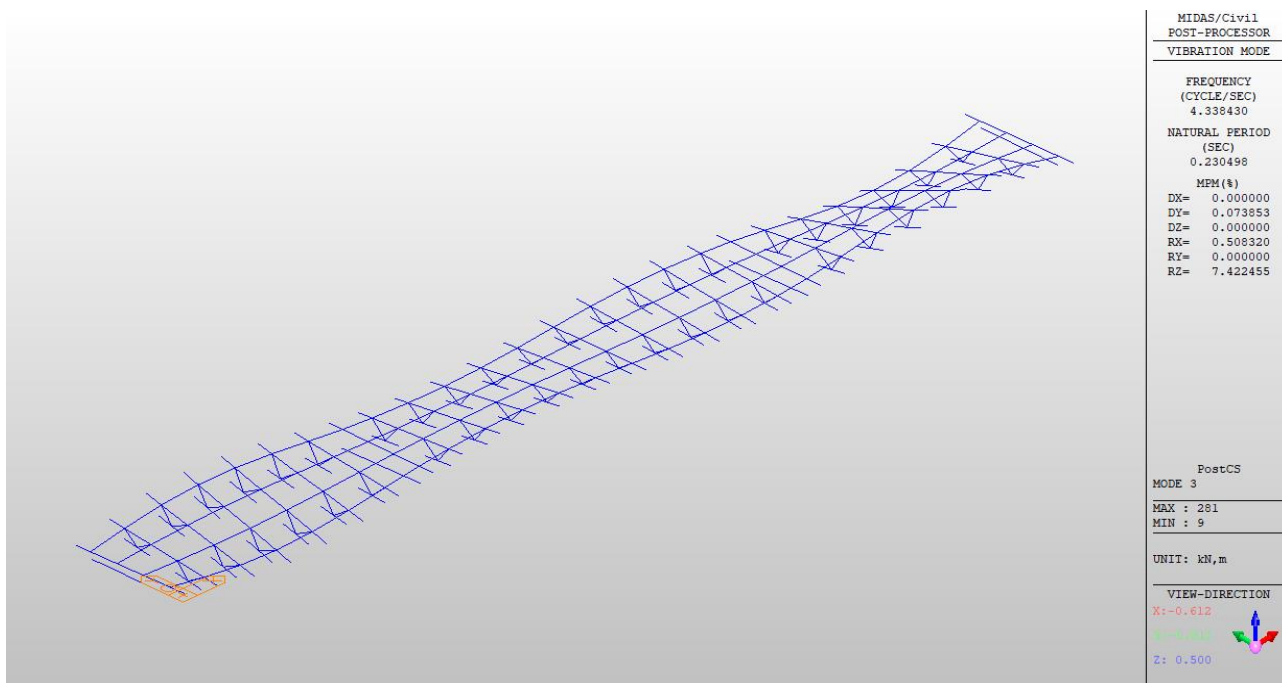


Figure 3 ModeShape3

Terzo modo proprio – $T=0.230498$ s ($f=4.338430$ Hz) – vista tridimensionale

Mandatataria

Mandanti

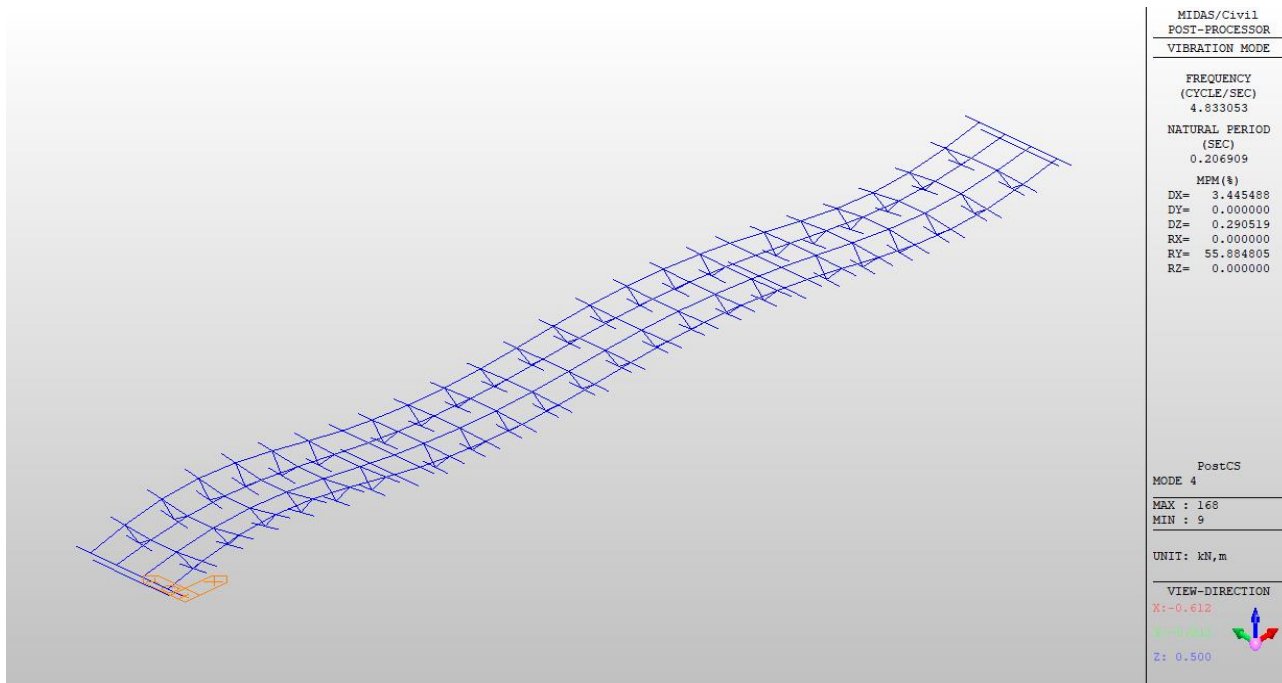


Figure 4 ModeShape4

Quarto modo proprio – $T=0.206909$ s ($f=4.833053$ Hz) – vista tridimensionale

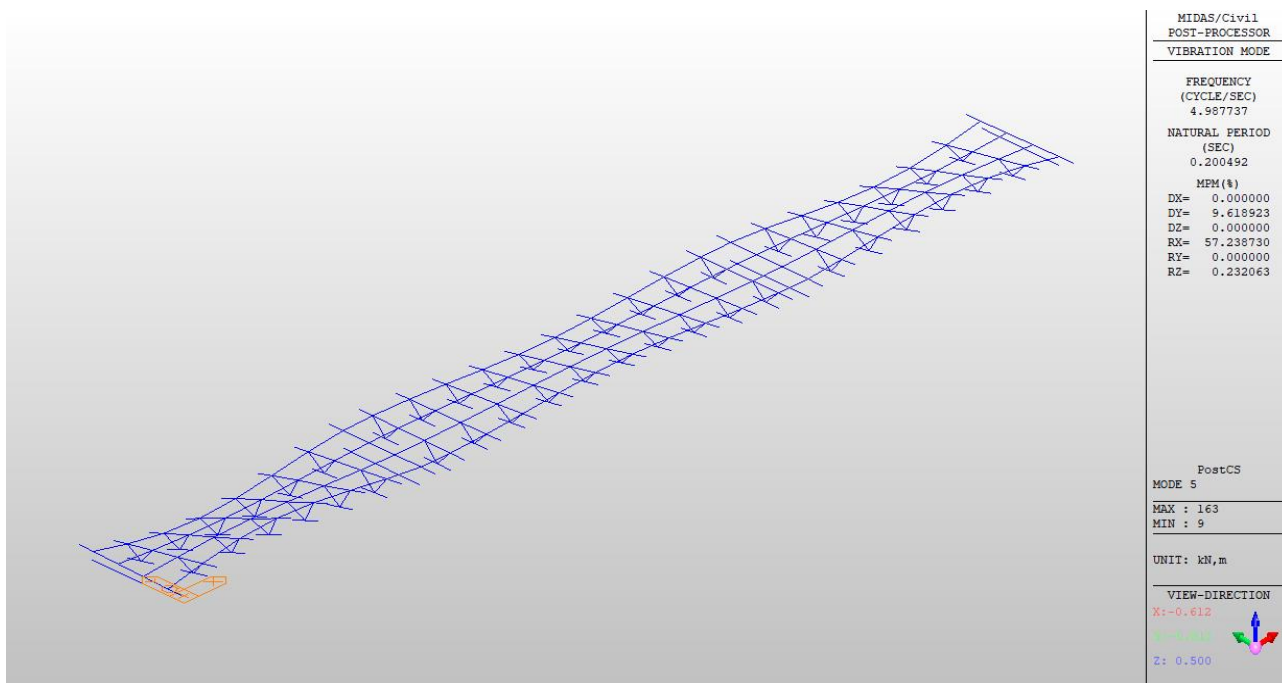


Figure 5 ModeShape5

Quinto modo proprio – $T=0.200492$ s ($f=4.987737$ Hz) – vista tridimensionale

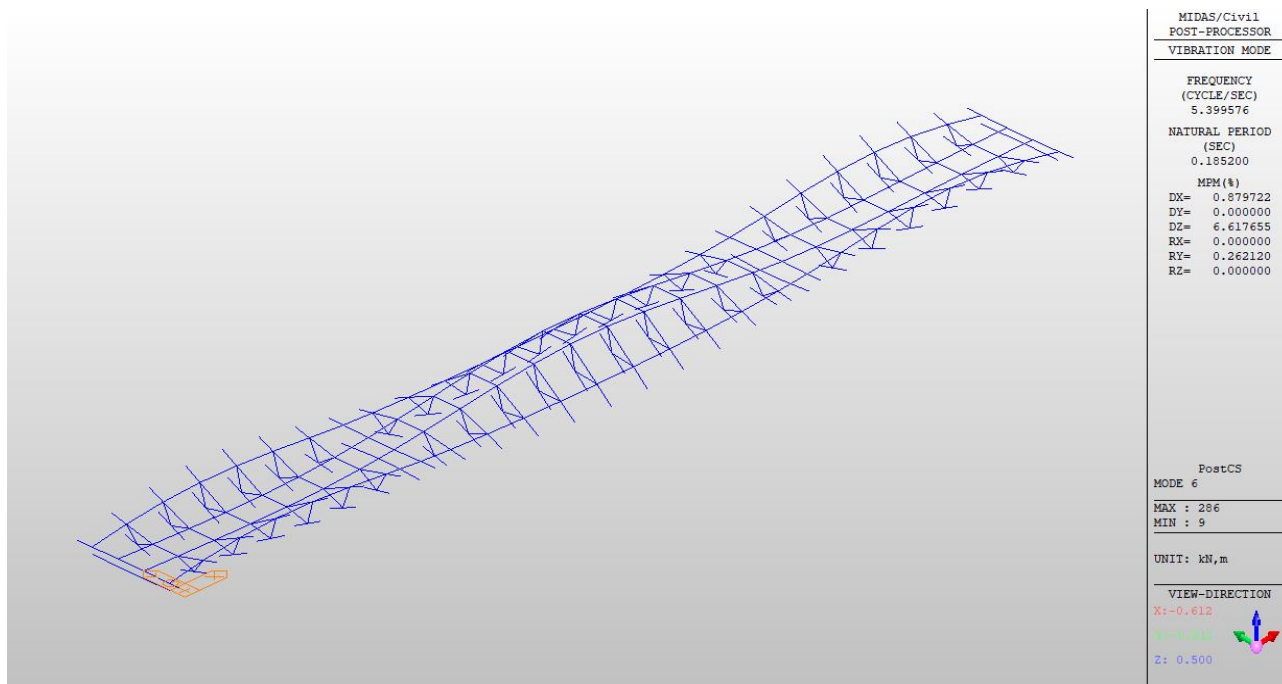


Figure 6 ModeShape6

Sesto modo proprio – $T=0,1852$ s ($f=5.399576$ Hz) – vista tridimensionale

Di seguito si riportano i periodi dei modi di vibrare fino al ventesimo modo e le rispettive masse partecipanti nelle tre direzioni. Per un'analisi sismica di questo tipo si devono considerare tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85% (NTC2018- paragrafo 7.3.3.1).

EIGENVALUE ANALYSIS					
	Mode No	Frequency		Period	Tolerance
		(rad/sec)	(cycle/sec)		
	1	15.132694	2.408443	0.415206	1.2411e-016
	2	16.002498	2.546877	0.392638	4.4395e-016
	3	27.259162	4.338430	0.230498	9.1799e-016
	4	30.366969	4.833053	0.206909	2.4657e-016
	5	31.338874	4.987737	0.200492	2.3151e-016
	6	33.926539	5.399576	0.185200	1.3828e-015

Mandatataria

Mandanti

7	34.929622	5.559222	0.179881	7.4544e-016
8	37.777890	6.012538	0.166319	1.5932e-016
9	40.379586	6.426611	0.155603	5.5780e-016
10	48.977653	7.795036	0.128287	9.4786e-016
11	51.050384	8.124921	0.123078	3.4898e-016
12	51.652228	8.220707	0.121644	1.1931e-015
13	53.573124	8.526428	0.117282	0.0000e+000
14	58.902172	9.374572	0.106672	7.8643e-016
15	70.826786	11.272433	0.088712	2.2735e-013
16	72.522319	11.542286	0.086638	5.5474e-013
17	74.120616	11.796662	0.084770	1.5464e-012
18	76.899352	12.238912	0.081707	3.1495e-012
19	81.531630	12.976162	0.077064	1.2732e-011
20	84.352241	13.425076	0.074487	9.5574e-012

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT

Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00	7.35	7.35	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.05	0.05	0.00	0.30	8.89	8.89	0.00	7.35	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.05	0.07	0.37	0.00	8.89	0.51	7.86	0.00	0.00	7.42	7.43
4	3.45	3.50	0.00	0.37	0.29	9.18	0.00	7.86	55.88	55.89	0.00	7.43
5	0.00	3.50	9.62	9.99	0.00	9.18	57.24	65.09	0.00	55.89	0.23	7.66
6	0.88	4.38	0.00	9.99	6.62	15.80	0.00	65.09	0.26	56.15	0.00	7.66
7	3.48	7.86	0.00	9.99	50.65	66.44	0.00	65.09	0.30	56.45	0.00	7.66
8	0.13	7.99	0.00	9.99	0.02	66.46	0.00	65.09	2.15	58.60	0.00	7.66
9	0.01	8.00	0.00	9.99	7.47	73.93	0.00	65.09	0.00	58.61	0.00	7.66
10	0.00	8.00	2.70	12.69	0.00	73.93	0.06	65.15	0.00	58.61	3.63	11.28
11	0.00	8.00	32.31	45.01	0.00	73.93	4.00	69.15	0.00	58.61	0.25	11.54
12	61.24	69.24	0.00	45.01	2.42	76.35	0.00	69.15	0.21	58.82	0.00	11.54
13	19.55	88.79	0.00	45.01	0.81	77.16	0.00	69.15	7.81	66.63	0.00	11.54
14	0.16	88.95	0.00	45.01	0.01	77.17	0.00	69.15	17.25	83.88	0.00	11.54
15	0.29	89.24	0.00	45.01	0.01	77.18	0.00	69.15	0.01	83.88	0.00	11.54
16	0.45	89.69	0.00	45.01	0.01	77.19	0.00	69.15	0.00	83.89	0.00	11.54
17	0.00	89.69	2.95	47.95	0.00	77.19	1.04	70.19	0.00	83.89	4.18	15.72
18	0.00	89.69	1.22	49.17	0.00	77.19	0.15	70.33	0.00	83.89	11.94	27.66
19	0.00	89.69	21.05	70.23	0.00	77.19	1.18	71.51	0.00	83.89	8.79	36.45
20	0.01	89.70	0.00	70.23	0.39	77.58	0.00	71.51	0.00	83.89	0.00	36.45

4.5.7.2. *Definizione dello spettro di risposta*

All'interno del programma è stato definito lo spettro di risposta della struttura, il quale è stato già caratterizzato e riportato all'interno del capitolo dell'analisi dei carichi. Lo spettro di risposta è assegnato tramite una function del tipo response spectrum.

4.5.7.3. *Regole di combinazioni degli effetti*

Si è definita in Midas Civil una combinazione degli effetti di tipo CQC relativi ai singoli modi per le tre direzioni.

4.6. Sollecitazioni

Di seguito si riportano a titolo di esempio alcuni diagrammi delle sollecitazioni degli elementi costituenti l'impalcato per varie condizioni di carico. Le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche sono ottenute considerando l'effetto massimo delle combinazioni di carico sopra esposte.

4.6.1. Carichi permanenti

Sforzo normale:

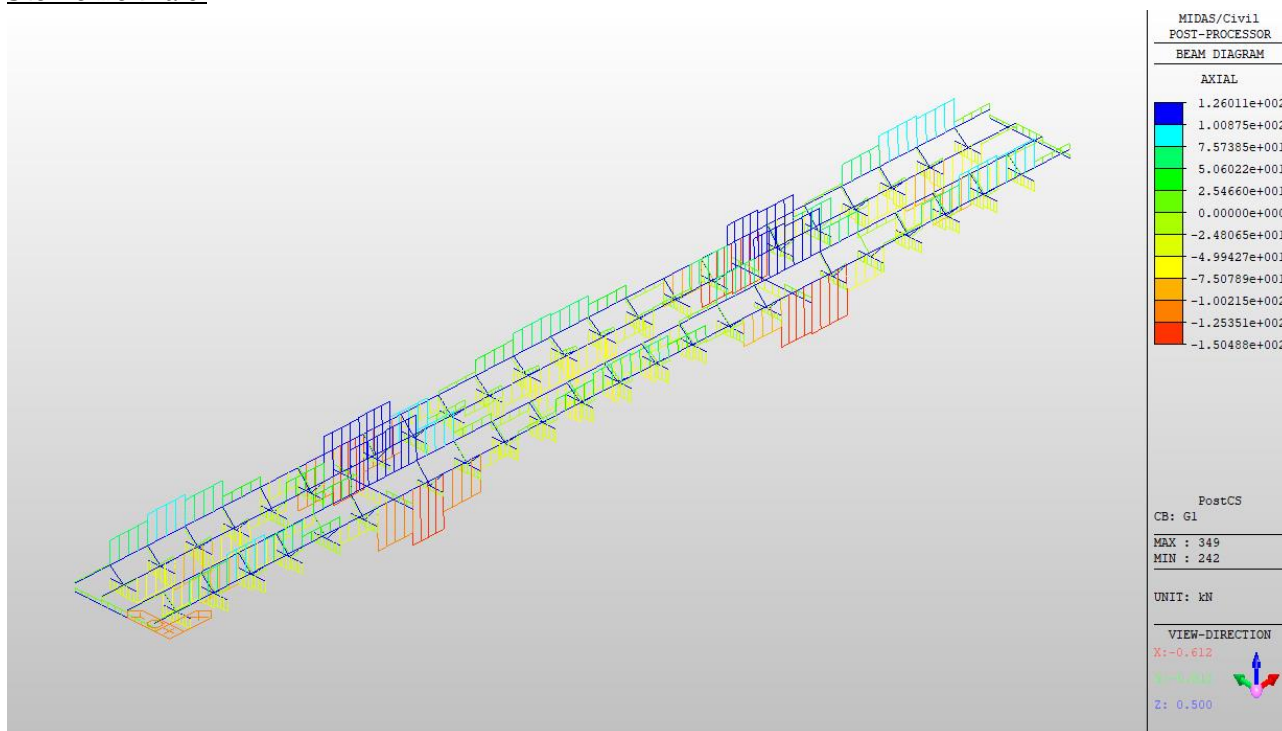


Figure 7 BeamDiagNPermanenti

Momento flettente:

Mandataria

Mandanti

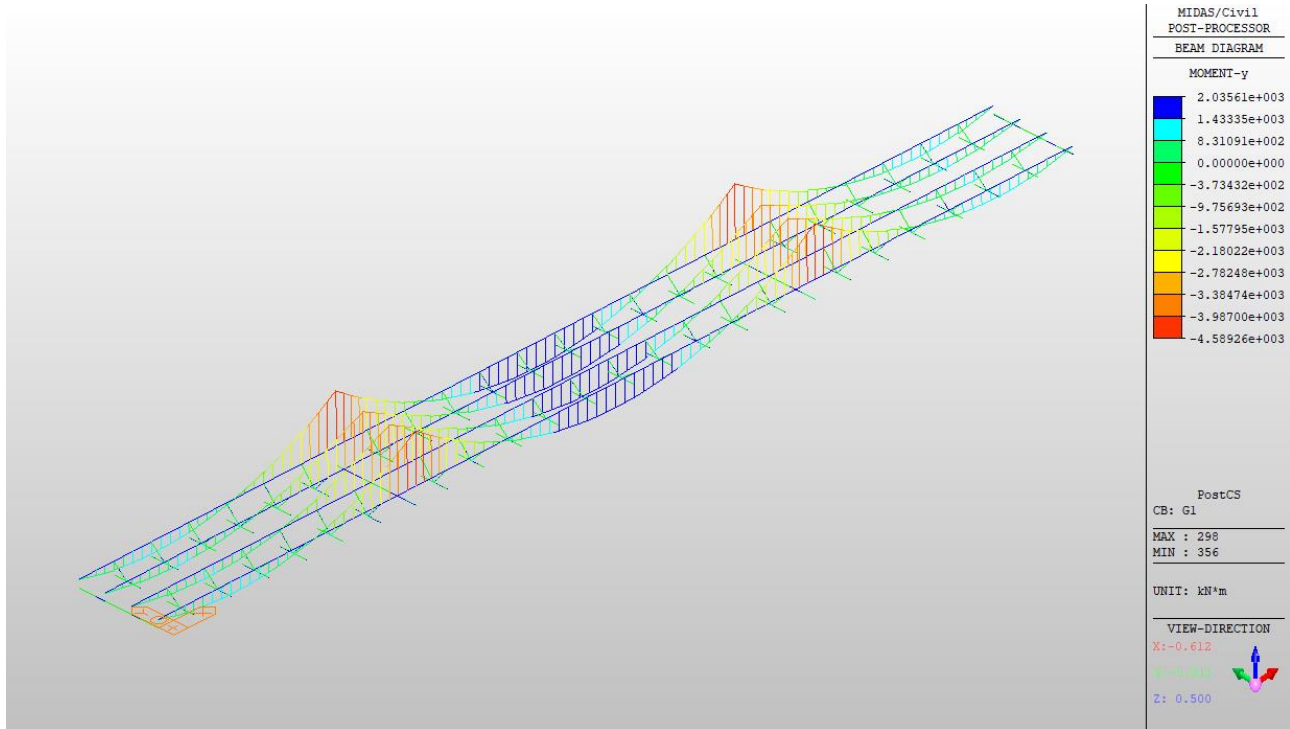


Figure 8 BeamDiagMyPermanenti

4.6.2. Carichi permanenti portati

Sforzo normale:

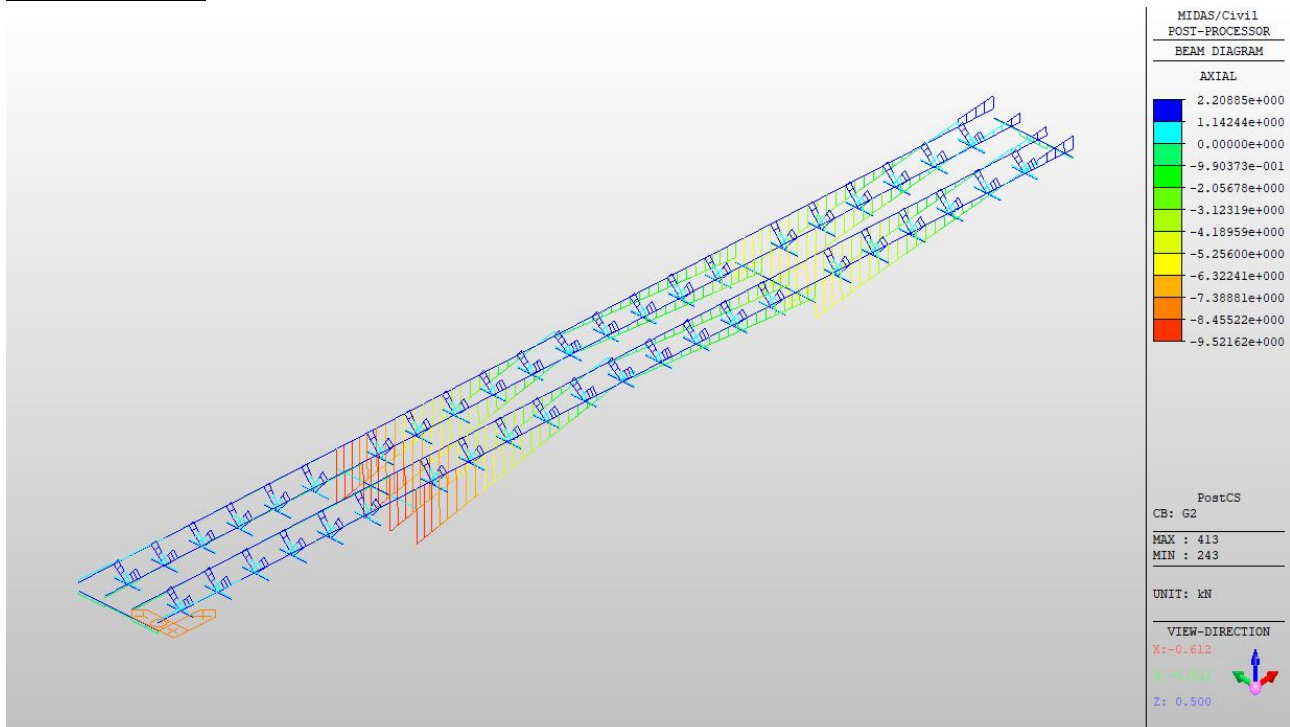


Figure 9 BeamDiagNpermanentiportati

Momento flettente:

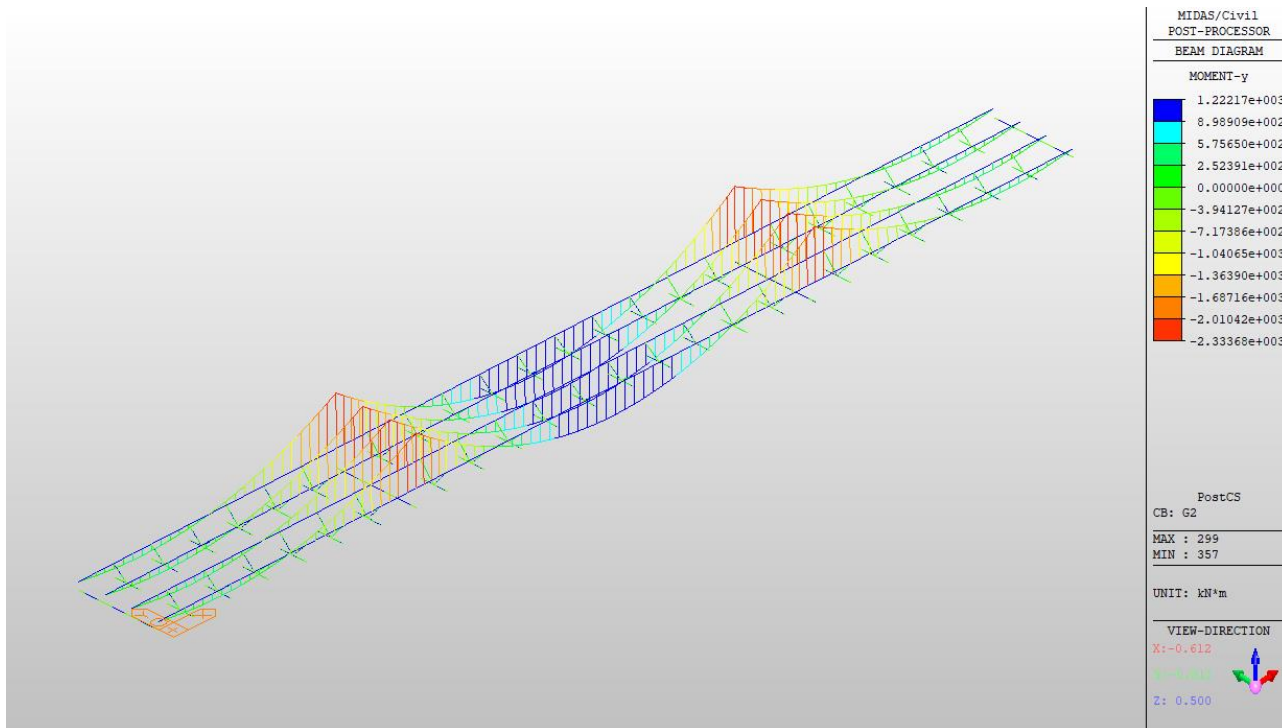


Figure 10 BeamDiagMyPermanentiportati

4.6.3. Carichi mobili frequenti

Sforzo normale:

Mandataria

Mandanti

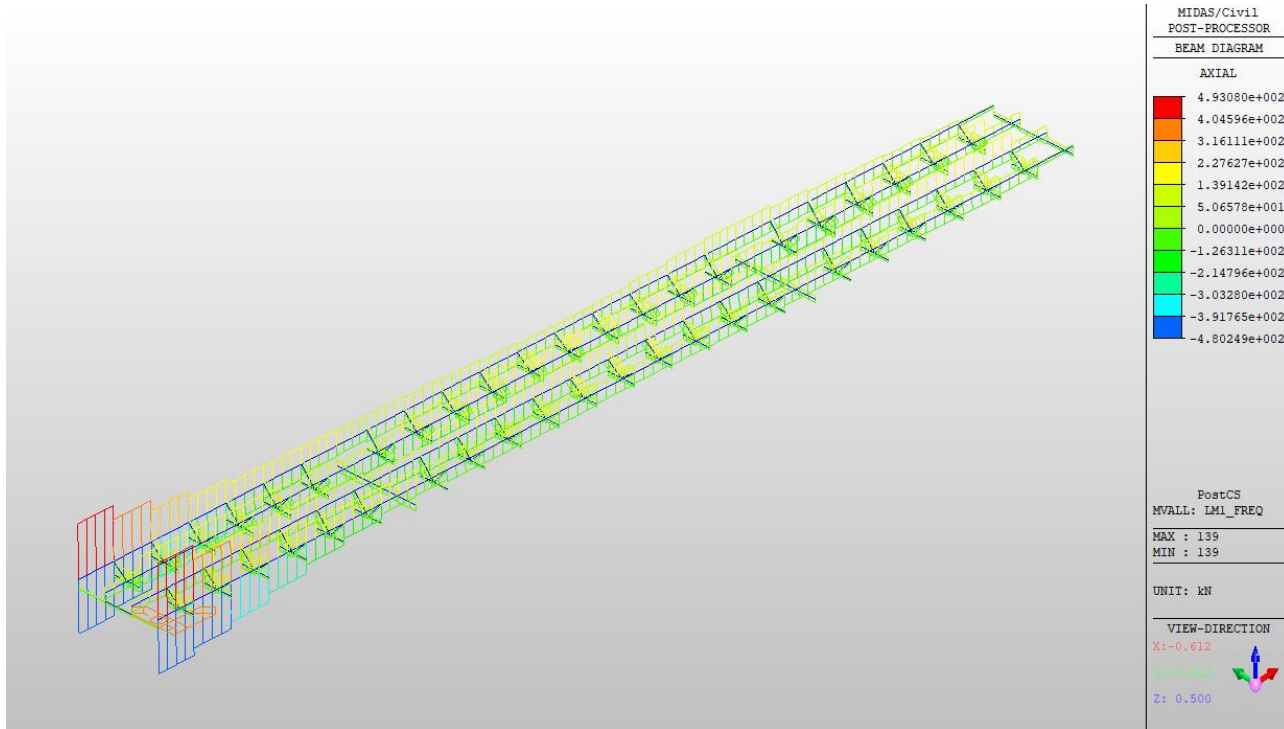


Figure 11 BeamDiagNLM1frequente

Momento flettente:

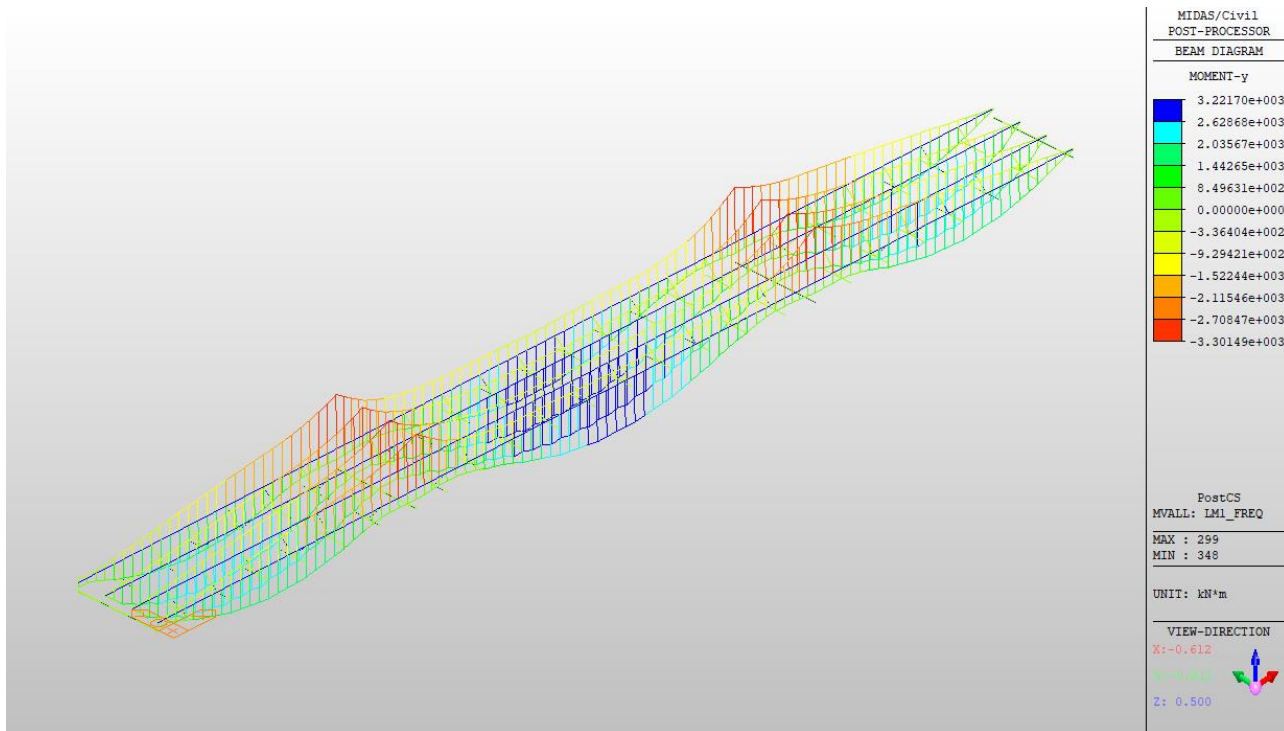


Figure 12 BeamDiagMyLM1frequente

4.6.4. Carichi mobili caratteristici

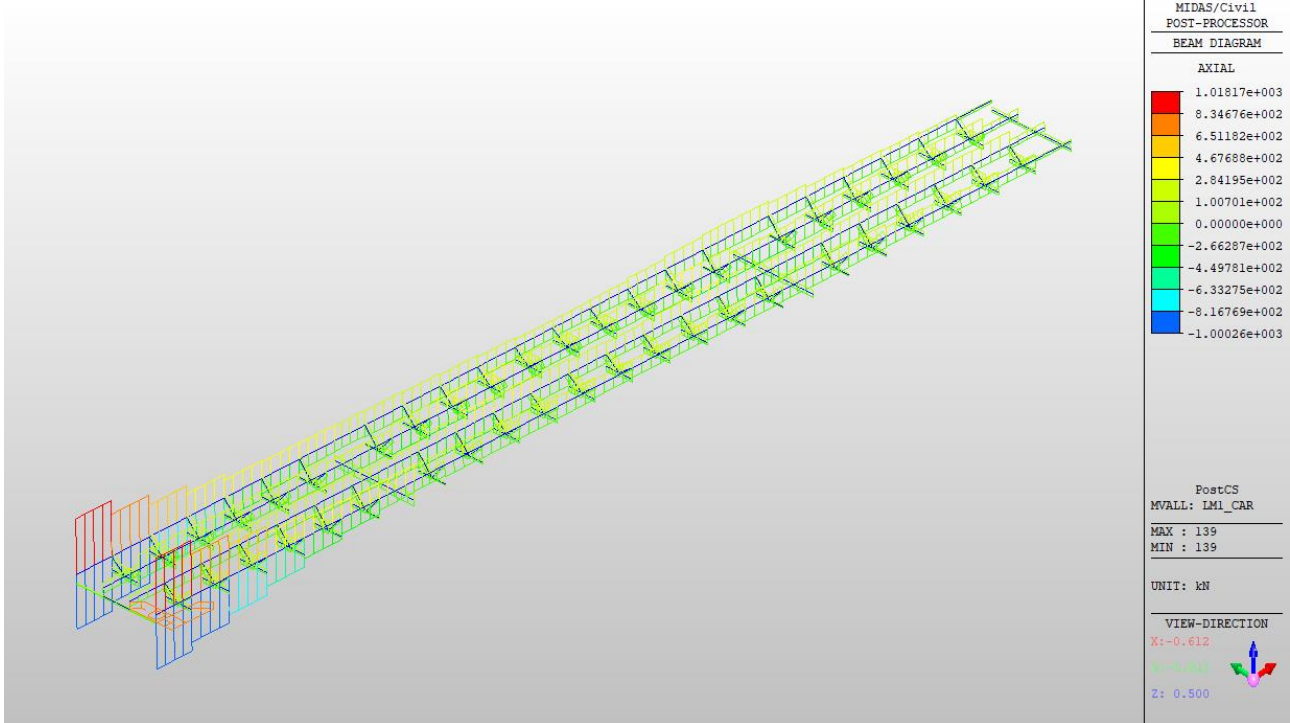


Figure 13 BeamDiagNLM1caratteristici

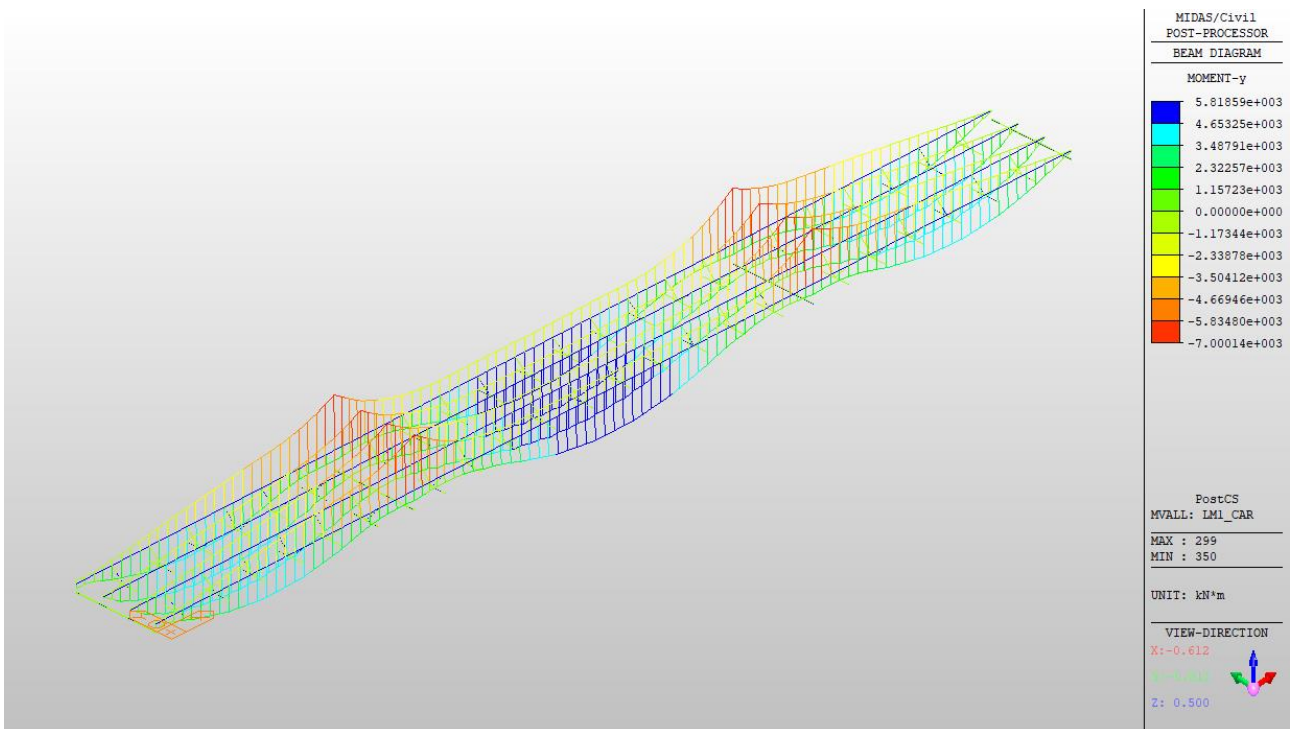


Figure 14 BeamDiagMyLM1caratteristici

Mandataria

TECH | PROJECT
ingegneria integrata ©



Mandanti

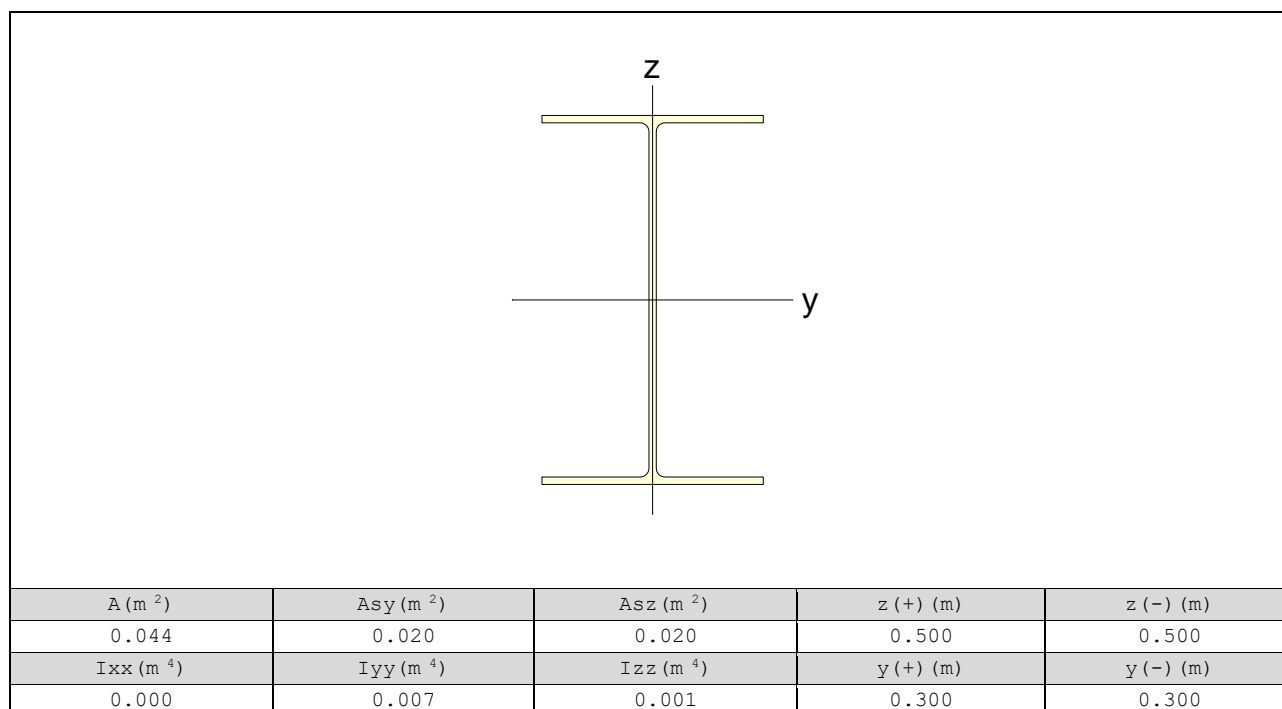
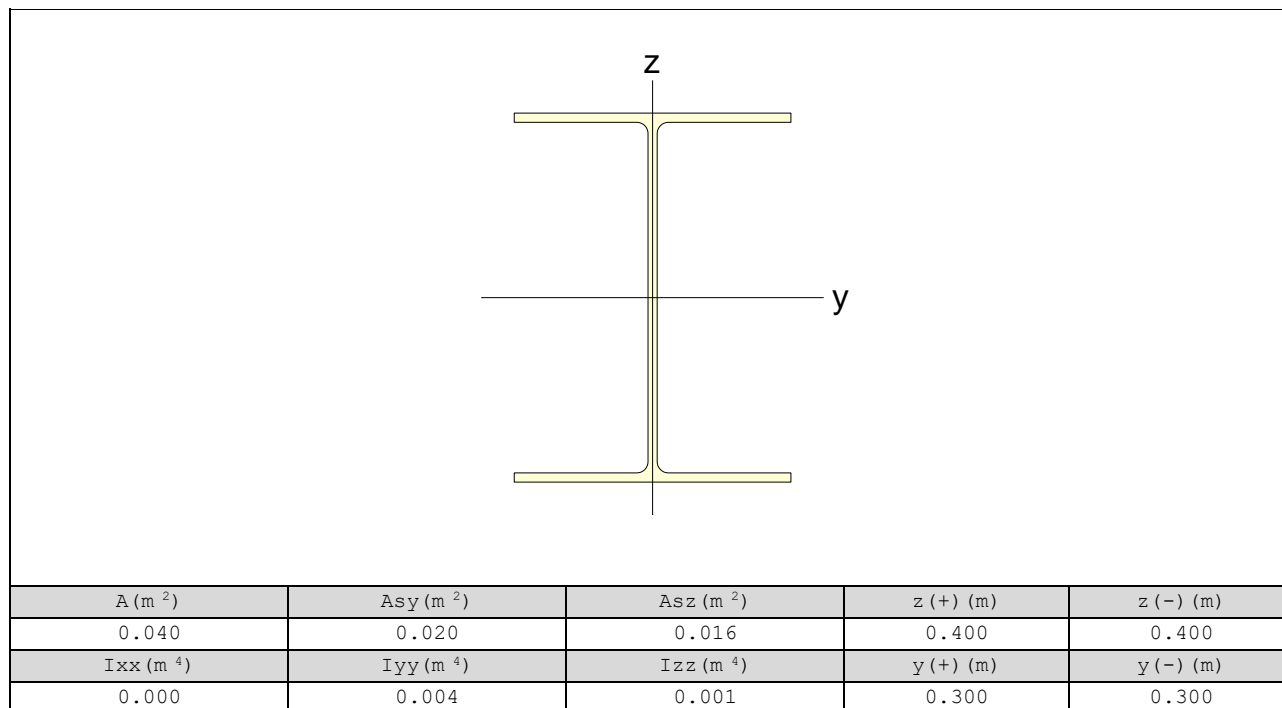


4.7. Verifiche ELEMENTI STRUTTURALI

4.7.1. Geometria e classificazione della sezione

Si riporta di seguito la geometria e la classificazione delle sezioni.

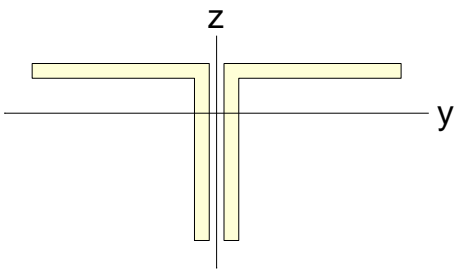
Travi trasversali



Mandataria

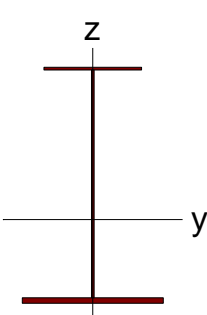
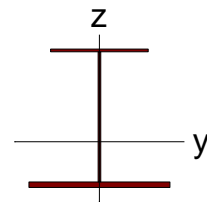
Mandanti

Aste diaframmi diagonali e trasversali



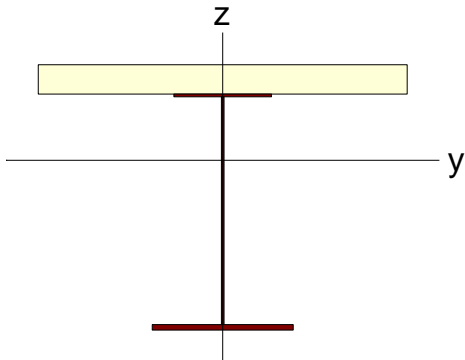
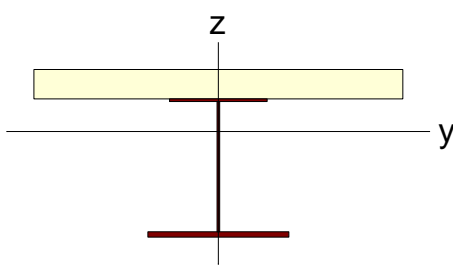
A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.005	0.002	0.002	0.034	0.086
Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.000	0.000	0.000	0.125	0.125

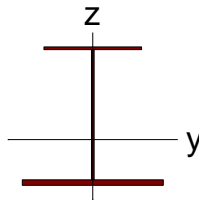
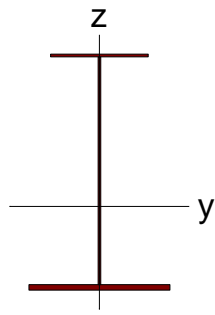
*Sezione composta: Travi principali e soletta
Travi campate laterali*

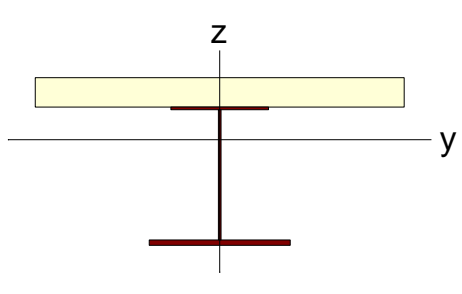
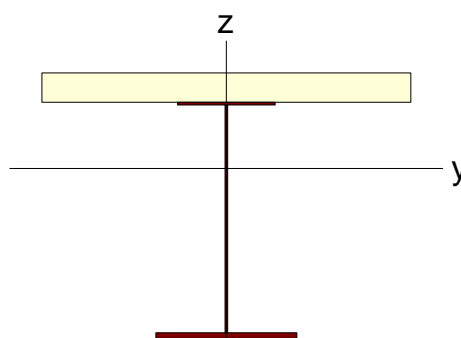
Before Composite									
I-End					J-End				
									
A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.140	0.069	0.051	1.403	0.772	0.118	0.069	0.029	0.853	0.422
Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.000	0.105	0.011	0.650	0.650	0.000	0.031	0.011	0.650	0.650
Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc	Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc

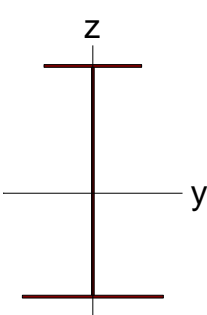
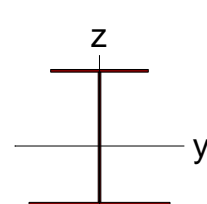
Mandatataria

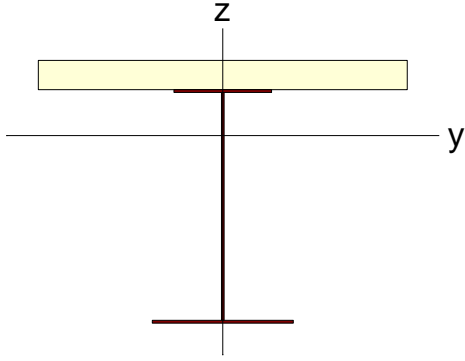
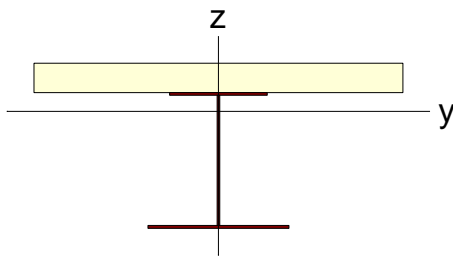
Mandanti

After Composite									
I-End					J-End				
									
A (m ²)	As _y (m ²)	As _z (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	As _y (m ²)	As _z (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.289	0.203	0.051	0.610	1.565	0.266	0.203	0.029	0.301	0.974
I _{xx} (m ⁴)	I _{yy} (m ⁴)	I _{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	I _{xx} (m ⁴)	I _{yy} (m ⁴)	I _{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.002	0.276	0.154	0.650	0.650	0.002	0.096	0.154	0.650	0.650
Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc	Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc
6.163	5.688	3.079	0.300	0.200	6.163	5.688	3.079	0.300	0.200

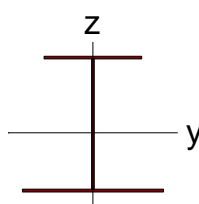
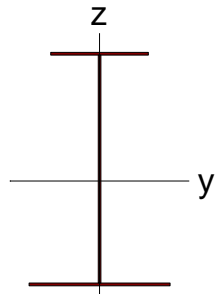
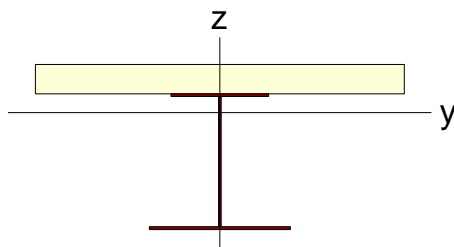
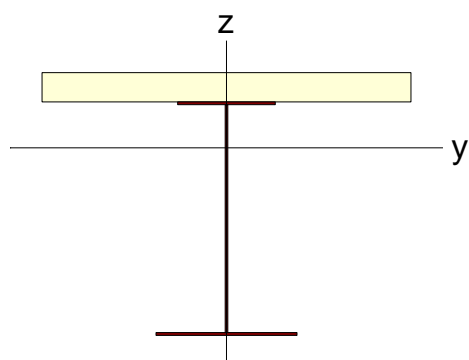
Before Composite									
I-End					J-End				
									
A (m ²)	As _y (m ²)	As _z (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	As _y (m ²)	As _z (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.118	0.069	0.029	0.853	0.422	0.140	0.069	0.051	1.403	0.772
I _{xx} (m ⁴)	I _{yy} (m ⁴)	I _{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	I _{xx} (m ⁴)	I _{yy} (m ⁴)	I _{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)

0.000	0.031	0.011	0.650	0.650	0.000	0.105	0.011	0.650	0.650
Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc	Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
After Composite									
I-End					J-End				
									
A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.266	0.203	0.029	0.301	0.974	0.289	0.203	0.051	0.610	1.565
Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.002	0.096	0.154	0.650	0.650	0.002	0.276	0.154	0.650	0.650
Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc	Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc
6.163	5.688	3.079	0.300	0.200	6.163	5.688	3.079	0.300	0.200

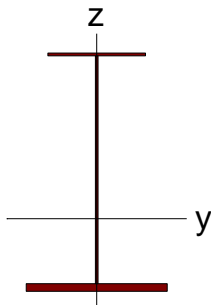
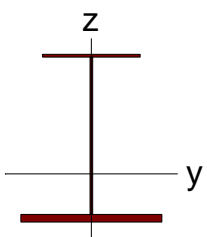
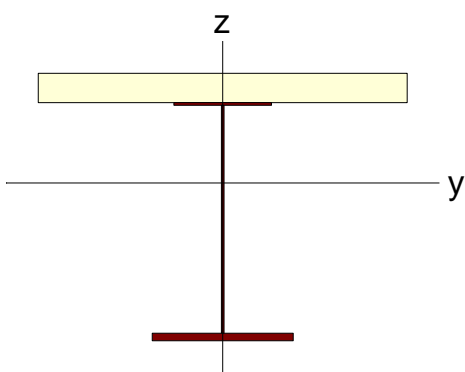
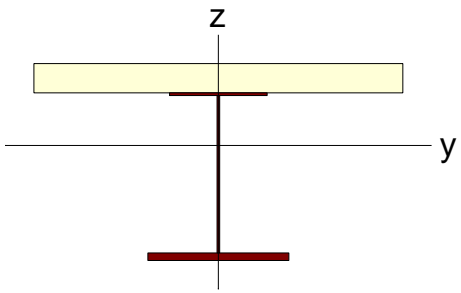
Before Composite									
I-End					J-End				
									
Ā (m ²)	Āsy (m ²)	Āsz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	Ā (m ²)	Āsy (m ²)	Āsz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)

0.109	0.043	0.050	1.186	0.965	0.086	0.043	0.028	0.705	0.546
$I_{xx} (m^4)$	$I_{yy} (m^4)$	$I_{zz} (m^4)$	$y (+) (m)$	$y (-) (m)$	$I_{xx} (m^4)$	$I_{yy} (m^4)$	$I_{zz} (m^4)$	$y (+) (m)$	$y (-) (m)$
0.000	0.082	0.006	0.650	0.650	0.000	0.024	0.006	0.650	0.650
E_s/E_c	G_s/G_c	D_s/D_c	P_s	P_c	E_s/E_c	G_s/G_c	D_s/D_c	P_s	P_c
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
After Composite									
I-End					J-End				
									
$A (m^2)$	$A_{sy} (m^2)$	$A_{sz} (m^2)$	$z (+) (m)$	$z (-) (m)$	$A (m^2)$	$A_{sy} (m^2)$	$A_{sz} (m^2)$	$z (+) (m)$	$z (-) (m)$
0.258	0.177	0.050	0.422	1.729	0.235	0.177	0.028	0.173	1.078
$I_{xx} (m^4)$	$I_{yy} (m^4)$	$I_{zz} (m^4)$	$y (+) (m)$	$y (-) (m)$	$I_{xx} (m^4)$	$I_{yy} (m^4)$	$I_{zz} (m^4)$	$y (+) (m)$	$y (-) (m)$
0.002	0.192	0.150	0.650	0.650	0.002	0.064	0.150	0.650	0.650
E_s/E_c	G_s/G_c	D_s/D_c	P_s	P_c	E_s/E_c	G_s/G_c	D_s/D_c	P_s	P_c
6.163	5.688	3.079	0.300	0.200	6.163	5.688	3.079	0.300	0.200

Before Composite									
I-End					J-End				

									
A (m ²)	As _y (m ²)	As _z (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	As _y (m ²)	As _z (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.086	0.043	0.028	0.705	0.546	0.109	0.043	0.050	1.186	0.965
I _{xx} (m ⁴)	I _{yy} (m ⁴)	I _{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	I _{xx} (m ⁴)	I _{yy} (m ⁴)	I _{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.000	0.024	0.006	0.650	0.650	0.000	0.082	0.006	0.650	0.650
Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc	Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
After Composite									
I-End					J-End				
									
A (m ²)	As _y (m ²)	As _z (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	As _y (m ²)	As _z (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.235	0.177	0.028	0.173	1.078	0.258	0.177	0.050	0.422	1.729
I _{xx} (m ⁴)	I _{yy} (m ⁴)	I _{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	I _{xx} (m ⁴)	I _{yy} (m ⁴)	I _{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.002	0.064	0.150	0.650	0.650	0.002	0.192	0.150	0.650	0.650
Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc	Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc
6.163	5.688	3.079	0.300	0.200	6.163	5.688	3.079	0.300	0.200

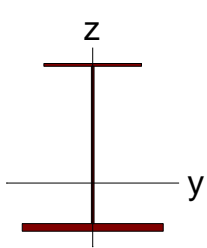
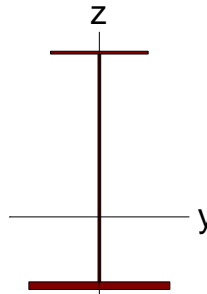
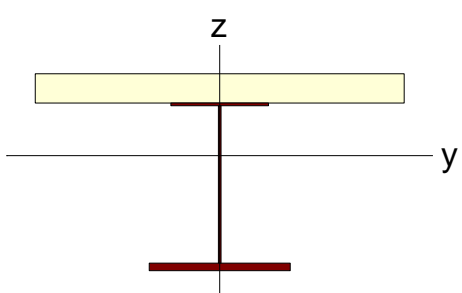
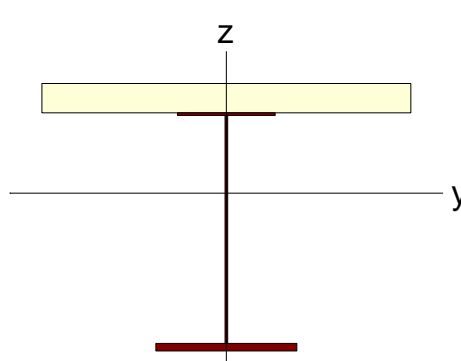
Travi campata centrale

Before Composite									
I-End					J-End				
									
A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.166	0.090	0.052	1.526	0.669	0.150	0.090	0.036	1.101	0.444
Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.000	0.118	0.014	0.650	0.650	0.000	0.053	0.014	0.650	0.650
Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc	Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
After Composite									
I-End					J-End				
									
A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.315	0.224	0.052	0.740	1.455	0.299	0.224	0.036	0.485	1.060
Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.002	0.336	0.158	0.650	0.650	0.002	0.168	0.158	0.650	0.650

Mandataria

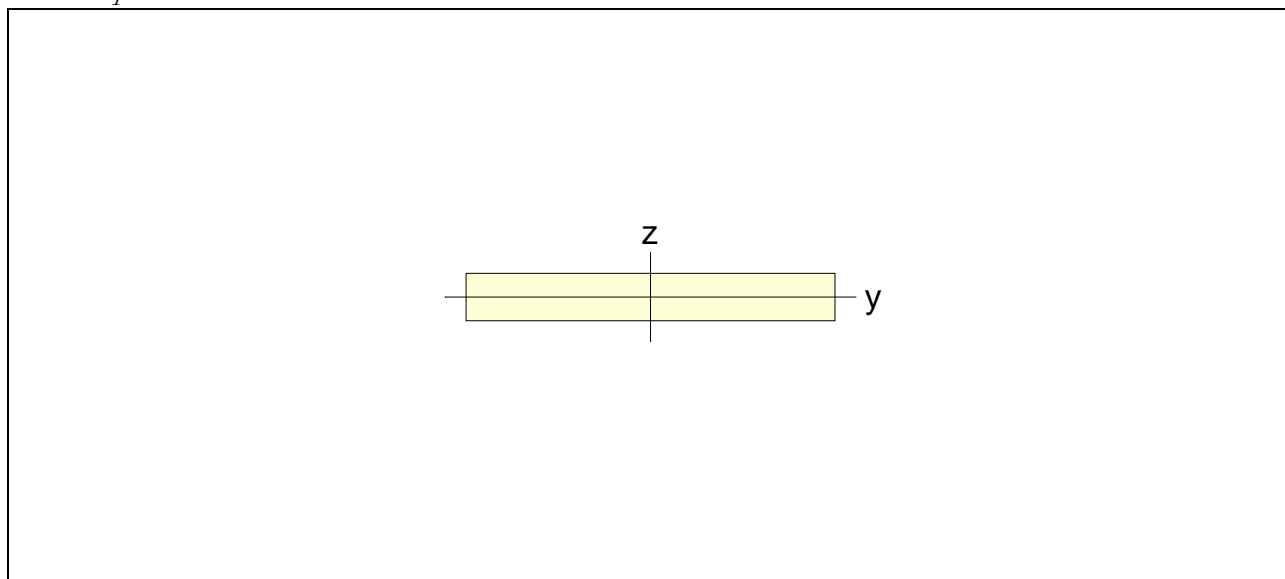
Mandanti

Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc	Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc
6.163	5.688	3.079	0.300	0.200	6.163	5.688	3.079	0.300	0.200

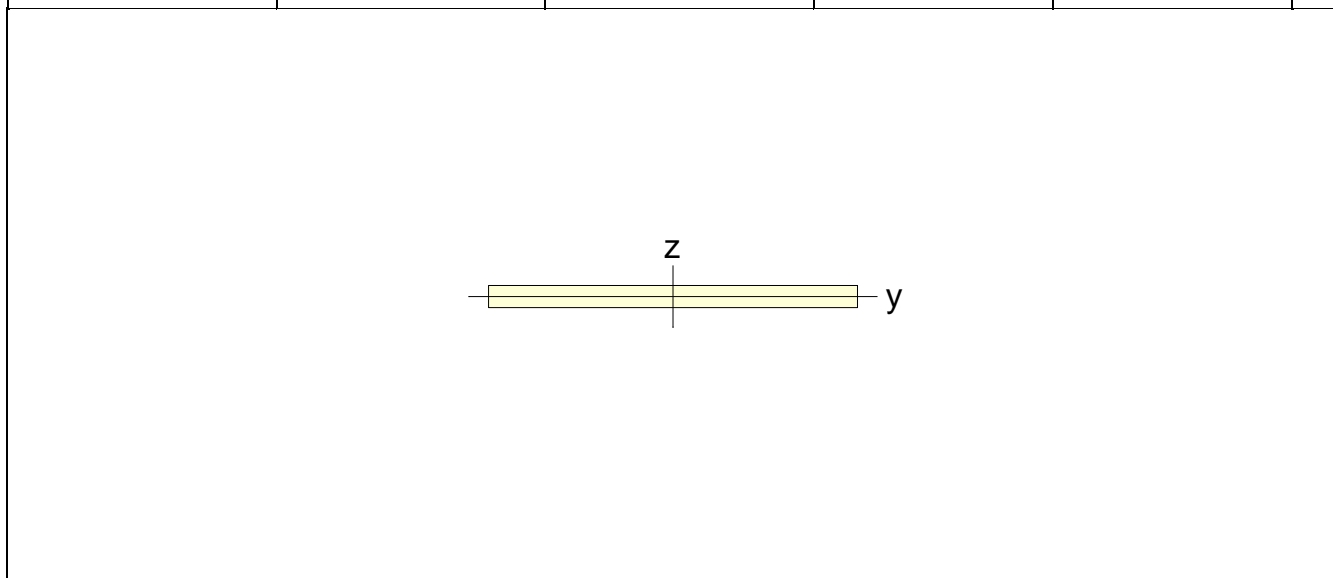
Before Composite									
I-End					J-End				
									
A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.150	0.090	0.036	1.101	0.444	0.166	0.090	0.052	1.526	0.669
Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	Ixx (m ⁴)	Iyy (m ⁴)	Izz (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.000	0.053	0.014	0.650	0.650	0.000	0.118	0.014	0.650	0.650
Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc	Es/Ec	Gs/Gc	Ds/Dc	Ps	Pc
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
After Composite									
I-End					J-End				
									
A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)	A (m ²)	Asy (m ²)	Asz (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.299	0.224	0.036	0.485	1.060	0.315	0.224	0.052	0.740	1.455

I_{xx} (m ⁴)	I_{yy} (m ⁴)	I_{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)	I_{xx} (m ⁴)	I_{yy} (m ⁴)	I_{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.002	0.168	0.158	0.650	0.650	0.002	0.336	0.158	0.650	0.650
E_s/E_c	G_s/G_c	D_s/D_c	P_s	P_c	E_s/E_c	G_s/G_c	D_s/D_c	P_s	P_c
6.163	5.688	3.079	0.300	0.200	6.163	5.688	3.079	0.300	0.200

Solette no peso



A (m ²)	A_{sy} (m ²)	A_{sz} (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
0.567	0.473	0.473	0.135	0.135
I_{xx} (m ⁴)	I_{yy} (m ⁴)	I_{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.013	0.003	0.208	1.050	1.050



A (m ²)	A_{sy} (m ²)	A_{sz} (m ²)	z (+) (m)	z (-) (m)
1.215	1.013	1.013	0.135	0.135
I_{xx} (m ⁴)	I_{yy} (m ⁴)	I_{zz} (m ⁴)	y (+) (m)	y (-) (m)
0.028	0.007	2.050	2.250	2.250

Mandataria

Mandanti

4.7.2. Verifiche di resistenza

Le verifiche di resistenza riportati nei paragrafi sottostanti sono condotte in conformità con gli eurocodici; esse vengono eseguite dal programma di calcolo Midas Civil a seguito della determinazione delle sollecitazioni.

4.7.3. Verifiche sulle sezioni miste acciaio-clc

Si riportano di seguito le verifiche riassuntive di tutte le aste che compongono la struttura principale composta acciaio-clc.

Table 1 ResBending

Elem	part	Positive/Negative	Lcom	Type	Top Class	Bot Class	Web Class	Sect. Class	Ma,Ed (kN*m)	Mc,Ed (kN*m)	Mpl,Rd (kN*m)	Mel,Rd (kN*m)	M_Rd (kN*m)
139	I[140]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	FX-MIN	1	4	4	4	-0.3358	-667.8035	32446.4844	22362.4832	22362.4832
139	I[140]	Pos	05-SLU-LM1fr-W-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	-0.3358	1245.0717	18780.9067	16250.4126	18780.9067
139	J[146]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1	1	1	1	297.3440	-8.8871	34672.6037	24294.6346	34672.6037
139	J[146]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	297.3440	2907.6210	20992.4549	17925.4705	20992.4549
140	I[141]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	3	4	0.5209	-54.2476	32446.4844	22362.5239	22362.5239
140	I[141]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	4	1	4	0.5209	130.3870	18780.9067	5286.2570	5286.2570
140	J[147]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	1	4	298.3493	-665.1406	34672.6037	24226.5333	24226.5333
140	J[147]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	298.3493	3892.5221	20992.4549	17925.1432	20992.4549
141	I[142]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	3	4	0.5209	-54.9468	32446.4844	22362.5239	22362.5239
141	I[142]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1	4	1	4	0.5209	78.9161	18780.9067	5286.2570	5286.2570
141	J[148]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	1	4	298.3493	-689.9832	34672.6037	24226.5333	24226.5333
141	J[148]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	298.3493	3867.6800	20992.4549	17925.1432	20992.4549
142	I[143]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	3	4	-0.3358	-834.6632	32446.4844	22361.9229	22361.9229
142	I[143]	Pos	01-SLU-LM1fr-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	-0.3358	1047.0030	18780.9067	16250.4126	18780.9067
142	J[149]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	1	4	297.3440	-496.9458	34672.6037	24225.9863	24225.9863
142	J[149]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	297.3440	2772.1858	20992.4549	17925.4705	20992.4549
148	I[146]	Neg	10-SLV-T+-STR-X-	-	1	4	1	4	220.5165	-26.7288	34672.6037	23946.7517	23946.7517
148	I[146]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	297.6973	2883.2766	20992.4549	17925.3554	20992.4549
148	J[152]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	377.2929	-1830.5093	37161.2674	26126.1765	26126.1765
148	J[152]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	377.2929	4575.2853	23463.9908	19856.1189	23463.9908
149	I[147]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	1	4	297.9939	-550.1794	34672.6037	24226.3372	24226.3372
149	I[147]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	297.9939	3922.8061	20992.4549	17925.2589	20992.4549
149	J[153]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	377.4590	-1783.4452	37161.2674	26126.2572	26126.2572
149	J[153]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	377.4590	5446.3739	23463.9908	19856.0657	23463.9908
150	I[148]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	1	4	297.9939	-593.5759	34672.6037	24226.3372	24226.3372
150	I[148]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	297.9939	3879.4102	20992.4549	17925.2589	20992.4549
150	J[154]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	377.4590	-1837.2594	37161.2674	26126.2572	26126.2572
150	J[154]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	377.4590	5392.5600	23463.9908	19856.0657	23463.9908
151	I[149]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	1	4	297.6973	-606.0431	34672.6037	24226.1768	24226.1768
151	I[149]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	297.6973	2692.7824	20992.4549	17925.3554	20992.4549
151	J[155]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	3	4	377.2929	-2002.1922	37161.2674	26126.1765	26126.1765
151	J[155]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	377.2929	4403.6018	23463.9908	19856.1189	23463.9908
165	I[152]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	377.3346	-1757.2349	37161.2674	26126.1964	26126.1964
165	I[152]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	377.3346	4496.8860	23463.9908	19856.1056	23463.9908
165	J[164]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	3	4	202.8730	-3897.5841	39767.6875	27974.9658	27974.9658
165	J[164]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	202.8730	4537.8409	26051.7085	21932.5654	26051.7085
166	I[153]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	377.4150	-1741.6435	37161.2674	26126.2353	26126.2353
166	I[153]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	377.4150	5432.8800	23463.9908	19856.0798	23463.9908
166	J[165]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	202.8565	-3541.9987	39767.6875	27974.9596	27974.9596
166	J[165]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	202.8565	5195.7580	26051.7085	21932.5707	26051.7085
167	I[154]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	377.4150	-1805.7767	37161.2674	26126.2353	26126.2353
167	I[154]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	377.4150	5368.7471	23463.9908	19856.0798	23463.9908
167	J[166]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	202.8565	-3606.1202	39767.6875	27974.9596	27974.9596
167	J[166]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	202.8565	5131.6372	26051.7085	21932.5707	26051.7085
168	I[155]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	3	4	377.3346	-1948.3627	37161.2674	26126.1964	26126.1964

168	I[155]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	377.3346	4305.7582	23463.9908	19856.1056	23463.9908
168	J[167]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	3	4	202.8730	-4075.9614	39767.6875	27974.9658	27974.9658
168	J[167]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	202.8730	4359.4640	26051.7085	21932.5654	26051.7085
174	I[164]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	3	4	202.8547	-3798.4611	39767.6875	27974.9579	27974.9579
174	I[164]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	202.8547	4497.1959	26051.7085	21932.5712	26051.7085
174	J[170]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	3	4	-234.4483	-6486.5818	42490.7198	29558.2286	29558.2286
174	J[170]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	-234.4483	2748.7280	28755.6081	24154.7527	28755.6081
175	I[165]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	202.8721	-3553.7157	39767.6875	27974.9663	27974.9663
175	I[165]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	202.8721	5151.5057	26051.7085	21932.5657	26051.7085
175	J[171]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	-234.5064	-5923.1892	42490.7198	29558.1938	29558.1938
175	J[171]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	-234.5064	3317.1221	28755.6081	24154.7711	28755.6081
176	I[166]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	202.8721	-3621.9932	39767.6875	27974.9663	27974.9663
176	I[166]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	202.8721	5083.2292	26051.7085	21932.5657	26051.7085
176	J[172]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-234.5064	-5988.0604	42490.7198	29558.1938	29558.1938
176	J[172]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	-234.5064	3252.2516	28755.6081	24154.7711	28755.6081
177	I[167]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	3	4	202.8547	-3987.0817	39767.6875	27974.9579	27974.9579
177	I[167]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	202.8547	4308.5746	26051.7085	21932.5712	26051.7085
177	J[173]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	3	4	-234.4483	-6665.7334	42490.7198	29558.2286	29558.2286
177	J[173]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	-234.4483	2569.5767	28755.6081	24154.7527	28755.6081
207	I[170]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-234.4783	-6365.4219	42490.7198	29558.2093	29558.2093
207	I[170]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	-234.4783	2745.0949	28755.6081	24154.7622	28755.6081
207	J[176]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	-943.5283	-9616.1459	45329.9338	30806.4857	30806.4857
207	J[176]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
208	I[171]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	-234.4767	-5985.5356	42490.7198	29558.2127	29558.2127
208	I[171]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	-234.4767	3250.8873	28755.6081	24154.7617	28755.6081
208	J[177]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	-943.6141	-8935.4527	45329.9338	30806.4395	30806.4395
208	J[177]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
209	I[172]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-234.4767	-6049.2418	42490.7198	29558.2127	29558.2127
209	I[172]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	-234.4767	3187.1811	28755.6081	24154.7617	28755.6081
209	J[178]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-943.6141	-8994.3102	45329.9338	30806.4395	30806.4395
209	J[178]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	I[173]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	3	4	-234.4783	-6547.2272	42490.7198	29558.2093	29558.2093
210	I[173]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	-234.4783	2563.2900	28755.6081	24154.7622	28755.6081
210	J[179]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-943.5283	-9790.7808	45329.9338	30806.4857	30806.4857
210	J[179]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	I[176]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-943.5676	-9469.9257	45329.9338	30806.4621	30806.4621
220	I[176]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	J[182]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	1933.2074	13789.8619	48285.3297	31983.5744	31983.5744
220	J[182]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
221	I[177]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	-943.5743	-9059.6877	45329.9338	30806.4629	30806.4629
221	I[177]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
221	J[183]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	1933.3501	13076.4310	48285.3297	31983.5047	31983.5047
221	J[183]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
222	I[178]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-943.5743	-9108.8258	45329.9338	30806.4629	30806.4629
222	I[178]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
222	J[184]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	1933.3501	13117.7414	48285.3297	31983.5047	31983.5047
222	J[184]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
223	I[179]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	-943.5676	-9635.0767	45329.9338	30806.4621	30806.4621
223	I[179]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
223	J[185]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	1933.2074	13950.4108	48285.3297	31983.5744	31983.5744
223	J[185]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
229	I[182]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	1933.2314	13693.1219	48285.3297	31983.5608	31983.5608
229	I[182]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
229	J[188]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	3123.9140	19932.9145	51161.5300	33039.2768	33039.2768
229	J[188]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
230	I[183]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	1933.3279	13213.0053	48285.3297	31983.5166	31983.5166
230	I[183]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
230	J[189]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	3124.1942	18723.3156	51161.5300	33039.1475	33039.1475

230	J[189]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
231	I[184]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	1933.3279	13232.8800	48285.3297	31983.5166	31983.5166
231	I[184]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
231	J[190]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	3124.1942	18731.4233	51161.5300	33039.1475	33039.1475
231	J[190]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
232	I[185]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	1933.2314	13806.7737	48285.3297	31983.5608	31983.5608
232	I[185]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
232	J[191]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	3123.9140	20047.9186	51161.5300	33039.2768	33039.2768
232	J[191]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
242	I[194]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	3	3	1742.0144	13674.5686	59606.1123	49216.5066	49216.5066
242	I[194]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
242	J[188]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	3	3	3128.5365	20133.7326	63456.3128	51623.6818	51623.6818
242	J[188]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
243	I[195]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	3	3	1742.1111	13429.3019	59606.1123	49216.4648	49216.4648
243	I[195]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
243	J[189]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	3	3	3128.8003	18832.4902	63456.3128	51623.5715	51623.5715
243	J[189]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
244	I[196]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	3	3	1742.1111	13410.6254	59606.1123	49216.4648	49216.4648
244	I[196]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
244	J[190]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	3	3	3128.8003	18813.4388	63456.3128	51623.5715	51623.5715
244	J[190]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
245	I[197]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	3	3	1742.0144	13479.9775	59606.1123	49216.5066	49216.5066
245	I[197]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
245	J[191]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	3	3	3128.5365	19948.1640	63456.3128	51623.6818	51623.6818
245	J[191]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
251	I[200]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	3	3	-372.2777	-8832.2264	55014.7051	46216.9776	46216.9776
251	I[200]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
251	J[194]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	3	3	1741.9983	13861.2320	59606.1123	49216.5136	49216.5136
251	J[194]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
252	I[201]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	3	3	-372.2465	-8837.3469	55014.7051	46216.9918	46216.9918
252	I[201]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
252	J[195]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	3	3	1742.1420	13305.3962	59606.1123	49216.4514	49216.4514
252	J[195]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
253	I[202]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	3	3	-372.2465	-8790.5517	55014.7051	46216.9918	46216.9918
253	I[202]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
253	J[196]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	3	3	1742.1420	13258.4578	59606.1123	49216.4514	49216.4514
253	J[196]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
254	I[203]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	3	3	-372.2777	-8641.9772	55014.7051	46216.9776	46216.9776
254	I[203]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
254	J[197]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	3	3	1741.9983	13679.0659	59606.1123	49216.5136	49216.5136
254	J[197]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
264	I[206]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	636.9321	-6267.0649	50585.8368	43088.0807	43088.0807
264	I[206]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	636.9321	823.6978	38692.8835	30891.0940	38692.8835
264	J[200]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	3	3	-372.2359	-8966.8524	55014.7051	46216.9966	46216.9966
264	J[200]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
265	I[207]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	4	4	636.9901	-5980.0844	50585.8368	43088.1033	43088.1033
265	I[207]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	636.9901	1575.0226	38692.8835	30891.0940	38692.8835
265	J[201]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	3	3	-372.3047	-8736.8052	55014.7051	46216.9654	46216.9654
265	J[201]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
266	I[208]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	4	4	636.9901	-5931.9881	50585.8368	43088.1033	43088.1033
266	I[208]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	636.9901	1623.1197	38692.8835	30891.0940	38692.8835
266	J[202]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	3	3	-372.3047	-8687.6751	55014.7051	46216.9654	46216.9654

266	J[202]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
267	I[209]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	4	4	636.9321	-6121.2080	50585.8368	43088.0807	43088.0807
267	I[209]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	636.9321	969.5551	38692.8835	30891.0940	38692.8835
267	J[203]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	3	3	-372.2359	-8830.5096	55014.7051	46216.9966	46216.9966
267	J[203]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
273	I[212]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	4	4	1296.0344	-5078.8009	46319.5076	39920.1427	39920.1427
273	I[212]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1296.0344	4026.3100	34877.6739	27720.0167	34877.6739
273	J[206]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	4	4	636.9670	-6278.2470	50585.8368	43088.0923	43088.0923
273	J[206]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	636.9670	746.0900	38692.8835	30891.0940	38692.8835
274	I[213]	Neg	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MIN	1	3	4	4	1296.0995	-4530.4737	46319.5076	39920.1676	39920.1676
274	I[213]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	1296.0995	4396.2087	34877.6739	27720.0167	34877.6739
274	J[207]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	4	4	636.9392	-5907.3410	50585.8368	43088.0829	43088.0829
274	J[207]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	636.9392	1629.5713	38692.8835	30891.0940	38692.8835
275	I[214]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	4	4	1296.0995	-4488.5024	46319.5076	39920.1676	39920.1676
275	I[214]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1296.0995	4438.1805	34877.6739	27720.0167	34877.6739
275	J[208]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	636.9392	-5864.6472	50585.8368	43088.0829	43088.0829
275	J[208]	Pos	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	636.9392	1672.2662	38692.8835	30891.0940	38692.8835
276	I[215]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	1296.0344	-4962.7137	46319.5076	39920.1427	39920.1427
276	I[215]	Pos	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1296.0344	4142.3965	34877.6739	27720.0167	34877.6739
276	J[209]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	636.9670	-6180.6366	50585.8368	43088.0923	43088.0923
276	J[209]	Pos	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	636.9670	851.9267	38692.8835	30891.0940	38692.8835
289	I[222]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	1	3	1615.4668	-4391.3628	42215.7174	36948.2507	36948.2507
289	I[222]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1615.4668	5607.1106	31144.8785	24584.6671	31144.8785
289	J[212]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	4	4	1296.0572	-5076.1280	46319.5076	39920.1505	39920.1505
289	J[212]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1296.0572	3975.7946	34877.6739	27720.0167	34877.6739
290	I[223]	Neg	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MIN	1	3	1	3	1615.5361	-3723.4576	42215.7174	36948.2889	36948.2889
290	I[223]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	1615.5361	5786.0151	31144.8785	24584.6671	31144.8785
290	J[213]	Neg	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MIN	1	3	4	4	1296.0607	-4487.3566	46319.5076	39920.1504	39920.1504
290	J[213]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	1296.0607	4427.6355	34877.6739	27720.0167	34877.6739
291	I[224]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	1	3	1615.5361	-3687.1286	42215.7174	36948.2889	36948.2889
291	I[224]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1615.5361	5822.3438	31144.8785	24584.6671	31144.8785
291	J[214]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	4	4	1296.0607	-4449.5681	46319.5076	39920.1504	39920.1504
291	J[214]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1296.0607	4465.4248	34877.6739	27720.0167	34877.6739
292	I[225]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	1	3	1615.4668	-4287.1254	42215.7174	36948.2507	36948.2507
292	I[225]	Pos	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1615.4668	5711.3479	31144.8785	24584.6671	31144.8785
292	J[215]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	1296.0572	-4983.1025	46319.5076	39920.1505	39920.1505
292	J[215]	Pos	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1296.0572	4068.8201	34877.6739	27720.0167	34877.6739
298	I[228]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	1	3	1605.6641	-4350.1540	38274.4662	33737.5840	33737.5840
298	I[228]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1605.6641	5581.4231	27494.4972	21491.6265	27494.4972
298	J[222]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	1	3	1615.4753	-4395.0269	42215.7174	36948.2554	36948.2554
298	J[222]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1615.4753	5601.7363	31144.8785	24584.6671	31144.8785
299	I[229]	Neg	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MIN	1	3	1	3	1605.7289	-3682.1557	38274.4662	33737.6231	33737.6231
299	I[229]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	1605.7289	5764.7780	27494.4972	21491.6265	27494.4972
299	J[223]	Neg	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MIN	1	3	1	3	1615.5118	-3707.1287	42215.7174	36948.2755	36948.2755
299	J[223]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	1615.5118	5800.6181	31144.8785	24584.6671	31144.8785
300	I[230]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	1	3	1605.7289	-3652.9599	38274.4662	33737.6231	33737.6231
300	I[230]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1605.7289	5793.9731	27494.4972	21491.6265	27494.4972
300	J[224]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	1	3	1615.5118	-3671.6832	42215.7174	36948.2755	36948.2755
300	J[224]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1615.5118	5836.0629	31144.8785	24584.6671	31144.8785
301	I[231]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	1	3	1605.6641	-4242.0946	38274.4662	33737.5840	33737.5840
301	I[231]	Pos	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1605.6641	5689.4816	27494.4972	21491.6265	27494.4972
301	J[225]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	1	3	1615.4753	-4299.3032	42215.7174	36948.2554	36948.2554
301	J[225]	Pos	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1615.4753	5697.4600	31144.8785	24584.6671	31144.8785
311	I[234]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	1	1	1	1273.0250	-5013.1868	105595.2707	84827.2516	105595.2707
311	I[234]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1273.0250	3951.3433	31913.7410	25232.9378	31913.7410
311	J[228]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	1	1	1	1605.6545	-4369.2028	100814.6620	80736.0030	100814.6620
311	J[228]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1605.6545	5599.3772	27494.4972	21491.6265	27494.4972
312	I[235]	Neg	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MIN	1	1	1	1	1273.0529	-4427.0863	105595.2707	84827.2516	105595.2707
312	I[235]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	1273.0529	4380.7948	31913.7410	25232.9378	31913.7410
312	J[229]	Neg	04-SLU-LM1car-T-STR	MY-MIN	1	1	1	1	1605.7245	-3682.5116	100814.6620	80736.0030	100814.6620
312	J[229]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	1605.7245	5747.6346	27494.4972	21491.6265	27494.4972
313	I[236]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	1	1	1	1273.0529	-4389.4377	105595.2707	84827.2516	105595.2707
313	I[236]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1273.0529	4418.4428	31913.7410	25232.9378	31913.7410
313	J[230]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	1	1	1	1605.7245	-3652.2515	100814.6620	80736.0030	100814.6620
313	J[230]	Pos	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1605.7245	5777.8949	27494.4972	21491.6265	27494.4972

314	I[237]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	1	1	1	1273.0250	-4918.6579	105595.2707	84827.2516	105595.2707
314	I[237]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	1273.0250	4045.8718	31913.7410	25232.9378	31913.7410
314	J[231]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	1	1	1	1605.6545	-4255.5051	100814.6620	80736.0030	100814.6620
314	J[231]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	1605.6545	5713.0756	27494.4972	21491.6265	27494.4972
320	I[240]	Neg	03-SLU-LM1car-T+STR	MY-MIN	1	3	1	3	608.8297	-6204.5311	110612.9851	89042.6034	89042.6034
320	I[240]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	608.8297	727.6340	36453.2074	29033.8335	36453.2074
320	J[234]	Neg	03-SLU-LM1car-T+STR	MY-MIN	1	1	1	1	1272.9927	-5038.5484	105595.2707	84827.2516	105595.2707
320	J[234]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	1272.9927	4024.3056	31913.7410	25232.9378	31913.7410
321	I[241]	Neg	03-SLU-LM1car-T+STR	MY-MIN	1	3	1	3	608.8138	-5801.1288	110612.9851	89042.6034	89042.6034
321	I[241]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	608.8138	1585.5828	36453.2074	29033.8335	36453.2074
321	J[235]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	1	1	1	1273.0682	-4461.6295	105595.2707	84827.2516	105595.2707
321	J[235]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	1273.0682	4325.8391	31913.7410	25232.9378	31913.7410
322	I[242]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	1	3	608.8138	-5758.6498	110612.9851	89042.6034	89042.6034
322	I[242]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	608.8138	1628.0616	36453.2074	29033.8335	36453.2074
322	J[236]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	1	1	1	1273.0682	-4421.3477	105595.2707	84827.2516	105595.2707
322	J[236]	Pos	03-SLU-LM1car-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	1273.0682	4366.1209	31913.7410	25232.9378	31913.7410
323	I[243]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	1	3	608.8297	-6107.3752	110612.9851	89042.6034	89042.6034
323	I[243]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	608.8297	824.7897	36453.2074	29033.8335	36453.2074
323	J[237]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	1	1	1	1272.9927	-4923.4307	105595.2707	84827.2516	105595.2707
323	J[237]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	1272.9927	4139.4235	31913.7410	25232.9378	31913.7410
329	I[246]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	4	4	-399.4714	-8836.7761	115867.8053	93591.2676	93591.2676
329	I[246]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
329	J[240]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	1	3	608.7767	-6217.2717	110612.9851	89042.6034	89042.6034
329	J[240]	Pos	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	1	1	1	608.7767	845.1721	36453.2074	29033.8335	36453.2074
330	I[247]	Neg	03-SLU-LM1car-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	-399.5412	-8586.4609	115867.8053	93591.2676	93591.2676
330	I[247]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
330	J[241]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	1	3	608.8486	-5869.4971	110612.9851	89042.6034	89042.6034
330	J[241]	Pos	03-SLU-LM1car-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	608.8486	1500.5760	36453.2074	29033.8335	36453.2074
331	I[248]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	-399.5412	-8541.3289	115867.8053	93591.2676	93591.2676
331	I[248]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
331	J[242]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	1	3	608.8486	-5823.0493	110612.9851	89042.6034	89042.6034
331	J[242]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	608.8486	1547.0225	36453.2074	29033.8335	36453.2074
332	I[249]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	4	4	-399.4714	-8718.6077	115867.8053	93591.2676	93591.2676
332	I[249]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
332	J[243]	Neg	03-SLU-LM1car-T+STR	MY-MIN	1	3	1	3	608.7767	-6082.9721	110612.9851	89042.6034	89042.6034
332	J[243]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	608.7767	979.4712	36453.2074	29033.8335	36453.2074
338	I[252]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	3	3	1764.4352	13777.8697	121359.7312	97844.1146	97844.1146
338	I[252]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
338	J[246]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	4	4	-399.5412	-8713.3112	115867.8053	93591.2676	93591.2676
338	J[246]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
339	I[253]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	3	3	1764.5896	13178.6974	121359.7312	97844.1146	97844.1146
339	I[253]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
339	J[247]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	-399.4910	-8675.1115	115867.8053	93591.2676	93591.2676
339	J[247]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
340	I[254]	Neg	03-SLU-LM1car-T+STR	MY-MIN	1	3	3	3	1764.5896	13140.9894	121359.7312	97844.1146	97844.1146
340	I[254]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
340	J[248]	Neg	03-SLU-LM1car-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	-399.4910	-8633.0805	115867.8053	93591.2676	93591.2676
340	J[248]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
341	I[255]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	4	4	1764.4352	13623.3372	121359.7312	98178.5094	98178.5094
341	I[255]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
341	J[249]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	4	4	-399.5412	-8544.3353	115867.8053	93591.2676	93591.2676
341	J[249]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
347	I[258]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	4	4	3145.5690	20077.4220	125996.5086	102009.0280	102009.0280
347	I[258]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
347	J[252]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	3	3	1764.4887	13600.5144	121359.7312	97844.1146	97844.1146
347	J[252]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
348	I[259]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	3	3	3	3145.8441	18839.9280	125996.5086	101560.4228	101560.4228
348	I[259]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

348	J[253]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	3	3	3	-	1764.5571	13298.3833	121359.7312	97844.1146	97844.1146
348	J[253]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
349	I[260]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	3	3	-	3145.8441	18828.4033	125996.5086	101560.4228	101560.4228
349	I[260]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
349	J[254]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	3	3	-	1764.5571	13290.1436	121359.7312	97844.1146	97844.1146
349	J[254]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
350	I[261]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	3	4	4	-	3145.5690	19931.7443	125996.5086	102009.0280	102009.0280
350	I[261]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
350	J[255]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	3	4	4	-	1764.4887	13437.5621	121359.7312	98178.5094	98178.5094
350	J[255]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
356	I[258]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	3150.1681	19975.4088	47607.3286	31278.9956	31278.9956
356	I[258]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
356	J[264]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	1956.1625	13734.0081	44731.1283	30110.4516	30110.4516
356	J[264]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
357	I[259]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	3150.4699	18820.1262	47607.3286	31278.8822	31278.8822
357	I[259]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
357	J[265]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	1956.2919	13286.5066	44731.1283	30110.4023	30110.4023
357	J[265]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
358	I[260]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	3150.4699	18836.0295	47607.3286	31278.8822	31278.8822
358	I[260]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
358	J[266]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	1956.2919	13316.4427	44731.1283	30110.4023	30110.4023
358	J[266]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
359	I[261]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	3150.1681	20132.8406	47607.3286	31278.9956	31278.9956
359	I[261]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
359	J[267]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	1956.1625	13859.4150	44731.1283	30110.4516	30110.4516
359	J[267]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
365	I[264]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	1956.1537	13821.6733	44731.1283	30110.4534	30110.4534
365	I[264]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
365	J[270]	Neg	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	-962.8618	-9579.9698	41775.7324	28820.7963	28820.7963
365	J[270]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
366	I[265]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	1956.3025	13152.8568	44731.1283	30110.3956	30110.3956
366	I[265]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
366	J[271]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	-962.8809	-9138.5060	41775.7324	28820.7928	28820.7928
366	J[271]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
367	I[266]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	1956.3025	13206.2648	44731.1283	30110.3956	30110.3956
367	I[266]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
367	J[272]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	-962.8809	-9190.4195	41775.7324	28820.7928	28820.7928
367	J[272]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
368	I[267]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	1956.1537	14008.2256	44731.1283	30110.4534	30110.4534
368	I[267]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
368	J[273]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	-962.8618	-9742.7638	41775.7324	28820.7963	28820.7963
368	J[273]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
374	I[270]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	-962.8267	-9673.0339	41775.7324	28820.8116	28820.8116
374	I[270]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
374	J[276]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	-250.0157	-6524.3591	38936.5184	27444.0947	27444.0947
374	J[276]	Pos	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	1	1	1	-	-250.0157	2913.5259	28755.6081	24159.6672	28755.6081
375	I[271]	Neg	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	-962.9155	-9005.5785	41775.7324	28820.7741	28820.7741
375	I[271]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
375	J[277]	Neg	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MIN	1	4	3	4	-	-250.0187	-6057.2737	38936.5184	27444.0967	27444.0967
375	J[277]	Pos	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	1	1	1	-	-250.0187	3335.0320	28755.6081	24159.6682	28755.6081
376	I[272]	Neg	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MIN	1	4	4	4	-	-962.9155	-9070.7919	41775.7324	28820.7741	28820.7741
376	I[272]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Mandataria

Mandanti

385	J[284]	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	70.2885	5159.8562	65008.3711	26051.7085	105.6758	0.1991
386	I[279]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	4	253.7544	-6780.4940	45639.1165	27444.1094	115.7376	0.2526
386	J[285]	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	263.6576	4564.2719	65008.3711	26051.7085	109.0862	0.1793
392	I[282]	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	-199.5194	4723.5430	65008.3711	25768.6134	85.3709	0.1864
392	J[288]	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	-191.9589	4783.1731	64278.8786	23224.9542	84.0955	0.2089
393	I[283]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	-53.4892	5244.3885	65008.3711	25787.3505	86.6147	0.2042
393	J[289]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	-70.1967	5487.3225	64278.8786	23241.7313	85.3208	0.2372
394	I[284]	03-SLU-LM1car-T+-STR	MY-MAX	1	53.3156	5188.8340	65008.3711	25788.5694	86.6948	0.2020
394	J[290]	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	87.4373	5431.8611	64278.8786	23244.7929	85.5369	0.2350
395	I[285]	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	235.4517	4560.2765	65008.3711	25771.2351	85.5971	0.1806
395	J[291]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	293.8400	4630.0141	64278.8786	23229.1382	84.4797	0.2039
401	I[288]	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	-190.1228	4817.6420	64278.8786	23450.1350	99.5334	0.2084
401	J[294]	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	-193.6784	3083.8599	63547.7586	20992.4549	97.9911	0.1500
402	I[289]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	-48.3998	5487.1487	64278.8786	23391.3620	95.3388	0.2353
402	J[295]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	-85.2878	3942.2664	63547.7586	20940.6357	93.8615	0.1896
403	I[290]	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	115.6292	5428.0013	64278.8786	23387.7909	95.0821	0.2339
403	J[296]	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	78.7412	3925.0859	63547.7586	20937.4589	93.6088	0.1887
404	I[291]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	298.8996	4658.9712	64278.8786	23452.0780	99.6128	0.2033
404	J[297]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	295.3439	2973.6642	63547.7586	20992.4549	98.0693	0.1463
410	I[294]	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	-108.0153	3137.8655	64088.0900	20992.4549	149.7451	0.1512
410	J[300]	07-SLU-LM1fr-W-T-STR	MY-MAX	4	-102.1343	94.4811	63386.0494	4561.5889	147.7782	0.0223
411	I[295]	08-SLU-LM1carW-T-STR	MY-MAX	1	61.1836	3915.2268	64088.0900	20992.4549	150.7913	0.1875
411	J[301]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	4	-151.9062	148.4452	63386.0494	4561.5889	148.5288	0.0349
412	I[296]	04-SLU-LM1car-T--STR	MY-MAX	1	67.6433	3909.5086	64088.0900	20992.4549	150.8667	0.1873
412	J[302]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FX-MIN	4	-164.7855	120.3271	63386.0494	4561.5889	144.1642	0.0290
413	I[297]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MAX	1	213.8963	3077.9844	64088.0900	20992.4549	151.2769	0.1500
413	J[303]	06-SLU-LM1carW-T+STR	MY-MIN	4	238.1792	-133.9270	42095.3665	20048.2309	148.8458	0.0123

Table 4 ResLongiS

Elem	part	Lcom	Type	V_L, Ed (kN)	v_L, Ed (kN/m)	P_Rd (kN)	v_L, Rd (kN/m)
139	I[140]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-829.2539	579.0616	107.0454	2140.9074
139	J[146]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-645.3651	413.2809	107.0454	2140.9074
140	I[141]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1336.6093	933.3440	107.0454	2140.9074
140	J[147]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-815.7574	522.3972	107.0454	2140.9074
141	I[142]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1331.2443	929.5977	107.0454	2140.9074
141	J[148]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-810.3924	518.9616	107.0454	2140.9074
142	I[143]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-834.8030	582.9366	107.0454	2140.9074
142	J[149]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-650.9142	416.8345	107.0454	2140.9074
148	I[146]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-510.3894	326.8448	107.0454	2140.9074
148	J[152]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	419.6795	246.8616	107.0454	2140.9074
149	I[147]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-919.2164	588.6506	107.0454	2140.9074
149	J[153]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	800.9176	471.1113	107.0454	2140.9074
150	I[148]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-917.0462	587.2609	107.0454	2140.9074
150	J[154]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	803.0882	472.3880	107.0454	2140.9074
151	I[149]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-514.3082	329.3543	107.0454	2140.9074
151	J[155]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	415.7607	244.5564	107.0454	2140.9074
165	I[152]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	436.4358	256.7178	107.0454	2140.9074
165	J[164]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	585.6166	318.4587	107.0454	2140.9074
166	I[153]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	644.4469	379.0729	107.0454	2140.9074
166	J[165]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1014.7385	551.8155	107.0454	2140.9074
167	I[154]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	644.4445	379.0715	107.0454	2140.9074
167	J[166]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1014.7360	551.8142	107.0454	2140.9074
168	I[155]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	433.7795	255.1554	107.0454	2140.9074
168	J[167]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	582.9603	317.0142	107.0454	2140.9074
174	I[164]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	644.8838	350.6883	107.0454	2140.9074
174	J[170]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	806.8712	407.8996	107.0454	2140.9074
175	I[165]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	893.4968	485.8842	107.0454	2140.9074
175	J[171]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1265.4608	639.7315	107.0454	2140.9074

176	I [166]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	892.7873	485.4984	107.0454	2140.9074
176	J [172]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1264.7513	639.3729	107.0454	2140.9074
177	I [167]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	642.9111	349.6156	107.0454	2140.9074
177	J [173]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	804.8986	406.9024	107.0454	2140.9074
207	I [170]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	930.1955	470.2440	107.0454	2140.9074
207	J [176]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1104.4425	521.5329	107.0454	2140.9074
208	I [171]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1159.6984	586.2652	107.0454	2140.9074
208	J [177]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1536.4586	725.5369	107.0454	2140.9074
209	I [172]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1158.6884	585.7546	107.0454	2140.9074
209	J [178]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1535.4483	725.0598	107.0454	2140.9074
210	I [173]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	928.7017	469.4889	107.0454	2140.9074
210	J [179]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1102.9486	520.8275	107.0454	2140.9074
220	I [176]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1242.2888	586.6258	107.0454	2140.9074
220	J [182]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1429.3516	633.1151	107.0454	2140.9074
221	I [177]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1446.8283	683.2122	107.0454	2140.9074
221	J [183]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1843.7504	816.6683	107.0454	2140.9074
222	I [178]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1445.1976	682.4422	107.0454	2140.9074
222	J [184]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1842.1196	815.9460	107.0454	2140.9074
223	I [179]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1241.3300	586.1731	107.0454	2140.9074
223	J [185]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1428.3929	632.6904	107.0454	2140.9074
229	I [182]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1544.6544	684.1872	107.0454	2140.9074
229	J [188]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1733.1760	725.4079	107.0454	2140.9074
230	I [183]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1795.6554	795.3652	107.0454	2140.9074
230	J [189]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	2231.9780	934.1778	107.0454	2140.9074
231	I [184]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1793.0410	794.2072	107.0454	2140.9074
231	J [190]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	2229.3635	933.0835	107.0454	2140.9074
232	I [185]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1544.9548	684.3202	107.0454	2140.9074
232	J [191]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1733.4763	725.5336	107.0454	2140.9074
242	I [194]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1708.2747	704.5945	107.0454	2140.9074
242	J [188]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1872.2910	728.2169	107.0454	2140.9074
243	I [195]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1883.8540	777.0140	107.0454	2140.9074
243	J [189]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	2277.4394	885.7970	107.0454	2140.9074
244	I [196]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1883.7577	776.9742	107.0454	2140.9074
244	J [190]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	2277.3431	885.7596	107.0454	2140.9074
245	I [197]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1710.5878	705.5486	107.0454	2140.9074
245	J [191]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1874.6041	729.1165	107.0454	2140.9074
251	I [200]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1398.8533	623.1699	107.0454	2140.9074
251	J [194]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1589.6423	655.6635	107.0454	2140.9074
252	I [201]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1534.6635	683.6714	107.0454	2140.9074
252	J [195]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1927.9834	795.2156	107.0454	2140.9074
253	I [202]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1534.6338	683.6582	107.0454	2140.9074
253	J [196]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1927.9538	795.2033	107.0454	2140.9074
254	I [203]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1400.5371	623.9200	107.0454	2140.9074
254	J [197]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1591.3259	656.3579	107.0454	2140.9074
264	I [206]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1087.3221	526.3633	107.0454	2140.9074
264	J [200]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1268.5840	565.1367	107.0454	2140.9074
265	I [207]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1254.0907	607.0945	107.0454	2140.9074
265	J [201]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1621.4720	722.3434	107.0454	2140.9074
266	I [208]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1253.8752	606.9903	107.0454	2140.9074
266	J [202]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1621.2567	722.2475	107.0454	2140.9074
267	I [209]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1089.3041	527.3228	107.0454	2140.9074
267	J [203]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1270.5660	566.0196	107.0454	2140.9074
273	I [212]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	781.4072	414.0042	107.0454	2140.9074
273	J [206]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	954.1025	461.8729	107.0454	2140.9074
274	I [213]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	986.6694	522.7560	107.0454	2140.9074
274	J [207]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1349.9395	653.4941	107.0454	2140.9074
275	I [214]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	986.5188	522.6762	107.0454	2140.9074

275	J[208]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1349.7891	653.4213	107.0454	2140.9074
276	I[215]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	783.5426	415.1356	107.0454	2140.9074
276	J[209]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	956.2380	462.9066	107.0454	2140.9074
289	I[222]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	499.6279	292.1989	107.0454	2140.9074
289	J[212]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	663.8534	351.7220	107.0454	2140.9074
290	I[223]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	733.4357	428.9374	107.0454	2140.9074
290	J[213]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	1095.8553	580.6047	107.0454	2140.9074
291	I[224]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	733.1316	428.7596	107.0454	2140.9074
291	J[214]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	1095.5511	580.4436	107.0454	2140.9074
292	I[225]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	501.9635	293.5648	107.0454	2140.9074
292	J[215]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	666.1890	352.9594	107.0454	2140.9074
298	I[228]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-397.4607	259.2489	107.0454	2140.9074
298	J[222]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	402.0365	235.1242	107.0454	2140.9074
299	I[229]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-845.7222	551.6334	107.0454	2140.9074
299	J[223]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	857.1589	501.2948	107.0454	2140.9074
300	I[220]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-847.0241	552.4825	107.0454	2140.9074
300	J[224]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	855.8570	500.5334	107.0454	2140.9074
301	I[231]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-394.8910	257.5728	107.0454	2140.9074
301	J[225]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	404.6062	236.6271	107.0454	2140.9074
311	I[234]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-658.9892	377.2723	107.0454	2140.9074
311	J[228]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-495.2043	323.0035	107.0454	2140.9074
312	I[235]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1090.5510	624.3420	107.0454	2140.9074
312	J[229]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-727.8612	474.7570	107.0454	2140.9074
313	I[236]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1089.0121	623.4610	107.0454	2140.9074
313	J[230]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-726.3221	473.7531	107.0454	2140.9074
314	I[237]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-662.9824	379.5584	107.0454	2140.9074
314	J[231]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-499.1975	325.6081	107.0454	2140.9074
320	I[240]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-950.8532	484.7723	107.0454	2140.9074
320	J[234]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-778.3775	445.6223	107.0454	2140.9074
321	I[241]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1347.3571	686.9214	107.0454	2140.9074
321	J[235]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-982.8910	562.7066	107.0454	2140.9074
322	I[242]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1346.8994	686.6881	107.0454	2140.9074
322	J[236]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-982.4334	562.4446	107.0454	2140.9074
323	I[243]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-954.5950	486.6800	107.0454	2140.9074
323	J[237]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-782.1194	447.7645	107.0454	2140.9074
329	I[246]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1266.3016	581.6105	107.0454	2140.9074
329	J[240]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1085.0760	553.2030	107.0454	2140.9074
330	I[247]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1618.9048	743.5607	107.0454	2140.9074
330	J[241]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1251.7613	638.1839	107.0454	2140.9074
331	I[248]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1619.1786	743.6865	107.0454	2140.9074
331	J[242]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1252.0352	638.3236	107.0454	2140.9074
332	I[249]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1269.6617	583.1538	107.0454	2140.9074
332	J[243]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1088.4363	554.9161	107.0454	2140.9074
338	I[252]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1587.6650	663.1624	107.0454	2140.9074
338	J[246]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1396.8289	641.5615	107.0454	2140.9074
339	I[253]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1924.3214	803.7827	107.0454	2140.9074
339	J[247]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1532.4319	703.8438	107.0454	2140.9074
340	I[254]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1925.2220	804.1588	107.0454	2140.9074
340	J[248]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1533.3323	704.2574	107.0454	2140.9074
341	I[255]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1590.6738	664.4192	107.0454	2140.9074
341	J[249]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1399.8377	642.9435	107.0454	2140.9074
347	I[258]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1870.5548	727.5416	107.0454	2140.9074
347	J[252]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1706.4905	712.7954	107.0454	2140.9074
348	I[259]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-2273.8093	884.3851	107.0454	2140.9074
348	J[253]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1882.1485	786.1672	107.0454	2140.9074
349	I[260]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-2272.9669	884.0575	107.0454	2140.9074
349	J[254]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1881.3061	785.8153	107.0454	2140.9074

350	I [261]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1874.9839	729.2643	107.0454	2140.9074
350	J [255]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1710.9195	714.6454	107.0454	2140.9074
356	I [258]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1736.3814	726.7495	107.0454	2140.9074
356	J [264]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1547.5691	685.4782	107.0454	2140.9074
357	I [259]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-2235.2928	935.5652	107.0454	2140.9074
357	J [265]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1798.3080	796.5401	107.0454	2140.9074
358	I [260]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-2232.1744	934.2600	107.0454	2140.9074
358	J [266]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1795.1896	795.1589	107.0454	2140.9074
359	I [261]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1743.4981	729.7282	107.0454	2140.9074
359	J [267]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1554.6856	688.6304	107.0454	2140.9074
365	I [264]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1434.3986	635.3506	107.0454	2140.9074
365	J [270]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1246.3794	588.5575	107.0454	2140.9074
366	I [265]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1845.9463	817.6410	107.0454	2140.9074
366	J [271]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1447.2964	683.4332	107.0454	2140.9074
367	I [262]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1846.2578	817.7790	107.0454	2140.9074
367	J [276]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1447.6079	683.5803	107.0454	2140.9074
368	I [267]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1439.3480	637.5429	107.0454	2140.9074
368	J [273]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1251.3289	590.8947	107.0454	2140.9074
374	I [270]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1112.6569	525.4119	107.0454	2140.9074
374	J [276]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-936.6466	473.5053	107.0454	2140.9074
375	I [271]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1537.5458	726.0502	107.0454	2140.9074
375	J [277]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-1158.5910	585.7054	107.0454	2140.9074
376	I [272]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1538.7565	726.6220	107.0454	2140.9074
376	J [278]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-1159.8016	586.3174	107.0454	2140.9074
377	I [273]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1116.9279	527.4287	107.0454	2140.9074
377	J [279]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-940.9176	475.6644	107.0454	2140.9074
383	I [276]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-807.6142	408.2752	107.0454	2140.9074
383	J [282]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-643.0763	349.7054	107.0454	2140.9074
384	I [277]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1268.6036	641.3203	107.0454	2140.9074
384	J [283]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-894.0045	486.1603	107.0454	2140.9074
385	I [278]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1269.8099	641.9301	107.0454	2140.9074
385	J [284]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-895.2110	486.8164	107.0454	2140.9074
386	I [279]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-811.5093	410.2443	107.0454	2140.9074
386	J [285]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-646.9716	351.8236	107.0454	2140.9074
392	I [282]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-571.6740	310.8768	107.0454	2140.9074
392	J [288]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-419.3226	246.6516	107.0454	2140.9074
393	I [283]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-1018.4236	553.8195	107.0454	2140.9074
393	J [289]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-645.4746	379.6774	107.0454	2140.9074
394	I [284]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-1019.6873	554.5067	107.0454	2140.9074
394	J [290]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-646.7383	380.4208	107.0454	2140.9074
395	I [285]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-575.1559	312.7702	107.0454	2140.9074
395	J [291]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-422.8045	248.6997	107.0454	2140.9074
401	I [288]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	-397.4509	233.7863	107.0454	2140.9074
401	J [294]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	482.2585	308.8302	107.0454	2140.9074
402	I [289]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	-804.7534	473.3675	107.0454	2140.9074
402	J [295]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	920.0523	589.1859	107.0454	2140.9074
403	I [290]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	-806.4202	474.3480	107.0454	2140.9074
403	J [296]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	918.3851	588.1183	107.0454	2140.9074
404	I [291]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	-400.4218	235.5339	107.0454	2140.9074
404	J [297]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	479.2875	306.9276	107.0454	2140.9074
410	I [294]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	611.0575	391.3109	107.0454	2140.9074
410	J [300]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	793.4153	554.0358	107.0454	2140.9074
411	I [295]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	819.4615	524.7693	107.0454	2140.9074
411	J [301]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	1336.6256	933.3554	107.0454	2140.9074
412	I [296]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	819.0294	524.4926	107.0454	2140.9074
412	J [302]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	1336.1934	933.0536	107.0454	2140.9074
413	I [297]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	608.2459	389.5104	107.0454	2140.9074

413	J[303]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	790.6038	552.0726	107.0454	2140.9074
-----	--------	----------------------	--------	----------	----------	----------	-----------

Table 5 ResFatig

Elem	part	Icom	Type	lamda_v	delta Tau (kN/m ²)	delta Tau_E,2 (kN/m ²)	delta Tau_c (kN/m ²)	Ratio
139	I[140]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	76165.7222	49229.7146	90000.0000	0.5470
139	J[146]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	54360.0818	35135.6389	90000.0000	0.3904
140	I[141]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	122765.5468	79349.5112	90000.0000	0.8817
140	J[147]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	68712.4780	44412.3101	90000.0000	0.4935
141	I[142]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	122272.7827	79031.0131	90000.0000	0.8781
141	J[148]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	68260.5787	44120.2250	90000.0000	0.4902
142	I[143]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	76675.4004	49559.1450	90000.0000	0.5507
142	J[149]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	54827.4925	35437.7498	90000.0000	0.3938
148	I[146]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	42990.8766	27787.1531	90000.0000	0.3087
148	J[152]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	32470.4437	20987.2713	90000.0000	0.2332
149	I[147]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	77426.9908	50044.9355	90000.0000	0.5561
149	J[153]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	61966.6843	40052.1664	90000.0000	0.4450
150	I[148]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	77244.1897	49926.7820	90000.0000	0.5547
150	J[154]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	62134.6196	40160.7114	90000.0000	0.4462
151	I[149]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	43320.9621	28000.5038	90000.0000	0.3111
151	J[155]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MAX	0.6463	32167.2452	20791.2990	90000.0000	0.2310
165	I[152]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	33766.8666	21825.2142	90000.0000	0.2425
165	J[164]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	41887.8338	27074.2014	90000.0000	0.3008
166	I[153]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	49860.6058	32227.4026	90000.0000	0.3581
166	J[165]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	72581.9605	46913.3502	90000.0000	0.5213
167	I[154]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	49860.4220	32227.2838	90000.0000	0.3581
167	J[166]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	72581.7786	46913.2326	90000.0000	0.5213
168	I[155]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MAX	0.6463	33561.3530	21692.3805	90000.0000	0.2410
168	J[167]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MAX	0.6463	41697.8347	26951.3955	90000.0000	0.2995
174	I[164]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	46127.0889	29814.2439	90000.0000	0.3313
174	J[170]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	53652.2603	34678.1385	90000.0000	0.3853
175	I[165]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	63909.8153	41308.1091	90000.0000	0.4590
175	J[171]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	84145.8101	54387.6444	90000.0000	0.6043
176	I[166]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	63859.0637	41275.3058	90000.0000	0.4586
176	J[172]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	84098.6384	54357.1550	90000.0000	0.6040
177	I[167]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MAX	0.6463	45985.9866	29723.0424	90000.0000	0.3303
177	J[173]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MAX	0.6463	53521.0932	34593.3586	90000.0000	0.3844
207	I[170]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	61852.6126	39978.4362	90000.0000	0.4442
207	J[176]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	68598.7965	44338.8321	90000.0000	0.4927
208	I[171]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	77113.2229	49842.1316	90000.0000	0.5538
208	J[177]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	95432.0516	61682.5065	90000.0000	0.6854
209	I[172]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MAX	0.6463	77046.0676	49798.7258	90000.0000	0.5533
209	J[178]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MAX	0.6463	95369.2961	61641.9445	90000.0000	0.6849
210	I[173]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	61753.2863	39914.2366	90000.0000	0.4435
210	J[179]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	68506.0113	44278.8604	90000.0000	0.4920
220	I[176]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	77160.6634	49872.7948	90000.0000	0.5541
220	J[182]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	83275.5326	53825.1405	90000.0000	0.5981
221	I[177]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	89864.9615	58084.2178	90000.0000	0.6454
221	J[183]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	107418.8427	69430.1690	90000.0000	0.7714
222	I[178]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MAX	0.6463	89763.6746	58018.7510	90000.0000	0.6447
222	J[184]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MAX	0.6463	107323.8351	69368.7608	90000.0000	0.7708
223	I[179]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	77101.1111	49834.3031	90000.0000	0.5537
223	J[185]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	83219.6796	53789.0399	90000.0000	0.5977
229	I[182]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	89993.1989	58167.1041	90000.0000	0.6463
229	J[188]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	95415.0901	61671.5435	90000.0000	0.6852
230	I[183]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	104616.7790	67619.0551	90000.0000	0.7513
230	J[189]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	122875.2199	79420.3984	90000.0000	0.8824

231	I [184]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	104464.4605	67520.6041	90000.0000	0.7502
231	J [190]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	122731.2861	79327.3668	90000.0000	0.8814
232	I [185]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	90010.6974	58178.4143	90000.0000	0.6464
232	J [191]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	95431.6249	61682.2307	90000.0000	0.6854
242	I [194]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	92677.4412	59902.0641	90000.0000	0.6656
242	J [188]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	95784.5559	61910.3477	90000.0000	0.6879
243	I [195]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	102202.9846	66058.8991	90000.0000	0.7340
243	J [189]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	116511.5487	75307.2395	90000.0000	0.8367
244	I [196]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	102197.7607	66055.5226	90000.0000	0.7340
244	J [190]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	116506.6227	75304.0556	90000.0000	0.8367
245	I [197]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	92802.9338	59983.1762	90000.0000	0.6665
245	J [191]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	95902.8937	61986.8354	90000.0000	0.6887
251	I [200]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	81967.4101	52979.6355	90000.0000	0.5887
251	J [194]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	86241.3910	55742.1231	90000.0000	0.6194
252	I [201]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	89925.3631	58123.2584	90000.0000	0.6458
252	J [195]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	104597.0965	67606.3333	90000.0000	0.7512
253	I [202]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	89923.6212	58122.1326	90000.0000	0.6458
253	J [196]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	104595.4883	67605.2939	90000.0000	0.7512
254	I [203]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	82066.0702	53043.4045	90000.0000	0.5894
254	J [197]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	86332.7277	55801.1585	90000.0000	0.6200
264	I [206]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	69234.1512	44749.4936	90000.0000	0.4972
264	J [200]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	74334.1272	48045.8631	90000.0000	0.5338
265	I [207]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	79852.9729	51612.9690	90000.0000	0.5735
265	J [201]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	95012.0032	61411.0082	90000.0000	0.6823
266	I [208]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	79839.2570	51604.1037	90000.0000	0.5734
266	J [202]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	94999.3909	61402.8563	90000.0000	0.6823
267	I [209]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	69360.3511	44831.0629	90000.0000	0.4981
267	J [203]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	74450.2678	48120.9306	90000.0000	0.5347
273	I [212]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	54455.2171	35197.1296	90000.0000	0.3911
273	J [206]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	60751.5285	39266.7504	90000.0000	0.4363
274	I [213]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	68759.6677	44442.8112	90000.0000	0.4938
274	J [207]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	85956.0503	55557.6931	90000.0000	0.6173
275	I [214]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	68749.1703	44436.0262	90000.0000	0.4937
275	J [208]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	85946.4751	55551.5042	90000.0000	0.6172
276	I [215]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	54604.0315	35293.3158	90000.0000	0.3921
276	J [209]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	60887.5018	39354.6368	90000.0000	0.4373
289	I [222]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	38433.7971	24841.6848	90000.0000	0.2760
289	J [212]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	46263.0549	29902.1256	90000.0000	0.3322
290	I [223]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	56419.4313	36466.6994	90000.0000	0.4052
290	J [213]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	76368.6885	49360.9018	90000.0000	0.5485
291	I [224]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	56396.0398	36451.5803	90000.0000	0.4050
291	J [214]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	76347.4885	49347.1992	90000.0000	0.5483
292	I [225]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	38613.4659	24957.8137	90000.0000	0.2773
292	J [215]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	46425.8167	30007.3266	90000.0000	0.3334
298	I [228]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	34099.7913	22040.4001	90000.0000	0.2449
298	J [222]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	30926.5970	19989.4059	90000.0000	0.2221
299	I [229]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	72557.9970	46897.8613	90000.0000	0.5211
299	J [223]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	65936.8193	42618.2632	90000.0000	0.4735
300	I [230]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	72669.6879	46970.0528	90000.0000	0.5219
300	J [224]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	65836.6683	42553.5306	90000.0000	0.4728
301	I [231]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	0.6463	33879.3236	21897.9008	90000.0000	0.2433
301	J [225]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	31124.2731	20117.1739	90000.0000	0.2235
311	I [234]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	49623.7570	32074.3154	90000.0000	0.3564
311	J [228]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	42485.6197	27460.5803	90000.0000	0.3051
312	I [235]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	0.6463	82121.5892	53079.2892	90000.0000	0.5898
312	J [229]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	0.6463	62446.2127	40362.1096	90000.0000	0.4485
313	I [236]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	82005.7012	53004.3850	90000.0000	0.5889

313	J[230]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	62314.1682	40276.7626	90000.0000	0.4475
314	I[237]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	49924.4614	32268.6756	90000.0000	0.3585
314	J[231]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	42828.2149	27682.0167	90000.0000	0.3076
320	I[240]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	63763.5632	41213.5791	90000.0000	0.4579
320	J[234]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	58614.0378	37885.1833	90000.0000	0.4209
321	I[241]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	90352.8425	58399.5597	90000.0000	0.6489
321	J[235]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	74014.4870	47839.2637	90000.0000	0.5315
322	I[242]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	90322.1483	58379.7206	90000.0000	0.6487
322	J[236]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	73980.0260	47816.9898	90000.0000	0.5313
323	I[243]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	64014.4849	41375.7623	90000.0000	0.4597
323	J[237]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	58895.8113	38067.3076	90000.0000	0.4230
329	I[246]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	76500.9822	49446.4098	90000.0000	0.5494
329	J[240]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	72764.4527	47031.3040	90000.0000	0.5226
330	I[247]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	97802.7741	63214.8230	90000.0000	0.7024
330	J[241]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	83942.2528	54256.0751	90000.0000	0.6028
331	I[248]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	97819.3180	63225.5162	90000.0000	0.7025
331	J[242]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	83960.6225	54267.9484	90000.0000	0.6030
332	I[249]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	76703.9798	49577.6173	90000.0000	0.5509
332	J[243]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	72989.7889	47176.9500	90000.0000	0.5242
338	I[252]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	87227.7495	56379.6559	90000.0000	0.6264
338	J[246]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	84386.5195	54543.2269	90000.0000	0.6060
339	I[253]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	105723.9544	68334.6779	90000.0000	0.7593
339	J[247]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	92578.6938	59838.2388	90000.0000	0.6649
340	I[254]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	105773.4341	68366.6591	90000.0000	0.7596
340	J[248]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	92633.0914	59873.3986	90000.0000	0.6653
341	I[255]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	87393.0571	56486.5025	90000.0000	0.6276
341	J[249]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	84568.2916	54660.7152	90000.0000	0.6073
347	I[258]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	95695.7343	61852.9378	90000.0000	0.6873
347	J[252]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	93756.1310	60599.2753	90000.0000	0.6733
348	I[259]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	116325.8342	75187.2029	90000.0000	0.8354
348	J[253]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	103406.9416	66837.0767	90000.0000	0.7426
349	I[260]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	116282.7398	75159.3489	90000.0000	0.8351
349	J[254]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	103360.6568	66807.1605	90000.0000	0.7423
350	I[261]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	95922.3230	61999.3934	90000.0000	0.6889
350	J[255]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	93999.4655	60756.5545	90000.0000	0.6751
356	I[258]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	95591.5547	61785.6014	90000.0000	0.6865
356	J[264]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	90163.0087	58276.8607	90000.0000	0.6475
357	I[259]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	123057.7047	79538.3474	90000.0000	0.8838
357	J[265]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	104771.3215	67718.9436	90000.0000	0.7524
358	I[260]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	122886.0345	79427.3884	90000.0000	0.8825
358	J[266]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	104589.6401	67601.5139	90000.0000	0.7511
359	I[261]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	95983.3421	62038.8332	90000.0000	0.6893
359	J[267]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	90577.6278	58544.8497	90000.0000	0.6505
365	I[264]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	83569.5799	54015.1980	90000.0000	0.6002
365	J[270]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	77414.7399	50037.0171	90000.0000	0.5560
366	I[265]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	107546.7808	69512.8618	90000.0000	0.7724
366	J[271]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	89894.0316	58103.0073	90000.0000	0.6456
367	I[266]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	107564.9298	69524.5924	90000.0000	0.7725
367	J[272]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	89913.3801	58115.5133	90000.0000	0.6457
368	I[267]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	83857.9324	54201.5746	90000.0000	0.6022
368	J[273]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	77722.1582	50235.7170	90000.0000	0.5582
374	I[270]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	69109.0046	44668.6051	90000.0000	0.4963
374	J[276]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	62281.5725	40255.6944	90000.0000	0.4473
375	I[271]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	95499.5746	61726.1501	90000.0000	0.6858
375	J[277]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	77039.5882	49794.5378	90000.0000	0.5533
376	I[272]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	95574.7783	61774.7580	90000.0000	0.6864
376	J[278]	03-SLU-LM1car-T++STR	FZ-MIN	0.6463	77120.0869	49846.5682	90000.0000	0.5539

377	I [273]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	69374.2848	44840.0690	90000.0000	0.4982
377	J [279]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	62565.5705	40439.2565	90000.0000	0.4493
383	I [276]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	0.6463	53701.6642	34710.0707	90000.0000	0.3857
383	J [282]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	0.6463	45997.8020	29730.6793	90000.0000	0.3303
384	I [277]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	84354.7879	54522.7172	90000.0000	0.6058
384	J [283]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	63946.1286	41331.5802	90000.0000	0.4592
385	I [278]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	84435.0048	54574.5653	90000.0000	0.6064
385	J [284]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	64032.4269	41387.3591	90000.0000	0.4599
386	I [279]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	53960.6698	34877.4789	90000.0000	0.3875
386	J [285]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	46276.4201	29910.7641	90000.0000	0.3323
392	I [282]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	40890.5565	26429.6112	90000.0000	0.2937
392	J [288]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	32442.8301	20969.4232	90000.0000	0.2330
393	I [283]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	72845.5481	47083.7200	90000.0000	0.5232
393	J [289]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	49940.1168	32278.7945	90000.0000	0.3587
394	I [284]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	72935.9370	47142.1429	90000.0000	0.5238
394	J [290]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	50037.8912	32341.9910	90000.0000	0.3594
395	I [285]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	0.6463	41139.6057	26590.5841	90000.0000	0.2955
395	J [291]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	0.6463	32712.2214	21143.5443	90000.0000	0.2349
401	I [288]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MIN	0.6463	30750.6192	19875.6627	90000.0000	0.2208
401	J [294]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	40621.3620	26255.6173	90000.0000	0.2917
402	I [289]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MIN	0.6463	62263.4590	40243.9867	90000.0000	0.4472
402	J [295]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	77497.3965	50090.4422	90000.0000	0.5566
403	I [290]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MIN	0.6463	62392.4180	40327.3394	90000.0000	0.4481
403	J [296]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	77356.9717	49999.6786	90000.0000	0.5556
404	I [291]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MIN	0.6463	30980.4766	20024.2310	90000.0000	0.2225
404	J [297]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	40371.1132	26093.8690	90000.0000	0.2899
410	I [294]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	51470.2971	33267.8265	90000.0000	0.3696
410	J [300]	03-SLU-LM1car-T+-STR	FZ-MAX	0.6463	72874.0009	47102.1105	90000.0000	0.5234
411	I [295]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	69024.4815	44613.9736	90000.0000	0.4957
411	J [301]	04-SLU-LM1car-T--STR	FZ-MAX	0.6463	122767.0400	79350.4763	90000.0000	0.8817
412	I [296]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	68988.0848	44590.4486	90000.0000	0.4954
412	J [302]	08-SLU-LM1carW-T-STR	FZ-MAX	0.6463	122727.3442	79324.8189	90000.0000	0.8814
413	I [297]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	51233.4766	33114.7576	90000.0000	0.3679
413	J [303]	06-SLU-LM1carW-T+STR	FZ-MAX	0.6463	72615.7689	46935.2022	90000.0000	0.5215

Di seguito viene esposto in maniera estesa le verifiche riportate in tabella, per semplicità e chiarezza espositiva vengono riportati gli elementi 300 e 359, rispettivamente con sollecitazioni massime positive (mezzeria della campata centrale) e negative (sull'appoggio) nelle posizioni estreme i e j dell'elemento.

Element Number	300
Position Information	I

1 Design Condition

1,1 Design Parameters

■ Partial factors

γ_c for concrete	1,50	γ_v for headed stud	1,25
γ_s for reinforcing steel	1,15	γ_{Ff} for equivalent constant Amplitude stress range	1,00
γ_{M0} for structural steel	1,00	γ_{Mf} for fatigue strength	1,00
γ_{M1} for structural steel	1,10	$\gamma_{Mf,s}$ for fatigue strength of studs in shear	1,00

1,2 Material Information

■ Structural steel

$f_{sk} = 275,000 \text{ MPa}$ $E_s = 210000,000 \text{ MPa}$

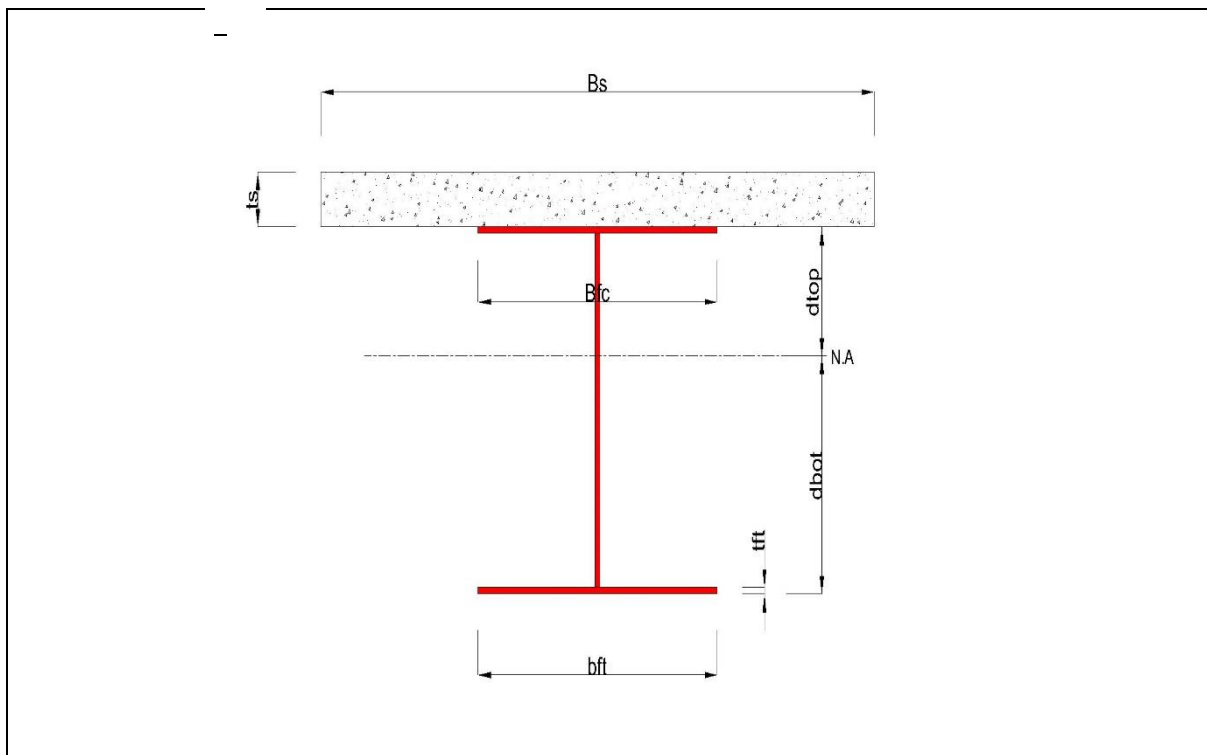
■ Concrete

$f_{ck} = 30,000 \text{ MPa}$ $E_{cm} = 33000,000 \text{ MPa}$

■ Reinforcement

$f_{yk} = 450,000 \text{ MPa}$ $E_r = 210000,000 \text{ MPa}$

1,3 Sectional Information



■ Section Dimensions

Slab

B_c	3400,000	mm	t_c	270,000	mm	H_h	0,000	mm
-------	----------	----	-------	---------	----	-------	-------	----

Girder

H_w	1200,000	mm	B_1	900,000	mm	B_2	1300,000	mm
t_w	25,000	mm	t_{f1}	25,000	mm	t_{f2}	50,000	mm

■ Section Stiffness

Before

After

Mandataria

Mandanti

A _a	117500,000	mm ²
I _{y,a}	31313699578,901	mm ⁴
I _{z,a}	10674479166,667	mm ⁴
C _{y,a}	650,000	mm
C _{z,a}	421,543	mm

A _c	266465,171	mm ²
I _{y,c}	96398426196,734	mm ⁴
I _{z,c}	154177594309,524	mm ⁴
C _{y,c}	650,000	mm
C _{z,c}	974,132	mm

Crack

A _c	184274,060	mm ²
I _{y,c}	107480808196,498	mm ⁴
I _{z,c}	76791204944,490	mm ⁴
C _{y,c}	651,913	mm
C _{z,c}	902,024	mm

2 Bending Resistance

2,1 Positive Moment

■ Design load

Load combination name : 03-SLU-LM1car-T+-STR

N _{a,Ed}	1,214	kN
N _{c,Ed}	-67,549	kN
M _{a,Ed}	1605,729	kN · m
M _{c,Ed}	5793,973	kN · m

- Stress

Top Flange

Left	y ₁	-450,000	mm	z ₁	300,868	mm	σ ₁	-60,553	MPa
	y ₂	-12,500	mm	z ₂	300,868	mm	σ ₂	-62,048	MPa
Right	y ₁	450,000	mm	z ₁	300,868	mm	σ ₁	-63,629	MPa
	y ₂	12,500	mm	z ₂	300,868	mm	σ ₂	-62,134	MPa

Bottom Flange

Left	y ₁	-650,000	mm	z ₁	-974,132	mm	σ ₁	82,144	MPa
	y ₂	-12,500	mm	z ₂	-974,132	mm	σ ₂	79,965	MPa
Right	y ₁	650,000	mm	z ₁	-974,132	mm	σ ₁	77,701	MPa
	y ₂	12,500	mm	z ₂	-974,132	mm	σ ₂	79,880	MPa

Web

Right	y ₁	0,000	mm	z ₁	275,868	mm	σ ₁	-59,306	MPa
-------	----------------	-------	----	----------------	---------	----	----------------	---------	-----

Mandataria

Mandanti

y_2	0,000	mm	z_2	-924,132	mm	σ_2	74,353	MPa
-------	-------	----	-------	----------	----	------------	--------	-----

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	1
Bottom flange	1
Section	1

- Plastic resistance moment, $M_{pl,Rd}$

Plastic NA = 1029,527 mm

N_{slab} = 15606,000 kN

$N_{g,top}$ = 7703,250 kN (Upper side of PNA)

$N_{g,bot}$ = 23309,250 kN (Lower side of PNA)

$M_{pl,Rd}$ = 27494,497 kN · m

x_{pl} = 515,473 mm

M_{Rd} = $\beta M_{pl,Rd}$ = 27494,497 kN · m

here, β = 1,000

M_{Rd} = 27494,497 kN · m > M_{Ed} = 7399,702 kN · m ...OK

2 Bending Resistance

2,2 Negative Moment

■ Design load

Load combination name : 08-SLU-LM1car-W-T--STR

$N_{a,Ed}$	1,214	kN
$N_{c,Ed}$	-121,934	kN
$M_{a,Ed}$	1605,729	kN · m
$M_{c,Ed}$	-3652,960	kN · m

- Stress

Top Flange

Left	y_1	-451,913	mm	z_1	372,976	mm	σ_1	-28,943	MPa
	y_2	-14,413	mm	z_2	372,976	mm	σ_2	-31,650	MPa
Right	y_1	448,087	mm	z_1	372,976	mm	σ_1	-34,512	MPa
	y_2	10,587	mm	z_2	372,976	mm	σ_2	-31,805	MPa

Mandataria

Mandanti

Bottom Flange

Left	y ₁	-651,913	mm	z ₁	-902,024	mm	σ ₁	-5,658	MPa
	y ₂	-14,413	mm	z ₂	-902,024	mm	σ ₂	-9,603	MPa
Right	y ₁	648,087	mm	z ₁	-902,024	mm	σ ₁	-13,703	MPa
	y ₂	10,587	mm	z ₂	-902,024	mm	σ ₂	-9,758	MPa

Web

Right	y ₁	-1,913	mm	z ₁	347,976	mm	σ ₁	-31,295	MPa
	y ₂	-1,913	mm	z ₂	-852,024	mm	σ ₂	-10,545	MPa

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	1
Bottom flange	3
Section	3

- Elastic resistance moment, $M_{el,Rd}$

$k = 9,675$: the lowest factor such that a stress limit is reached.

(Calculate minimum value between Steel Girder and Slab Reinforcement.)

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k \cdot M_{c,Ed} = 33737,623 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = M_{el,Rd} = 33737,623 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 33737,623 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = -2047,231 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \dots \text{OK}$$

3 Resistance to Vertical Shear

■ Design load

Load combination name : 04-SLU-LM1car-T--STR

$$N_{Ed} = 33,280 \text{ kN}$$

$$M_{a,Ed} = 1605,729 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{c,Ed} = 2464,925 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed,a} = -34,610 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,c} = -847,024 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = -881,634 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \max(M_{Ed,t}, M_{Ed,b}) = 16487,025 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mandataria

Mandanti

$$M_{Ed,t} = 16487,025 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,b} = 4604,027 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Stress

Top Flange

Left	y ₁	-450,000	mm	z ₁	300,868	mm	σ ₁	-50,496	MPa
	y ₂	-12,500	mm	z ₂	300,868	mm	σ ₂	-51,299	MPa
Right	y ₁	450,000	mm	z ₁	300,868	mm	σ ₁	-52,149	MPa
	y ₂	12,500	mm	z ₂	300,868	mm	σ ₂	-51,345	MPa

Bottom Flange

Left	y ₁	-650,000	mm	z ₁	-974,132	mm	σ ₁	47,854	MPa
	y ₂	-12,500	mm	z ₂	-974,132	mm	σ ₂	46,683	MPa
Right	y ₁	650,000	mm	z ₁	-974,132	mm	σ ₁	45,466	MPa
	y ₂	12,500	mm	z ₂	-974,132	mm	σ ₂	46,637	MPa

Web

Right	y ₁	0,000	mm	z ₁	275,868	mm	σ ₁	-49,401	MPa
	y ₂	0,000	mm	z ₂	-924,132	mm	σ ₂	42,818	MPa

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	1
Bottom flange	1
Section	1

■ Plastic resistance moment, $M_{pl,Rd}$

$$\text{Plastic NA} = 1029,527 \text{ mm}$$

$$N_{slab} = 15606,000 \text{ kN}$$

$$N_{g,top} = 7703,250 \text{ kN}$$

$$N_{g,bot} = 23309,250 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = 27494,497 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

■ Calculation. $V_{bw,Rd}$

Web

Mandataria

Mandanti

■ Contribution from the web

$$\lambda_w = h_w / (86.4 \cdot t \cdot \epsilon) = 0,601$$

$$X_w = \eta = 1,200 \quad \lambda_w < 0.83/\eta$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{X_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 5196,152 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 5196,152 \text{ kN}$$

$$V_{Edi} = V_{Ed} / \text{Num. of Web} = -881,634 \text{ kN}$$

$$\eta'_3 = V_{Edi} / V_{bw,Rd} = 0,170 \leq 1.0$$

■ Contribution from the flange

$$M_{f,Rd} = 22851,171 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$M_{f,Rd}$ is calculated as $M_{pl,Rd}$ but neglecting the web contribution.

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{c \cdot \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) = 0,000 \text{ kN}$$

$$\text{where, } M_{f,Rd} = 22851,171 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} = 16487,025 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{Taken as the greatest value of } (\sum \sigma_i)W)$$

$$c = a \cdot \left(0.25 + \frac{1.6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{t \cdot h_w^2 \cdot f_{yw}} \right) = 0,000$$

■ Check Shear Resistance

$$V_{Edi} / (V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd}) = 0,170 < 1.0 \quad \dots \text{ OK}$$

■ Interaction M-V

For the section class 1 or 2, M-V interaction should be checked separately by the user.

4 Resistance to Lateral Torsional Buckling

- Design load

Load combination name : 03-SLU-LM1car-T+-STR

$$N_{Ed} = -66,334 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 5793,973 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_1 = 132,124 \text{ kN}$$

$$V_2 = 269,978 \text{ kN}$$

$$M_1 = 7451,575 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = 7399,702 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,Rd} = 27494,497 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mandataria

Mandanti

$$M_{el,Rd} = 21491,627 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- $M_{b,Rd}$ Buckling resistance moment

$$L = 4,800 \text{ m}$$

$$c = C_d / I = 0,000 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = c \cdot L^4 / (E \cdot I) = 0,000$$

$$\mu = V_2 / V_1 = 0,489$$

$$\Phi = 2 \cdot (1 - M_2 / M_1) / (1 + \mu) = 0,009$$

$$m_1 = 1 + 0,44 \cdot (1 + \mu) \cdot \Phi^{1,5} + (3 + 2 \cdot \Phi) \cdot \gamma / (350 - 50 \cdot \mu) = 1,001$$

$$m_2 = 1 + 0,44 \cdot (1 + \mu) \cdot \Phi^{1,5} + (0,195 + (0,05 + \mu / 100) \cdot \Phi) \cdot \gamma^{0,5} = 1,001$$

$$m = \text{Min}(m_1, m_2) = 1,001$$

$$\alpha_{LT} = 0,490$$

$$\lambda_{LT} = 1,103 \cdot L / b \cdot \sqrt{(f_y / E_m)} \cdot \sqrt{(1 + A_{wo} / (3 \cdot A_f))} = 0,223$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,531$$

$$X_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}} = 0,988071426$$

$$M_{Rd} = 27494,497 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b,Rd} = X_{LT} \cdot M_{Rd} = 27166,527 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- $N_{b,Rd}$ Axial buckling resistance

$$X_{LT,N} = 0,972$$

$$N_{b,Rd} = X_{LT} \cdot \text{Area} \cdot f_{yd} = 71197,257 \text{ kN}$$

$$\text{Combined Ratio} = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,214207878$$

6 Resistance to Longitudinal Shear

- Design load

Load combination name : 04-SLU-LM1car-T--STR

$$N_{c,el} = 14018,194 \text{ kN}$$

$$N_{c,f} = 15606,000 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 4070,654 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} = -847,024 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = 27494,497 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{el,Rd} = 21491,627 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Shear resistance of a single connector

$$P_{Rd,1} = 0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V = 107,045 \text{ kN}$$

Mandataria

Mandanti

$$P_{Rd,2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V = 111,725 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2}) = 107,045 \text{ kN}$$

where, $f_u = 440,000 \text{ MPa}$

$\alpha = 1$ for $h_{sc}/d > 4$

Num. = 4

$d = 22,000 \text{ mm}$

$h_{sc} = 200,000 \text{ mm}$

Space = 200,000 mm

- Verification

$$V_{L,Ed} = V_{Ed} \cdot (A \cdot z / l) = 552,483 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Rd} = P_{Rd} \cdot \text{Num./Space} = 2140,907 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Ed} < V_{L,Rd} \quad \dots \quad \text{OK}$$

7 Resistance to Fatigue

- Design load

Load combination name : 04-SLU-LM1car-T--STR

$$F_z = -881,634 \text{ kN}$$

- Shear stress range for the connector

$$\Delta\tau = F_{sc} / A_{sc} = 72,670 \text{ MPa}$$

where, $F_{sc} = V_{L,Ed} \cdot \text{space of stud} / \text{number of stud} = 27,624 \text{ kN}$

$$A_{sc} = 380,133 \text{ mm}^2$$

- Damage equivalent factor

$$\lambda_v = \lambda_{v,1} \cdot \lambda_{v,2} \cdot \lambda_{v,3} \cdot \lambda_{v,4} = 0,646$$

where, $\lambda_{v,1} = 1,550$

$\lambda_{v,2} = 0,417$

$\lambda_{v,3} = 1,000$

$\lambda_{v,4} = 1,000$

- Equivalent constant amplitude range of shear stress related to 2 million cycles

$$\Delta\tau_{E,2} = \lambda_v \cdot \Delta\tau = 46,970 \text{ MPa}$$

- Verification

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) = 0,522 < 1$$

8 Stress Limitation

Mandataria

Mandanti

- In the structural steel

Characteristic load combination name : 19-SLE-LM1car-T+-RARA

$$\sigma_{Ed,ser} = -64,052 \text{ MPa} \quad (\text{Bottom-left fiber in the flange})$$

$$T_{Ed,ser} = 21,779 \text{ MPa} \quad (\text{Neutral axis in the web})$$

$$\sigma_{Ed,ser} = -64,052 \text{ MPa} < f_y / \gamma_{M,ser} = 275,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

$$T_{Ed,ser} = 21,779 \text{ MPa} < f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser}) = 158,771 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

$$\sqrt{(\sigma_{Ed,ser}^2 + 3T_{Ed,ser}^2)} = 74,334 \text{ MPa} < f_y / \gamma_{M,ser} = 275,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

- In the concrete of the slab

Quasi-permanent load combination name : 28-SLE-LM1car-T--QPERM

$$\sigma_c \leq k_2 f_{ck} = 4,368 \text{ MPa} < 13,500 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

- In the reinforcement

Load combination name : 19-SLE-LM1car-T+-RARA

$$\sigma_s \leq k_3 f_{yk} = -48,900 \text{ MPa}$$

Rebar is under compression. No need to check.

9 Longitudinal Shear for SLS(Serviceability limit state)

- Shear resistance of a single connector

Load combination name : 20-SLE-LM1car-T--RARA

$$P_{Rd,1} = 0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V = 111,725 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2}) = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,ser} = k_s \cdot P_{Rd} = 80,284 \text{ kN}$$

where, $f_u = 440,000 \text{ MPa}$

$\alpha = 1$ for $h_{sc}/d > 4$

Num. = 4

$d = 22,000 \text{ mm}$

$h_{sc} = 200,000 \text{ mm}$

Space = 200,000 mm

$$k_s = 0,750$$

- Verification

$$V_{L,Ed} = V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I) = 409,439 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Rd} = P_{Rd,ser} \cdot \text{Num./Space} = 1605,681 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Ed} < V_{L,Rd} \quad \dots \quad \text{OK}$$

Element Number	300
Position Information	J

1 Design Condition

1,1 Design Parameters

■ Partial factors

γ_C for concrete	1,50	γ_V for headed stud	1,25
γ_S for reinforcing steel	1,15	γ_{FI} for equivalent constant Amplitude stress range	1,00
γ_{M0} for structural steel	1,00	γ_{Mf} for fatigue strength	1,00
γ_{M1} for structural steel	1,10	$\gamma_{Mf,s}$ for fatigue strength of studs in shear	1,00

1,2 Material Information

■ Structural steel

$$f_{sk} = 275,000 \text{ MPa} \quad E_s = 210000,000 \text{ MPa}$$

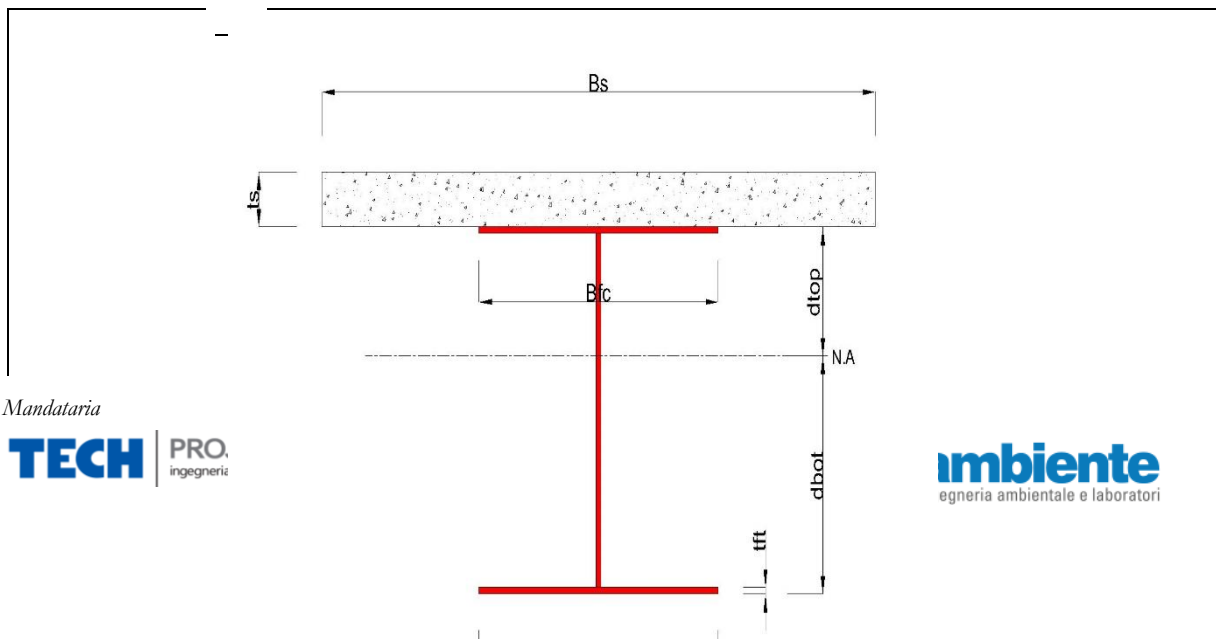
■ Concrete

$$f_{ck} = 30,000 \text{ MPa} \quad E_{cm} = 33000,000 \text{ MPa}$$

■ Reinforcement

$$f_{yk} = 450,000 \text{ MPa} \quad E_r = 210000,000 \text{ MPa}$$

1,3 Sectional Information





■ Section Dimensions

Slab

B_c	3400,000	mm	t_c	270,000	mm	H_h	0,000	mm
-------	----------	----	-------	---------	----	-------	-------	----

Girder

H_w	1354,839	mm	B_1	900,000	mm	B_2	1300,000	mm
t_w	25,000	mm	t_{f1}	25,000	mm	t_{f2}	50,000	mm

■ Section Stiffness

Before

$A_{,a}$	121370,968	mm ²
$I_{y,a}$	40494386805,462	mm ⁴
$I_{z,a}$	10674680779,570	mm ⁴
$C_{y,a}$	650,000	mm
$C_{z,a}$	479,139	mm

After

$A_{,c}$	270336,139	mm ²
$I_{y,c}$	120233646037,816	mm ⁴
$I_{z,c}$	154177795922,427	mm ⁴
$C_{y,c}$	650,000	mm
$C_{z,c}$	1077,399	mm

Crack

$A_{,c}$	188145,028	mm ²
$I_{y,c}$	129052446357,910	mm ⁴
$I_{z,c}$	76791420432,391	mm ⁴
$C_{y,c}$	651,874	mm
$C_{z,c}$	984,247	mm

2 Bending Resistance

2,1 Positive Moment

■ Design load

Load combination name : 03-SLU-LM1car-T+-STR

$N_{a,Ed}$	-1,021	kN
------------	--------	----

Mandataria

Mandanti

$N_{c,Ed}$	1,969	kN
$M_{a,Ed}$	1615,512	kN · m
$M_{c,Ed}$	5836,063	kN · m

- Stress

Top Flange

Left	y_1	-450,000	mm	z_1	352,439	mm	σ_1	-53,761	MPa
	y_2	-12,500	mm	z_2	352,439	mm	σ_2	-55,001	MPa
Right	y_1	450,000	mm	z_1	352,439	mm	σ_1	-56,311	MPa
	y_2	12,500	mm	z_2	352,439	mm	σ_2	-55,072	MPa

Bottom Flange

Left	y_1	-650,000	mm	z_1	-1077,399	mm	σ_1	73,252	MPa
	y_2	-12,500	mm	z_2	-1077,399	mm	σ_2	71,446	MPa
Right	y_1	650,000	mm	z_1	-1077,399	mm	σ_1	69,569	MPa
	y_2	12,500	mm	z_2	-1077,399	mm	σ_2	71,375	MPa

Web

Right	y_1	0,000	mm	z_1	327,439	mm	σ_1	-52,825	MPa
	y_2	0,000	mm	z_2	-1027,399	mm	σ_2	66,989	MPa

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	1
Bottom flange	1
Section	1

- Plastic resistance moment, $M_{pl,Rd}$

Plastic NA = 1106,947 mm

N_{slab} = 15606,000 kN

$N_{g,top}$ = 8235,508 kN (Upper side of PNA)

$N_{g,bot}$ = 23841,508 kN (Lower side of PNA)

$M_{pl,Rd}$ = 31144,878 kN · m

x_{pl} = 592,892 mm

M_{Rd} = $\beta M_{pl,Rd}$ = 31144,878 kN · m

Mandataria

Mandanti

here, $\beta = 1,000$

$M_{Rd} = 31144,878 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = 7451,575 \text{ kN} \cdot \text{m} \dots \text{OK}$

2 Bending Resistance

2,2 Negative Moment

■ Design load

Load combination name : 08-SLU-LM1car-W-T--STR

$N_{a,Ed}$	-1,021	kN
$N_{c,Ed}$	-129,893	kN
$M_{a,Ed}$	1615,512	$\text{kN} \cdot \text{m}$
$M_{c,Ed}$	-3671,683	$\text{kN} \cdot \text{m}$

- Stress

Top Flange

Left	y_1	-451,874	mm	z_1	445,592	mm	σ_1	-22,876	MPa
	y_2	-14,374	mm	z_2	445,592	mm	σ_2	-25,851	MPa
Right	y_1	448,126	mm	z_1	445,592	mm	σ_1	-28,997	MPa
	y_2	10,626	mm	z_2	445,592	mm	σ_2	-26,021	MPa

Bottom Flange

Left	y_1	-651,874	mm	z_1	-984,247	mm	σ_1	-5,154	MPa
	y_2	-14,374	mm	z_2	-984,247	mm	σ_2	-9,489	MPa
Right	y_1	648,126	mm	z_1	-984,247	mm	σ_1	-13,994	MPa
	y_2	10,626	mm	z_2	-984,247	mm	σ_2	-9,659	MPa

Web

Right	y_1	-1,874	mm	z_1	420,592	mm	σ_1	-25,650	MPa
	y_2	-1,874	mm	z_2	-934,247	mm	σ_2	-10,146	MPa

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	1
Bottom flange	3
Section	3

- Elastic resistance moment, $M_{el,Rd}$

Mandataria

Mandanti

$k = 10,503$: the lowest factor such that a stress limit is reached.

(Calculate minimum value between Steel Girder and Slab Reinforcement.)

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k \cdot M_{c,Ed} = 36948,275 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = M_{el,Rd} = 36948,275 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 36948,275 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = -2056,171 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \dots \text{OK}$$

3 Resistance to Vertical Shear

■ Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$N_{Ed} = 50,776 \text{ kN}$$

$$M_{a,Ed} = 1615,512 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{c,Ed} = 2298,383 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed,a} = 30,888 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,c} = 855,857 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 886,745 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \max(M_{Ed,t}, M_{Ed,b}) = 15237,375 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,t} = 15237,375 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,b} = 4431,554 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Stress

Top Flange

Left	y_1	-450,000	mm	z_1	352,439	mm	σ_1	-43,906	MPa
	y_2	-12,500	mm	z_2	352,439	mm	σ_2	-44,470	MPa
Right	y_1	450,000	mm	z_1	352,439	mm	σ_1	-45,065	MPa
	y_2	12,500	mm	z_2	352,439	mm	σ_2	-44,502	MPa

Bottom Flange

Left	y_1	-650,000	mm	z_1	-1077,399	mm	σ_1	40,727	MPa
	y_2	-12,500	mm	z_2	-1077,399	mm	σ_2	39,906	MPa
Right	y_1	650,000	mm	z_1	-1077,399	mm	σ_1	39,053	MPa
	y_2	12,500	mm	z_2	-1077,399	mm	σ_2	39,874	MPa

Web

Right	y_1	0,000	mm	z_1	327,439	mm	σ_1	-43,010	MPa
	y_2	0,000	mm	z_2	-1027,399	mm	σ_2	36,940	MPa

Mandatataria

Mandanti

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	1
Bottom flange	1
Section	1

■ Plastic resistance moment, $M_{pl,Rd}$

Plastic NA = 1106,947 mm

$N_{slab} = 15606,000$ kN

$N_{g,top} = 8235,508$ kN

$N_{g,bot} = 23841,508$ kN

$M_{pl,Rd} = 31144,878$ kN · m

■ Calculation. $V_{bw,Rd}$

Web

■ Contribution from the web

$\lambda_w = h_w / (86.4 \cdot t \cdot \epsilon) = 0,601$

$X_w = \eta = 1,200 \quad \lambda_w < 0.83/\eta$

$$V_{bw,Rd} = \frac{X_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 5866,624 \text{ kN}$$

$V_{Rd} = 5866,624$ kN

$V_{Edi} = V_{Ed} / \text{Num. of Web} = 886,745$ kN

$\eta^3 = V_{Edi} / V_{bw,Rd} = 0,151 \leq 1.0$

■ Contribution from the flange

$M_{f,Rd} = 25417,623$ kN · m

$M_{f,Rd}$ is calculated as $M_{pl,Rd}$ but neglecting the web contribution.

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{c \cdot \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) = 0,000 \text{ kN}$$

where, $M_{f,Rd} = 25417,623$ kN · m

Mandataria

Mandanti

$$M_{Ed} = 15237,375 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{Taken as the greatest value of } (\sum \sigma_i)W)$$

$$c = a \cdot \left(0.25 + \frac{1.6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{t \cdot h_w^2 \cdot f_{yw}} \right) = 0,000$$

■ Check Shear Resistance

$$V_{Edi} / (V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd}) = 0,151 < 1.0 \quad \dots \text{ OK}$$

■ Interaction M-V

For the section class 1 or 2, M-V interaction should be checked separately by the user.

4 Resistance to Lateral Torsional Buckling

- Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$N_{Ed} = 13,350 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 5833,386 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_1 = 132,279 \text{ kN}$$

$$V_2 = 270,133 \text{ kN}$$

$$M_1 = 7448,897 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = 7397,771 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,Rd} = 31144,878 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{el,Rd} = 24584,667 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- $M_{b,Rd}$ Buckling resistance moment

$$L = 4,800 \text{ m}$$

$$c = C_d / I = 0,000 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = c \cdot L^4 / (E \cdot I) = 0,000$$

$$\mu = V_2 / V_1 = 0,490$$

$$\Phi = 2 \cdot (1 - M_2 / M_1) / (1 + \mu) = 0,009$$

$$m_1 = 1 + 0.44 \cdot (1 + \mu) \cdot \Phi^{1.5} + (3 + 2 \cdot \Phi) \cdot \gamma / (350 - 50 \cdot \mu) = 1,001$$

$$m_2 = 1 + 0.44 \cdot (1 + \mu) \cdot \Phi^{1.5} + (0.195 + (0.05 + \mu / 100) \cdot \Phi) \cdot \gamma^{0.5} = 1,001$$

$$m = \text{Min}(m_1, m_2) = 1,001$$

$$\alpha_{LT} = 0,490$$

$$\lambda_{LT} = 1.103 \cdot L / b \cdot \sqrt{(f_y / E_m)} \cdot \sqrt{(1 + A_{wc} / (3 \cdot A_t))} = 0,225$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT}) \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2 = 0,532$$

$$X_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}} = 0,987090904$$

$$M_{Rd} = 31144,878 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b,Rd} = X_{LT} \cdot M_{Rd} = 30742,826 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mandataria

Mandanti

- $N_{b,Rd}$ Axial buckling resistance

$$X_{LT,N} = 0,969$$

$$N_{b,Rd} = X_{LT} \cdot Area \cdot f_{yd} = 72041,718 \text{ kN}$$

$$\text{Combined Ratio} = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,18993317$$

6 Resistance to Longitudinal Shear

- Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$N_{c,el} = 14377,925 \text{ kN}$$

$$N_{c,f} = 15606,000 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 3913,894 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} = 855,857 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = 31144,878 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{el,Rd} = 24584,667 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Shear resistance of a single connector

$$P_{Rd,1} = 0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V = 111,725 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2}) = 107,045 \text{ kN}$$

where, $f_u = 440,000 \text{ MPa}$

$$\alpha = 1 \quad \text{for } h_{sc}/d > 4$$

$$\text{Num.} = 4$$

$$d = 22,000 \text{ mm}$$

$$h_{sc} = 200,000 \text{ mm}$$

$$\text{Space} = 200,000 \text{ mm}$$

- Verification

$$V_{L,Ed} = V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I) = 500,533 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Rd} = P_{Rd} \cdot \text{Num.}/\text{Space} = 2140,907 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Ed} < V_{L,Rd} \quad \dots \quad \text{OK}$$

7 Resistance to Fatigue

- Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$F_z = 886,745 \text{ kN}$$

Mandataria

Mandanti

- Shear stress range for the connector

$$\Delta\tau = F_{sc} / A_{sc} = 65,837 \text{ MPa}$$

where, $F_{sc} = v_{L,Ed} \cdot \text{space of stud} / \text{number of stud} = 25,027 \text{ kN}$

$$A_{sc} = 380,133 \text{ mm}^2$$

- Damage equivalent factor

$$\lambda_v = \lambda_{v,1} \cdot \lambda_{v,2} \cdot \lambda_{v,3} \cdot \lambda_{v,4} = 0,646$$

where, $\lambda_{v,1} = 1,550$

$$\lambda_{v,2} = 0,417$$

$$\lambda_{v,3} = 1,000$$

$$\lambda_{v,4} = 1,000$$

- Equivalent constant amplitude range of shear stress related to 2 million cycles

$$\Delta\tau_{E,2} = \lambda_v \cdot \Delta\tau = 42,554 \text{ MPa}$$

- Verification

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) = 0,473 < 1$$

8 Stress Limitation

- In the structural steel

Characteristic load combination name : 19-SLE-LM1car-T+-RARA

$$\sigma_{Ed,ser} = -57,204 \text{ MPa} \quad (\text{Bottom-left fiber in the flange})$$

$$T_{Ed,ser} = 19,381 \text{ MPa} \quad (\text{Neutral axis in the web})$$

$$\sigma_{Ed,ser} = -57,204 \text{ MPa} < f_y / \gamma_{M,ser} = 275,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

$$T_{Ed,ser} = 19,381 \text{ MPa} < f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser}) = 158,771 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

$$\sqrt{(\sigma_{Ed,ser}^2 + 3T_{Ed,ser}^2)} = 66,325 \text{ MPa} < f_y / \gamma_{M,ser} = 275,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

- In the concrete of the slab

Quasi-permanent load combination name : 27-SLE-LM1car-T+-QPERM

$$\sigma_c \leq k_2 f_{ck}$$

$$3,752 \text{ MPa} < 13,500 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

- In the reinforcement

Load combination name : 19-SLE-LM1car-T+-RARA

$$\sigma_s \leq k_3 f_{yk}$$

$$-41,723 \text{ MPa}$$

Rebar is under compression. No need to check.

9 Longitudinal Shear for SLS(Serviceability limit state)

- Shear resistance of a single connector

Load combination name : 23-SLE-LM1car-T+-FREQ

$$P_{Rd,1} = 0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V = 111,725 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2}) = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,ser} = k_s \cdot P_{Rd} = 80,284 \text{ kN}$$

where, $f_u = 440,000 \text{ MPa}$

$$\alpha = 1 \quad \text{for } h_{sc}/d > 4$$

$$\text{Num.} = 4$$

$$d = 22,000 \text{ mm}$$

$$h_{sc} = 200,000 \text{ mm}$$

$$\text{Space} = 200,000 \text{ mm}$$

$$k_s = 0,750$$

- Verification

$$V_{L,Ed} = V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I) = 370,756 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Rd} = P_{Rd,ser} \cdot \text{Num.}/\text{Space} = 1605,681 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Ed} < V_{L,Rd} \quad \dots \quad \text{OK}$$

Element Number	359
Position Information	I

1 Design Condition

1,1 Design Parameters

■ Partial factors

γ_C for concrete	1,50	γ_V for headed stud	1,25
γ_S for reinforcing steel	1,15	γ_{Ff} for equivalent constant Amplitude stress range	1,00
γ_{M0} for structural steel	1,00	γ_{Mf} for fatigue strength	1,00
γ_{M1} for structural steel	1,10	$\gamma_{Mf,s}$ for fatigue strength of studs in shear	1,00

1,2 Material Information

■ Structural steel

$$f_{sk} = 275,000 \text{ MPa} \quad E_s = 210000,000 \text{ MPa}$$

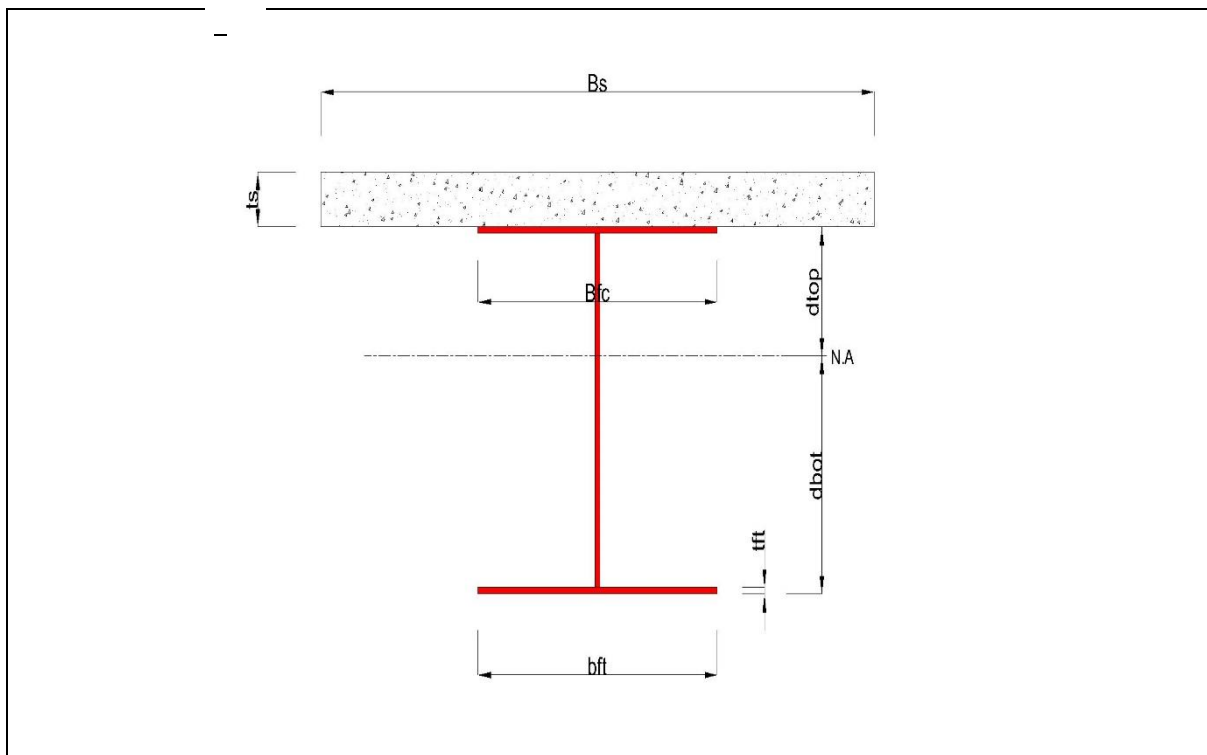
■ Concrete

$$f_{ck} = 30,000 \text{ MPa} \quad E_{cm} = 33000,000 \text{ MPa}$$

■ Reinforcement

$$f_{yk} = 450,000 \text{ MPa} \quad E_r = 210000,000 \text{ MPa}$$

1,3 Sectional Information



■ Section Dimensions

Slab

B_c	3400,000	mm	t_c	270,000	mm	H_h	0,000	mm
-------	----------	----	-------	---------	----	-------	-------	----

Girder

H_w	2100,000	mm	B_1	900,000	mm	B_2	1300,000	mm
t_w	25,000	mm	t_{f1}	25,000	mm	t_{f2}	26,000	mm

■ Section Stiffness

Before

After

Mandataria

Mandanti

A _a	108800,000	mm ²
I _{y,a}	81561527811,497	mm ⁴
I _{z,a}	6281651041,667	mm ⁴
C _{y,a}	650,000	mm
C _{z,a}	965,493	mm

A _c	257765,171	mm ²
I _{y,c}	192106925037,760	mm ⁴
I _{z,c}	149784766184,524	mm ⁴
C _{y,c}	650,000	mm
C _{z,c}	1728,628	mm

Crack

A _c	175574,060	mm ²
I _{y,c}	195531019784,577	mm ⁴
I _{z,c}	72395942703,827	mm ⁴
C _{y,c}	650,844	mm
C _{z,c}	1593,233	mm

2 Bending Resistance

2,1 Negative Moment

■ Design load

Load combination name : 03-SLU-LM1car-T+-STR

N _{a,Ed}	-8,192	kN
N _{c,Ed}	-279,620	kN
M _{a,Ed}	-3150,168	kN · m
M _{c,Ed}	-20132,841	kN · m

- Stress

Top Flange

Left	y ₁	-450,844	mm	z ₁	557,767	mm	σ ₁	105,676	MPa
	y ₂	-13,344	mm	z ₂	557,767	mm	σ ₂	101,673	MPa
Right	y ₁	449,156	mm	z ₁	557,767	mm	σ ₁	97,440	MPa
	y ₂	11,656	mm	z ₂	557,767	mm	σ ₂	101,444	MPa

Bottom Flange

Left	y ₁	-650,844	mm	z ₁	-1593,233	mm	σ ₁	-197,050	MPa
	y ₂	-13,344	mm	z ₂	-1593,233	mm	σ ₂	-202,883	MPa
Right	y ₁	649,156	mm	z ₁	-1593,233	mm	σ ₁	-208,946	MPa
	y ₂	11,656	mm	z ₂	-1593,233	mm	σ ₂	-203,112	MPa

Web

Right	y ₁	-0,844	mm	z ₁	532,767	mm	σ ₁	98,019	MPa
-------	----------------	--------	----	----------------	---------	----	----------------	--------	-----

Mandataria

Mandanti

y_2	-0,844	mm	z_2	-1567,233	mm	σ_2	-199,317	MPa
-------	--------	----	-------	-----------	----	------------	----------	-----

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	4
Bottom flange	4
Section	4

- Effective section

- Effective stiffness for N_{Ed}

Before

$A_{a,eff}$	84603,883	mm ²
$I_{y,a,eff}$	79292790126,565	mm ⁴
$I_{z,a,eff}$	6281651041,667	mm ⁴
$C_{y,a,eff}$	650,000	mm
$C_{z,a,eff}$	933,889	mm

After

$A_{c,eff}$	84603,883	mm ²
$I_{y,c,eff}$	79292790126,565	mm ⁴
$I_{z,c,eff}$	149784766184,524	mm ⁴
$C_{y,c,eff}$	650,000	mm
$C_{z,c,eff}$	933,889	mm

- Effective stiffness for M_{Ed}

Before

$A_{a,eff}$	108800,000	mm ²
$I_{y,a,eff}$	81561527811,497	mm ⁴
$I_{z,a,eff}$	6281651041,667	mm ⁴
$C_{y,a,eff}$	650,000	mm
$C_{z,a,eff}$	965,493	mm

After

$A_{c,eff}$	170948,560	mm ²
$I_{y,c,eff}$	191480787293,611	mm ⁴
$I_{z,c,eff}$	72395942703,827	mm ⁴
$C_{y,c,eff}$	650,844	mm
$C_{z,c,eff}$	1618,176	mm

- Added moment

$$\Delta M_{a,Ed} = N_{a,Ed} \cdot (C_{z,a} - C_{z,a,eff}) = 0,259 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Delta M_{c,Ed} = N_{c,Ed} \cdot (C_{z,c} - C_{z,c,eff}) = 184,366 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a,top} &= [N_{a,Ed}/A_{a,eff} + (M_{a,Ed} + \Delta M_{a,Ed}) \cdot (z_{t,a}/I_{y,a,eff})] + [N_{c,Ed}/A_{c,eff} + (M_{c,Ed} + \Delta M_{c,Ed}) \cdot (z_{t,c}/I_{y,c,eff})] \\ &= 101,294 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a,bot} &= [N_{a,Ed}/A_{a,eff} + (M_{a,Ed} + \Delta M_{a,Ed}) \cdot (z_{b,a}/I_{y,a,eff})] + [N_{c,Ed}/A_{c,eff} + (M_{c,Ed} + \Delta M_{c,Ed}) \cdot (z_{b,c}/I_{y,c,eff})] \\ &= -205,869 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$k = 1,406 : \text{the lowest factor such that a stress limit is reached.}$$

(Calculate minimum value between Steel Girder and Slab Reinforcement.)

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + \Delta M_{a,Ed} + k \cdot (M_{c,Ed} + \Delta M_{c,Ed}) = 31278,996 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = M_{el,Rd} = 31278,996 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mandataria

Mandanti

$$M_{Rd} = 31278,996 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = -23283,009 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \dots \text{OK}$$

3 Resistance to Vertical Shear

■ Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -221,218 \text{ kN} \\ M_{a,Ed} &= -3150,168 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_{c,Ed} &= -18884,997 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ V_{Ed,a} &= -293,017 \text{ kN} \\ V_{Ed,c} &= -1743,498 \text{ kN} \\ V_{Ed} &= -2036,515 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$M_{Ed} = \max(M_{Ed,t}, M_{Ed,b}) = 35192,641 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,t} = 35192,641 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,b} = 23151,400 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Stress

Top Flange

Left	y ₁	-450,844	mm	z ₁	557,767	mm	σ ₁	103,526	MPa
	y ₂	-13,344	mm	z ₂	557,767	mm	σ ₂	98,478	MPa
Right	y ₁	449,156	mm	z ₁	557,767	mm	σ ₁	93,141	MPa
	y ₂	11,656	mm	z ₂	557,767	mm	σ ₂	98,189	MPa

Bottom Flange

Left	y ₁	-650,844	mm	z ₁	-1593,233	mm	σ ₁	-184,995	MPa
	y ₂	-13,344	mm	z ₂	-1593,233	mm	σ ₂	-192,351	MPa
Right	y ₁	649,156	mm	z ₁	-1593,233	mm	σ ₁	-199,995	MPa
	y ₂	11,656	mm	z ₂	-1593,233	mm	σ ₂	-192,640	MPa

Web

Right	y ₁	-0,844	mm	z ₁	532,767	mm	σ ₁	94,953	MPa
	y ₂	-0,844	mm	z ₂	-1567,233	mm	σ ₂	-188,980	MPa

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	4

Bottom flange	4
Section	4

■ Plastic resistance moment, $M_{pl,Rd}$

Plastic NA = 2143,341 mm

$N_{slab} = 0,000$ kN

$N_{g,top} = 4291,990$ kN

$N_{g,bot} = 25628,010$ kN

$M_{pl,Rd} = 47607,329$ kN · m

■ Calculation. $V_{bw,Rd}$

Web

■ Contribution from the web

$\lambda_w = h_w / (86.4 \cdot t \cdot \varepsilon) = 1,052$

$X_w = 0.83 / \lambda_w = 0,789$ $0.83/\eta \leq \lambda_w < 1.08$

$V_{bw,Rd} = \frac{X_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 5980,243$ kN

$V_{Rd} = 5980,243$ kN

$V_{Edi} = V_{Ed} / \text{Num. of Web} = -2036,515$ kN

$\eta'_3 = V_{Edi} / V_{bw,Rd} = 0,341 \leq 1.0$

■ Contribution from the flange

$M_{f,Rd0} = 32101,532$ kN · m

$M_{f,Rd0}$ is calculated as $M_{pl,Rd}$ but neglecting the web contribution.

Reduction factor for N_{Ed} = $1 - \frac{N_{Ed}}{(A_{f1} + A_{f2}) \cdot f_{yf} / \gamma_{M0}} = 0,986$

$M_{f,Rd} = \text{Reduction factor for } N_{Ed} \cdot M_{f,Rd0} = 31642,857$ kN · m

$V_{bf,Rd} = \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{c \cdot \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) = 0,000$ kN

where, $M_{f,Rd} = 31642,857$ kN · m

$M_{Ed} = 35192,641$ kN · m (Taken as the greatest value of $(\sum \sigma_i)W$)

$$c = a \cdot \left(0.25 + \frac{1.6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{t \cdot h_w^2 \cdot f_{yw}} \right) = 0,000$$

■ Check Shear Resistance

$$V_{Ed} / (V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd}) = 0,341 < 1.0 \quad \dots \text{OK}$$

■ Interaction M-V

$$\eta'_3 = 0,341 < 0.5$$

There is no need to verify the interaction criterion

4 Resistance to Lateral Torsional Buckling

- Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

N_{Ed}	=	-310,952	kN
M_{Ed}	=	-20120,397	kN · m
V_1	=	-1885,280	kN
V_2	=	-1405,316	kN
M_1	=	-23270,565	kN · m
M_2	=	-15761,487	kN · m
$M_{pl,Rd}$	=	47607,329	kN · m
$M_{el,Rd}$	=	31278,996	kN · m

- $M_{b,Rd}$ Buckling resistance moment

L	=	4,500	m
c	= C_d / I	=	0,000 kN/m ²
γ	= $c \cdot L^4 / (E \cdot I)$	=	0,000
μ	= V_2 / V_1	=	0,745
Φ	= $2 \cdot (1 - M_2 / M_1) / (1 + \mu)$	=	0,370
m_1	= $1 + 0.44 \cdot (1 + \mu) \cdot \Phi^{1.5} + (3 + 2 \cdot \Phi) \cdot \gamma / (350 - 50 \cdot \mu)$	=	1,173
m_2	= $1 + 0.44 \cdot (1 + \mu) \cdot \Phi^{1.5} + (0.195 + (0.05 + \mu / 100) \cdot \Phi) \cdot \gamma^{0.5}$	=	1,173
m	= $\text{Min}(m_1, m_2)$	=	1,173
α_{LT}	=	0,490	
λ_{LT}	= $1.103 \cdot L / b \cdot \sqrt{(f_y / E_m)} \cdot \sqrt{(1 + A_{wc} / (3 \cdot A_t))}$	=	0,150
Φ_{LT}	= $0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT}) \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2$	=	0,499
X_{LT}	= $\frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}}$	=	1
M_{Rd}	=	31278,996	kN · m
$M_{b,Rd}$	= $X_{LT} \cdot M_{Rd}$	=	31278,996 kN · m

Mandataria

Mandanti

- $N_{b,Rd}$ Axial buckling resistance

$$X_{LT,N} = 1,000$$

$$N_{b,Rd} = X_{LT} \cdot Area \cdot f_{yd} = 48282,867 \text{ kN}$$

$$\text{Combined Ratio} = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,649696068$$

6 Resistance to Longitudinal Shear

- Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$N_{c,el} = 0,000 \text{ kN}$$

$$N_{c,f} = 0,000 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -22035,165 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} = -1743,498 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = 47607,329 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{el,Rd} = 31278,996 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Shear resistance of a single connector

$$P_{Rd,1} = 0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V = 111,725 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2}) = 107,045 \text{ kN}$$

where, $f_u = 440,000 \text{ MPa}$

$$\alpha = 1 \quad \text{for } h_{sc}/d > 4$$

$$\text{Num.} = 4$$

$$d = 22,000 \text{ mm}$$

$$h_{sc} = 200,000 \text{ mm}$$

$$\text{Space} = 200,000 \text{ mm}$$

- Verification

$$V_{L,Ed} = V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I) = 729,728 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Rd} = P_{Rd} \cdot \text{Num.}/\text{Space} = 2140,907 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Ed} < V_{L,Rd} \quad \dots \quad \text{OK}$$

7 Resistance to Fatigue

- Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$F_z = -2036,515 \text{ kN}$$

Mandataria

Mandanti

- Shear stress range for the connector

$$\Delta\tau = F_{sc} / A_{sc} = 95,983 \text{ MPa}$$

where, $F_{sc} = v_{L,Ed} \cdot \text{space of stud} / \text{number of stud} = 36,486 \text{ kN}$

$$A_{sc} = 380,133 \text{ mm}^2$$

- Damage equivalent factor

$$\lambda_v = \lambda_{v,1} \cdot \lambda_{v,2} \cdot \lambda_{v,3} \cdot \lambda_{v,4} = 0,646$$

where, $\lambda_{v,1} = 1,550$

$$\lambda_{v,2} = 0,417$$

$$\lambda_{v,3} = 1,000$$

$$\lambda_{v,4} = 1,000$$

- Equivalent constant amplitude range of shear stress related to 2 million cycles

$$\Delta\tau_{E,2} = \lambda_v \cdot \Delta\tau = 62,039 \text{ MPa}$$

- Verification

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) = 0,689 < 1$$

8 Stress Limitation

- In the structural steel

Characteristic load combination name : 19-SLE-LM1car-T+-RARA

$$\sigma_{Ed,ser} = 154,526 \text{ MPa} \quad (\text{Bottom-right fiber in the flange})$$

$$\tau_{Ed,ser} = 28,646 \text{ MPa} \quad (\text{Neutral axis in the web})$$

$$\sigma_{Ed,ser} = 154,526 \text{ MPa} < f_y / \gamma_{M,ser} = 275,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

$$\tau_{Ed,ser} = 28,646 \text{ MPa} < f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser}) = 158,771 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

$$\sqrt{(\sigma_{Ed,ser})^2 + 3(\tau_{Ed,ser})^2} = 162,297 \text{ MPa} < f_y / \gamma_{M,ser} = 275,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

- In the concrete of the slab

Characteristic load combination name : 17-SLE-LM1-T+-RARA

$$\sigma_c \leq k_1 f_{ck} = 0,000 \text{ MPa} < 18,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

- In the reinforcement

Load combination name : 19-SLE-LM1car-T+-RARA

$$\sigma_s \leq k_3 f_{yk}$$

101,524 MPa < 360,000 MPa ... OK

9 Longitudinal Shear for SLS(Serviceability limit state)

- Shear resistance of a single connector

Load combination name : 23-SLE-LM1car-T+-FREQ

$$P_{Rd,1} = 0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V = 111,725 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2}) = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,ser} = k_s \cdot P_{Rd} = 80,284 \text{ kN}$$

where, $f_u = 440,000 \text{ MPa}$

$\alpha = 1$ for $h_{sc}/d > 4$

Num. = 4

$d = 22,000 \text{ mm}$

$h_{sc} = 200,000 \text{ mm}$

Space = 200,000 mm

$k_s = 0,750$

- Verification

$$V_{L,Ed} = V_{Ed} \cdot (A \cdot z / l) = 541,581 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Rd} = P_{Rd,ser} \cdot \text{Num.} / \text{Space} = 1605,681 \text{ kN/m}$$

$V_{L,Ed} < V_{L,Rd}$... OK

Element Number	359
Position Information	J

1 Design Condition

1,1 Design Parameters

■ Partial factors

γ_C for concrete	1,50	γ_V for headed stud	1,25
γ_S for reinforcing steel	1,15	γ_{FR} for equivalent constant Amplitude stress range	1,00
γ_{M0} for structural steel	1,00	γ_{MF} for fatigue strength	1,00

Mandataria

Mandanti

γ_{M1} for structural steel	1,10	$\gamma_{Mf,s}$ for fatigue strength of studs in shear	1,00
------------------------------------	------	--	------

1,2 Material Information

■ Structural steel

$$f_{sk} = 275,000 \text{ MPa} \quad E_s = 210000,000 \text{ MPa}$$

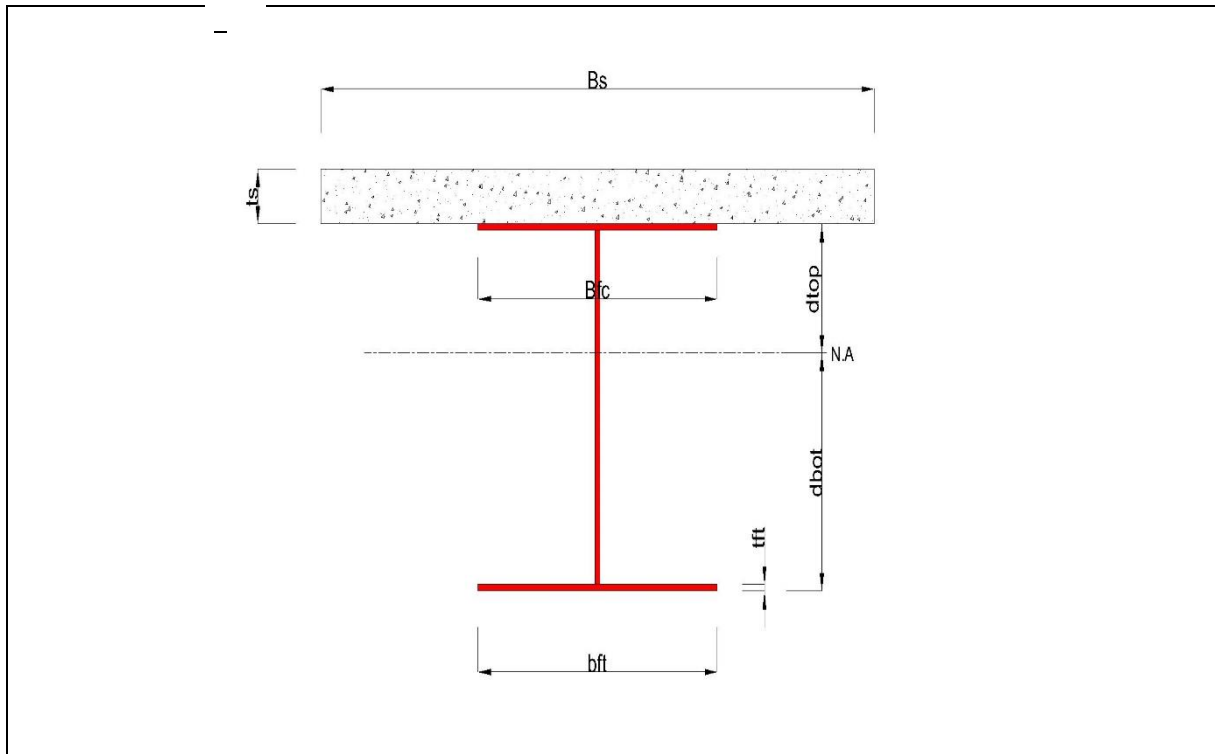
■ Concrete

$$f_{ck} = 30,000 \text{ MPa} \quad E_{cm} = 33000,000 \text{ MPa}$$

■ Reinforcement

$$f_{yk} = 450,000 \text{ MPa} \quad E_r = 210000,000 \text{ MPa}$$

1,3 Sectional Information



■ Section Dimensions

Slab

B_c	3400,000	mm	t_c	270,000	mm	H_h	0,000	mm
-------	----------	----	-------	---------	----	-------	-------	----

Girder

H_w	1977,273	mm	B_1	900,000	mm	B_2	1300,000	mm
t_w	25,000	mm	t_{r1}	25,000	mm	t_{r2}	26,000	mm

■ Section Stiffness

Before

A _a	105731,818	mm ²
I _{y,a}	71355823527,582	mm ⁴
I _{z,a}	6281491240,530	mm ⁴
C _{y,a}	650,000	mm
C _{z,a}	907,481	mm

After

A _c	254696,990	mm ²
I _{y,c}	169782635952,432	mm ⁴
I _{z,c}	149784606383,387	mm ⁴
C _{y,c}	650,000	mm
C _{z,c}	1641,959	mm

Crack

A _c	172505,878	mm ²
I _{y,c}	175522831321,347	mm ⁴
I _{z,c}	72395780676,270	mm ⁴
C _{y,c}	650,859	mm
C _{z,c}	1521,336	mm

2 Bending Resistance

2,1 Negative Moment

■ Design load

Load combination name : 04-SLU-LM1car-T--STR

N _{a,Ed}	-6,634	kN
N _{c,Ed}	-236,006	kN
M _{a,Ed}	-1956,162	kN · m
M _{c,Ed}	-13859,415	kN · m

- Stress

Top Flange

Left	y ₁	-450,859	mm	z ₁	506,937	mm	σ ₁	71,325	MPa
	y ₂	-13,359	mm	z ₂	506,937	mm	σ ₂	69,382	MPa
Right	y ₁	449,141	mm	z ₁	506,937	mm	σ ₁	67,329	MPa
	y ₂	11,641	mm	z ₂	506,937	mm	σ ₂	69,271	MPa

Bottom Flange

Left	y ₁	-650,859	mm	z ₁	-1521,336	mm	σ ₁	-143,545	MPa
	y ₂	-13,359	mm	z ₂	-1521,336	mm	σ ₂	-146,375	MPa
Right	y ₁	649,141	mm	z ₁	-1521,336	mm	σ ₁	-149,317	MPa
	y ₂	11,641	mm	z ₂	-1521,336	mm	σ ₂	-146,486	MPa

Mandataria

Mandanti

Web

Right	y ₁	-0,859	mm	z ₁	481,937	mm	σ ₁	66,667	MPa
	y ₂	-0,859	mm	z ₂	-1495,336	mm	σ ₂	-143,665	MPa

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	4
Bottom flange	4
Section	4

- Effective section

- Effective stiffness for N_{Ed}

Before

A _{a,eff}	84323,772	mm ²
I _{y,a,eff}	69739416166,690	mm ⁴
I _{z,a,eff}	6281491240,530	mm ⁴
C _{y,a,eff}	650,000	mm
C _{z,a,eff}	880,276	mm

After

A _{c,eff}	84323,772	mm ²
I _{y,c,eff}	69739416166,690	mm ⁴
I _{z,c,eff}	149784606383,387	mm ⁴
C _{y,c,eff}	650,000	mm
C _{z,c,eff}	880,276	mm

- Effective stiffness for M_{Ed}

Before

A _{a,eff}	105731,818	mm ²
I _{y,a,eff}	7135823527,582	mm ⁴
I _{z,a,eff}	6281491240,530	mm ⁴
C _{y,a,eff}	650,000	mm
C _{z,a,eff}	907,481	mm

After

A _{c,eff}	169419,069	mm ²
I _{y,c,eff}	173058003855,223	mm ⁴
I _{z,c,eff}	72395780676,270	mm ⁴
C _{y,c,eff}	650,859	mm
C _{z,c,eff}	1537,458	mm

- Added moment

$$\Delta M_{a,Ed} = N_{a,Ed} \cdot (C_{z,a} - C_{z,a,eff}) = 0,180 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\Delta M_{c,Ed} = N_{c,Ed} \cdot (C_{z,c} - C_{z,c,eff}) = 151,294 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a,top} &= [N_{a,Ed}/A_{a,eff} + (M_{a,Ed} + \Delta M_{a,Ed}) \cdot (z_{t,a}/I_{y,a,eff})] + [N_{c,Ed}/A_{c,eff} + (M_{c,Ed} + \Delta M_{c,Ed}) \cdot (z_{t,c}/I_{y,c,eff})] \\ &= 69,601 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{a,bot} &= [N_{a,Ed}/A_{a,eff} + (M_{a,Ed} + \Delta M_{a,Ed}) \cdot (z_{b,a}/I_{y,a,eff})] + [N_{c,Ed}/A_{c,eff} + (M_{c,Ed} + \Delta M_{c,Ed}) \cdot (z_{b,c}/I_{y,c,eff})] \\ &= -146,659 \text{ MPa} \end{aligned}$$

k = 2,042 : the lowest factor such that a stress limit is reached.

(Calculate minimum value between Steel Girder and Slab Reinforcement.)

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + \Delta M_{a,Ed} + k \cdot (M_{c,Ed} + \Delta M_{c,Ed}) = 30110,452 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mandataria

Mandanti

$$M_{Rd} = M_{el,Rd} = 30110,452 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 30110,452 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = -15815,577 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \dots \text{OK}$$

3 Resistance to Vertical Shear

■ Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$N_{Ed} = -216,559 \text{ kN}$$

$$M_{a,Ed} = -1956,162 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{c,Ed} = -11575,584 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed,a} = -237,860 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,c} = -1554,686 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = -1792,545 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \max(M_{Ed,t}, M_{Ed,b}) = 22269,400 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,t} = 22269,400 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,b} = 14236,779 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Stress

Top Flange

Left	y ₁	-450,859	mm	z ₁	506,937	mm	σ ₁	61,438	MPa
	y ₂	-13,359	mm	z ₂	506,937	mm	σ ₂	62,798	MPa
Right	y ₁	449,141	mm	z ₁	506,937	mm	σ ₁	64,236	MPa
	y ₂	11,641	mm	z ₂	506,937	mm	σ ₂	62,876	MPa

Bottom Flange

Left	y ₁	-650,859	mm	z ₁	-1521,336	mm	σ ₁	-128,550	MPa
	y ₂	-13,359	mm	z ₂	-1521,336	mm	σ ₂	-126,568	MPa
Right	y ₁	649,141	mm	z ₁	-1521,336	mm	σ ₁	-124,509	MPa
	y ₂	11,641	mm	z ₂	-1521,336	mm	σ ₂	-126,491	MPa

Web

Right	y ₁	-0,859	mm	z ₁	481,937	mm	σ ₁	60,503	MPa
	y ₂	-0,859	mm	z ₂	-1495,336	mm	σ ₂	-124,102	MPa

■ Classification of sections

Part	Class
------	-------

Top flange	1
Web	4
Bottom flange	4
Section	4

■ Plastic resistance moment, $M_{pl,Rd}$

Plastic NA = 2022,319 mm

$N_{slab} = 0,000$ kN

$N_{g,top} = 4713,865$ kN

$N_{g,bot} = 24362,385$ kN

$M_{pl,Rd} = 44731,128$ kN · m

■ Calculation. $V_{bw,Rd}$

Web

■ Contribution from the web

$\lambda_w = h_w / (86.4 \cdot t \cdot \epsilon) = 1,052$

$X_w = 0.83 / \lambda_w = 0,789$ $0.83/\eta \leq \lambda_w < 1.08$

$V_{bw,Rd} = \frac{X_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 5630,748$ kN

$V_{Rd} = 5630,748$ kN

$V_{Edi} = V_{Ed} / \text{Num. of Web} = -1792,545$ kN

$\eta'_3 = V_{Edi} / V_{bw,Rd} = 0,318 \leq 1.0$

■ Contribution from the flange

$M_{f,Rd0} = 30960,782$ kN · m

$M_{f,Rd0}$ is calculated as $M_{pl,Rd}$ but neglecting the web contribution.

Reduction factor for N_{Ed} = $1 - \frac{N_{Ed}}{(A_{f1} + A_{f2}) \cdot f_{yf} / \gamma_{M0}} = 0,986$

$M_{f,Rd} = \text{Reduction factor for } N_{Ed} \cdot M_{f,Rd0} = 30527,723$ kN · m

$V_{bf,Rd} = \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{c \cdot \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) = 0,000$ kN

where, $M_{f,Rd} = 30527,723 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{Ed} = 22269,400 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (Taken as the greatest value of $(\sum \sigma_i)W$)
 $c = a \cdot \left(0.25 + \frac{1.6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{t \cdot h_w^2 \cdot f_{yw}} \right) = 0,000$

■ Check Shear Resistance

$V_{Edi} / (V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd}) = 0,318 < 1.0$... OK

■ Interaction M-V

$\eta'_3 = 0,318 < 0.5$

There is no need to verify the interaction criterion

4 Resistance to Lateral Torsional Buckling

- Design load

Load combination name : 08-SLU-LM1car-W-T--STR

$N_{Ed} = -265,780 \text{ kN}$
 $M_{Ed} = -13845,118 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $V_1 = -1875,468 \text{ kN}$
 $V_2 = -1395,504 \text{ kN}$
 $M_1 = -23266,203 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_2 = -15801,280 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{pl,Rd} = 44731,128 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{el,Rd} = 30110,452 \text{ kN} \cdot \text{m}$

- $M_{b,Rd}$ Buckling resistance moment

$L = 4,500 \text{ m}$
 $c = C_d / I = 0,000 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma = c \cdot L^4 / (E \cdot I) = 0,000$
 $\mu = V_2 / V_1 = 0,744$
 $\Phi = 2 \cdot (1 - M_2 / M_1) / (1 + \mu) = 0,368$
 $m_1 = 1 + 0.44 \cdot (1 + \mu) \cdot \Phi^{1.5} + (3 + 2 \cdot \Phi) \cdot \gamma / (350 - 50 \cdot \mu) = 1,171$
 $m_2 = 1 + 0.44 \cdot (1 + \mu) \cdot \Phi^{1.5} + (0.195 + (0.05 + \mu / 100) \cdot \Phi) \cdot \gamma^{0.5} = 1,171$
 $m = \text{Min}(m_1, m_2) = 1,171$
 $\alpha_{LT} = 0,490$
 $\lambda_{LT} = 1.103 \cdot L / b \cdot \sqrt{(f_y / E_m)} \cdot \sqrt{(1 + A_{wc} / (3 \cdot A_i))} = 0,149$
 $\Phi_{LT} = 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 0,499$
 $X_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}} = 1$

$$M_{Rd} = 30110,452 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b,Rd} = X_{LT} \cdot M_{Rd} = 30110,452 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- $N_{b,Rd}$ Axial buckling resistance

$$X_{LT,N} = 1,000$$

$$N_{b,Rd} = X_{LT} \cdot \text{Area} \cdot f_{yd} = 47439,117 \text{ kN}$$

$$\text{Combined Ratio} = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,465413584$$

6 Resistance to Longitudinal Shear

- Design load

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$N_{c,el} = 0,000 \text{ kN}$$

$$N_{c,f} = 0,000 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -13531,747 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} = -1554,686 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = 44731,128 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{el,Rd} = 30110,452 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Shear resistance of a single connector

$$P_{Rd,1} = 0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V = 111,725 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2}) = 107,045 \text{ kN}$$

where, $f_u = 440,000 \text{ MPa}$

$$\alpha = 1 \quad \text{for } h_{sc}/d > 4$$

$$\text{Num.} = 4$$

$$d = 22,000 \text{ mm}$$

$$h_{sc} = 200,000 \text{ mm}$$

$$\text{Space} = 200,000 \text{ mm}$$

- Verification

$$V_{L,Ed} = V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I) = 688,630 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Rd} = P_{Rd} \cdot \text{Num.}/\text{Space} = 2140,907 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Ed} < V_{L,Rd} \quad \dots \text{ OK}$$

7 Resistance to Fatigue

- Design load

Mandataria

Mandanti

Load combination name : 06-SLU-LM1car-W-T+-STR

$$F_z = -1792,545 \text{ kN}$$

- Shear stress range for the connector

$$\Delta\tau = F_{sc} / A_{sc} = 90,578 \text{ MPa}$$

$$\text{where, } F_{sc} = V_{L,Ed} \cdot \text{space of stud} / \text{number of stud} = 34,432 \text{ kN}$$

$$A_{sc} = 380,133 \text{ mm}^2$$

- Damage equivalent factor

$$\lambda_v = \lambda_{v,1} \cdot \lambda_{v,2} \cdot \lambda_{v,3} \cdot \lambda_{v,4} = 0,646$$

$$\text{where, } \lambda_{v,1} = 1,550$$

$$\lambda_{v,2} = 0,417$$

$$\lambda_{v,3} = 1,000$$

$$\lambda_{v,4} = 1,000$$

- Equivalent constant amplitude range of shear stress related to 2 million cycles

$$\Delta\tau_{E,2} = \lambda_v \cdot \Delta\tau = 58,545 \text{ MPa}$$

- Verification

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) = 0,650 < 1$$

8 Stress Limitation

- In the structural steel

Characteristic load combination name : 20-SLE-LM1car-T--RARA

$$\sigma_{Ed,ser} = 109,362 \text{ MPa} \quad (\text{Bottom-right fiber in the flange})$$

$$T_{Ed,ser} = 26,768 \text{ MPa} \quad (\text{Neutral axis in the web})$$

$$\begin{array}{l} \sigma_{Ed,ser} < f_y / \gamma_{M,ser} \\ 109,362 \text{ MPa} < 275,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} T_{Ed,ser} < f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser}) \\ 26,768 \text{ MPa} < 158,771 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \sqrt{(\sigma_{Ed,ser}^2 + 3T_{Ed,ser}^2)} < f_y / \gamma_{M,ser} \\ 118,784 \text{ MPa} < 275,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK} \end{array}$$

- In the concrete of the slab

Characteristic load combination name : 17-SLE-LM1-T+-RARA

$$\sigma_c \leq k_1 f_{ck}$$

Mandataria

Mandanti

$$0,000 \text{ MPa} < 18,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

- In the reinforcement

Load combination name : 20-SLE-LM1car-T--RARA

$$\sigma_s \leq k_3 f_{yk}$$

$$69,856 \text{ MPa} < 360,000 \text{ MPa} \quad \dots \text{ OK}$$

9 Longitudinal Shear for SLS(Serviceability limit state)

- Shear resistance of a single connector

Load combination name : 23-SLE-LM1car-T+-FREQ

$$P_{Rd,1} = 0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V = 111,725 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2}) = 107,045 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,ser} = k_s \cdot P_{Rd} = 80,284 \text{ kN}$$

where, $f_u = 440,000 \text{ MPa}$

$\alpha = 1$ for $h_{sc}/d > 4$

Num. = 4

$d = 22,000 \text{ mm}$

$h_{sc} = 200,000 \text{ mm}$

Space = 200,000 mm

$k_s = 0,750$

- Verification

$$V_{L,Ed} = V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I) = 511,199 \text{ kN/m}$$

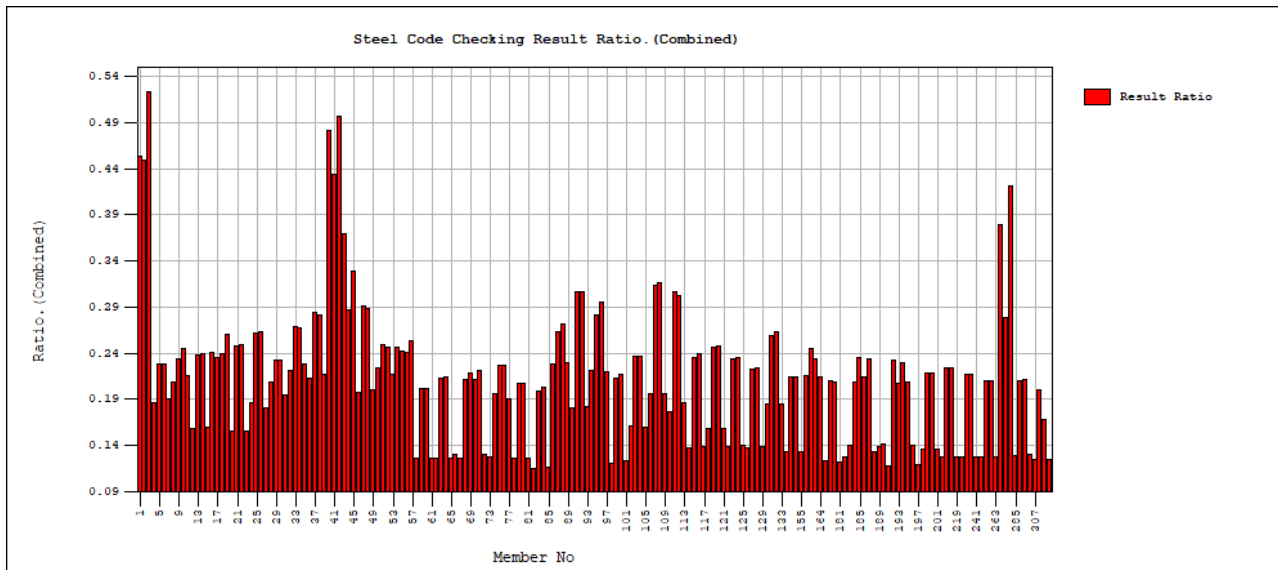
$$V_{L,Rd} = P_{Rd,ser} \cdot \text{Num.}/\text{Space} = 1605,681 \text{ kN/m}$$

$$V_{L,Ed} < V_{L,Rd} \quad \dots \text{ OK}$$

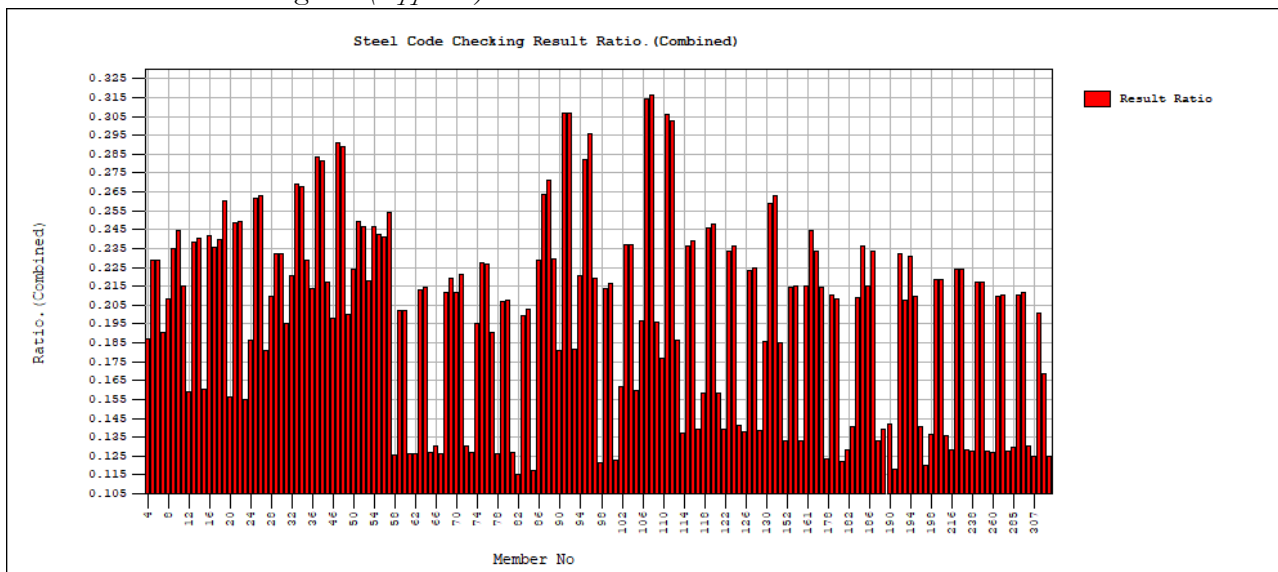
4.7.4. Verifiche sulle sezioni in acciaio

Si riportano di seguito le verifiche riassuntive di tutte le aste in acciaio.

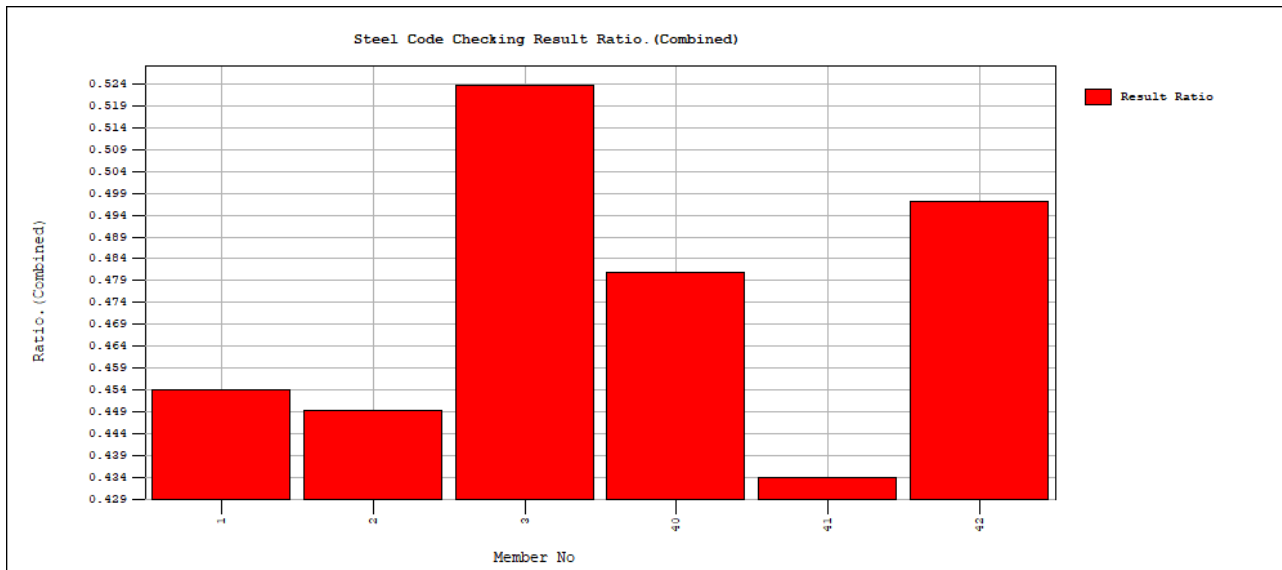
Verifiche elementi in acciaio:



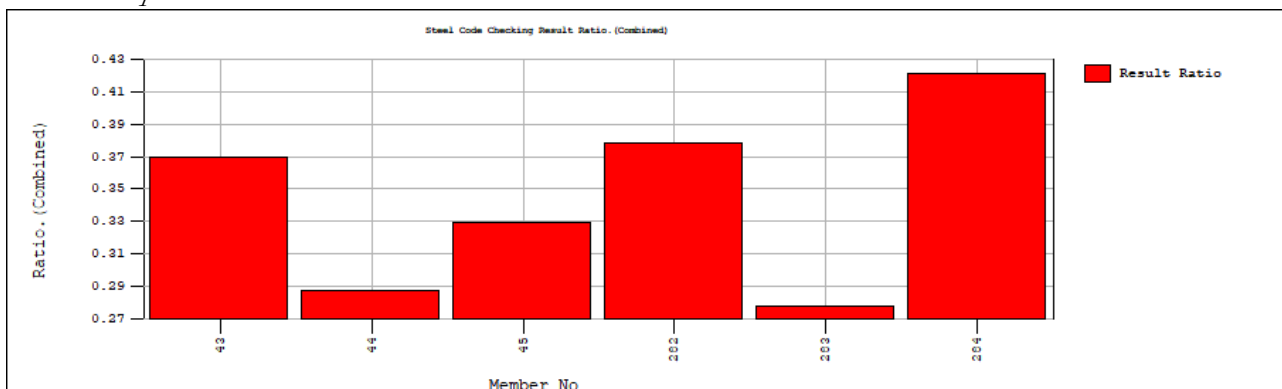
Travi trasversali e Aste diagonali (doppia L):



Traverso campata centrale:



Traversi campate esterne:



Mandataria

Mandanti

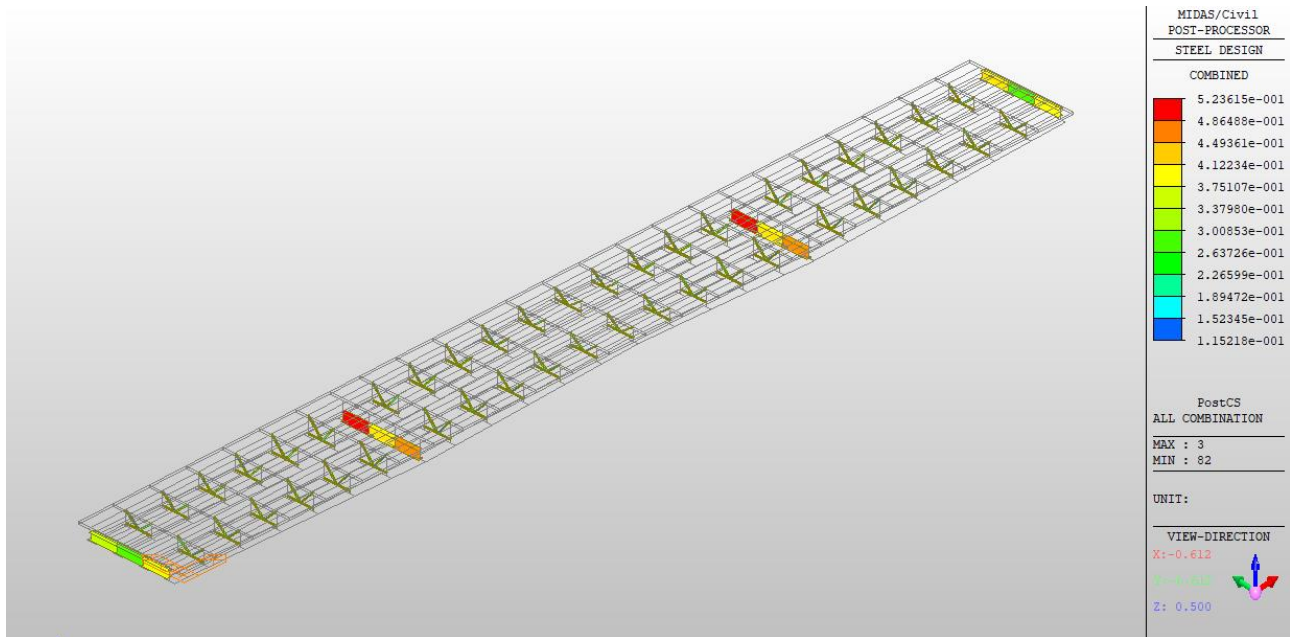


Figure 15 VerificheSteel

Di seguito si riportano le verifiche sugli elementi ritenuti più significativi:

Table 6 VerificheSteel

CH	MEMB	SECT	SE	Section		LC	Len	Ly	Ky	Bmy	N, Ed	My, Ed	My, Ed	Mz, Ed	Vy, Ed	Vz, Ed	T, Ed	Def
				Material	Fy													
OK	284	2	0	Traverso		6-	3.4000	3.4000	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	72.196	0.0000
	0.42	0.06		S275	275000		0	0	0	0	0	1423.4	427.70	427.70	67.539	21.105	6	-
OK	3	20	0	Traverso_compat a centrale		6-	3.4000	3.4000	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	97.594	0.0000
	0.52	0.05		S275	275000		0	0	0	0	0	1661.6	401.50	401.50	144.29	76.099	9	-
OK	108	21	0	Diaframmi		4-	1.7000	1.7000	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	0.0000
	0.31	0.00		S275	275000		0	0	0	0	0	184.97	1.1022	1.1022	1.4528	1.2130	1.1919	-

4.8. Deformabilità dell'impalcato

4.8.1. Verifiche di deformabilità dell'impalcato

La valutazione dei parametri di deformazione dell'impalcato è eseguita utilizzando la combinazione rara degli SLE.

4.8.2. Verifiche di inflessione nel piano verticale

Si verifica di seguito che l'inflessione massima dovuta al transito dei carichi mobili in condizione SLE rara sia inferiore a $L/500$.

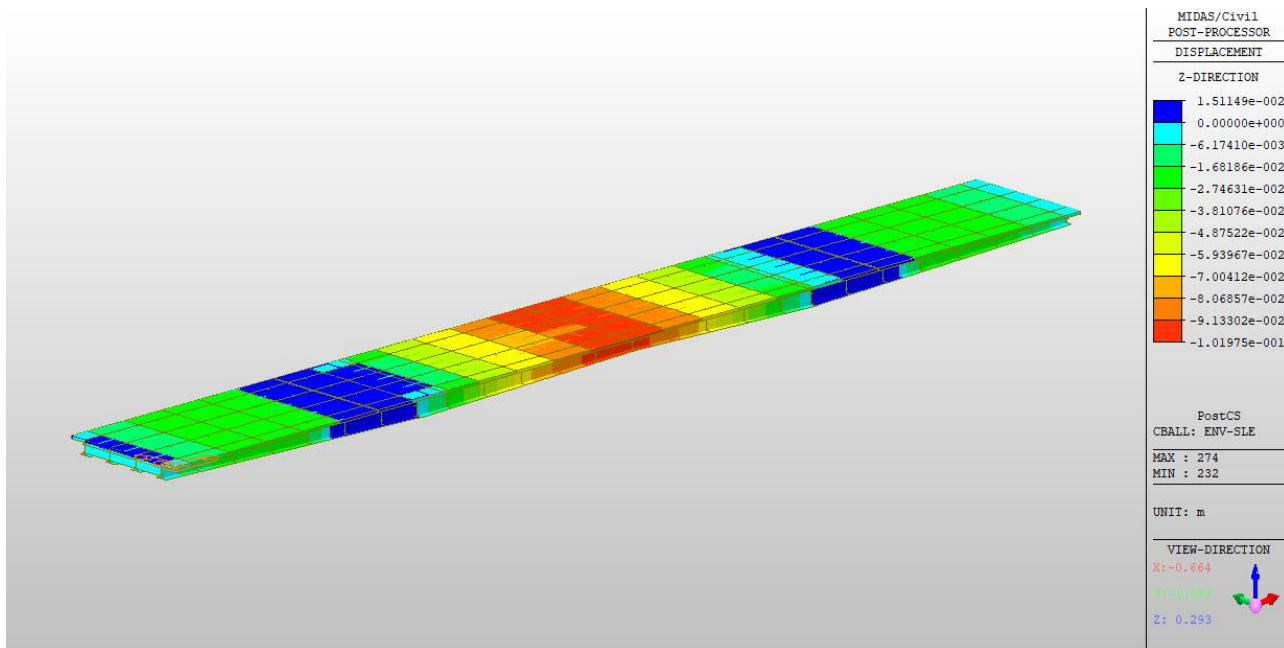


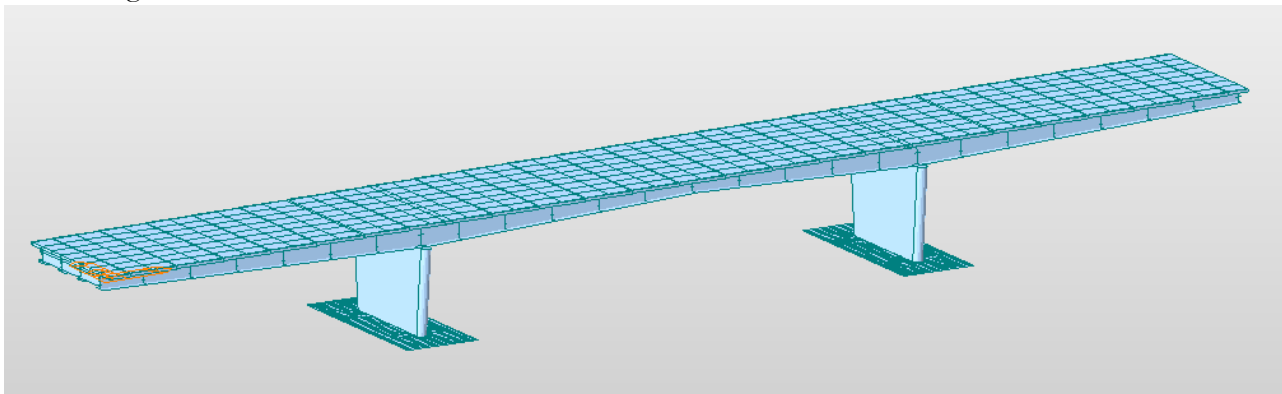
Figure 16 DeformDzENVSL

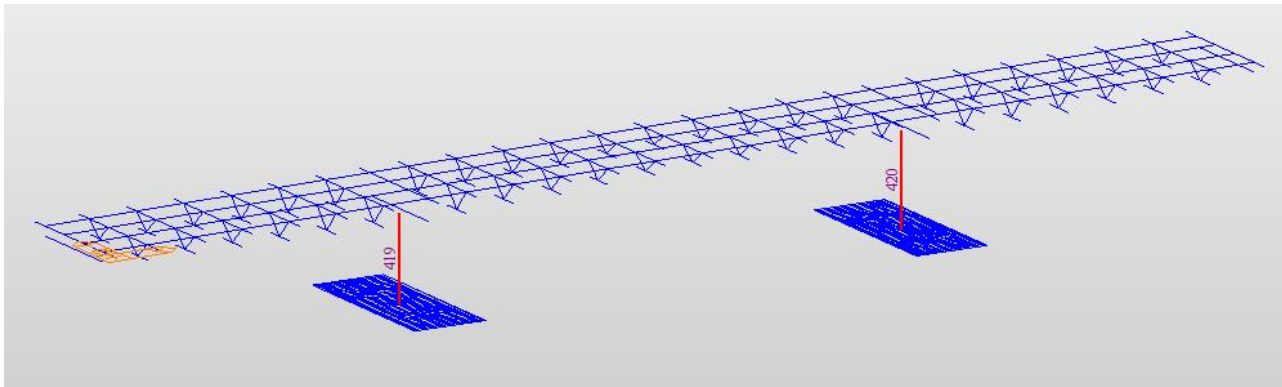
$L/500=0.102\text{m}>0.101975\text{m}$. Verificato

5. PILE

5.1. VERIFICHE STRUTTURALI DELLA PILA

Per il dimensionamento e la verifica delle Pile intermedie si è ritenuto opportuno realizzare il seguente modello agli elementi finiti.





Come per gli elementi dell'impalcato si utilizzano le combinazioni esposte nei paragrafi precedenti, al fine di ottenere le sollecitazioni più gravose per gli elementi strutturali in progetto.

Si riportano le seguenti verifiche sulle pile 419 e 420:m
Le pile vengono armate con 55 Φ 24 per ogni lato.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Pila

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

Titolo : Pila n.420 comb.09-SLV-T+-STR-X

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	1100	100	1	248,81	6
			2	248,81	94

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 7261,08 0 kN
 M_{xEd} 4111,9 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

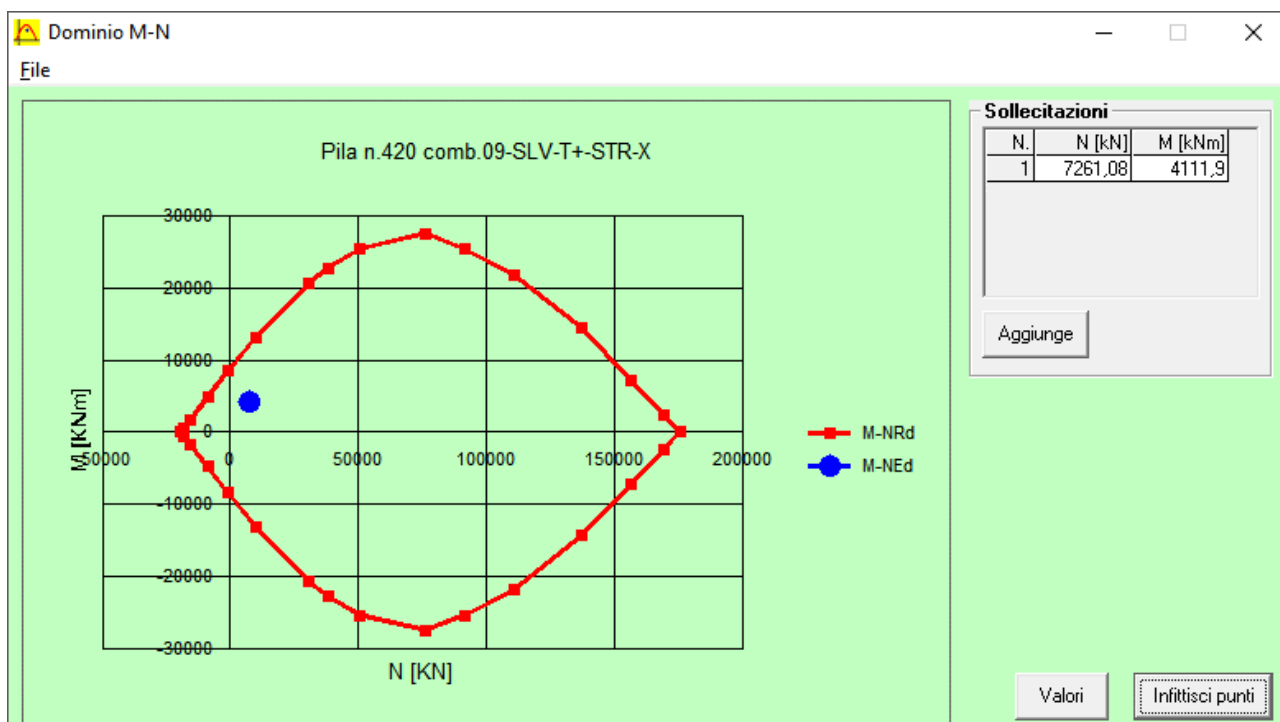
Precompresso

Materiali

B450C		C25/30	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	14,17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	9,75
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,6
		τ _{c1}	1,829

M_{xRd} 12.019 kN m

σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 33,36 ‰
 d 94 cm
 x 8,926 x/d 0,09496
 δ 0,7

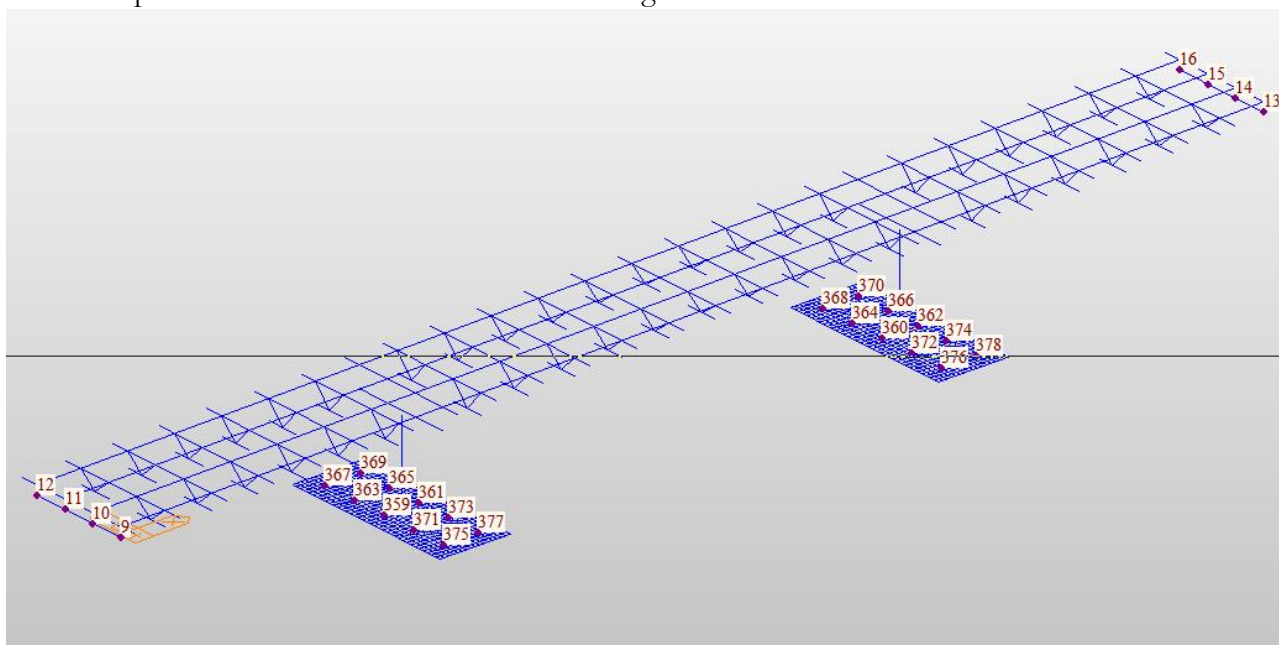


5.2. PLATEA DI FONDAZIONE DELLE PILE

5.2.1. Reazioni vincolari in testa ai pali

Si riportano nella tabella seguente le azioni in fondazione ottenute dal modello di calcolo sui pali delle due fondazioni delle pile.

I nodi dei pali sono numerati secondo lo schema seguente.



Sui punti rappresentanti i pali alla base della platea si inseriscono delle molle nelle tre direzioni X, Y, Z, che modellano l'interazione palo-terreno.

Le costanti di reazione delle molle sono state valutate con dei metodi disponibili in letteratura e vengono riassunte nel prospetto seguente.

Kz	36.300	kN/m
Kx,y	7.000	kN/m
Krot.(x,y)	400.000	kN·m/rad.

5.2.1.1. Pila A

PILA A

Sollecitazioni di progetto - SLU/STR

	COMBINAZIONE	PALO	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]	Mx (trasv.) [kN*m]	My (long.) [kN*m]
N max (COMPR)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	365	2526,7	13,6	-39,0	-277,8	152,5
Vx max (long)	03-SLU-LM2-T+-STR(all)	373	2511,5	14,0	-46,5	307,2	151,4
Vx min (long)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	363	2520,9	-14,1	-39,2	-276,4	-152,5
Vy max (trasv)	03-SLU-LM2-T+-STR(all)	369	2451,4	9,9	53,6	-470,5	113,1
Vy min (trasv)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	375	2433,8	-9,9	-67,6	495,5	-111,6
Mx max (trasv)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	377	2432,4	10,9	-67,4	495,6	117,2
Mx min (trasv)	03-SLU-LM2-T+-STR(all)	367	2451,3	-10,9	53,6	-472,5	-115,7
My max (long)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	365	2526,7	13,6	-39,0	-277,8	152,5
My min (long)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	363	2520,9	-14,1	-39,2	-276,4	-152,5

Sollecitazioni di progetto - SLV/STR

	COMBINAZIONE	PALO	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]	Mx (trasv.) [kN*m]	My (long.) [kN*m]
N max (COMPR)	13-SLV-T+-STR-Y	375	1509,5	59,5	117,8	452,6	1,4
Vx max (long)	09-SLV-T+-STR-X	373	1451,1	231,9	36,3	124,3	372,7
Vx min (long)	10-SLV-T+-STR-X-	363	1357,3	-231,9	44,3	49,0	-373,5
Vy max (trasv)	13-SLV-T+-STR-Y	369	1507,4	73,7	151,0	109,5	160,2
Vy min (trasv)	14-SLV-T+-STR-Y-	375	1137,4	59,3	-150,3	-110,6	-1,3
Mx max (trasv)	13-SLV-T+-STR-Y	377	1508,1	74,5	118,0	452,7	163,4
Mx min (trasv)	14-SLV-T+-STR-Y-	367	1135,7	58,5	-117,2	-455,0	-3,9
My max (long)	09-SLV-T+-STR-X	365	1454,9	231,6	44,6	50,7	374,5
My min (long)	10-SLV-T+-STR-X-	363	1357,3	-231,9	44,3	49,0	-373,5

Sollecitazioni di progetto - SLE

	COMBINAZIONE	PALO	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]	Mx (trasv.) [kN*m]	My (long.) [kN*m]
N max (COMPR)	ENV-SLE(all)	365	1869,2	10,1	31,0	-219,4	112,9
Vx max (long)	ENV-SLE(all)	373	1865,4	10,4	-36,4	231,4	112,2
Vx min (long)	ENV-SLE(all)	363	1865,0	-10,5	30,8	-218,3	-112,9
Vy max (trasv)	ENV-SLE(all)	369	1815,2	7,4	43,8	-356,3	83,8
Vy min (trasv)	ENV-SLE(all)	375	1814,3	-7,3	-49,2	365,4	-82,8
Mx max (trasv)	ENV-SLE(all)	377	1813,3	8,1	-49,1	365,5	87,0
Mx min (trasv)	ENV-SLE(all)	367	1815,2	-8,1	43,8	-357,7	-85,7
My max (long)	ENV-SLE(all)	365	1869,2	10,1	31,0	-219,4	112,9

5.2.1.2. Pila "B"

PILA B

Sollecitazioni di progetto - SLU/STR

	COMBINAZIONE	PALO	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]	Mx (trasv.) [kN*m]	My (long.) [kN*m]
N max (COMPR)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	366	2560,6	14,0	-34,7	-287,0	158,4
Vx max (long)	03-SLU-LM2-T+-STR(all)	374	2540,3	14,3	-42,0	331,3	157,2
Vx min (long)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	364	2554,7	-14,5	-34,9	-285,6	-158,4
Vy max (trasv)	03-SLU-LM2-T+-STR(all)	370	2484,4	10,2	48,1	-490,1	117,7
Vy min (trasv)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	376	2456,9	-10,1	-63,9	529,4	-116,2
Mx max (trasv)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	378	2455,5	11,2	-63,7	529,6	121,9
Mx min (trasv)	03-SLU-LM2-T+-STR(all)	368	2484,3	-11,2	48,1	-492,0	-120,5
My max (long)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	366	2560,6	14,0	-34,7	-287,0	158,4
My min (long)	06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)	364	2554,7	-14,5	-34,9	-285,6	-158,4

Sollecitazioni di progetto - SLV/STR

	COMBINAZIONE	PALO	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]	Mx (trasv.) [kN*m]	My (long.) [kN*m]
N max (COMPR)	13-SLV-T+-STR-Y	376	1552,1	60,5	150,8	492,9	17,4
Vx max (long)	09-SLV-T+-STR-X	374	1486,7	236,2	46,2	136,0	441,2
Vx min (long)	10-SLV-T+-STR-X-	364	1371,9	-236,3	54,3	58,2	-442,1
Vy max (trasv)	13-SLV-T+-STR-Y	370	1550,8	75,1	184,7	137,0	182,9
Vy min (trasv)	14-SLV-T+-STR-Y-	376	1136,5	60,3	-184,0	-137,8	14,3
Mx max (trasv)	13-SLV-T+-STR-Y	378	1551,4	75,9	150,9	493,0	186,1
Mx min (trasv)	14-SLV-T+-STR-Y-	368	1134,9	59,6	-150,2	-495,0	11,6
My max (long)	09-SLV-T+-STR-X	366	1490,6	235,9	54,7	60,2	443,1
My min (long)	10-SLV-T+-STR-X-	364	1371,9	-236,3	54,3	58,2	-442,1

Sollecitazioni di progetto - SLE

	COMBINAZIONE	PALO	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]	Mx (trasv.) [kN*m]	My (long.) [kN*m]
N max (COMPR)	ENV-SLE(all)	366	1892,9	10,1	27,1	-233,0	117,3
Vx max (long)	ENV-SLE(all)	374	1888,0	10,4	-33,3	251,3	116,5
Vx min (long)	ENV-SLE(all)	364	1888,6	-10,5	26,9	-231,8	-117,3
Vy max (trasv)	ENV-SLE(all)	370	1841,2	7,4	40,2	-374,7	87,2
Vy min (trasv)	ENV-SLE(all)	376	1835,8	-7,3	-46,4	389,9	-86,2
Mx max (trasv)	ENV-SLE(all)	378	1834,8	8,1	-46,3	390,0	90,5
Mx min (trasv)	ENV-SLE(all)	368	1841,2	-8,1	40,2	-376,2	-89,3
My max (long)	ENV-SLE(all)	366	1892,9	10,1	27,1	-233,0	117,3
My min (long)	ENV-SLE(all)	364	1888,6	-10,5	26,9	-231,8	-117,3

5.2.2. Verifiche strutturali della platea di fondazione

Le verifiche strutturali vengono eseguite sulla platea della pila B che è la più sollecitata.

Sono state impostate due section cut, una longitudinale e l'altra trasversale per valutare le sollecitazioni massime allo SLU e SLV.

La combinazione che produce le sollecitazioni più gravose è la SLU_ENV_gr3.

I grafici ottenuti sono i seguenti.

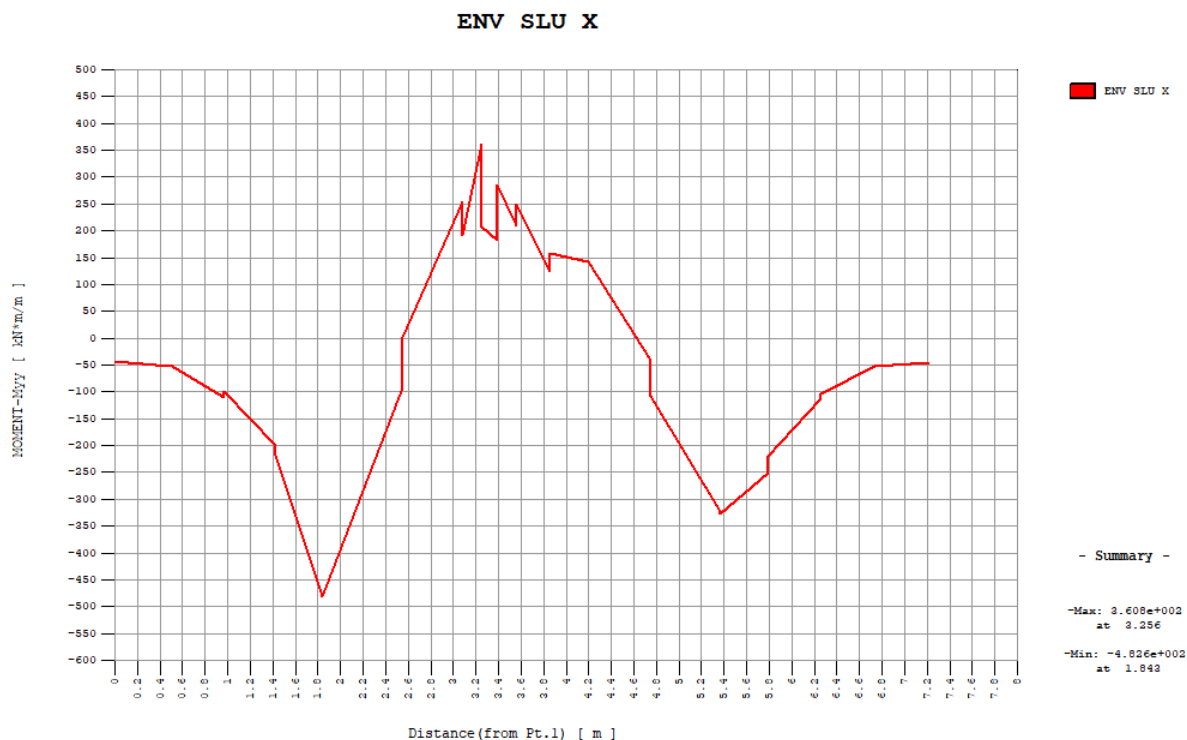


Figura 5-1 Diagramma del momento flettente sulla section cut longitudinale

ENV SLU X

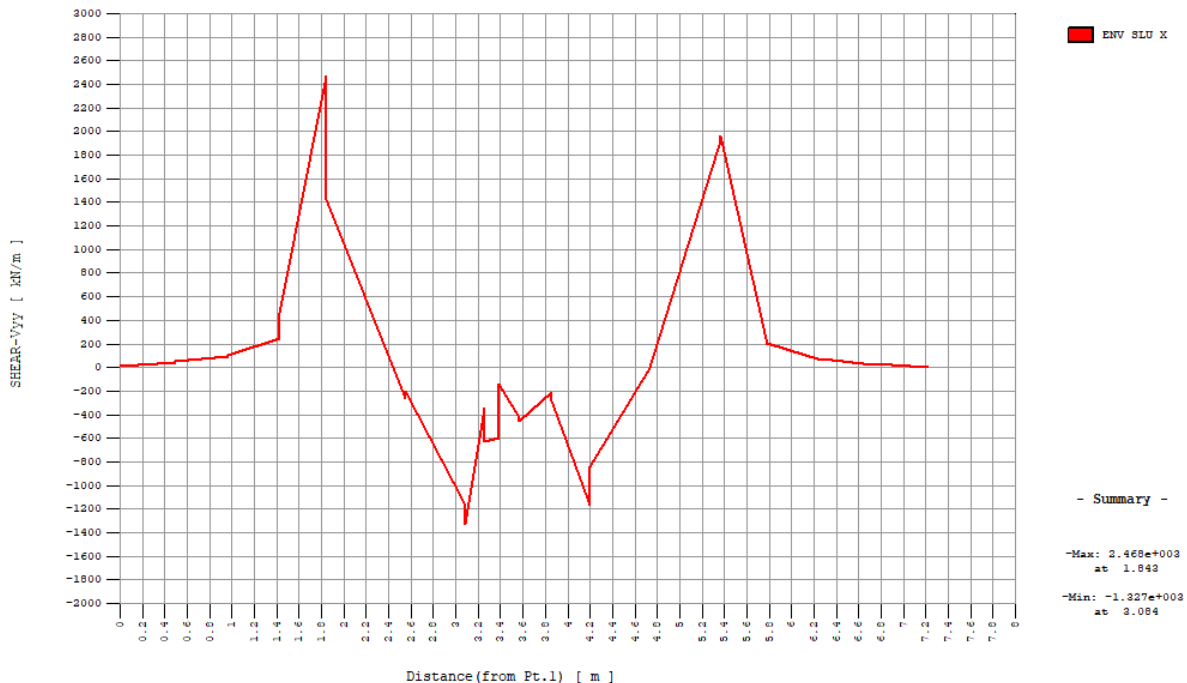


Figura 5-2 Diagramma del taglio sulla section cut longitudinale

ENV SLU Y

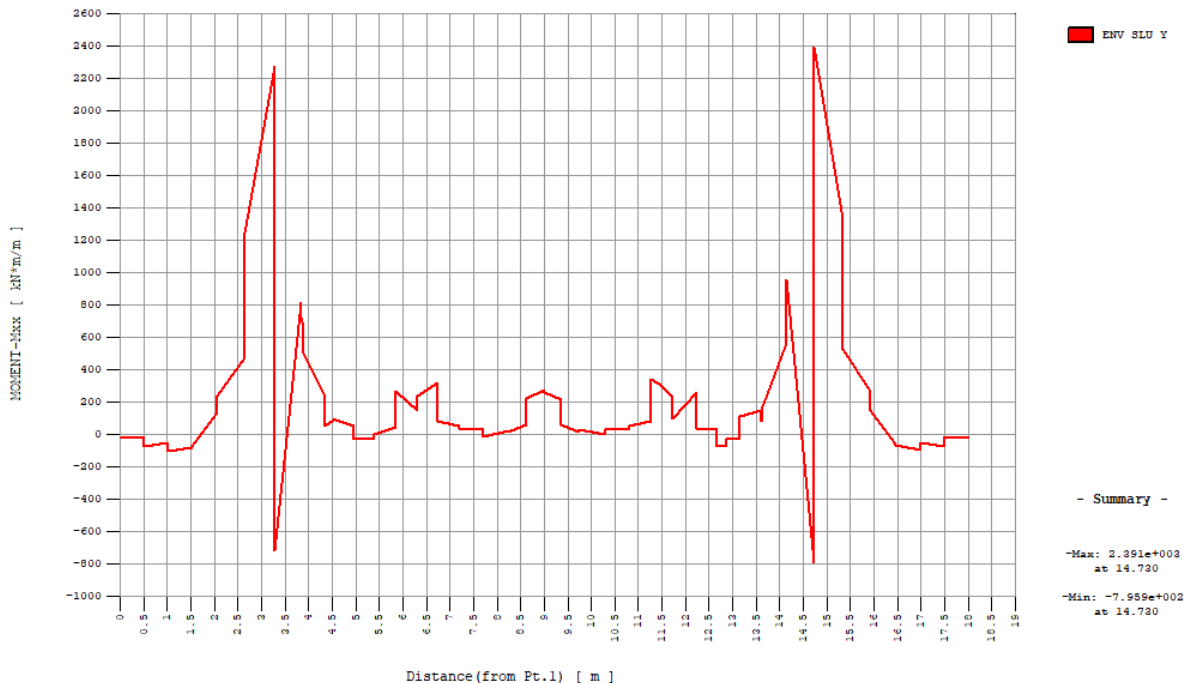


Figura 5-3 Diagramma del momento flettente sulla sezione trasversale

ENV SLU Y

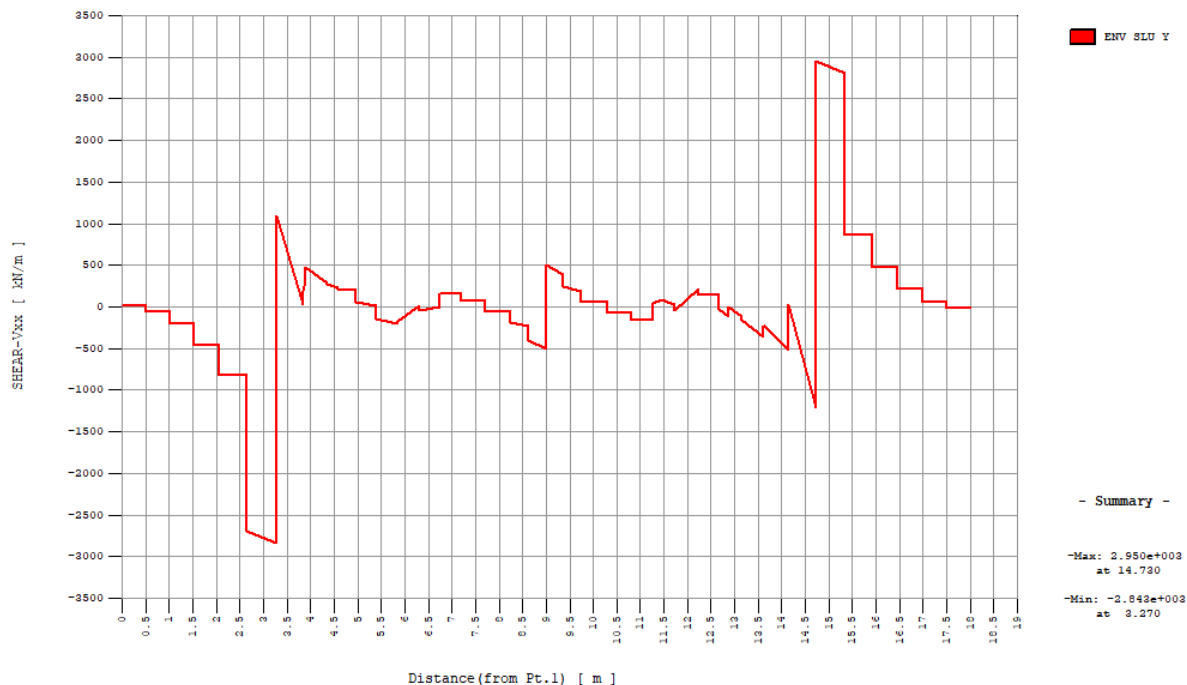


Figura 5-4 Diagramma del taglio sulla sezione trasversale

Le sollecitazioni di progetto sono le seguenti:

Per la sezione longitudinale:

$$M_{Ed} = -482,6,1 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m} \quad (N_{Ed} = 0 \text{ kN});$$

$$V_{Ed} = 2468 \text{ kN}/\text{m};$$

Per la sezione trasversale:

$$M_{Ed} = -796 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m} \quad (N_{Ed} = 0 \text{ kN});$$

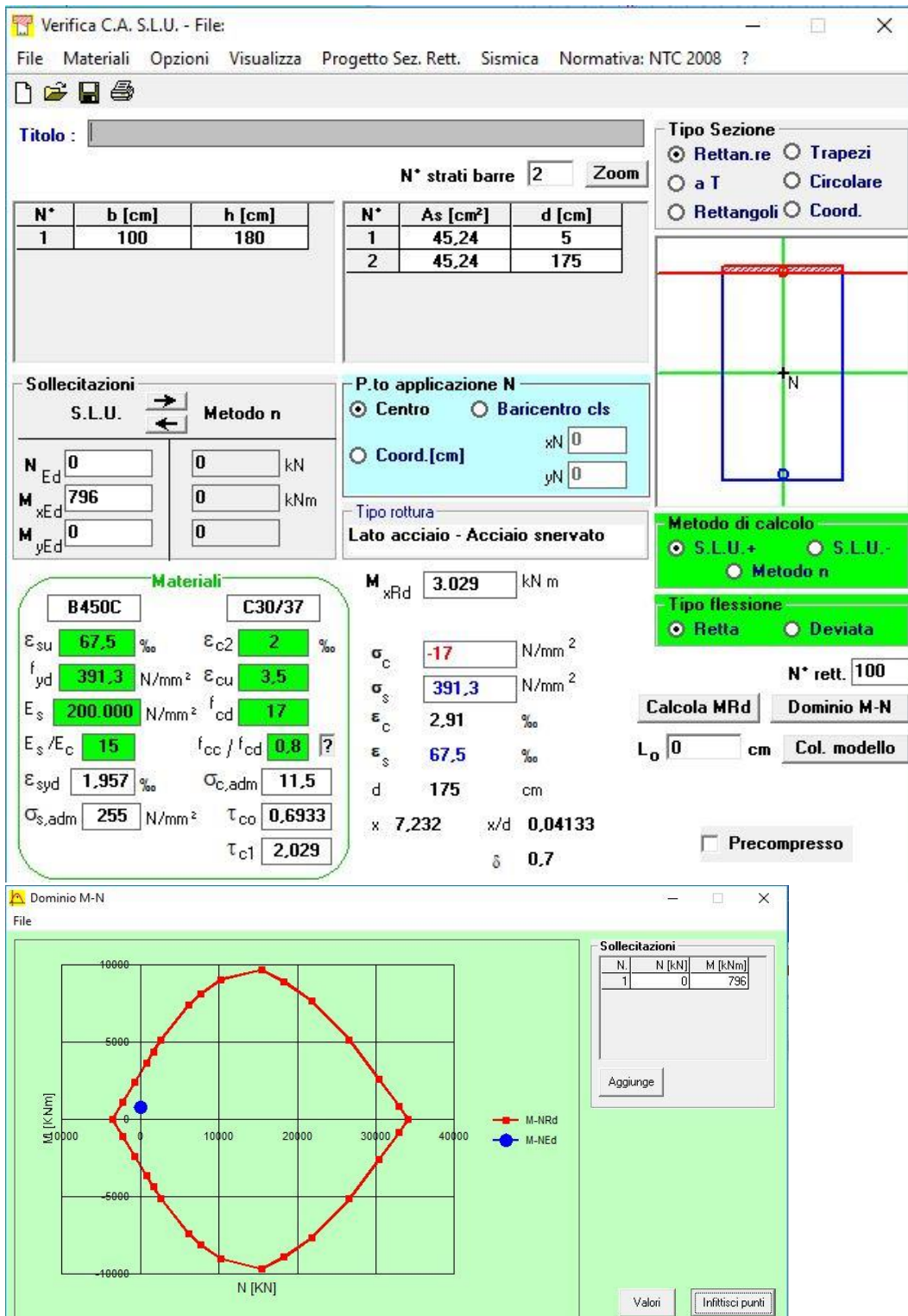
$$V_{Ed} = -2843 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

Si esegue la verifica a pressoflessione della sezione più sollecitata di larghezza $B = 1\text{m}$ e altezza $H = 2,3\text{m}$.

Il momento di progetto è pari a $796 \text{ kN}\cdot\text{m}$. Il copriferro delle barre (ricoprimento) è di 4 cm . Le armature longitudinali sono:

- $\Phi 24/10''$ superiori
- $\Phi 24/10''$ inferiori

La verifica viene eseguita con il foglio di calcolo V-CASLU di Gelfi.



La verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC '08

Dati di input			
1) Sollecitazioni			
Taglio Massimo sollecitante	V_{Ed}		2843,00 kN
Combinazione corrispondente		ENV_SLU_Y	
	$V_{Rd} =$		1
	$V_{Ed} = V * \gamma_{Rd} =$		2843,00 kN
2) Armature longitudinali			
Numero di barre e diametro armatura tesa	n.	12	ϕ 26 mm
Area armatura longitudinale tesa	$A_{s,long}$		6367,92 mm ²
3) Parametri sezione			
Larghezza minima della sezione in zona tesa	b_w		1000 mm
Altezza della sezione	H		1800 mm
Copriferro	c		40 mm
Altezza utile della sezione	d		1760 mm
Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione	N_{Ed}		250,00 kN
4) Caratteristiche cls			
Tipologia di calcestruzzo			C30/37
Coefficiente riduttivo della resistenza del calcestruzzo	γ_c		1,5
Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}		30 MPa
Resistenza a compressione di progetto	f_{cd}		17,00 MPa
5) Caratteristiche dell'acciaio			
Tipologia di acciaio			B450C
Coefficiente riduttivo della resistenza dell'acciaio	γ_s		1,15
Tensione di snervamento caratteristica	f_{yk}		450 MPa
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}		391,30 MPa

Verifica a taglio di elementi senza armature trasversali - §4.1.2.1.3.1

V_{min}	0,2964
k	1,3371
ρ_1	0,0030
σ_{cp}	0,1389 N/mm ²
V_{Rd}	625,06
Verifica ($V_{Rd} > V_{ed}$)	no
NECESSARIA ARMATURA A TAGLIO	

Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio - §4.1.2.1.3.2

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo	f'_{cd}	8,5000 MPa
Coeff. Maggiorativo per (pre)compressione	α_c	1,0082
Braccio delle forze interne	z	mm
Diametro delle staffe	ϕ_{st}	8 mm
Numero di bracci staffe	n_b	10
Passo delle staffe	s	100 mm
Quantitativo di staffe a metro	$\Lambda_{sw,s}$	5024 mm ² /m ²
Inclinazione staffe	a	90 °
Inclinazione puntone	θ	45 °

Verifiche di armatura minima a taglio secondo - §4.1.6.1.1

Resistenza a taglio del puntone di cls	V_{Rcd}	6787,00 kN
Resistenza a taglio del tirante di acciaio	V_{Rsd}	3114,01 kN
Resistenza a taglio di progetto = min (VRsd,VRcd) > Ved	V_{Rd}	3114,01 kN
Verifica ($V_{Rd} > V_{ed}$)		ok

Limitazioni di armatura delle pareti - §7.4.6.2.4

$\rho > 0,2 \%$		ok
$\Phi > s_{parete}/10$		ok
Q.tà legature > 9/m ²		ok

VERIFICA A PUNZONAMENTO

1) Dati di input			
Riferimenti normativi	§6,4 EC2 + §4.1.2.3.5.4 NTC'18		
Tipologia strutturale	PALO DI FONDAZIONE DI BORDO		
Forma del palo	CIRCOLARE		
Caratteristiche meccaniche dei materiali			
Calcestruzzo			
Tipologia di calcestruzzo			C30/37
Resistenza caratteristica a compressione	R_{ck}		37 MPa
Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}		30,71 MPa
Resistenza a compressione di progetto	f_{cd}		17,40 MPa
Coefficiente riduttivo della resistenza del calcestruzzo	γ_c		1,5
Acciaio			
Tipologia di acciaio			B450C
Tensione di snervamento caratteristica	f_{yk}		450 MPa
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}		391,30 MPa
Coefficiente riduttivo della resistenza dell'acciaio	γ_s		1,15
Coefficiente riduttivo per fessurazione del cls	v		0,5
2) Dati geometrici del pilastro e della soletta			
Diametro del palo	Φ		1500 mm
Spessore della plate di fondazione	H		2300 mm
Copriferro (Ricoprimento armature)	cop		40 mm
Altezza capitello (se assente inserire 0)	h_H		0 mm
3) Armature longitudinali del plinto			
Diametro massimo armature tese longitudinali	ϕ_x		26 mm
Diametro massimo armature tese trasversali	ϕ_y		26 mm
Passo armature longitudinali	s_x		80 mm
Passo armature trsversali	s_y		80 mm
Altezza utile armature tese longitudinali	d_x		2247 mm
Altezza utile armature tese trasversali	d_y		2221 mm
Altezza utile media della piastra	d		2234 mm
Rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa	ρ_{lx}		0,00297
Rapporto geometrico di armatura trasversale tesa	ρ_{ly}		0,00297
3) Sollecitazioni			
Reazione del palo più caricato	N		2560,60 kN
Momento flettente longitudinale	M_x		-287,00 kNm
Taglio longitudinale	V_x		14,00 kN
Momento flettente trasversale	M_y		158,40 kNm
Taglio trasversale	V_y		-34,70 kN
Combinazione			06-SLU-LM2-W-T+-STR(all)

4) VERIFICA A PUNZONAMENTO, PIASTRA PRIVA DI ARMATURE

Contorno dell'area caricata dal palo	u_0	4712 mm
Distanza diametro palo-perimetro di verifica ($\leq 2d$)	dd	4468 mm
Perimetro di verifica di base	u_1	6519 mm
Coeff. riduttivo k	k	1,30
	ρ_l	0,00297
	σ_{cp}	0,00 MPa
	k_1	0,10
	$C_{Rd,c}$	0,12
	v_{min}	0,29
	$v_{min} + k_1 \sigma_{cp}$	0,29
	$v_{Rd,c} (*)$	0,326 MPa
Eccentricità del carico applicato	e	-20,500 m
Maggiorazione della τ di punz. Dovuta a flessione	β	0,9963
Forza tagliante applicata di progetto per carico eccentrico	V_{Ed}	0,242 MPa
Resistenza di progetto a punzonamento	$V_{Rd,c}$	0,326 MPa
Verifica del punzonamento lungo il perimetro u_0	$V_{Ed} < V_{Rd,C}$	OK

5) VERIFICA A PUNZONAMENTO, PIASTRA CON ARMATURE A TAGLIO

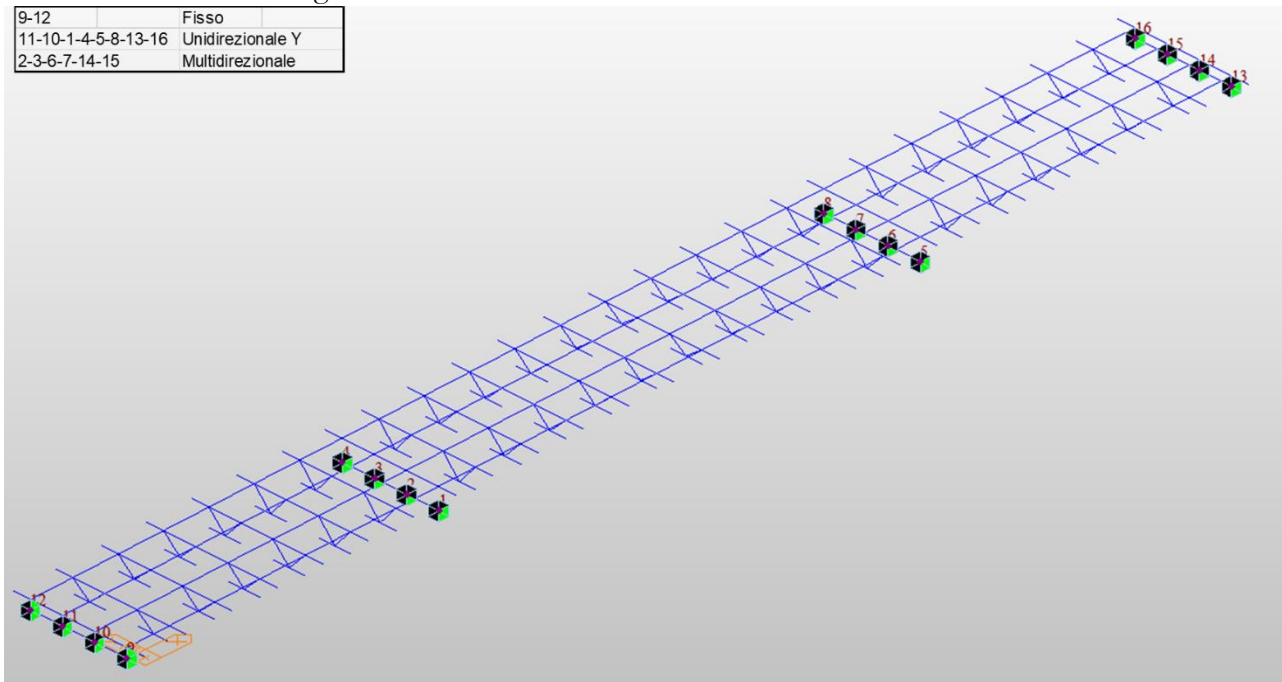
Diametro delle staffe	ϕ_{st}	14 mm
Numero di bracci staffe	n_b	5
Passo delle staffe	s	200 mm
Armatura a taglio presente	$A_{sw,s}$	3847 mm ² /m ²
Passo radiale dell'armatura a taglio di punzonamento	s_r	200 mm
Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio punzonamento	$f_{ywd,ef}$	391,3 MPa
Angolo compreso tra l'armatura a taglio e il piano della piastra	α	90 °
Resistenza di progetto a punzonamento (perimetro u_0)	$V_{Rd,cs}$	2,64 MPa
Resistenza di progetto a punzonamento (perimetro u_1)	$V_{Rd,cs}$	1,98 MPa
Verifica del punzonamento lungo il perimetro u_0	$V_{Ed} < V_{Rd,cs}$	OK
Verifica del punzonamento lungo il perimetro u_1	$V_{Ed} < V_{Rd,cs}$	OK

5.3. AZIONI SUGLI APPOGGI DELLE SPALLE

Le azioni trasmesse dall'impalcato agli apparecchi d'appoggio delle spalle sono riepilogati nella seguente tabella dove sono stati isolati gli scarichi sulla spalla A con gli appoggi fissi 9 e 12.

Si faccia riferimento al seguente schema.

9-12	Fisso
11-10-1-4-5-8-13-16	Unidirezionale Y
2-3-6-7-14-15	Multidirezionale



	Nodi	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)	
	9	WY	-42,19665	-14,163405	-5,090214	0	0	0	0
	10	WY	0	-22,692232	0,816009	0	0	0	0
	11	WY	0	-22,692232	-0,816009	0	0	0	0
	12	WY	42,19665	-14,163405	5,090214	0	0	0	0
	9	T+15	0	1670,60576	166,677857	0	0	0	0
	10	T+15	0	340,724197	-166,754319	0	0	0	0
	11	T+15	0	-340,724197	-166,754319	0	0	0	0
	12	T+15	0	-1670,60576	166,677857	0	0	0	0
	9	T-15	-	-	-	-	-	-	-
	10	T-15	-	-	-	-	-	-	-
	11	T-15	-	-	-	-	-	-	-
	12	T-15	-	-	-	-	-	-	-
	9	T-non unif	-63,481985	7,815794	34,137031	0	0	0	0
	10	T-non unif	0	-22,10973	31,050315	0	0	0	0
	11	T-non unif	0	-22,10973	37,549671	0	0	0	0
	12	T-non unif	63,481985	7,815794	34,462956	0	0	0	0
	9	Frenatura	-1230,054051	-75,222044	-74,174502	0	0	0	0
	10	Frenatura	0	-61,714359	51,079342	0	0	0	0
	11	Frenatura	0	81,762058	41,810242	0	0	0	0
	12	Frenatura	-1168,450015	80,242538	-74,191034	0	0	0	0
	9	RS_X(RS	1080,085134	65,940855	88,86721	0	0	0	0
	10	RS_X(RS	0	60,176836	33,775743	0	0	0	0
	11	RS_X(RS	0	60,176836	33,775743	0	0	0	0
	12	RS_X(RS	1080,085134	65,940855	88,86721	0	0	0	0
	9	RS_Y(RS	182,525165	15,338441	60,74727	0	0	0	0
	10	RS_Y(RS	0	27,470751	11,405276	0	0	0	0
	11	RS_Y(RS	0	27,470751	11,405276	0	0	0	0
	12	RS_Y(RS	182,525167	15,338441	60,747271	0	0	0	0
	9	LM1_freq	534,706437	57,823617	258,103031	0	0	0	0
	10	LM1_freq	0	-99,013742	609,399188	0	0	0	0
	11	LM1_freq	0	99,013758	609,39925	0	0	0	0
	12	LM1_freq	534,706437	-57,823613	258,103063	0	0	0	0
	9	LM1_car(a	1107,719875	105,045242	532,663063	0	0	0	0
	10	LM1_car(a	0	-177,768937	970,440938	0	0	0	0
	11	LM1_car(a	0	177,768953	970,441063	0	0	0	0
	12	LM1_car(a	1107,72	-105,045219	532,663125	0	0	0	0
	9	G1	-0,00021	-26,609147	241,960749	0	0	0	0
	10	G1	0	2,031428	135,858334	0	0	0	0
	11	G1	0	-2,031428	135,858334	0	0	0	0
	12	G1	-0,00021	26,609147	241,960749	0	0	0	0
	9	G2	0	2,672176	70,775849	0	0	0	0
	10	G2	0	-1,14909	77,656329	0	0	0	0
	11	G2	0	1,14909	77,656329	0	0	0	0
	12	G2	0	-2,672176	70,775849	0	0	0	0

6. SPALLE

6.1. ANALISI DEI CARICHI

6.1.1. Peso proprio della spalla e pesi permanenti portati

Si riporta di seguito il calcolo del peso proprio della spalla.

Altezza complessiva della spalla =	3,55 m
Altezza plinto di fondazione =	1,80 m
Lunghezza longitudinale plinto di fondazione =	2,00 m
Larghezza trasversale plinto di fondazione =	16,80 m
Spessore pannello paraghiaia =	0,50 m
Larghezza trasversale pannello paraghiaia =	16,80 m
Altezza pannello paraghiaia =	1,75 m
Spessore martello =	0,20 m
Larghezza trasversale pannello paraghiaia =	16,80 m
Altezza martello =	0,55 m
Lunghezza longitudinale cordolo andatore =	3,00 m
Spessore muri andatori cordolo andatore =	2,10 m
Altezza muri andatori cordolo andatore =	1,80 m
Lunghezza longitudinale paraghiaia andatore =	3,00 m
Spessore muri andatori paraghiaia andatore =	0,50 m
Altezza muri andatori paraghiaia andatore =	1,75 m
Lunghezza longitudinale bandiera =	0,00 m
Altezza bandiera (lato corto) =	0,00 m
Altezza bandiera (lato lungo) =	0,00 m
Spessore bandiere	0,00 m

PESO PROPRIO SPALLA - GEOMETRIA							
Descrizione	quantità	LX [m]	LY [m]	H [m]	Volume [m ³]	γ [kN/m ³]	Peso [kN]
CORDOLO FRONTALE		2,00	16,80	1,80	60,48	25,0	1512,00
CORDOLO ANDATORE (Y<0)		3,00	2,10	1,80	11,34	25,0	283,50
CORDOLO ANDATORE (Y>0)		3,00	0,50	1,75	2,63	26,0	68,25
PULVINO						25,0	0,00
RITEGNI SISMICI LATERALI						2,0	0,00
RITEGNI SISMICI LONGITUDINALI						25,0	0,00
APPARECCHI D'APPOGGIO	4,00				cad. [kN] →	2,0	8,00
PANNELLO PARAGHIAIA		0,50	16,80	1,75	14,70	25,0	367,50
PARAGHIAIA ANDATORE (Y<0)		3,00	2,10	1,80	11,34	25,0	283,50
PARAGHIAIA ANDATORE (Y>0)		3,00	2,10	1,80	11,34	25,0	283,50
BANDIERA (Y<0)		0,00	0,00	0,00	0,00	25,0	0,00
BANDIERA (Y>0)		0,00	0,00	0,00	0,00	25,0	0,00
MARTELLO		0,20	16,80	0,55	1,85	25,0	46,20
TOTALE [kN]							2852,45

Il peso totale della spalla.

$$G_{1,spalla} = 2852.45 \text{ kN}$$

Il peso del terrapieno agente sulla zattera di fondazione è:

$$PP_{terrapieno} = 19 \cdot 15.8 \cdot 2.8 \cdot 3.55 = 2984 \text{ kN}$$

6.1.2. Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno e del sovraccarico possono essere calcolate, in assenza di falda, come:

$$F_t = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot k \cdot H^2 \cdot L$$

$$F_q = \Delta q \cdot k \cdot H \cdot L$$

γ_t = peso specifico del terreno;

L = larghezza della spalla;

Δq = sovraccarico a tergo della spalla;

k = coefficiente di spinta.

Nel caso in esame, poiché la fondazione della spalla è su pali, si considera che a monte dell'opera gli spostamenti del muro non siano tali da poter mobilitare lo stato limite del terreno. Si assume quindi come valore di k per il calcolo della spinta orizzontale il coefficiente di spinta a riposo k_0 .

$$k_0 = 1 - \sin \varphi'$$

L'angolo di attrito terreno-struttura δ è valutato secondo quanto prescritto dal Manuale di Progettazione al cap. 3.8.1.3:

$\beta = 0.0^\circ$ (inclinazione piano campagna a monte)

$\varphi' = 38^\circ$ (angolo di attrito del rilevato ferroviario a monte)

L'angolo di attrito muro-terreno viene assunto con il valore suggerito normalmente in letteratura:

$$\delta = 2 \cdot \varphi' / 3 = 23,3^\circ$$

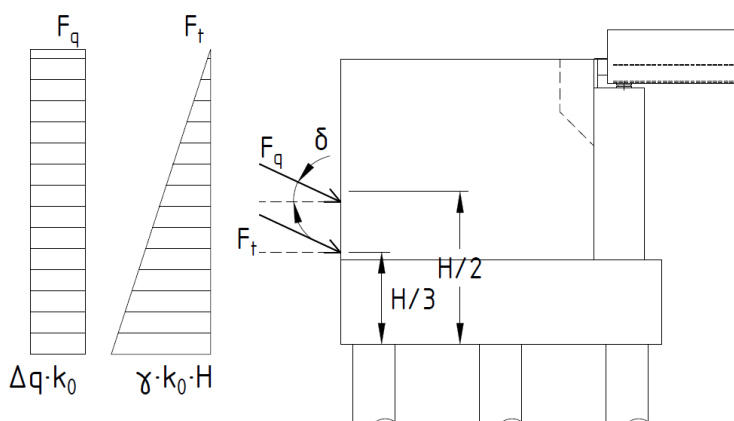
La spinta del terreno può essere scomposta quindi nella direzione verticale z e nella direzione orizzontale y e come segue:

$$F_{t,y} = F_t \cdot \cos(\delta)$$

$$F_{t,z} = F_t \cdot \sin(\delta)$$

$$F_{q,y} = F_q \cdot \cos(\delta)$$

$$F_{q,z} = F_q \cdot \sin(\delta)$$



Le spinte calcolate con i criteri illustrati facendo variare i coefficienti parziali M1 e M2 sono le seguenti:

TERRENO DEL RILEVATO STRADALE		
ϕ'	angolo di attrito del terreno di monte	35,0 °
$\tan\phi'$	tang. Dell'angolo di resistenza al taglio del terreno di monte	0,700
$\gamma_{\phi'} M1$	coefficiente Parziale di $\tan\phi'$ per la cond. M1	1,00
$\gamma_{\phi'} M2$	coefficiente Parziale di $\tan\phi'$ per la cond. M2	1,25
$\phi' M1$	angolo di attrito per la cond. M1	35,00 °
$\phi' M2$	angolo di attrito per la cond. M2	29,26 °
γ	peso per unità di volume del terreno	19,0 kN/m ³
δ esercizio M1	angolo di attrito terra-muro per le cond. Di esercizio M1	23,3 °
δ esercizio M2	angolo di attrito terra-muro per le cond. Di esercizio M2	19,5 °
β	inclinazione rispetto alla verticale del paramento	0,0 °
i	inclinazione rispetto all'orizzontale della sup. del terrapieno	0,0 °
$k_0 M1$	coefficiente di spinta a riposo cond. M1 $k_0=(1-\sin\phi)$	0,426
$k_0 M2$	coefficiente di spinta a riposo cond. M2 $k_0=(1-\sin\phi)$	0,511
$k_a M1$	coeff. Di spinta attiva Coulomb cond. M1	0,2710
$k_a M2$	coeff. Di spinta attiva Coulomb cond. M2	0,3434
c'	coesione del terreno a monte	0,00 kPa

SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONE D'ESERCIZIO		cond. con k_0	cond. con k_a
SPINTE STATICHE TERRENO RILEVATO SU SPALLA	Spinta del terreno soprafalda in condizione M1	857,69 kN	491,60 kN
	Componente orizzontale	787,55 kN	451,39 kN
	Componente verticale	339,71 kN	194,71 kN
	Spinta del terreno soprafalda in condizione M2	1028,38 kN	612,27 kN
	Componente orizzontale	969,37 kN	577,14 kN
	Componente verticale	343,35 kN	204,42 kN

6.1.3. Sovraccarichi da traffico stradale sul rilevato a tergo della spalla

In aggiunta si considera la spinta dovuta alla presenza del sovraccarico gravante sul cuneo di spinta a monte della spalla.

Il sovraccarico variabile a monte del manufatto considerato è:

$$\Delta q = 20 \text{ kPa}$$

Si riportano nel seguito le spinte da sovraccarico a monte della spalla.

		Δq
		20,0 kPa
		cond. con k_0
SPINTE SOVRACCARICO SU SPALLA	Spinta del terreno soprafalda in condizione M1	508,64 kN
	Componente orizzontale	467,04 kN
	Componente verticale	201,46 kN
	Spinta del terreno soprafalda in condizione M2	609,86 kN
	Componente orizzontale	574,87 kN
	Componente verticale	203,62 kN

6.1.4. Azioni orizzontali da traffico (Frenatura/Avviamento)

L'azione orizzontale da frenatura e avviamento dei modelli di carico è stata valutata a partire dai carichi più gravosi indicati in NTC18 (§5.1.3.5) per lo schema di carico 1:

$$Fren/Avv_su_spalla = 368kN$$

6.1.5. Azione sismica

L'azione sismica è stata definita sulla base del comune di appartenenza del sito di realizzazione dell'opera (Capannori, LU).

In accordo alla Tabella 2.5.1.1.1-1 del Manuale di Progettazione, si considera la seguente Vita Nominale:

$$V_N \geq 50 \text{ anni}$$

Dalla Tabella 2.5.1.1.2-1 del Manuale, si ricava la classe d'uso dell'opera in esame, la C III, per la quale il coefficiente d'uso risulta:

$$C_U = 1.5$$

Ne consegue un periodo di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche sulla struttura:

$$P_{VR} = 10\%$$

$$T_R = 712 \text{ anni}$$

Per il sottosuolo in questione si ha:

Categoria di sottosuolo: C

Condizione topografica: T1

Il periodo di ritorno per lo Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV) è:

$$V_R = V_N \cdot C_U \geq 75 \text{ anni}$$

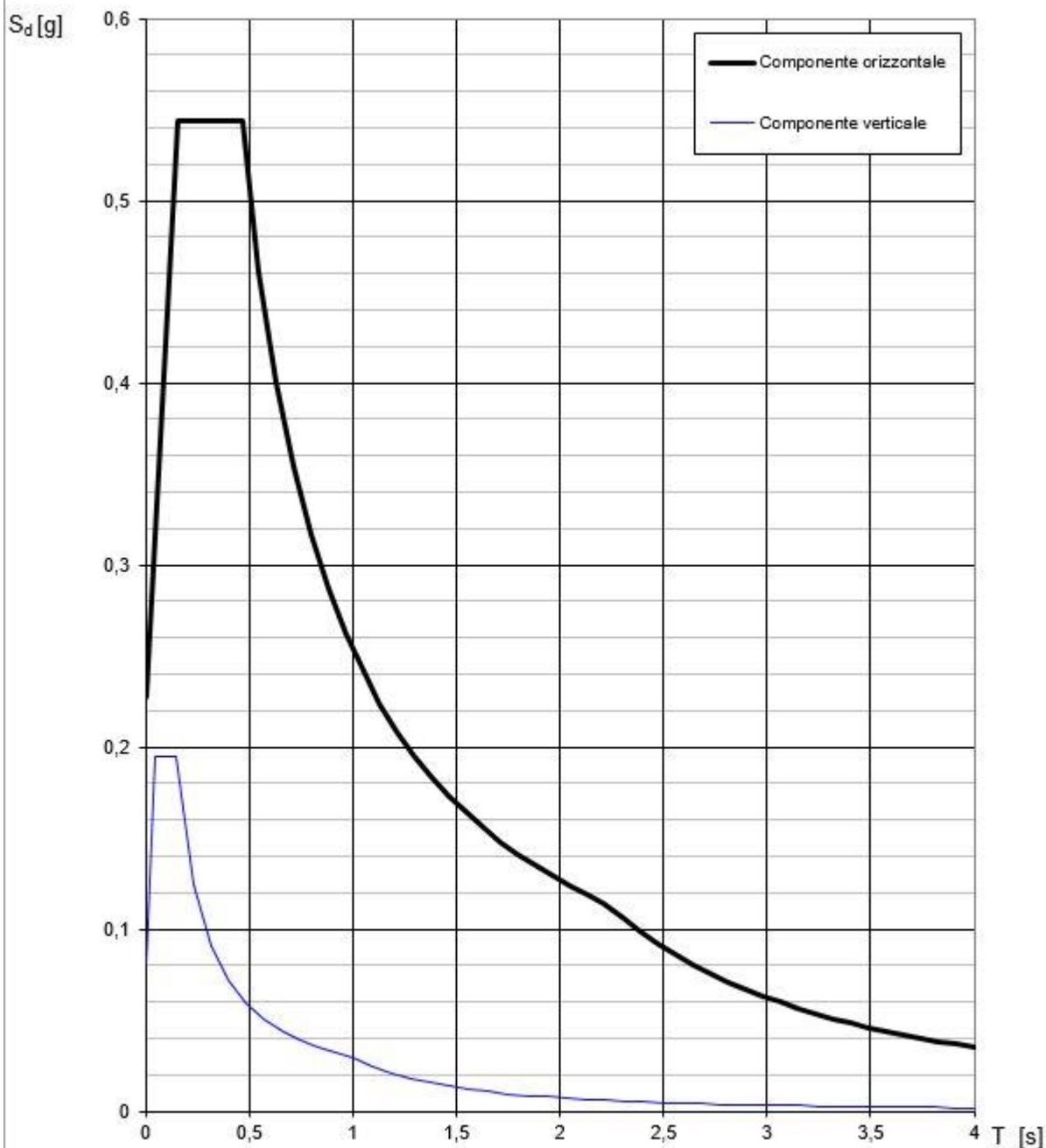
Infine, si considera un fattore di struttura come suggerito da NTC'18 al paragrafo 7.9.5.6.2 sulla base del collegamento con l'impalcato. Nel caso in esame si analizza la spalla con apparecchio di appoggio fisso.

Si ha quindi:

Fattore di struttura: 1

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri_NTCver.1.0.3.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,154 g
F_o	2,389
T_C	0,298 s
S_s	1,479
C_C	1,566
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,479
η	1,000
T_B	0,155 s
T_C	0,466 s
T_D	2,215 s

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta verticale sono:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{qv}	0,081 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,000
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,265
S	1,000
η	1,000

6.1.6. Sovrappinta sismica del terreno

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. Essendo la spalla rigida e completamente vincolata, nel terreno non si raggiungono le condizioni di equilibrio limite. Si applica quindi la teoria di Wood, secondo la quale la sovrappinta sismica è data da una distribuzione di sovrappressioni costante con la profondità.

La risultante è quindi applicata a metà altezza della spalla ($H/2$).

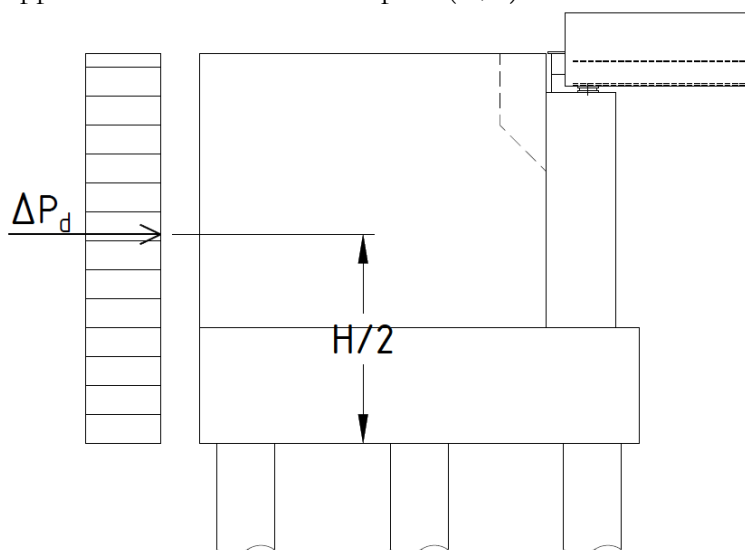


Figura 6-1 Schema per il calcolo degli effetti della sovrappinta sismica (teoria di Wood)

Le formule impiegate sono le seguenti:

- Per il valore dell'incremento di spinta in condizioni sismiche si ha:

$$\Delta P_d = (a_g/g) \cdot S \cdot \gamma_d \cdot H^2$$

In cui:

a_g/g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche del sito:

$$S = S_S \cdot S_T = 1.491$$

Per l'opera in esame risulta:

$$a_g/g = 0.154$$

Si riportano di seguito i coefficienti sismici orizzontale e verticale assunti per il calcolo della sovrappinta sismica del sito indagato suggeriti dal Manuale di Progettazione RFI:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0,2278$$

$\beta_m = 1$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima (per opere non in grado di subire spostamenti).

$$a_{max} = S \cdot a_g$$

a_{max} = accelerazione massima attesa al sito;

Mentre per il coefficiente sismico verticale risulta:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0,1139$$

Nella tabella seguente vengono riassunti i parametri assunti per l'analisi sismica e i valori di sovraspinta calcolati.

SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE			
	categoria del sottosuolo		C
F_0	fattore per l'amplif. Spettr. maa. Su sito di rif. Rigido		2,3890
a_g	acc orizz mass attesa su sito di rif rigido		0,154 g
S_S	coeff per l'effetto dell'amplif stratigrafica		1,479
S_T	coeff per l'effetto dell'amplif topografica		1
S	fattore della categoria del suolo		1,479
β_m	coeff di riduzione dell'acc max attesa al sito		1
a_{max}	acc orizz massima attesa al sito		0,227766 g
	coeff maggiorativo		1
k_h	coeff sismico orizzontale		0,2278
k_v	coeff sismico verticale	±	0,1139
ψ	inclinazione rispetto all'orizz del par del muro		0 °
ε	inclinazione rispetto all'orizz della sup del terrapieno		0 °
θ	angolo sismico terreno asciutto	(+)	11,6 ° (-) 14,4 °
θ	angolo sismico terreno sommerso (alta permeabilità)	(+)	19,1 ° (-) 23,8 °

La sovraspinta sismica totale è quindi:

$$\Delta P_d = 916.4 \text{ kN}$$

6.1.7. Forze inerziali dovute al sisma

In fase sismica si devono considerare le azioni orizzontali e verticali agenti sulla spalla dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo del terrapieno compreso tra i muri andatori. Le risultanti orizzontali e verticali sono rispettivamente pari a:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

I coefficienti k_h e k_v sono come esposto al paragrafo precedente.

SPINTE INERZIALI		
$F_{h,1} = k_h \cdot W_1$	inerzia orizzontale cordolo frontale	344,43 kN
$F_{v,1} = k_v \cdot W_1$	inerzia verticale cordolo frontale	172,22 kN
$F_{h,2} = k_h \cdot W_2$	inerzia orizzontale cordolo andatore ($y < 0$)	64,58 kN
$F_{v,2} = k_v \cdot W_2$	inerzia verticale cordolo andatore ($y < 0$)	32,29 kN
$F_{h,3} = k_h \cdot W_3$	inerzia orizzontale cordolo andatore ($y > 0$)	64,58 kN
$F_{v,3} = k_v \cdot W_3$	inerzia verticale cordolo andatore ($y > 0$)	32,29 kN
$F_{h,4} = k_h \cdot W_4$	inerzia orizzontale muro paraghiaia	83,72 kN
$F_{v,4} = k_v \cdot W_4$	inerzia verticale muro paraghiaia	41,86 kN
$F_{h,5} = k_h \cdot W_5$	inerzia orizzontale paraghiaia andatore ($y < 0$)	80,73 kN
$F_{v,5} = k_v \cdot W_5$	inerzia verticale paraghiaia andatore ($y < 0$)	40,36 kN
$F_{h,6} = k_h \cdot W_6$	inerzia orizzontale paraghiaia andatore ($y > 0$)	80,73 kN
$F_{v,6} = k_v \cdot W_6$	inerzia verticale paraghiaia andatore ($y > 0$)	40,36 kN
$F_{h,terr} = k_h \cdot W_{terr}$	inerzia orizzontale terrapieno sopra platea	774,40 kN
$F_{v,terr} = k_v \cdot W_{terr}$	inerzia verticale terrapieno sopra platea	387,20 kN

6.1.8. Carichi sui marciapiedi

Il carico da folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici viene considerato pari a:

$$Q_{folla} = 5 \text{ kN/m}^2$$

Il valore di combinazione è invece 2.5 kN/m^2 .

6.1.9. Azioni da impalcato

Le reazioni agli appoggi sulla spalla con appoggi fissi sono indicati al paragrafo 5.3.

6.1.10. Azioni sul paraghiaie – Azione verticale da traffico ferroviario

Il paraghiaie, oltre alle note azioni provocate dalla spinta orizzontale del terreno e del sovraccarico, può essere sollecitato localmente dai carichi concentrati verticali e orizzontali trasmessi dagli assi del convoglio.

Dati di input	
h	1,75 m
L	15,8 m
s	0,30 m
k_0	0,4264
γ_t	19,0 kN/mc
k_h	0,2278
Spinta statica del terreno (G1)	
S_{terr}	12,4 kN/m
bS_{terr}	1,2 m
m_{terr}	14,5 kNm/m

Si considera un carico verticale N (pari al carico di un asse), distribuito su un'impronta di dimensioni $a \times b$ applicata sul bordo del paraghiaia come da figura seguente.

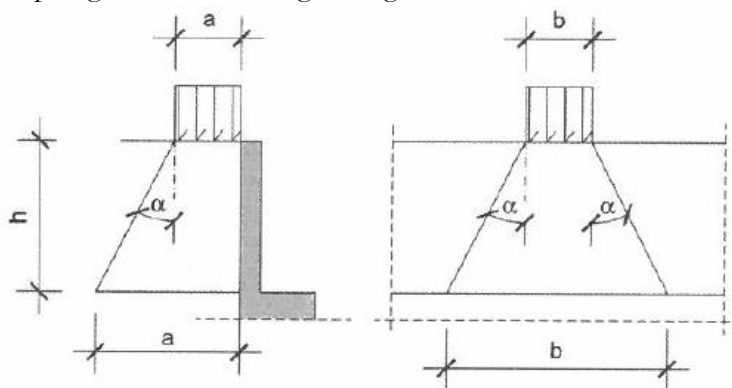


Figura 6-2-Distribuzione del carico applicato al bordo del paraghiaia

La distribuzione delle pressioni sul paraghiaie e i valori di spinta e momento provocati sono ricavati mediante i metodi presenti in letteratura (Cavalieri):

Spinta sovraccarico dell'asse (Q_{asse})	
Carico asse (N)	300,0 kN
Area di impronta del carico	
a	0,4 m
b	2,0 m
Inclinazione diffusione del carico (tg)	0,25 (1:4)
S_N	454,37 kN
M_N	464,00 kNm
b_{eff} (larghezza collaborante del muro)	4,1875 m
s_N	111,47 kN/m
m_N	114,26 kNm/m

L'azione di frenatura è considerata a favore di sicurezza trasmessa dal modello di carico in corrispondenza del muro come indicato dalla Circolare di NTC'08.

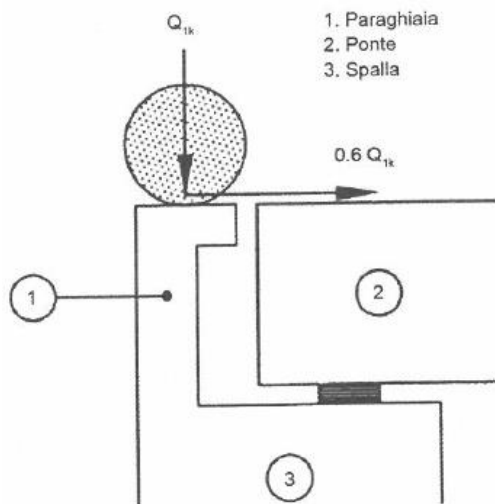


Figura 6-3 Carichi da traffico su paraghiaie DM. 14 gennaio 2008

Frenatura (Q_f)	
S_f (60%N)	180 kN
M_f	315 kNm
b_{eff}	5,5 m
s_f	32,73 kN/m
m_f	57,27 kNm/m

6.2. COMBINAZIONI DEI CARICHI E CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando le combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC08, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.2.3. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

6.2.1. Combinazioni delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

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	$\gamma_{G1} = \gamma_{G3}$	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	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	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

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

Le azioni dell'impalcato vengono combinate considerando i gruppi di combinazione dei carichi dovuti al traffico stradale indicati in tabella 5.1.IV delle NTC08.

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

Le verifiche della spalla sono state effettuate secondo l'Approccio 1 definito nelle NTC'18, che prevede differenti coefficienti di sicurezza amplificativi per le azioni (A) e riduttivi per i materiali (M) a seconda del tipo di verifica che si effettua.

Per le verifiche strutturali (resistenza muro di testata, muro paraghiaia, plinto di fondazione, verifiche strutturali dei pali) si è utilizzata la combinazione di coefficienti:

Combinazione 1: A1 + M1 + R1

Per quanto riguarda le verifiche geotecniche è stata utilizzata la combinazione di coefficienti seguente:

Combinazione 2: A2 + M2 + R2

Nel calcolo delle spinte statiche in esercizio dovute al terreno ed al sovraccarico accidentale sono stati utilizzati parametri del terreno M1 per le combinazioni STR, e parametri del terreno M2 per le combinazioni GEO.

In presenza di azione sismica le spinte del terreno (calcolate in condizioni di riposo) e le sovraspinte sismiche (calcolate con la teoria di Wood), sono state calcolate con parametri del terreno ridotti M1, per le combinazioni SLV-STR, M2 per le combinazioni SLV-GEO.

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici sono riportati nella tabella seguente:

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Le spinte sono calcolate a partire dai parametri M1. Per tenere in considerazione dei diversi parametri M2 vengono applicati dei coefficienti c pari a:

$$c = \frac{k_{M2}}{k_{M1}}$$

(M1,k0)	k0_M1	k0_M2	ka_M1	ka_M2
Spinta statica terreno	1,00	1,20	0,64	0,76
Spinta sovraccarico	1,00	1,20	0,64	0,76
Spinta sismica	1,00	1,20	0,64	0,76

Le tabelle seguenti spiegano le combinazioni di carico considerate e i coefficienti applicati per ciascun caso di carico:

NOME COMBO	Stato Limite	Cond. terreno Statiche/Attive	Combinazione coeff. Parziali (A1+M1)/(A2+M2)	Gruppo di carico	Schema di carico	Azione massima	DIREZIONE SISMA	
01-SLU-STR	SLU	k0	A1+M1	gr1	1+5	VERTICALE		
02-SLU-STR	SLU	k0	A1+M1	gr2a	1	LONGITUDINALE		
03-SLU-STR	SLU	k0	A1+M1	gr2b	1	TRASVERSALE		
04-SLU-STR	SLU	k0	A1+M1	gr4	5	VERTICALE		
05-SLU-STR-VENTO	SLU	k0	A1+M1	gr2b	1	VENTO		
06-SLU-GEO	SLU	k0	A2+M2	gr1	1+5	VERTICALE		
07-SLU-GEO	SLU	k0	A2+M2	gr1	1	LONGITUDINALE		
08-SLU-GEO	SLU	k0	A2+M2	gr3	1	TRASVERSALE		
09-SLU-GEO	SLU	k0	A2+M2	gr3	5	VERTICALE		
10-SLU-GEO-ka	SLU	ka	A2+M2	gr1	1+5	VERTICALE		
11-SLU-GEO-ka	SLU	ka	A2+M2	gr1	1	LONGITUDINALE		
12-SLU-GEO-ka	SLU	ka	A2+M2	gr3	1	TRASVERSALE		
13-SLU-GEO-ka	SLU	ka	A2+M2	gr3	5	VERTICALE		
14-SLV-STR	SLV	k0	A1+M1	-	-	LONGITUDINALE	X	Ex+0,3Ey+0,3Ez
15-SLV-STR	SLV	k0	A1+M1	-	-	LONGITUDINALE	-X	-Ex+0,3Ey+0,3Ez
16-SLV-STR	SLV	k0	A1+M1	-	-	TRASVERSALE	Y	Ey+0,3Ex+0,3Ez
17-SLV-STR	SLV	k0	A1+M1	-	-	TRASVERSALE	-Y	-Ey+0,3Ex+0,3Ez
18-SLV-STR	SLV	k0	A1+M1	-	-	VERTICALE	Z	Ez+0,3Ex+0,3Ey
19-SLV-STR	SLV	k0	A1+M1	-	-	VERTICALE	-Z	-Ez+0,3Ex+0,3Ey
20-SLV-GEO	SLV	k0	A2+M2	-	-	LONGITUDINALE	X	Ex+0,3Ey+0,3Ez
21-SLV-GEO	SLV	k0	A2+M2	-	-	LONGITUDINALE	-X	-Ex+0,3Ey+0,3Ez
22-SLV-GEO	SLV	k0	A2+M2	-	-	TRASVERSALE	Y	Ey+0,3Ex+0,3Ez
23-SLV-GEO	SLV	k0	A2+M2	-	-	TRASVERSALE	-Y	-Ey+0,3Ex+0,3Ez
24-SLV-GEO	SLV	k0	A2+M2	-	-	VERTICALE	Z	Ez+0,3Ex+0,3Ey
25-SLV-GEO	SLV	k0	A2+M2	-	-	VERTICALE	-Z	-Ez+0,3Ex+0,3Ey
26-SLV-GEO-ka	SLV	ka	A2+M2	-	-	LONGITUDINALE	X	Ex+0,3Ey+0,3Ez
27-SLV-GEO-ka	SLV	ka	A2+M2	-	-	LONGITUDINALE	-X	-Ex+0,3Ey+0,3Ez
28-SLV-GEO-ka	SLV	ka	A2+M2	-	-	TRASVERSALE	Y	Ey+0,3Ex+0,3Ez
29-SLV-GEO-ka	SLV	ka	A2+M2	-	-	TRASVERSALE	-Y	-Ey+0,3Ex+0,3Ez
30-SLV-GEO-ka	SLV	ka	A2+M2	-	-	VERTICALE	Z	Ez+0,3Ex+0,3Ey
31-SLV-GEO-ka	SLV	ka	A2+M2	-	-	VERTICALE	-Z	-Ez+0,3Ex+0,3Ey
32-SLE-RARA	SLE-RARA	k0	-	gr1	1	VERTICALE		
33-SLE-RARA	SLE-RARA	k0	-	gr1	1+5	VERTICALE		
34-SLE-FREQ	SLE-FREQ	k0	-	gr1	1	VERTICALE		
35-SLE-FREQ	SLE-FREQ	k0	-	gr1	1+5	VERTICALE		
36-SLE-QPERM	SLE-QPERM	k0	-	gr1	1	VERTICALE		

		01-SLU-STR	02-SLU-STR	03-SLU-STR	04-SLU-STR	05-SLU-STR-VENTO	06-SLU-GEO	07-SLU-GEO	08-SLU-GEO	09-SLU-GEO	10-SLU-GEO-ka	11-SLU-GEO-ka	12-SLU-GEO-ka	13-SLU-GEO-ka	
G1_spalla (Peso proprio)	Spalla	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PP_Terrapieno		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Qv_testa_spalla		1,35	1,01	1,01	0,34	0,40	1,15	0,86	0,86	0,29	1,15	0,86	0,86	0,29	
Frenatura_su_spalla_		-	1,35	-	-	-	-	1,15	-	-	-	1,15	-	-	
SISMA_Z_terrapieno_su_platea		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SISMA_X		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SISMA_Y		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SISMA_Z		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Spinta Statica Terreno	Spinte sul rilevato a tergo	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,22	1,22	1,22	1,22	0,69	0,69	0,69	0,69	
Spinta_Sovraccarico		1,35	1,01	1,01	0,34	0,40	1,40	1,05	1,05	0,29	0,79	0,60	0,60	0,29	
Spinta_sismica		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
G1_impalcato	Impalcato	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
G2_impalcato		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	
Q_mob_k		1,35	-	-	-	-	1,15	-	-	-	1,15	-	-	-	
Q_mob_freq		-	1,35	1,35	-	1,01	-	1,15	1,15	-	-	1,15	1,15	-	
Fren/Avv		-	1,35	-	-	-	-	1,15	-	-	-	1,15	-	-	
F_centrifuga		-	-	1,35	-	1,01	-	-	1,15	-	-	-	-	1,15	-
Q_folla		0,68	-	-	1,35	-	0,58	-	-	1,15	0,58	-	-	-	1,15
Vento_Impalcato		0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	
SISMA_Impalcato_X		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SISMA_Impalcato_Y		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SISMA_Impalcato_Z		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabella 6-1 Coefficienti delle azioni per le combinazioni allo SLU

		14-SLV-STR	15-SLV-STR	16-SLV-STR	17-SLV-STR	18-SLV-STR	19-SLV-STR	20-SLV-GEO	21-SLV-GEO	22-SLV-GEO	23-SLV-GEO	24-SLV-GEO	25-SLV-GEO	26-SLV-GEO-ka	27-SLV-GEO-ka	28-SLV-GEO-ka	29-SLV-GEO-ka	30-SLV-GEO-ka	31-SLV-GEO-ka	
G1_spalla (Peso proprio)	Spilla	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
PP_Terrapieno		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Qv_testa_spalla		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frenatura_su_spalla_		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SISMA_Z_terrapieno_su_platea		0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	
SISMA_X		1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	
SISMA_Y		0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	
SISMA_Z	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00		
Spinta Statica Terreno	Spinte sul rilevato a tergo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	
Spinta_Sovraccarico		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Spinta_sismica		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	
G1_impalcato	Impalcato	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
G2_impalcato		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Q_mob_k		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Q_mob_freq		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fren/Avv		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F_centrifuga		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Q_folla		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vento_Impalcato		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SISMA_Impalcato_X		1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	
SISMA_Impalcato_Y		0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	
SISMA_Impalcato_Z		0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	-1,00	

Tabella 6-2 Coefficienti delle azioni per le combinazioni allo SLV

		32-SLE- RARA	33-SLE- RARA	34-SLE- FREQ	35-SLE- FREQ	36-SLE- QPERM
G1_spalla (Peso proprio)	Spalla	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PP_Terrapieno		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qv_testa_spalla		1,00	1,00	0,40	0,40	-
Frenatura_su_spalla_		-	-	-	-	-
SISMA_Z_terrapieno_su_platea		-	-	-	-	-
SISMA_X		-	-	-	-	-
SISMA_Y		-	-	-	-	-
SISMA_Z		-	-	-	-	-
Spinta Statica Terreno	Spinte sul rilevato a tergo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta_Sovraccarico		1,00	1,00	0,40	0,40	-
Spinta_sismica		-	-	-	-	-
G1_impalcato	Impalcato	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
G2_impalcato		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Q_mob_k		1,00	1,00	-	-	-
Q_mob_freq		-	-	1,00	1,00	-
Fren/Avv		-	-	-	-	-
F_centrifuga		-	-	-	-	-
Q_folla		0,50	0,50	0,38	0,38	-
Vento_Impalcato		0,60	1,00	-	-	-
SISMA_Impalcato_X		-	-	-	-	-
SISMA_Impalcato_Y		-	-	-	-	-
SISMA_Impalcato_Z		-	-	-	-	-

Tabella 6-3 Coefficienti delle azioni per le combinazioni allo SLE

6.3. MODELLO DI CALCOLO

Le sollecitazioni di progetto vengono determinate mediante lo sviluppo di un modello agli elementi finiti elaborato con il codice di calcolo MIDAS CIVIL. Il modello si compone di 495 nodi, 433 elementi Area di tipo Shell-Thick di spessore 1.8m, 1.6 m, 1 m e 0,5 m rispettivamente per platea, muro frontale, muri andatori inferiore e superiore.

Il calcestruzzo è di classe C30/37.

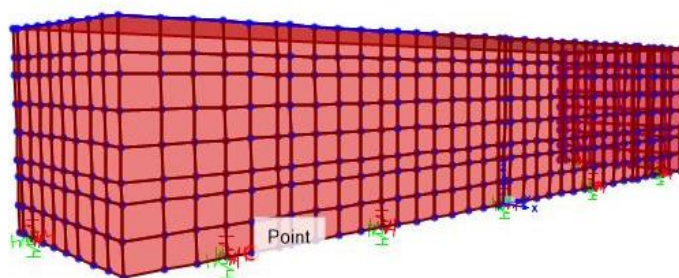


Figura 6-4 Vista 3D del modello agli elementi finiti della spalla

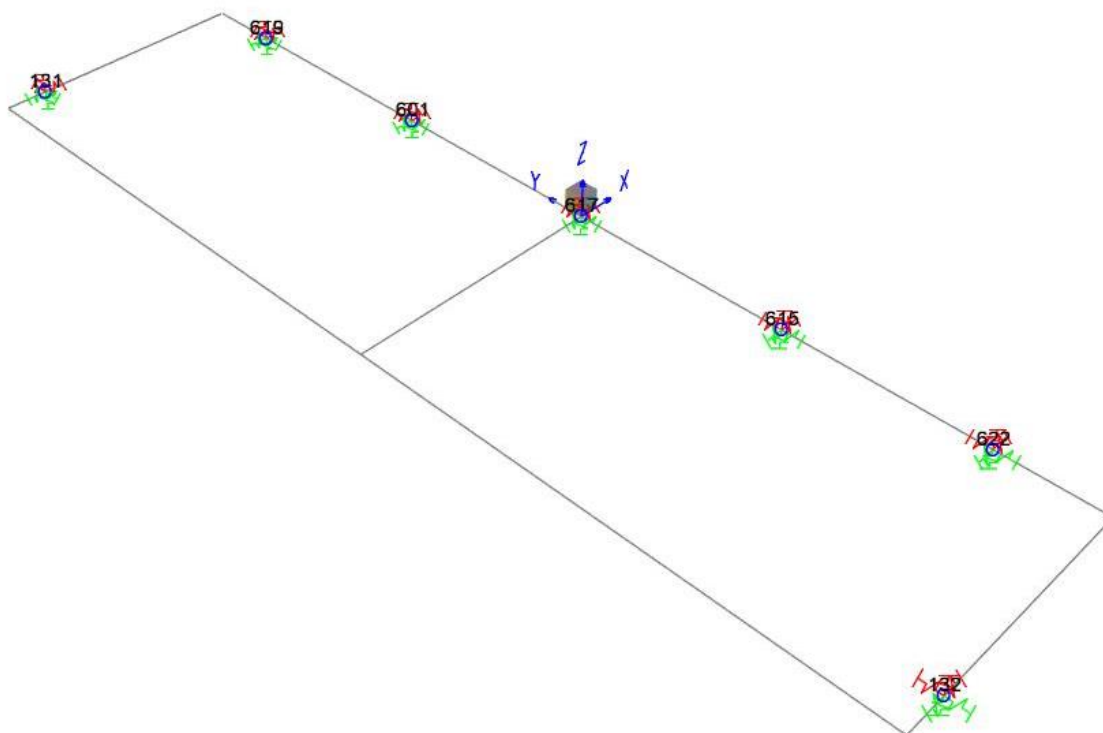


Figura 6-5- Vista dei vincoli in pianta

Sui punti rappresentanti i pali alla base della platea si inseriscono delle molle nelle tre direzioni X, Y, Z, che modellano l'interazione palo-terreno.

Mandataria

Mandanti

Le costanti di reazione delle molle sono state valutate con dei metodi disponibili in letteratura e vengono riassunte nel prospetto seguente.

K_z	36.300	kN/m
K_{x,y}	7.000	kN/m
K_{rot.(x,y)}	400.000	kN/rad.

Si riportano di seguito alcune immagini del modello ed alcune distribuzioni di sollecitazioni flessionali e taglianti allo stato limite ultimo sul muro frontale.

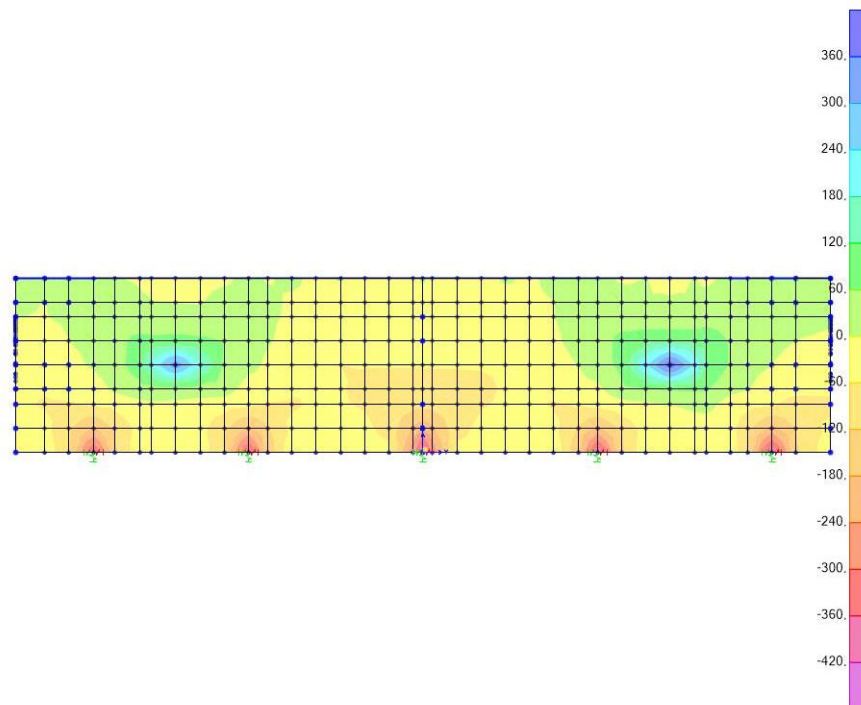


Figura 6-6- Momento Flettente 2-2 longitudinale in Combo SLU-STR-01

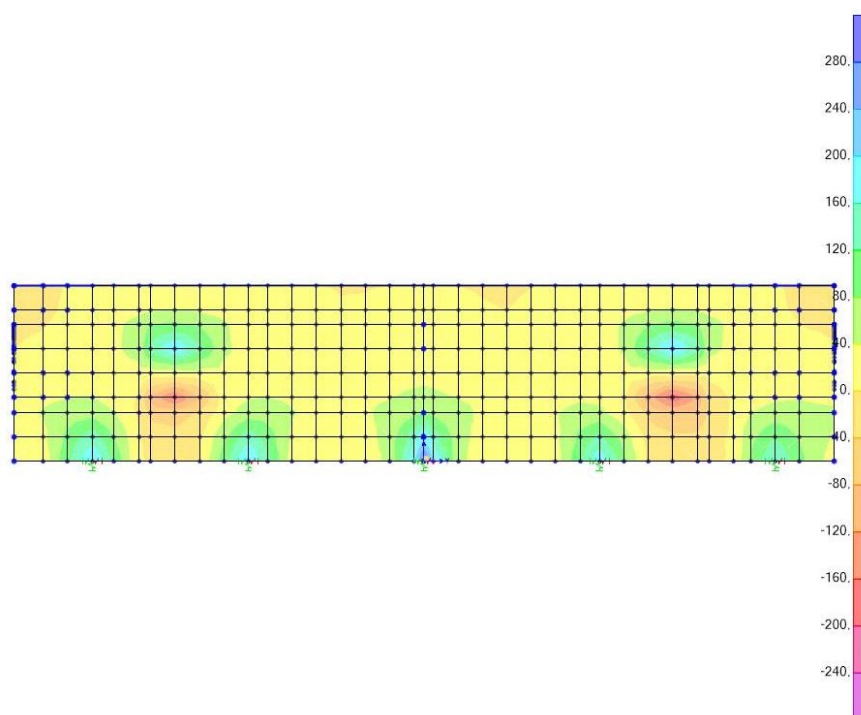


Figura 6-7 Taglio 2-3 longitudinale in combo 14-SLV-STR

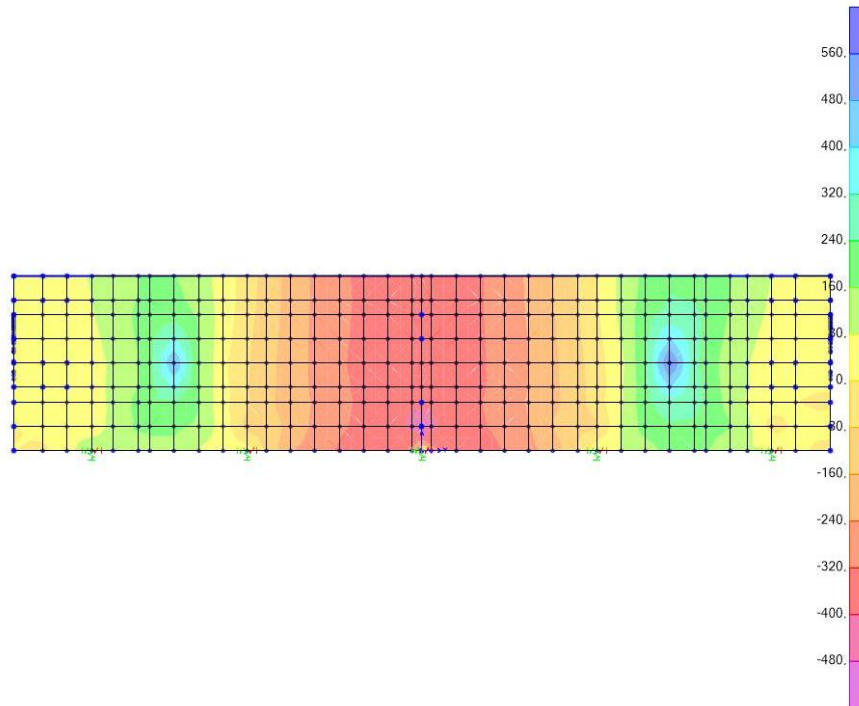


Figura 6-8- Momento flettente M1-1 trasversale in combo SLU-STR-01

6.4. SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SULLA PLATEA DI FONDAZIONE

Vengono riportate le massime reazioni ottenute sui pali utili per le verifiche geotecniche secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3) utili ai fini delle verifiche sui pali.

Sollecitazioni di progetto - SLU-STR							
	COMBINAZIONE	PALO	N [kN]	V _x [kN]	V _y [kN]	My (long.) [kN*m]	Mx (trasv.) [kN*m]
N max (COMPR)	01-SLU-STR	622	1755,4	148,2	-8,0	-127,2	-2,4
N max (TRAZ)	-	-	-	-	-	-	-
V _x max (long)	02-SLU-STR	132	1162,0	-605,1	3,1	-431,9	-26,6
My max (long.)	02-SLU-STR	622	1619,1	-602,3	-4,9	-1280,4	-12,3
Mx max (trasv)	01-SLU-STR	131	1673,9	170,0	-5,1	-50,6	-36,5

Sollecitazioni di progetto - SLV-STR							
	COMBINAZIONE	PALO	N [kN]	V _x [kN]	V _y [kN]	My (long.) [kN*m]	Mx (trasv.) [kN*m]
N max (COMPR)	16-SLV-STR	622	938,8	-331,7	23,5	-461,3	-17,4
N max (TRAZ)	-	-	-	-	-	-	-
V _x max (long)	15-SLV-STR	132	529,1	-776,1	-29,6	-382,5	-19,0
My max (long.)	15-SLV-STR	622	933,3	-775,2	-33,0	-1141,6	-9,9
Mx max (trasv)	14-SLV-STR	132	868,9	-150,0	40,7	-60,3	-36,9

Sollecitazioni di progetto - SLE							
	COMBINAZIONE	PALO	N [kN]	V _x [kN]	V _y [kN]	My (long.) [kN*m]	Mx (trasv.) [kN*m]
N max (COMPR)	32-SLE-RARA	622	1293,8	110,5	-5,3	-88,5	-2,0
N max (TRAZ)	-	-	-	-	-	-	-
V _x max (long)	33-SLE-RARA	131	1237,2	127,5	-6,9	-35,5	-24,7
My max (long.)	33-SLE-RARA	622	1292,2	108,5	-9,8	-88,6	-0,9
Mx max (trasv)	32-SLE-RARA	131	1235,2	125,0	-3,5	-35,5	-27,0

6.5. VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali vengono effettuate a mezzo di SectionCut, definite precedentemente all'interno del modello di calcolo. Si riportano di seguito la posizione delle Section Cut considerate per ciascuna combinazione di carico.

TABLE: Section Cuts 1 - General					
CutName	GlobalX	GlobalY	B	H	Color
Text	m	m	m	m	
SCUT_FRONT_1	7,20	0,00	1	1,3	Blue
SCUT_FRONT_2	3,63	0,00	1	1,3	Green
SCUT_FRONT_3	0,00	0,00	1	1,3	Cyan
SCUT_FRONT_4	-3,63	0,00	1	1,3	Red
SCUT_FRONT_5	-6,82	0,00	1,25	2,3	Magenta
SCUT_FRONT_6	5,10	1,80	1	2,3	Red
SCUT_FRONT_7	0,00	0,50	1,25	2,3	Green
SCUT_FRONT_8	-5,10	1,80	1	2,3	Yellow

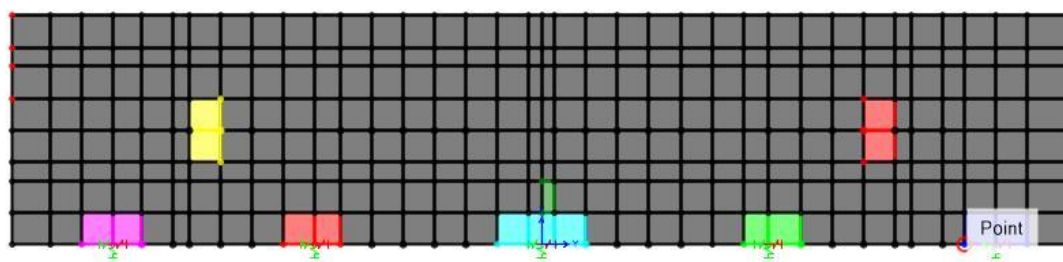
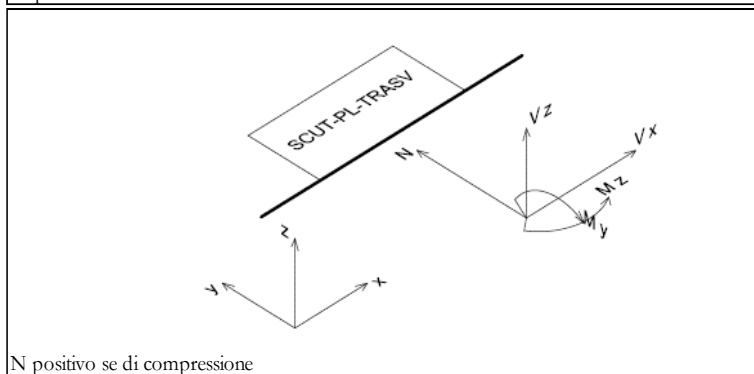
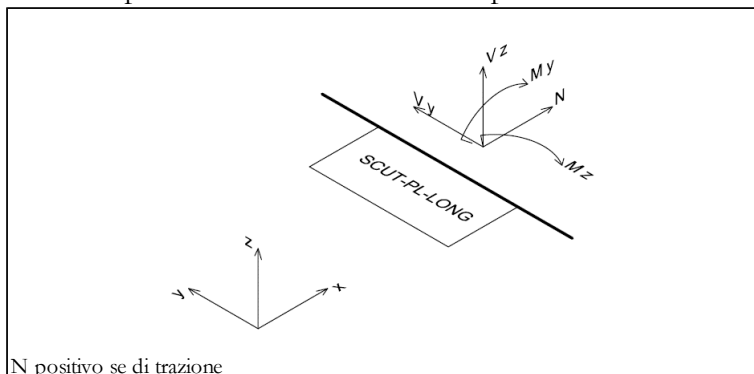


Figura 6-9 Section cut sulla platea per le sollecitazioni longitudinali

6.5.1. Verifiche del cordolo di fondazione

6.5.1.1. Cordolo di fondazione - Sollecitazioni di progetto

Di seguito sono riportate le massime sollecitazioni ottenute applicando tutte le combinazioni di carico e utilizzate per le verifiche flessionali del plinto di fondazione.



Le sollecitazioni in direzione longitudinale sono le seguenti:

PRESSOFLESSIONE - SECTION-CUT PIU' SOLLECITATA					
SECTION CUT	COMBINAZIONE		N [kN]	M y [kN*m]	M x [kN*m]
SCUT_FRONT_3	01-SLU-STR	MAX	-5,4	301,8	-11,9
SCUT_FRONT_3	02-SLU-STR	MIN	-776,3	-1462,2	-10,8

Le sollecitazioni in direzione trasversale sono le seguenti:

PRESSOFLESSIONE - SECTION-CUT PIU' SOLLECITATA					
SECTION CUT	COMBINAZIONE		N [kN]	M x [kN*m]	M z [kN*m]
SCUT_FRONT_6	01-SLU-STR	MAX	-603,0	-171,8	531,1
SCUT_FRONT_8	01-SLU-STR	MIN	-648,5	160,4	-440,9

Le azioni di taglio massime:

TAGLIO - SECTION-CUT PIU' SOLLECITATA					
SECTION CUT	COMBINAZIONE		N [kN]	V x [kN]	V y [kN]
SCUT_FRONT_1	01-SLU-STR	MAX	126,6	126,6	-108,76
SCUT_FRONT_5	02-SLU-STR	MIN	-796,687	-796,7	1570,23

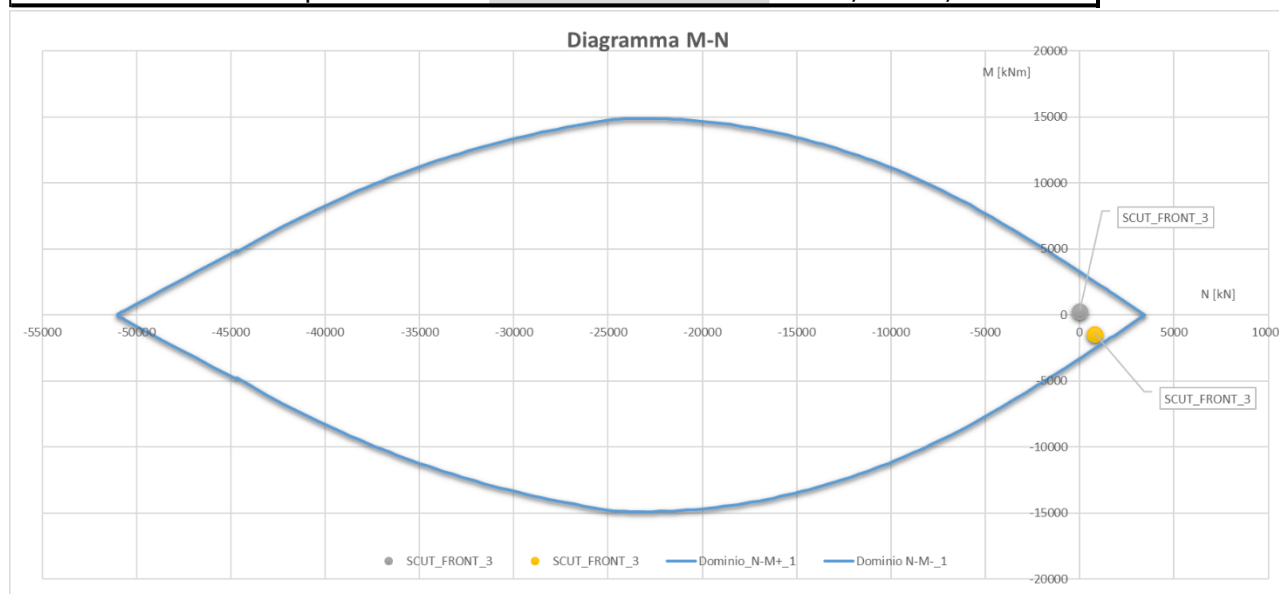
FESSURAZIONE - SECTION-CUT PIU' SOLLECITATA				
SECTION CUT	COMBINAZIONE		N [kN]	M y [kN*m]
SCUT_FRONT_1	34-SLE-FREQ	MAX	1146,6	-26,4
SCUT_FRONT_5	34-SLE-FREQ	MIN	1164,3	-40,4
SCUT_FRONT_2	36-SLE-QPERM	MAX	772,2	-246,4
SCUT_FRONT_3	36-SLE-QPERM	MIN	755,9	-297,3

6.5.1.2. *Cordolo di fondazione - Verifiche a pressoflessione*

Si riportano le verifiche allo stato limite ultimo effettuate sulle Section Cut della platea più sollecitate. Il copriferro delle barre (ricoprimento) è di 4 cm. Le armature longitudinali sono:

- $\Phi 24/10''$ superiori
- $\Phi 24/10''$ inferiori

DATI GEOMETRICI DELLA SEZIONE			
Base = B =	140,00	cm	
Altezza = H =	200,00	cm	
Copriferro = c =	4,00	cm	
Altezza utile = d =	196	cm	
	n. barre	diametro [mm]	Area
Armatura zona tesa = Aft =	14	20	= 3,14 43,98 cmq
Armatura zona compressa = Afc =	14	20	= 3,14 43,98 cmq

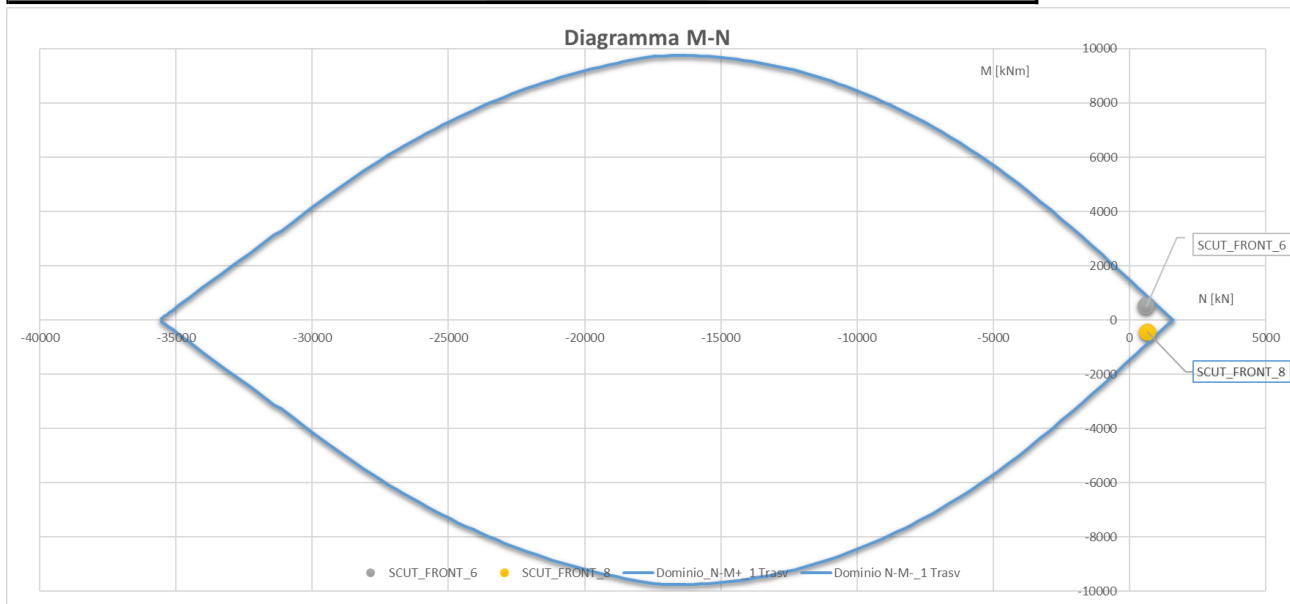


Si riportano le verifiche allo stato limite ultimo delle Section Cut del muro frontale più sollecitate in direzione trasversale.

Il copriferro delle barre (ricoprimento) è di 6 cm. Le armature longitudinali sono:

- Una fila di $\Phi 16/10''$ zona tesa
- Una fila di $\Phi 16/10''$ zona compressa

DATI GEOMETRICI DELLA SEZIONE					
Base = B =	100,00	cm			
Altezza = H =	200,00	cm			
Copriferro = c =	6,00	cm			
Altezza utile = d =	194	cm			
	n. barre	diametro [mm]	Area		
Armatura zona tesa = Aft =	10	16	= 2,01	20,11	cmq
Armatura zona compressa = Afc =	10	16	= 2,01	20,11	cmq



6.5.1.3. Cordolo di fondazione - Verifiche a taglio

Si riportano i valori di taglio massimo ottenuti sulle Section Cut della platea.

Le armature a taglio sono:

- $\Phi 12/20''$

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC '18

Dati di input			
1) Sollecitazioni			
Taglio Massimo sollecitante		V_{Ed}	796,69 kN
Combinazione corrispondente			02-SLU-S'TR
		$\gamma_{Rd} =$	1
		$V_{Ed} = V * \gamma_{Rd} =$	796,69 kN
2) Armature longitudinali			
Numero di barre e diametro armatura tesa	n.	14	ϕ 20 mm
Area armatura longitudinale tesa			$A_{s,long}$ 4396 mm ²
3) Parametri sezione			
Larghezza minima della sezione in zona tesa		b_w	1400 mm
Altezza della sezione		H	2000 mm
Copriferro		c	40 mm
Altezza utile della sezione		d	1960 mm
Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione		N_{Ed}	796,69 kN
4) Caratteristiche cls			
Tipologia di calcestruzzo			C30/37
Coefficiente riduttivo della resistenza del calcestruzzo		γ_c	1,5
Resistenza a compressione cilindrica		f_{ck}	30 MPa
Resistenza a compressione di progetto		f_{cd}	17,00 MPa
5) Caratteristiche dell'acciaio			
Tipologia di acciaio			B450C
Coefficiente riduttivo della resistenza dell'acciaio		γ_s	1,15
Tensione di snervamento caratteristica		f_{yk}	450 MPa
Tensione di snervamento di progetto		f_{yd}	391,30 MPa

Verifica a taglio di elementi senza armature trasversali - §4.1.2.1.3.1			
		v_{min}	0,2905
		k	1,3194
		ρ_1	0,0014
		σ_{cp}	0,2845 N/mm ²
		V_{Rd}	813,59
		Verifica ($V_{Rd} > V_{cd}$)	ok
NON NECESSITA ARMATURA A TAGLIO			

Armatura minima per pareti	
Diametro delle staffe	ϕ_{st} 12 mm
Numero di bracci staffe	n_b 5
Passo delle staffe	s 200 mm
Quantitativo di staffe a metro	$\Lambda_{sw,s}$ 2826,00 mm ² /m ²
Limitazioni di armatura delle pareti - §7.4.6.2.4	
$\rho > 0,2 \%$	ok
$\Phi > s_{parete}/10$	ok
Q.tà legature $> 9/m^2$	ok

6.5.1.4. Cordolo di fondazione - Verifiche a punzonamento

VERIFICA A PUNZONAMENTO

1) Dati di input			
Riferimenti normativi		§6,4 EC2 + §4.1.2.3.5.4 NTC'18	
Tipologia strutturale		PALO DI FONDAZIONE DI BORDO	
Forma del palo		CIRCOLARE	
Caratteristiche meccaniche dei materiali			
Calcestruzzo			
Tipologia di calcestruzzo		C30/37	
Resistenza caratteristica a compressione	R_{ck}		37 MPa
Resistenza a compressione cilindrica	f_{ck}		30,71 MPa
Resistenza a compressione di progetto	f_{cd}		17,40 MPa
Coefficiente riduttivo della resistenza del calcestruzzo	γ_c		1,5
Acciaio			
Tipologia di acciaio		B450C	
Tensione di snervamento caratteristica	f_{yk}		450 MPa
Tensione di snervamento di progetto	f_{yd}		391,30 MPa
Coefficiente riduttivo della resistenza dell'acciaio	γ_s		1,15
Coefficiente riduttivo per fessurazione del cls	v		0,5
2) Dati geometrici del pilastro e della soletta			
Diametro del palo	Φ		1200 mm
Spessore della plate di fondazione	H		1800 mm
Copriferro (Ricoprimento armature)	cop		40 mm
Altezza capitello (se assente inserire 0)	h_H		0 mm
3) Armature longitudinali del plinto			
Diametro massimo armature tese longitudinali	ϕ_x		24 mm
Diametro massimo armature tese trasversali	ϕ_y		24 mm
Passo armature longitudinali	s_x		100 mm
Passo armature trsversali	s_y		100 mm
Altezza utile armature tese longitudinali	d_x		1748 mm
Altezza utile armature tese trasversali	d_y		1724 mm
Altezza utile media della piastra	d		1736 mm
Rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa	ρ_x		0,00261
Rapporto geometrico di armatura trasversale tesa	ρ_y		0,00261
3) Sollecitazioni			
Reazione del palo più caricato	N		1755,40 kN
Momento flettente longitudinale	M_x		-2,40 kNm
Taglio longitudinale	V_x		148,20 kN
Momento flettente trasversale	M_y		-127,20 kNm
Taglio trasversale	V_y		-8,00 kN
Combinazione			01-SLU-STR

4) VERIFICA A PUNZONAMENTO, PIASTRA PRIVA DI ARMATURE

Contorno dell'area caricata dal palo	u_0	3770 mm
Distanza diametro palo-perimetro di verifica ($\leq 2d$)	dd	3472 mm
Perimetro di verifica di base	u_1	6519 mm
Coeff. riduttivo k	k	1,34
	ρ_l	0,00261
	σ_{cp}	0,00 MPa
	k_1	0,10
	$C_{Rd,c}$	0,12
	v_{min}	0,30
	$v_{min} + k_1\sigma_{cp}$	0,30
	$v_{Rd,c} (*)$	0,321 MPa
Eccentricità del carico applicato	e	-0,016 m
Maggiorazione della τ di punz. Dovuta a flessione	β	1,0000
Forza tagliante applicata di progetto per carico eccentrico	v_{Ed}	0,268 MPa
Resistenza di progetto a punzonamento	$v_{Rd,c}$	0,321 MPa
Verifica del punzonamento lungo il perimetro u_0	$v_{Ed} < v_{Rd,C}$	OK

6.5.1.5. Cordolo di fondazione - Verifiche a fessurazione

Si riportano le verifiche allo Stato Limite di fessurazione.

Le combinazioni in esame sono quelle di tipo frequente e quasi permanente. In condizioni ambientali ordinarie e per armatura poco sensibile, per la combinazione frequente si verifica che sia soddisfatta la seguente condizione:

$$w_d < w_3 = 0.4mm$$

Si ripete la verifica per la combinazione quasi permanente:

$$w_d < w_2 = 0.3mm$$

Muro Frontale		
SLE-FREQUENTE $\rightarrow w_3=0,4\text{mm}$		
N sollecitante solo se di trazione	Ned	0,00 kN
M sollecitante	Med	40,38 kNm
	COMBO	34-SLE-FREQ
Base	b	1400 [mm]
Altezza	h	2000 [mm]
Ricoprimento barre longitudinali	c	40 [mm]
	d	1950 [mm]
	x	864,4 [mm]
Diametro dei ferri longitudinali	\emptyset	20 [mm]
Numero dei ferri	n Fe	14
Area dell'armatura longitudinale	As	4398,2 [mm ²]
Coefficiente per barre ad aderenza migliorata.	β_1	1
Coefficiente per azioni di lunga durata o nel caso di azioni ripetute	β_2	0,5
	β	0,6769
	Es	210000 [N/mm ²]
	σ_s	8,1 [N/mm ²]
≥ 0.4	$(1-\beta_1\beta_2\beta_2)$	0,7709
Deformazione media unitaria= $\sigma_s (1-\beta_1\beta_2\beta_2)/E_s$	esm	0,0000297
$\min((h-x)/2 ; c+7,5\emptyset)$	deff	190 [mm]
base calcestruzzo efficace	beff	1000 [mm]
Area calcestruzzo efficace =deff *beff	Ac,eff	190000 [mm ²]
	k3	0,125
As/Aceff	ρ	0,02315
	s	100 [mm]
barre ad aderenza migliorata	k2	0,4
distanza media fra le fessure = $2(c+s/10) + k_2k_3\emptyset/\rho$	Δ_{sm} :	143,2 [mm]
apertura delle fessure = $1,7 \Delta_{sm} esm$	wd	0,0072 [mm]
Verifica	$w_d < w_3$	ok
SLE-QUASI PERMANENTE $\rightarrow w_2=0,3\text{mm}$		
N sollecitante solo se di trazione	Ned	0,00 kN
M sollecitante	Med	297,28 kNm
	COMBO	36-SLE-QPERM
	σ_s	59,5 [N/mm ²]
Deformazione media unitaria= $\sigma_s (1-\beta_1\beta_2\beta_2)/E_s$	esm	0,0002185
distanza media fra le fessure = $2(c+s/10) + k_2k_3\emptyset/\rho$	Δ_{sm} :	143,2 [mm]
apertura delle fessure = $1,7 \Delta_{sm} esm$	wd	0,0532 [mm]
Verifica	$w_d < w_2$	ok

6.5.2. Verifiche del muro paraghiaia

6.5.2.1. Paraghiaia - Sollecitazioni di progetto

Le azioni sul muro paraghiaia vengono combinate secondo i coefficienti della Combinazione 01-SLU-STR.

Le sollecitazioni di progetto sono le seguenti:

COMBO SLU-STR	
V_{G1}	1,35
V_{G2}	1,5
V_Q	1,45
$(S_{terr} \gamma_{G1} + S_{ballast} \gamma_{G2} + S_N \gamma_Q + S_f \gamma_Q)$	
V_{Ed}	225,83 kN/m
M_{Ed}	268,27 kNm/m

COMBO SLV-STR	
V_{G1}	1
V_{G2}	1
V_Q	0,2
$(S_{terr} \gamma_{G1} + S_{ballast} \gamma_{G2} + S_N \gamma_Q + S_f \gamma_Q)$	
V_{Ed}	57,49 kN/m
M_{Ed}	63,00 kNm/m

COMBO SLE-FREQ	
V_{G1}	1,00
V_{G2}	1,00
ψ_1	0,80
V_{Ed}	127,76 kN/m
M_{Ed}	151,70 kNm/m

COMBO SLE-QPERM	
V_{G1}	1,00
V_{G2}	1,00
ψ_2	0,00
V_{Ed}	12,41 kN/m
M_{Ed}	14,47 kNm/m

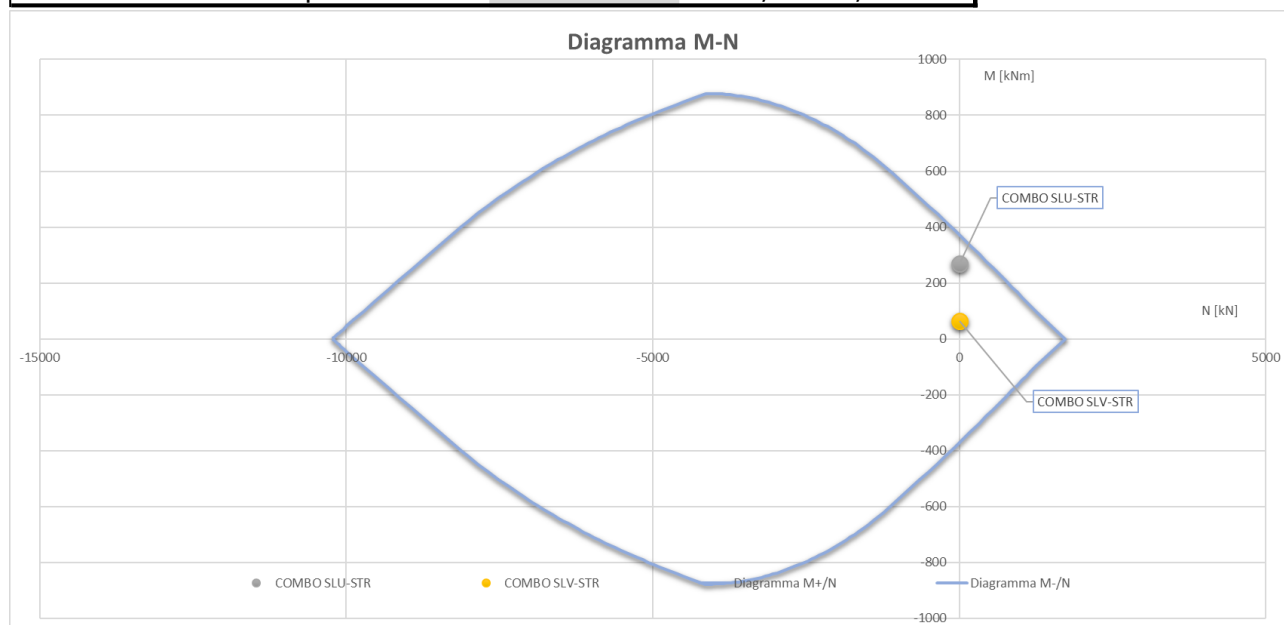
6.5.2.2. Paraghiaia - Verifiche a pressoflessione

Il momento di progetto è ottenuto allo SLU ed è pari a 114.19kNm/m.

Il copriferro delle barre (ricoprimento) è di 4 cm. Le armature longitudinali sono:

- Una fila di $\Phi 20/8''$ zona tesa
- Una fila di $\Phi 20/8''$ zona compressa

DATI GEOMETRICI DELLA SEZIONE			
Base = B =	100,00	cm	
Altezza = H =	50,00	cm	
Copriferro = c =	4,00	cm	
Altezza utile = d =	46	cm	
	n. barre	diametro [mm]	Area
Armatura zona tesa = Aft =	7	20	= 3,14 21,99 cmq
Armatura zona compressa = Afc =	7	20	= 3,14 21,99 cmq



Limitazioni d'armatura		
ρ	ρ_{min}	$\rho > \rho_{min}$
0,88%	0,1%	ok
Φ	Φ_{max}	$\Phi < \Phi_{min}$
20	50	ok

Armatura di ripartizione				
Armatura necessaria in zona tesa (20% $A_{s,long}$)	4,398	7 16	2,01 14,074	ok
Armatura necessaria in zona tesa (20% $A_{s,long}$)	4,398	7 16	2,01 14,074	ok

6.5.2.3. Paraghiaia - Verifica a taglio

Il taglio di progetto è ottenuto allo SLU ed è pari a 225.83 kN/m. Le armature a taglio sono:

- $\Phi 10/15''$

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC '18

Dati di input			
1) Sollecitazioni			
Taglio Massimo sollecitante		V_{Ed}	225,83 kN
Combinazione corrispondente		$V_{Rd} =$	1
		$V_{Ed} = V * \gamma_{Rd} =$	225,83 kN
2) Armature longitudinali			
Numero di barre e diametro armatura tesa	n.	7	ϕ 20 mm
Area armatura longitudinale tesa			$A_{s,long}$ 2198 mm ²
3) Parametri sezione			
Larghezza minima della sezione in zona tesa		b_w	1000 mm
Altezza della sezione		H	300 mm
Copriferro		c	40 mm
Altezza utile della sezione		d	260 mm
Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione		N_{Ed}	0,00 kN
4) Caratteristiche cls			
Tipologia di calcestruzzo			C30/37
Coefficiente riduttivo della resistenza del calcestruzzo		γ_c	1,5
Resistenza a compressione cilindrica		f_{ck}	30 MPa
Resistenza a compressione di progetto		f_{cd}	17,00 MPa
5) Caratteristiche dell'acciaio			
Tipologia di acciaio			B450C
Coefficiente riduttivo della resistenza dell'acciaio		γ_s	1,15
Tensione di snervamento caratteristica		f_{yk}	450 MPa
Tensione di snervamento di progetto		f_{yd}	391,30 MPa

Verifica a taglio di elementi senza armature trasversali - §4.1.2.1.3.1

v_{min}	0,4930
k	1,8771
ρ_1	0,0085
σ_{cp}	0,0000 N/mm ²
V_{Rd}	172,06
Verifica ($V_{Rd} > V_{ed}$)	no
NECESSARIA ARMATURA A TAGLIO	

Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio - §4.1.2.1.3.2

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo	f'_{cd}	8,5000 MPa
Coeff. Maggiorativo per (pre)compressione	α_c	1,0000
Braccio delle forze interne	z	mm
Diametro delle staffe	ϕ_{st}	10 mm
Numero di bracci staffe	n_b	7
Passo delle staffe	s	150 mm
Quantitativo di staffe a metro	$\Lambda_{sw,s}$	3663,3 mm ² /m ²
Inclinazione staffe	a	90 °
Inclinazione puntone	θ	45 °

Verifiche di armatura minima a taglio secondo - §4.1.6.1.1

Resistenza a taglio del puntone di cls	V_{Rcd}	994,50 kN
Resistenza a taglio del tirante di acciaio	V_{Rsd}	335,43 kN
Resistenza a taglio di progetto = min (VRsd,VRcd) > Ved	V_{Rd}	335,43 kN

Verifica ($V_{Rd} > V_{ed}$) ok

Limitazioni di armatura delle pareti - §7.4.6.2.4

$\rho > 0,2 \%$	ok
$\Phi > s_{parete}/10$	ok
Q.tà legature > 9/m ²	ok

6.5.2.4. *Paraghiaia - Verifica a fessurazione*

Le sollecitazioni di progetto sono quelle calcolate agli Stati Limite Frequente e Quasi Permanente. In condizioni ambientali ordinarie e per armatura poco sensibile, per la combinazione frequente si verifica che sia soddisfatta la seguente condizione:

$$w_d < w_3 = 0.4mm$$

Si ripete la verifica per la combinazione quasi permanente:

$$w_d < w_2 = 0.3mm$$

Muro Paragliaia		
SLE-FREQUENTE →w₃=0,4mm		
N sollecitante solo se di trazione	Ned	0,00 kN
M sollecitante	Med	151,70 kNm
	COMBO	SLE-FREQ
Base	b	1000 [mm]
Altezza	h	500 [mm]
Ricoprimento barre longitudinali	c	40 [mm]
	d	450 [mm]
	x	227,6 [mm]
Diametro dei ferri longitudinali	Ø	20 [mm]
Numero dei ferri	n Fe	7
Area dell'armatura longitudinale	As	2199,1 [mm ²]
Coefficiente per barre ad aderenza migliorata.	β ₁	1
Coefficiente per azioni di lunga durata o nel caso di azioni ripetute	β ₂	0,5
	β	0,6769
	Es	210000 [N/mm ²]
	σ _s	253,2 [N/mm ²]
>=0.4	(1-β ₁ β ₂ β ₂)	0,7709
Deformazione media unitaria= σ _s (1-β ₁ β ₂ β ₂)/Es	esm	0,0009296
min((h-x)/2 ; c+7,5Ø)	deff	136,2178851 [mm]
base calcestruzzo efficace	beff	1000 [mm]
Area calcestruzzo efficace =deff *beff	Ac,eff	136217,8851 [mm ²]
	k ₃	0,125
As/Aceff	ρ	0,01614
	s	142,8571429 [mm]
barre ad aderenza migliorata	k ₂	0,4
distanza media fra le fessure = 2(c+s/10) + k ₂ k ₃ Ø/ρ	Δ _{sm} :	170,5 [mm]
apertura delle fessure = 1,7 Δ _{sm} esm	wd	0,2695 [mm]
Verifica	w_d < w₃	ok
SLE-QUASI PERMANENTE →w₂=0,3mm		
N sollecitante solo se di trazione	Ned	0,00 kN
M sollecitante	Med	14,47 kNm
	COMBO	SLE-QPERM
	σ _s	36,8 [N/mm ²]
Deformazione media unitaria= σ _s (1-β ₁ β ₂ β ₂)/Es	esm	0,0001352
distanza media fra le fessure = 2(c+s/10) + k ₂ k ₃ Ø/ρ	Δ _{sm} :	187,9 [mm]
apertura delle fessure = 1,7 Δ _{sm} esm	wd	0,0432 [mm]
Verifica	w_d < w₂	ok

6.6. SPALLA - INCIDENZA ARMATURE

Incidenza Armature Spalla						
	Descrizione	n. barre a ml	Ø [mm]	Lunghezza totale barre a mq [m]	Peso singola barra [kg/ml]	Peso totale armatura a mq [kg]
F R O N T A L E	Armatura longitudinale muro frontale (lato interno)	10	20	10,0	2,4660	24,66
	Armatura longitudinale muro frontale (lato esterno)	10	20	10,0	2,4660	24,66
	Armatura di ripartizione (lato interno+lato esterno)	20	16	20,0	1,5780	31,56
	Armatura interna ripartizione	20	16	20,0	1,5780	31,56
	n. spilli a mq			L spilli [m]		
	Armatura trasversale muro frontale	25	12	2,40	0,8880	53,28
	Volume CLS muro frontale [m³]	83,2				
	Totale incidenza Muro Frontale [kg/m³]	82,9				
P A R A G H I A I A	Armatura longitudinale paraghiaia (lato interno)	7	20	7,0	2,4660	17,26
	Armatura longitudinale paraghiaia (lato esterno)	7	20	7,0	2,4660	17,26
	Armatura di ripartizione (lato interno+lato esterno)	14	16	14,0	1,5780	22,09
	n. spilli a mq			L spilli [m]		
	Armatura trasversale paraghiaia	49	10	0,9	0,6170	27,21
		Volume CLS paraghiaia [m³]	17,0			
	Totale incidenza paraghiaia [kg/m³]	167,7				