Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

E78 GROSSETO - FANO
Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)
Adeguamento a quattro corsie del tratto
San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto

PROGETTO DEFINITIVO

FI 508

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Roberto Salucci

Ordine dei geologi
della Regione Lazio n. 633

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. Santo Salvatore Vermiglio

Ordine Architetti
Provincia di Reggio Calabria n. 1270

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesco Pisani

VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO

Arch.Pianif. Marco Colazza

I PROGETTISTI SPECIALISTICI

Ing. Ambrogio Sic[illegible]

Ordine Ingegneri
Provincia di Roma n. A35111

Ing. Moreno Panfili

Ordine Ingegneri
Provincia di Perugia n. A2657

Ing. Matteo Bordugo

Ordine Ingegneri
Provincia di Pordenone al n. 790A

Ing. Giuseppe Resta

Ordine Ingegneri
Provincia di Roma n. 20629

PROGETTAZIONE ATI:

GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl (Mandataria)

cooprogetti (Mandante)

engeko (Mandante)

SAIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna (Mandante)

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INNTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) :

Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI

Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI
ORDINE INGEGNERI
ROMA
N° 14035

OPERE D'ARTE MAGGIORI

Asse principale

VI.02 – Viadotto Mari Dir. FANO

Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO: DPFI508 · LIV.PROG: D · ANNO: 23	P01VI02STRRE01_B	_	-
	CODICE ELAB.: P01VI02STRRE01		

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
D					
C					
B	Revisione a seguito Istruttoria n°U. 0016028.09–01–2024	Gennaio '24	Cassarini	Bordugo	Guiducci
A	Emissione	Agosto '23	Cassarini	Bordugo	Guiducci

INDICE

1. PREMESSA....4
1.1. DESCRIZIONE DELL'OPERA NUOVA....4
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO....6
3. CARATTERISTICHE MATERIALI....6
3.1. CALCESTRUZZO PER IMPALCATO....6
3.1. CALCESTRUZZO SOTTOTRUTTURE....8
3.2. ACCIAIO ORDINARIO PER ARMATURE....9
3.3. ACCIAIO PER CARPENTERIA....9
3.4. ACCIAIO E COPPIA DI SERRAGGIO DEI BULLONI....10
3.5. PIOLI CON TESTA TIPO "NELSON"....10
3.6. GIUNZIONI SALDATE....10
4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO....10
5. CLASSE DI ESECUZIONE....10
5.1. CLASSE DI IMPORTANZA....11
6. ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO....13
6.1. PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE (G1)....14
6.2. PESO PROPRIO FINITURE E PAVIMENTAZIONE (G2)....15
6.3. EFFETTI DI RITIRO E VISCOSITÀ DEI CALCESTRUZZI (E2)....17
6.4. EFFETTI DELLE VARIAZIONI TERMICHE (E3)....19
6.4.1. Variazioni termiche uniformi ΔTN....20
6.4.2. Variazioni termiche differenziali ΔTM....20
6.5. EFFETTI DOVUTI ALLA VISCOSITÀ (E4)....20
6.6. EFFETTI DEI CEDIMENTI DIFFERENZIALI (E5)....22
6.7. CARICHI MOBILI (Q1)....23
6.7.1. Schema di carico....23
6.7.2. Disposizione delle corsie di carico....24
6.8. CARICO DA TRAFFICO PER VERIFICHE A FATICA....26
6.8.1. Metodi di verifica....27
6.8.2. Verifica dei dettagli di fatica....28
6.9. AZIONE DI FRENAMENTO O ACCELERAZIONE (Q3)....28
6.10. AZIONE CENTRIFUGA (Q4)....28
6.11. AZIONE VENTO (Q5)....28

6.11.1. Velocità di riferimento....28
6.11.2. Pressione del vento....29
6.11.3. Coefficiente di esposizione....29
6.11.4. Azione da vento....32
6.12. AZIONE SISMICA (Q6)....35
7. COMBINAZIONI DI CARICO....43
7.1. COMBINAZIONI PER GLI SLU....43
7.2. COMBINAZIONI PER GLI SLE....45
8. CODICE DI CALCOLO....45
9. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO....46
10. FASI DI COSTRUZIONE....47
11. SEZIONI MEMBRATURE IMPALCATO....50
12. STATO DI SOLLECITAZIONE....67
12.1. TRAVI D'IMPALCATO....67
13. ANALISI SISMICA DELLA STRUTTURA....73
14. APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI....78
15. STATO DI DEFORMAZIONE IN ESERCIZIO....80
16. VERIFICHE STRUTTURALI....81
16.1. VERIFICA DI RESISTENZA....82
16.1.1. Verifica a flessione....85
16.1.2. Verifica a sforzo di taglio....88
16.1.3. Verifica all'instabilità flesso torsionale....89
16.1.4. Verifica connessione trave-soletta....91
16.2. VERIFICHE ESTESE....95
16.2.1. sezione di pila – P2....95
16.2.2. sezione di spalla....103
16.2.1. Mezzeria campata intermedia 52m....110
16.2.1. Mezzeria campata di riva 35m....112
16.3. STIMA DEGLI EFFETTI DEL VARO....114
17. VERIFICHE A FATICA....115
17.1. INTRODUZIONE....115
17.2. MODELLO DI CARICO A FATICA....115
17.3. COEFFICIENTI PARZIALI PER LA RESISTENZA A FATICA....117
17.4. METODI DI VERIFICA....117

17.5. VERIFICA DEI DETTAGLI DI FATICA....117
19. TRAVERSI....138
19.1. TRAVERSO CORRENTE....138
19.2. TRAVERSI IN APPOGGIO....143
20. SPALLA....148
20.1. COMBINAZIONI PER GLI SLU PER LA VERIFICA DELLE SOTTOSTRUTTURE....156
20.1. VERIFICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE....164
20.2. VERIFICA DEL MURO FRONTALE....166
20.3. VERIFICA DEL PARAGHIAIA....169
20.4. VERIFICA DEL MURO DI RISVOLTO....172
21. PILA....176
21.1. PULVINO....193
21.1. FUSTO PILA....195
22. ACCETTABILITA' DEI RISULTATI (CAP.10.2 NTC2018)....195

1. PREMESSA

La presente relazione contiene il progetto del nuovo viadotto VI02 nell'ambito della progettazione per l'adeguamento a quattro corsie del tratto San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto per il completamento della E78 GROSSETO – FANO - Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45).

1.1. DESCRIZIONE DELL'OPERA NUOVA

La struttura dell'impalcato ha uno schema statico a trave continua con la seguente scansione di luci 35+52+52+35 per complessivi 174 m con un andamento planimetrico sostanzialmente rettilineo con curvature alle estremità di ampio raggio tra i 700m su p1 e gli 850m su p3.

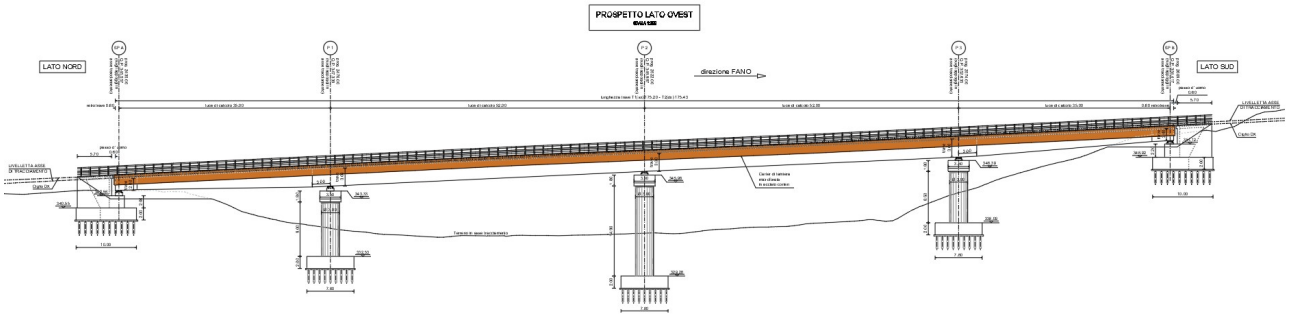


Figura 1.1 prospetto

L'impalcato è ripartito in due cordoli di lato 75cm ed una carreggiata di 9.79m, per una larghezza complessiva di 11.29 m.
L'impalcato ha un retrotrave pari a 0.60m.
La sezione resistente è affidata ad una coppia di travi in sistema misto acciaio-cls poste a 7,5 m di interasse con una altezza variabile da 2.155 m in spalla a 3 m in pila e nella campata centrale. La soletta ha uno spessore complessivo di 32cm costituito da 7cm di predalle e da 25cm di spessore gettato in opera.

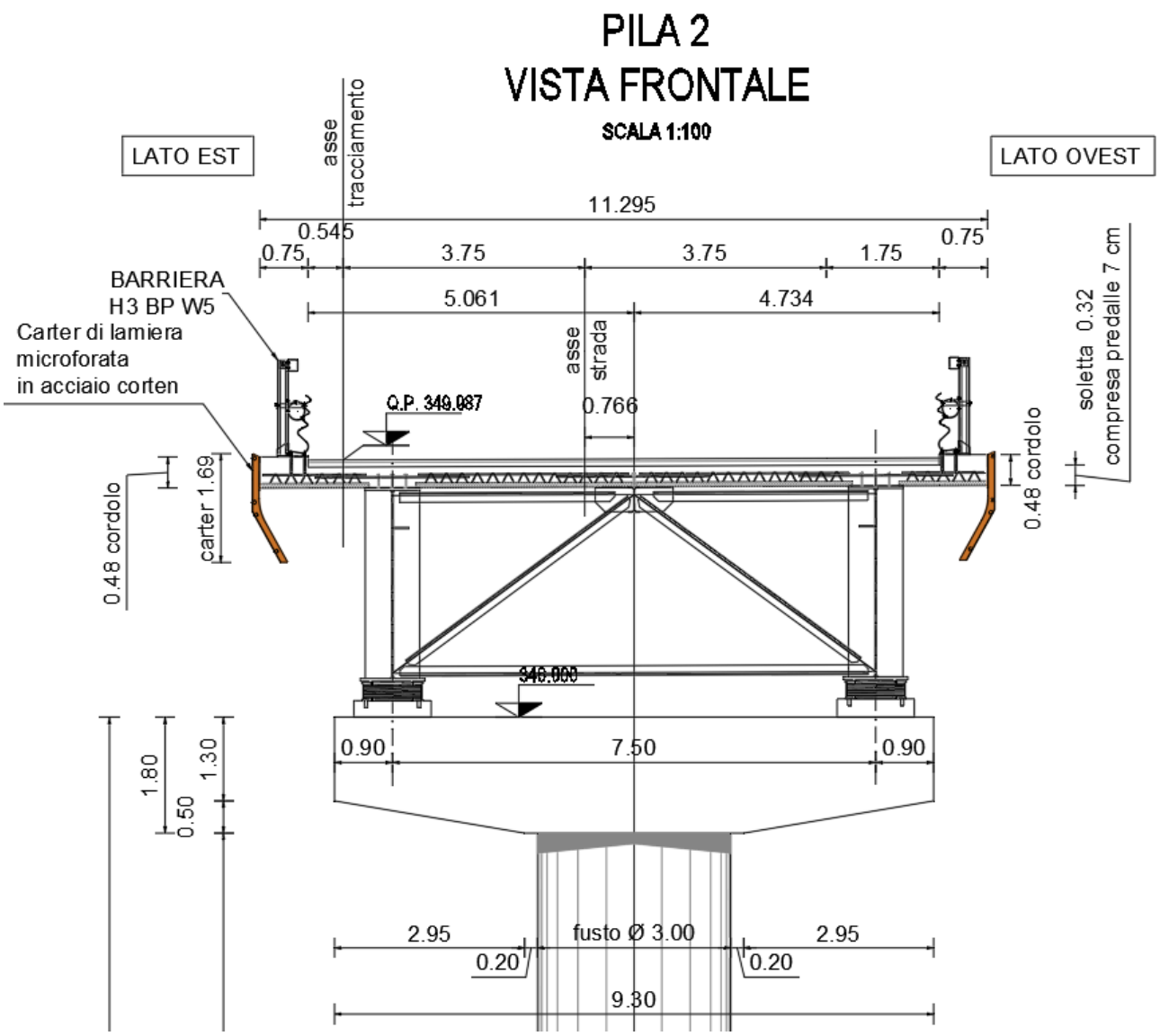


Figura 1.2 sezione tipo.

La collaborazione della soletta è affidata a pioli Nelson saldati alla piattabanda superiore.
La soletta è supportata da una trave rompitratta HEA500 sostenuta dai traversi reticolari disposti con passo tipico di 6m.
Le pile sono costituite da fusti circolari con diametro 3m con un pulvino superiore con uno spessore di 1.8m.
Alla base la fondazione è costituita da plinti di spessore 2m e dimensioni in pianta 7.8mx10.5m su micropali.
Le spalle sono realizzate su fondazioni C su micropali, il muro prontale ha uno spessore di 2.5m e supporta un paraghiaia di spessore 40cm.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Si riportano le Normative adottate per le verifiche delle singole componenti strutturali:
D.M. 17-01-2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" [NTC18]
UNI EN1991-2 "Azioni sulle strutture: carichi da traffico su ponti" [EC1-2]
UNI EN1991-1-5 "Azioni sulle strutture: azioni in generale-azioni termiche" [EC1-1-5]
UNI EN1991-1-7 "Azioni sulle strutture: azioni in generale-azioni eccezionali [EC1-1-7]
UNI EN1992-1-1 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo: regole generali e regole per gli edifici" [EC2-1]
UNI EN1993-1-1 "Progettazione delle strutture in acciaio: regole generali e regole per gli edifici" [EC3-1]
UNI EN1993-1-5 "Progettazione delle strutture in acciaio: elementi strutturali a lastra" [EC3-1-5]
UNI EN1993-1-8 "Progettazione delle strutture in acciaio: progettazione dei collegamenti [EC3-1-8]
UNI EN1993-1-9 "Progettazione delle strutture in acciaio: fatica" [EC3-1-9]
UNI EN1993-2 "Progettazione delle strutture in acciaio: Ponti di acciaio" [EC3-1-8]
UNI EN1994-1-1 "Progettazione delle strutture in composte acciaio-calcestruzzo: progettazione dei collegamenti" [EC4-1-1]

3. CARATTERISTICHE MATERIALI

3.1. CALCESTRUZZO PER IMPALCATO

SOLETTA 35/45

CALCESTRUZZO				NTC 2018
Classe	C35/45			
coefficiente di sicurezza	γ_c	1.5		*par. 4.3.3*
resistenza a compressione cilindrica caratteristica	f_{ck}	35	MPa	*par. 11.2.10.1 (11.2.1)*
resistenza a compressione cubica caratteristica	R_{ck}	45	MPa	*par. 11.2.10.1*
resistenza a compressione cilindrica media	f_{cm}	43.00	MPa	*par. 11.2.10.1 (11.2.2)*
resistenza a trazione semplice media	f_{ctm}	3.21	MPa	*par. 11.2.10.2 (11.2.3a,b)*
resistenza a trazione semplice caratteristica	f_{ctk}	2.25	MPa	*par. 11.2.10.2*
resistenza a trazione per flessione media	f_{cfm}	3.85	MPa	*par. 11.2.10.2 (11.2.4)*
resistenza a trazione per flessione caratteristica	f_{cfk}	2.70	MPa	*par. 11.2.10.2*
modulo elastico	E_{cm}	34077	MPa	*par. 11.2.10.3 (11.2.5)*
coefficiente di Poisson (cls non fessurato)	ν_{NF}	0.2	-	*par. 11.2.10.4*
coefficiente di Poisson (cls fessurato)	ν_F	0	-	*par. 11.2.10.4*
coefficiente di dilatazione termica	α	1.00E-05	1/°C	*par. 11.2.10.5*
densità	ρ	2500	kg/m^3	
resistenza a compressione cilindrica di progetto allo SLU	f_{cd}	19.83	MPa	*par. 4.1.2.1.1.1*
resistenza a trazione cilindrica di progetto allo SLU	f_{ctd}	1.50	MPa	*par. 4.1.2.1.1.2*
tensione limite allo SLE nella comb. rara	$\sigma_{c,rara}$	21.00	MPa	*par. 4.1.2.2.5.1*
tensione limite allo SLE nella comb. quasi perm.	$\sigma_{c,q.per.}$	15.75	MPa	*par. 4.1.2.2.5.1*

Tali valori sono coerenti con quanto indicato nei quaderni tecnici Anas per strade non di montagna

Elemento strutturale	Classe di esposizione	Classe di resistenza minima	Rapporto A/C massimo	Classe di consistenza S (slump)	Dosaggio minimo di cemento (kg/m3)	Cemento	inerte max (mm)	copriferro su barre B450C (mm)
Solette in c.a. gettate in opera (1)	XC3 + XD1	C32/40	0,55	S4	320	---------	22	35
Predalles collaboranti con la soletta	XC3 + XD1	C40/50	0,45	(2)	350	---------	16	25
Impalcati in c.a. o in c.a.p. gettati in opera (1)	XC4 + XD1	C32/40	0,50	S5	340	---------	22	35
Elementi prefabbricati di impalcato (conci, travi, solette, ecc.)	XC4 + XD1	C40/50	0,50	(2)	340	---------	22	30
Parti in elevazione delle Pile:								
- pile a setti	XC4 + XD1	C28/35	0,55	S4	320	---------	22	40
- pile a setti costruite con casseri rampanti	XC4 + XD1	C28/35	0,55	S3	320	---------	22	40
- pile piene	XC4 + XD1	C28/35	0,55	S4	320	CEM IV	22	40
- pulvini "a mensola" (6)	XC4 + XD1	C32/40	0,50	S4	340	CEM IV	22	40
Parti in elevazione delle Spalle e dei Muri (muri di sostegno, muri d'ala, muri andatori e muri di sottoscarpa)	XC4 + XD1 + XC2	C28/35	0,55	(4)	320	---------	22	35
Parti in elevazione dei Muri di controripa:								
- muri dotati di rivestimento protettivo sul lato di valle	XC3 + XC2	C28/35	0,55	(4)	320	---------	22	35
- muri non dotati di rivestimento protettivo sul lato di valle	XD3 + XC4 + XC2	C32/40	0,50	(4)	340	---------	32	45
Plinti di fondazione, pareti di pozzi aventi funzione strutturale definitiva ed eseguiti per sottomurazione	XC2	C25/30	0,60	S4	300	CEM IV	32	45
	XC2 + XA1	C28/35	0,55	S4	320	CEM IV	32	45
	XC2 + XA2	C32/40	0,50	S4	320	(3)	32	45
Pali (esclusi quelli prefabbricati), diaframmi e riempimento di pozzi armati	XC2	C25/30	0,60	S5	300	CEM IV	32	75
	XC2 + XA1	C28/35	0,55	S5	320	CEM IV	32	75
	XC2 + XA2	C32/40	0,50	S5	320	(3)	32	75
Sottofondazioni ("magroni"), cls per riempimenti pozzi non armati o debolmente armati	---------	C12/15	---------	---------	---------	---------	---------	---------
cls per opere aventi funzioni provvisionali	---------	C20/25	---------	---------	---------	---------	---------	(5)

Valutando il copriferro minimo secondo quanto indicato nell'eurocodice 2 si ottiene un copriferro nominale minimo di 34mm.

COPRIFERRO				*UNI EN 1992-1-1:2005*
Vita utile di progetto		**50**	anni	
Copriferro estradosso				
Classe di esposizione (ai fini del copriferro)		**XC3**		*par. 4.2, prosp. 4.1*
Classe di esposizione (ai fini della composizione)		**XC3**		*par. 4.2, prosp. 4.1*
Controllo di qualità speciale della produzione del cls?		**No**		*par. 4.4.1.2, prosp. 4.3N*
Classe strutturale	S	2		*par. 4.4.1.2(5)*
Copriferro minimo dovuto al requisito di aderenza (ferri sup)	$c_{min,b,sup}$	24	mm	*par. 4.4.1.2(3)*
Copriferro minimo dovuto alle condizioni ambientali	$c_{min,dur}$	15	mm	*par. 4.4.1.2(5)*
Margine di sicurezza	$\Delta c_{dur,\gamma}$	0	mm	*par. 4.4.1.2(6) e Appendice Nazionale*
Riduzione del copriferro minimo per acciaio inox	$\Delta c_{dur,st}$	0	mm	*par. 4.4.1.2(7) e Appendice Nazionale*
Riduzione del copriferro minimo per protezione aggiuntiva	$\Delta c_{dur,add}$	0	mm	*par. 4.4.1.2(8) e Appendice Nazionale*
Copriferro nominale minimo - strato superiore	$c_{nom,sup}$	**34**	**mm**	
Margine di progetto per gli scostamenti	$\Delta c_{dev,sup}$	10	mm	*par. 4.4.1.3(1,3) e Appendice Nazionale*
Copriferro minimo	$c_{min,sup}$	24	mm	*par. 4.4.1.2(2)*
max	$c_{min,b,sup}$	24	mm	
	$c_{min,dur}+\Delta c_{dur,\gamma}-\Delta c_{dur,st}-\Delta c_{dur,add}$	15	mm	
		10	mm	

Per quanto sopra esposto si considera un valore minimo di 35mm, tenuto conto la posizione e l'aggressività ambientale.
All'intradosso, essendo la soletta protetta dalla predalle collaboranti con la soletta pari a 25mm

Tabella C4.1.IV - *Copriferri minimi in mm*

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Conglomerato cementizio per predalle collaboranti con la soletta:
- Classe di resistenza C40/50
- Diam. massimo inerte 16 mm
- Classe di consistenza secondo le specifiche di produzione del processo di prefabbricazione
- Classe di esposizione XC4 - XD1

3.2. CALCESTRUZZO SOTTOTRUTTURE

Conglomerato cementizio per sottofondazioni:
- Classe di resistenza C12/15

Conglomerato cementizio per pali di fondazione:
- Classe di resistenza C30/37
- Diam. massimo inerte 32 mm
- Classe di consistenza S5
- Classe di esposizione XC2

Conglomerato cementizio per platee di fondazione di spalle e pile:
- Classe di resistenza C30/37
- Diam. massimo inerte 32 mm
- Classe di consistenza S4
- Classe di esposizione XC2

Conglomerato cementizio per le strutture in elevazione delle spalle:
- Classe di resistenza C32/40
- Diam. massimo inerte 25 mm
- Classe di consistenza S4
- Classe di esposizione XC4 – XF4

Conglomerato cementizio per le strutture in elevazione delle pile:
- Classe di resistenza C32/40
- Diam. massimo inerte 25 mm

- Classe di consistenza S4
- Classe di esposizione XC4 – XF4

Conglomerato cementizio per baggioli:
- Classe di resistenza C35/45
- Diam. massimo inerte 25 mm
- Classe di consistenza S5
- Classe di esposizione XC4 - XD1 (cordoli XC4-XD3)

3.3. ACCIAIO ORDINARIO PER ARMATURE

Si utilizzeranno barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento, aventi le seguenti caratteristiche:
tensione caratteristica di snervamento fyk ≥ fy,nom = 450 MPa
tensione caratteristica di rottura ftk ≥ ft,nom = 540 MPa
modulo elastico Es = 210.000 MPa
1.15 < (ft / fy)k< 1.35
(fy,eff / fy,nom) < 1.25
(Agt)k ≥ 7.5%
con tensioni di progetto pari a:
- tensioni allo stato limite ultimo
fyd= 391 N/mm2 con γs = 1.15
- tensioni allo stato limite esercizio
σc = 0.8 fyk = 360 N/mm² (nella c.c. rara)

3.4. ACCIAIO PER CARPENTERIA

La carpenteria metallica sarà realizzata in acciaio patinabile a resistenza alla corrosione migliorata:
tipo S355J2W - per elementi saldati per spessori t ≤ 40 mm;
tipo S355K2W per elementi saldati per spessori t >40 mm;
tipo S355J2W - per elementi non saldati, piastre sciolte ed angolari
Gli acciai con spessori t ≤ 40 mm devono essere conformi alle prescrizioni del D.M. 17.1.2018, dovendo presentare le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura a trazione
  S355 ft ≥ 510 MPa
- tensione di snervamento fy ≥ 355 MPa
  S355 fy ≥ 355MPa
- modulo elastico Es = 210.000 MPa

Gli acciai con spessori t > 40 mm devono essere conformi alle prescrizioni del D.M. 17.1.2018, dovendo presentare le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura a trazione
  S355 ft ≥ 470 MPa
- tensione di snervamento fy ≥ 355 MPa
  S355 fy ≥ 335MPa
- modulo elastico Es = 210.000 MPa

Vengono considerati elementi di carpenteria, quindi caratterizzati dalle specifiche soprariportate anche le predalle metalliche, gli elementi di interfaccia e collegamento degli apparecchi di appoggio.

L'assemblaggio dei conci delle travi principali sarà realizzato mediante giunzioni saldate, secondo quanto riportato negli elaborati progettuali.

3.5. ACCIAIO E COPPIA DI SERRAGGIO DEI BULLONI

Le giunzioni bullonate saranno realizzate con bulloni ad alta resistenza per giunzioni ad attrito conformi alle specifiche contenute nel p.to 11.3.4.6.2 del D.M. 17.1.2018 e nella UNI EN 14399-1

- vite classe 10.9 (UNI EN 14399-4)
- dado classe 10 (UNI EN 14399- 4)
- rosette classe C50 UNI EN 10083-5/6)

I bulloni dovranno essere montati con una rosetta sotto la testa della vite e una rosetta sotto il dado, inoltre dovranno essere contrassegnati con le indicazioni del produttore, la classe di resistenza e la marcatura CE.
I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite rivolta verso l'alto e il dado verso il basso.

3.6. PIOLI CON TESTA TIPO "NELSON"

I pioli devono essere conformi alle specifiche contenute nel p.to 11.3.4.7 del D.M. 17.01.2018 e nella UNI EN 10025.
Vengono adottati pioli tipo Nelson Φ19 con altezza H=200 mm in acciaio S235J2G3+C450 caratterizzato da:

- resistenza a snervamento dell'acciaio fy >= 350 MPa;
- resistenza a rottura dell'acciaio fu >= 450 MPa;
- allungamento a rottura dell'acciaio maggiore del 15%;
- strizione a rottura dell'acciaio maggiore del 50%.

3.7. GIUNZIONI SALDATE

Le saldature dovranno essere realizzate secondo le indicazioni del D.M. 17.1.2018

4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda la vita nominale, con riferimento al par. 2.4.1 e alla tabella 2.4.I del D.M. 17/1/2018, qui riportata, si farà riferimento alla cat. 3, assumendo una vita nominale pari a VN = 50 anni.

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

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

La classe d'uso è la IV cui corrisponde un coefficiente d'uso CU=2

5. CLASSE DI ESECUZIONE

La determinazione della classe di esecuzione avviene nella fase di progettazione strutturale in cui vengono valutate le specifiche per la progettazione e la realizzazione della struttura.
La determinazione della classe di esecuzione viene fatta tenendo conto delle disposizioni nazionali, consultando, e collaborando in tale processo decisionale con tutte le figure che intervengono nella realizzazione dell'opera (costruttore, proprietario , responsabile del progetto) e seguendo le disposizioni nazionali nel luogo di utilizzo della struttura.
La procedura raccomandata per la determinazione della classe di esecuzione avviene in tre fasi:
Selezione di una classe di importanza, espressa in termini di conseguenze prevedibili sia umane, che economiche o ambientali, di un guasto o di un cedimento di una componente.
Selezione di una categorie di servizio e di una di categoria di produzione.
Determinazione della classe di esecuzione dei risultati delle due scelte sopra riportate secondo il prospetto B3 della UNI EN 1090-2.
Fattori di amministrazione per la scelta della classe di esecuzione

5.1. CLASSE DI IMPORTANZA

Nell'Eurocodice 0_EN 1990 "Criteri generali di progettazione" all'appendice B Tabella B1 "differenziazione dell'affidabilità strutturale per le costruzioni" vengono riportate le classi di conseguenza in caso di malfunzionamento della struttura, definite in base all'impatto sulla popolazione, ambiente, vite umane , sociali.

CLASSE DI CONSEGUENZA (CCi)		DESCRIZIONE
CC3	Impatto elevato	Gravi conseguenze per perdite di vite umane, economiche o sociali. Oppure gravi conseguenze per l'ambiente
CC2	impatto medio	Conseguenze di media entità per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure considerevoli conseguenze per l'ambiente.
CC1	basso impatto	Lievi conseguenze per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure basse o trascurabili conseguenze per l'ambiente.

Rischi connessi con l'esecuzione
Tali pericoli possono derivare dalla complessità dell'esecuzione dei lavori e dalla incertezza nella esposizione e nella azioni della struttura che possono evidenziare difetti nella struttura durante il suo utilizzo.
Rischi potenziali sono connessi in particolari con:

- fattori di servizio derivanti dalle azioni di cui la struttura e le sue parti possono essere esposte durante il montaggio, l'utilizzo, e i livelli di sollecitazione nei componenti in relazione alla loro resistenza
- fattori di produzione derivanti dalla complessità della realizzazione della struttura e delle sue componenti, per esempio, applicazione di particolari tecniche, procedure o controlli.

Per spiegare questa differenziazione dei rischi in categorie di servizio sono state introdotte le categorie di produzione.

La categoria di produzione può essere determinata sulla base del prospetto B.2. delle UNI EN 1090:2

CATEGORIA DI PRODUZIONE (PC)		
PC1	no saldature e acciai con grado < S355	- Componenti non saldati e realizzati con qualunque grado di acciaio
		- Componenti saldati realizzati con acciaio digrado inferiore a S355
PC2	componenti saldati e acciaio con grado ≥S355	- Componenti saldati realizzati con acciaio digrado S355 e superiore
		- Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati tramite saldatura sulla costruzione in situ
		- Componenti con formatura a caldo oppure che abbiano ricevuto un trattamento termico durante la produzione
		- Componenti di tralicci CHS che richiedono taglie profilature

Categoria di servizio - Rischi connessi con l'utilizzo della struttura

La categoria di servizio può essere determinata sulla base del prospetto B.1. delle UNI EN 1090:2

CATEGORIA DI SERVIZIO (SC)		DEFINITE IN BASE ALLE SOLLECITAZIONI PREVISTE (dinamiche / statiche)	ESEMPI
SC1	sollecitazione statica	- Strutture e componenti progettati per azioni quasi-statiche	(Esempio:Edifici)
		- Strutture e componenti per connessioni progettate per resistere ad azioni simiche in regioni a bassa intensità sismica e DCL	DCL:Comportamento strutturale poco dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1)
		- Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da gru (Classe S0)	
SC2	sollecitazione dinamica a fatica	- Strutture e componenti progettati per azioni a fatica in accordo con EN 1993	(Esempio: ponti ferroviari e stradali, gru (da S1 a S9), strutture suscettibili a vibrazioni determinate dall'azione del vento, gru oppure macchine con funzione rotazionale)
		- Strutture e componenti le cui	Comportamento strutturale (EN

		connessioni sono progettate per azioni sismiche in regioni con medio ed alto rischio sismico e in DCM e DCH	1998 – Prospetto 6.1) DCM:mediamente dissipativo DCH: Altamente dissipativo

Determinazione della classe di esecuzione per la carpenteria metallica

- CLASSE DI CONSEGUENZA = CC2
- CLASSE DI SERVIZIO = SC2
- CATEGORIA DI PRODUZIONE = PC2

CLASSE DI ESECUZIONE
La classe di esecuzione è deducibile dalla tabella riportata nella 1090-2 appendice B

Tabella di determinazione della classe di esecuzione B.3. UNI EN 1090:2							
Classi di conseguenza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4

Per la carpenteria metallica della dell'impalcato in sistema misto acciaio-calcestruzzo la classe di esecuzione può essere assunta pari a EXC3.

6. ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

Elenco delle condizioni Elementari di Carico
Si calcola l'opera sottoposta alle azioni indotte da:

- g1 peso proprio delle strutture: Acciaio-cls. di soletta
- g2 carichi permanenti portati: pavimentazione, guardrails, marciapiedi, parapetti, cordoli
- ε1 distorsioni di progetto
- ε 2 ritiro del calcestruzzo
- ε 3 variazioni termiche differenziali: Acciaio-cls.
- ε 4 effetti viscosi
- ε 5 cedimenti differenziali dei vincoli
- q1 carichi mobili
- q2 effetto dinamico dei carichi mobili
- q3 azioni longitudinali di frenamento
- q4 azione centrifuga
- q5 azioni del vento
- q8 azioni sui parapetti – urto di veicolo in svio

Tali azioni saranno combinate secondo le prescrizioni delle normative vigenti.

6.1. PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE (G1)

La sezione tipo dell'impalcato ha le seguenti caratteristiche

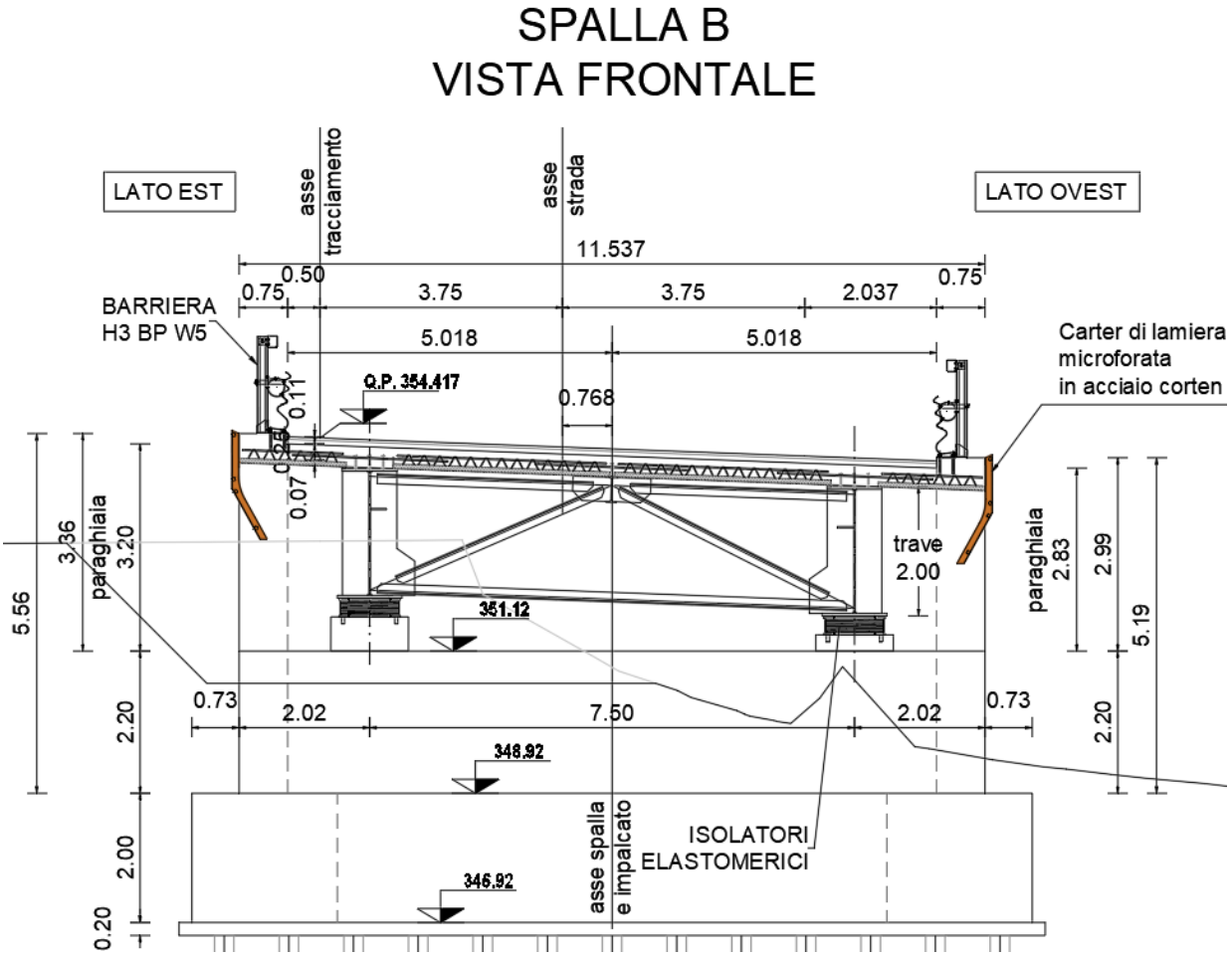


Figura 6.3 sezione tipo.

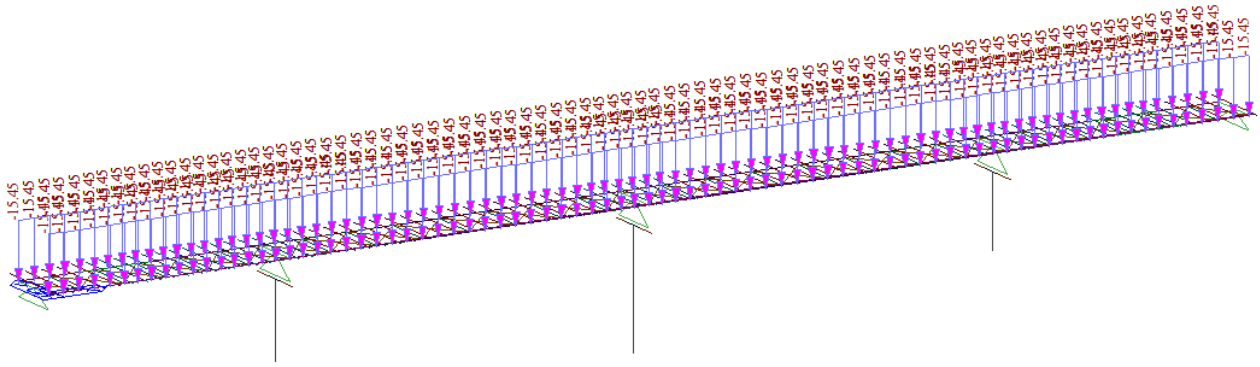
Larghezza impalcato (interasse travi)	7,5	m
Cordoli	0.75	m
h marciapiede	0.16	m
carreggiata	9.75	m

La soletta è eseguita su predalle metallica con spessore complessivo di 320mm comprensivo dello spessore del fondello della predalle di 70mm.
Per la determinazione dei carichi permanenti si sono adottati i seguenti pesi specifici dei materiali:

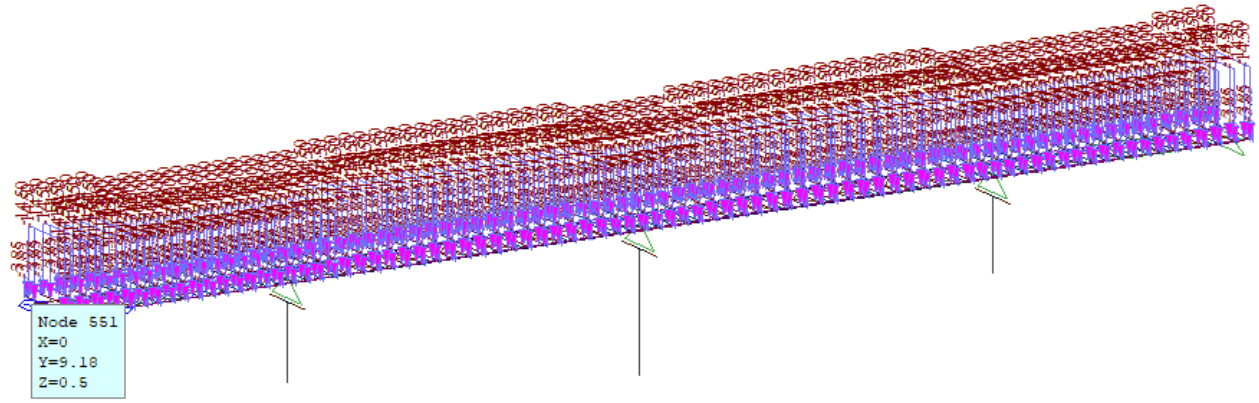
Peso getto cls	25	kN/mc
Peso pavimentazione	24	kN/mc

acciaio	78.5 kN/mc

Di seguito si riporta l'entità dei carichi a mq:
Soletta (getto+predalle) 25x0.32=8kN/m²
Predalle 25*0.07=1.75 KN/m²
La carpenteria metallica delle travi è applicata sugli elementi che costituiscono la trave, si adotta una incidenza di 2.5 kN/mq, pertanto il carico applicato sulla singola trave 15.45 kN/m



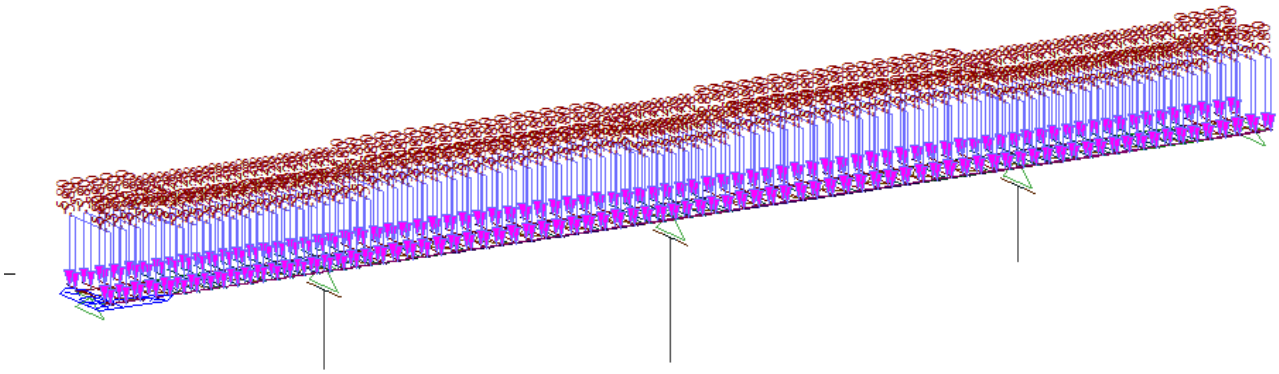
Il getto della soletta è stato considerato per tutta la larghezza del tratto carrabile. Il getto della rimanente parte e dei cordoli viene considerato nella fase G2.



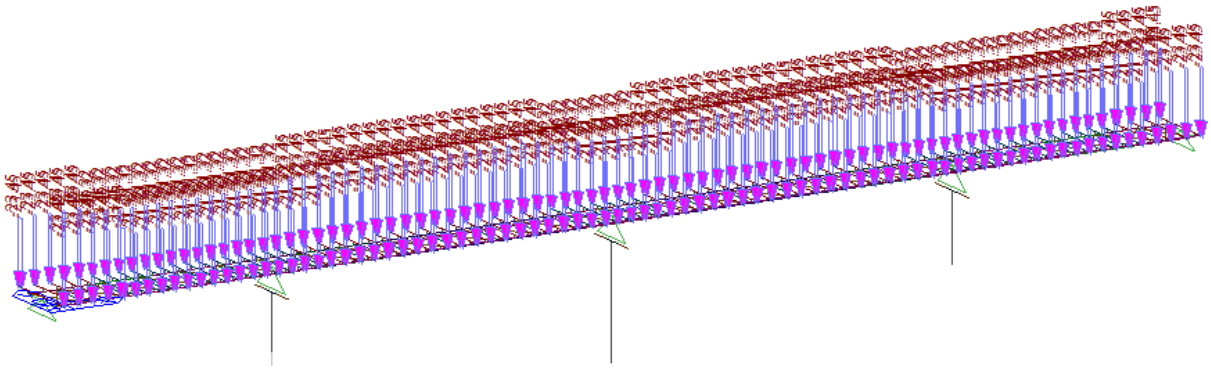
6.2. PESO PROPRIO FINITURE E PAVIMENTAZIONE (G2)

In questa condizione di carico viene considerato il getto della rimanente parte dei cordoli e dei seguenti carichi permanenti così definiti ed applicati ai traversi:
I carichi unitari permanentemente portati così definiti sulla sezione tipica

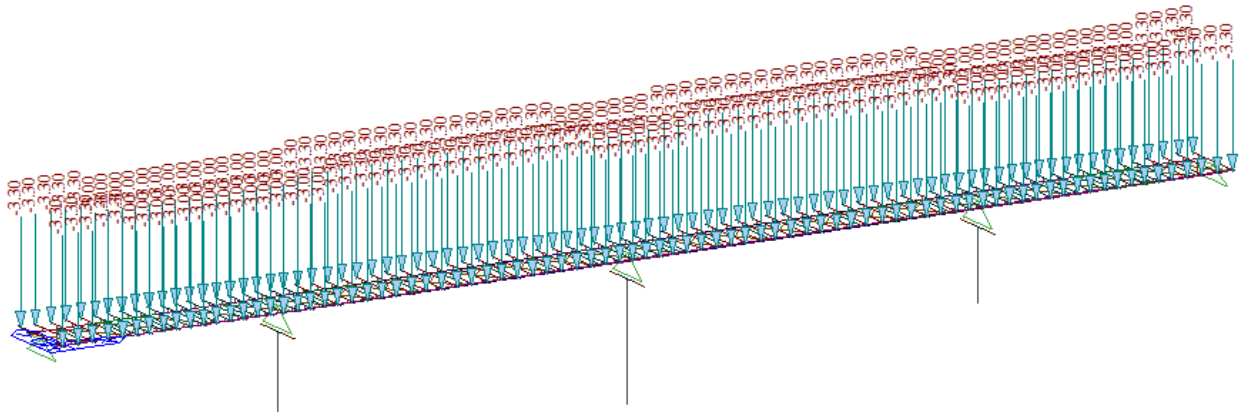
- Pavimentazione tratto carrabile: 24x0.11=2.64 kN/m² considerando uno spessore di 11cm



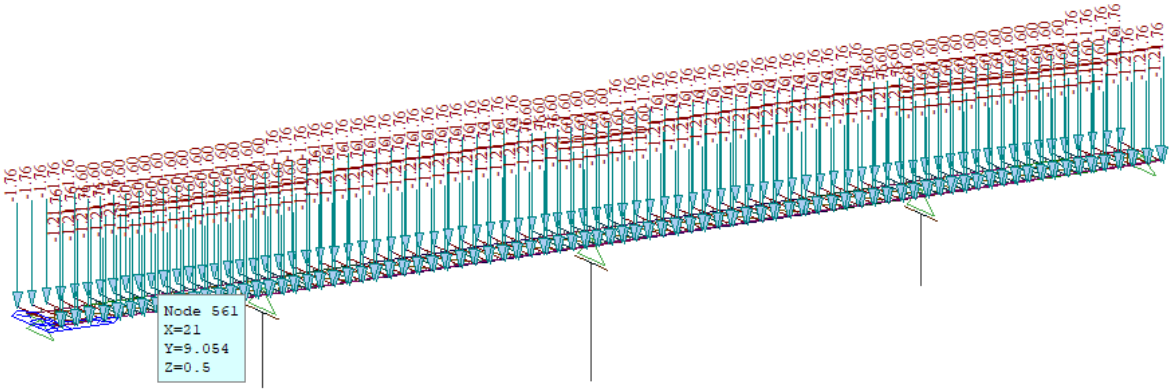
- Cordolo spessore 16cm e getto soletta rimanente 25cm : 25x(0.16+0.25)=10.25 KN/m²

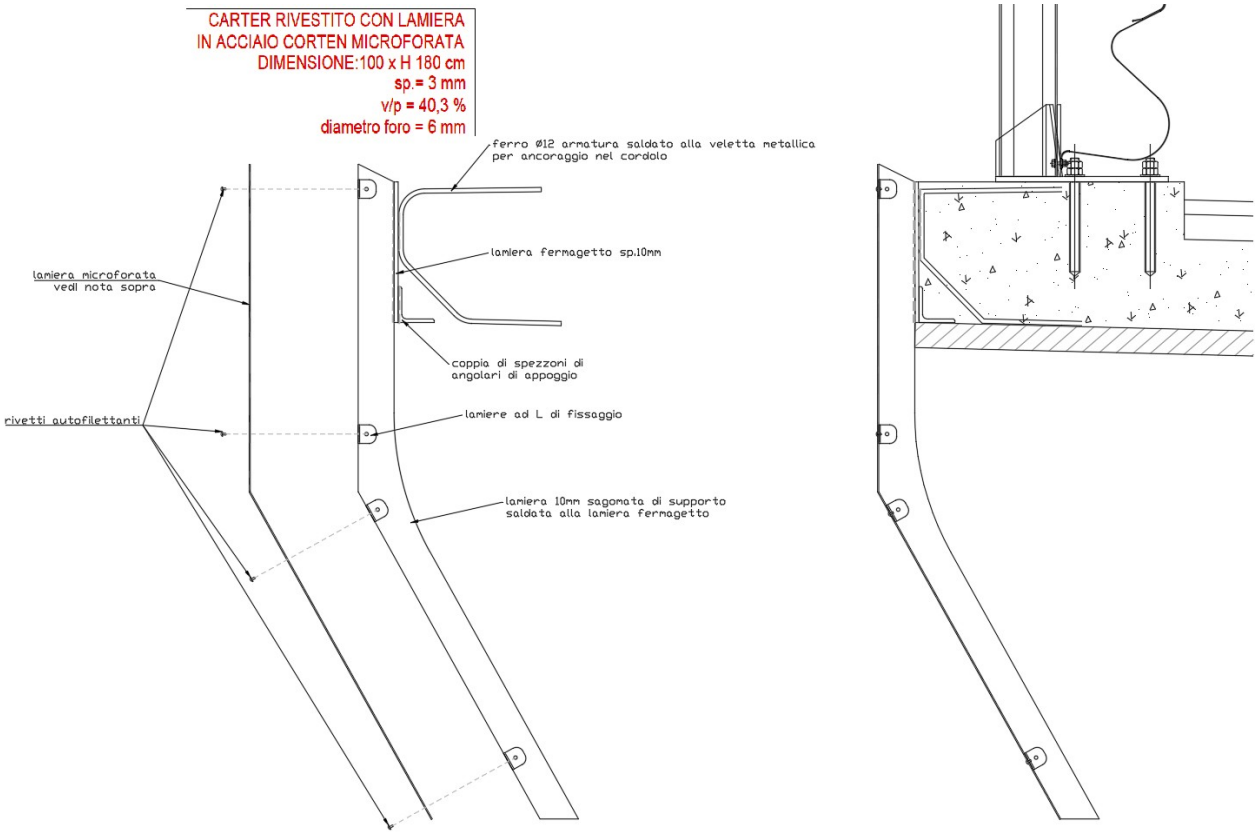


- Guardrail 1.5 KN/m



- Smaltimento acque (tubo Ø300 riempito al 50%): 0.2+0.5x0.07x10=0.55 kN/m
- Carter metallico (vedi schema sotto) : 0.8 kN/m





6.3. EFFETTI DI RITIRO E VISCOSITÀ DEI CALCESTRUZZI (E2)

La deformazione totale da ritiro si può esprimere, in sede di progettazione, come una contrazione termica derivante da un Δt differenziale.

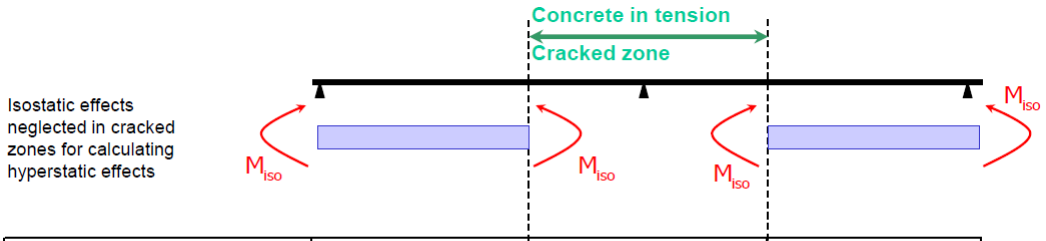
Soletta				
Larghezza	[mm]	11250	Area getto [mm^2]	2812500
spessore di getto	[mm]	250	h0 [mm]	500
Perimetro	[mm]	11250		

RITIRO			
RH - umidità relativa	70%		
f_{ck}	35	MPa	
f_{cm}	43	MPa	resistenza media cilindrica
f_{ctm}	3.21	MPa	resistenza media a trazione assiale
f_{cfm}	3.85	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_c	34077	MPa	modulo elastico istantaneo
Classe cemento	N	-	***cemento standard***
ε_{cd}	*3.41E-04*		deformazione di base di ritiro per essicamento
K_h	0.700		
$\varepsilon_{cd,inf}$	2.39E-04		deformazione di ritiro per essicamento
$\varepsilon_{ca,inf}$	6.25E-05		deformazione per ritiro autogeno
α	1.00E-05		coefficiente di dilatazione termica del cls (°C^{-1})
ε_{cs}	3.01E-04		deformazione totale per ritiro
il ritiro è equivalente ad una contrazione termica derivante da un Δt pari a :			
Δt	**30.1**	**°C**	

L'azione di ritiro è applicata alla soletta dell'elemento sezione considerando il modulo elastico differito del cls della soletta per la fase di ritiro.
Per la modellazione dell'azione viene considerato il momento flettente primario dovuto dall'eccentricità dello sforzo normale fittizio dovuto alla contrazione della soletta moltiplicato per la distanza tra il baricentro della soletta e la media dei baricentri della sezione composta dei conci presenti nel tratto in campata non fessurato,
Lo sforzo normale fittizio è pari a :
N= Area totale cls x α x Dtr x Er dove:
α= coefficiente di dilatazione termica
Er= modulo elastico omogeneizzato al ritiro

Cui corrisponde un momento isostatico pari a:
Miso= N x distanza baricentro dalla soletta

Le coppie sono applicate alle estremità del tratto di campata non fessurata, il diagramma delle sollecitazioni flettenti che si ottiene è da considerarsi una sommatoria tra quello derivante tra il ritiro primario o isostatico ed il ritiro secondario o iperstatico.
In questo modo viene considerato per affetto del ritiro un momento positivo nei tratti non fessurati ed un momento negativo nei tratti fessurati, conforme con quanto riportato ai punti 7 e 8 del parag.5.4.2.2 EN 1994-2.



SLS combinations	iso + hyper effects	hyper	iso + hyper
ULS combinations	hyper (if class 1)	hyper	Hyper (if class 1)

Le azioni da applicare per il momento isostatico sono

RITIRO (singola trave)		
N_{rit} [kN]	5492	
	campata 1	campata 2
yg_mista [m]	0.649	0.834
$e_{g,mista-cls}$ [m]	0.809	0.994
M_{iso} [kNm]	4441	5460

6.4. EFFETTI DELLE VARIAZIONI TERMICHE (E3)

6.4.1. VARIAZIONI TERMICHE UNIFORMI ΔTN

Il range di temperature indicato nelle NTC 2018 per il sito in esame è il seguente

Zona II
Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata:

$$T_{min} = -8 - 6 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.3]$$
$$T_{max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.4]$$

Cui corrisponde un range, essendo la zona di Arezzo a quota di 450m:
Temin=-8°-6x450/1000=-10.7°
Temax=42°-2x450/1000=41.1°

Fissando T0 a 15.0 °C, dedotto dall'Annesso nazionale dell'Eurocodice coerente con il valore indicato dal D.M. 17.1.2018 par. 3.5.4, si ottiene l'escursione termica effettiva subita dall'impalcato:

- ΔTNcomp = T0 - Temin = 15 - (-10.7) = 25.7 °C
- ΔTNexp = Temax - T0 = 41.64 – 15 = +26.1 °C

a cui corrisponde complessivamente un'escursione pari a:
ΔTN = 51.8 °C.

6.4.2. VARIAZIONI TERMICHE DIFFERENZIALI ΔTM

Valutazione con eurocodice 1991-1-5 – parag. 6.1.4
Per la determinazione del gradiente di temperatura si farà riferimento all'approccio 1.

Per ponti di tipo 2 a sezione composta i valori caratteristici delle variazioni lineari di temperatura (gradiente tra intradosso ed estradosso) risultano:

Type of Deck[a]	Top warmer then bottom $\Delta T_{M,heat}$ [°C]	Bottom warmer than top $\Delta T_{M,cool}$ [°C]
Type 1. Steel deck	18	13
Type 2. Composite deck	15	18
Type 3. Concrete deck:		
- concrete box girder	10	5
- concrete beam	15	8
- concrete slab	15	8

ΔTM,heat = 15.0 °C
ΔTM,cool = -18.0 °C
Il coefficiente riduttivo di ΔTM,heat concesso per tenere conto dello spessore del manto di asfaltatura (ponti di tipo 2 - ksur = 1.0 per spessore compreso tra 100mm e 150mm) non apporta variazioni ai valori caratteristici:
ksur x ΔTM,heat = 15.0 °C estradosso più caldo dell'intradosso

ksur x ΔTM,cool = -18.0 °C estradosso più freddo dell'intradosso

6.5. EFFETTI DOVUTI ALLA VISCOSITÀ (E4)

Dei fenomeni viscosi si tiene conto nella definizione delle sezioni. Ciò porta alla caratterizzazione delle differenti rigidezze che la struttura mista assume nelle diverse fasi temporali di lavoro (fase 2 a lungo termine e fase 3 a breve termine). Le NTC, al paragrafo 11.2.10.7, rimandano all'UNI EN 1992-1-1 per valutazioni accurate del coefficiente di viscosità a tempo infinito; i coefficienti di viscosità a tempo infinito vengono dunque valutati secondo il procedimento descritto nell'appendice B.

$\varphi(t,t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t,t_0)$ Coefficiente di viscosità

$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$ Coefficiente nominale di viscosità

per fcm ≤ 35MPa

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{\left|1 - RH/100\right|}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}}$$

per fcm > 35MPa

$$\varphi_{RH} = 1 + \left[\frac{\left|1 - RH/100\right|}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1\right] \cdot \alpha_2$$

Con:
RH umidità relativa in %;

$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}}$ coefficiente che tiene conto dell'effetto della resistenza del calcestruzzo sul coefficiente nominale di viscosità

$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})}$ coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'età del calcestruzzo al momento del carico sul coefficiente nominale di viscosità.

$\beta_c(t,t_0) = \left[\frac{(t-t_0)}{(\beta_H + t - t_0)}\right]^{0.3}$ coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo dopo l'applicazione del carico

t età del calcestruzzo, in giorni, al momento considerato;
t0 età del calcestruzzo, in giorni, al momento dell'applicazione del carico; t - t0 la durata non corretta del carico, in giorni;
βH coefficiente dipendente dall'umidità relativa (RH in %) e dalla dimensione fittizia dell'elemento (h0 in millimetri):

$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \le 1500$ per fcm ≤ 35 MPa (B.8)

$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \le 1500 \cdot \alpha_3$ per fcm ≥ 35 MPa

L'effetto del tipo di cemento sul cemento sul coefficiente di viscosità può essere considerato modificando l'età del carico t0 nell'espressione (B.5) secondo la seguente espressione:

$$t_0 = t_{0,T} \cdot \left(\frac{9}{2 + t_{0,T}^{1,2}} + 1\right)^{\alpha} \ge 0,5$$

Con:
t0,T età del calcestruzzo, in giorni, al momento dell'applicazione del carico
α esponente che dipende dal tipo di cemento:
= -1 per cemento di classe S;
= 0 per cemento di classe N;
= 1 per cemento di classe R.
il valori di Ac ed u sono stati considerati per la valutazione del valore della dimensione fittizia di h0 nella valutazione del parametro frh. I valori di Ac e u utilizzati fanno riferimento alla sezione di mezzeria nelle campate tipiche con luce 24.5 con spessore del getto maggiore di 245mm e predalle metallica che forniscono un valore di h0 pari a:

Soletta				
Larghezza	[mm]	9900	Area getto [mm^2]	2465100
spessore di getto	[mm]	249	h0 [mm]	498
Perimetro	[mm]	9900		

RH-umidità relativa = 70%

COEFFICIENTE DI OMOGENEIZZAZIONE - CARICHI PERMANENTI — *UNI EN 1994-2:2006, UNI EN 1992-1-1:2005*

t	1.00E+15	*giorni - età del calcestruzzo al momento considerato*					
t_0	28	*giorni - tempo di messa in carico*					
tipo di carico	carichi permanenti						
ψL	1.1	*moltiplicatore del fattore di viscosità*					
n	**17.83**	**coefficiente di omogeneizzazione**					
E_{cinf}	11780	MPa	*modulo elastico modificato*				
ϕ(t,t0)	1.721	ϕ0	1.721	βc(t,t0)	1.000	*Influenza temperatura*	
		ϕRh	1.314	βH	783	T(Δti) [°C]	15
		α1	0.866	α3	0.902	tT	22.05
		α2	0.960			α	0.00
		βfcm	2.562			t0,corr	22.05
		βt0	0.511				

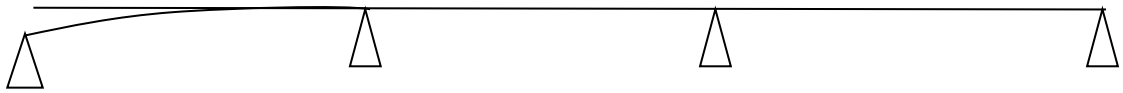
COEFFICIENTE DI OMOGENEIZZAZIONE - RITIRO — *UNI EN 1994-2:2006, UNI EN 1992-1-1:2005*

t	1.00E+15	*giorni - età del calcestruzzo al momento considerato*					
t_0	1	*tempo di messa in carico*					
tipo di carico	ritiro						
ψL	0.55	*moltiplicatore del fattore di viscosità*					
n	**17.00**	**coefficiente di omogeneizzazione**					
E_{cinf}	12356	MPa	*modulo elastico modificato*				
ϕ(t,t0)	3.196	ϕ0	3.196	βc(t,t0)	1.000	*Influenza temperatura*	
		ϕRh	1.314	βH	1353	T(Δti) [°C]	15
		α1	0.866	α3	0.902	tT	0.79
		α2	0.960			α	0.00
		βfcm	2.562			t0,corr	0.79
		βt0	0.949				

6.6. EFFETTI DEI CEDIMENTI DIFFERENZIALI (E5)

Le fondazioni sono di tipo profondo e pertanto cedimenti di significativa entità non sono attesi, in ogni caso si applica cautelativamente un cedimento differenziale di entità pari ad 1/5000 della luce maggiore che afferisce alla sottostruttura applicato singolarmente in modo da massimizzare gli effetti flettenti sulla struttura d'impalcato.

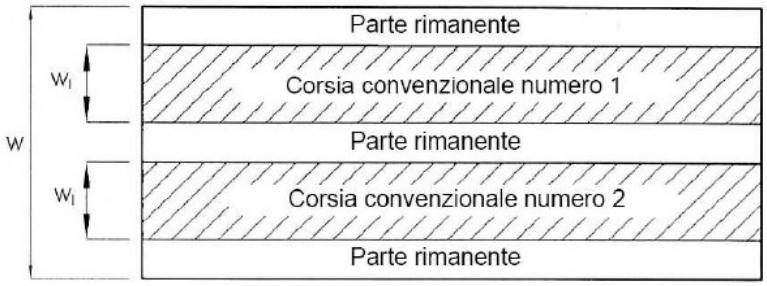
Il cedimento sulla spalla è pari a 35000/5000=7mm



Il cedimento sulla pila è pari a 52000/5000=10.4mm

6.7. CARICHI MOBILI (Q1)

I carichi variabili da traffico sono definiti dagli Schemi di Carico descritti nel § 5.1.3.3.3 NTC18, disposti su corsie convenzionali.
Le larghezze wl delle corsie convenzionali su una carreggiata ed il massimo numero (intero) possibile di tali corsie su di essa sono indicati nel prospetto di Fig. 5.1.1 e Tab. 5.1.I NTC18.



Larghezza di carreggiata "w"	Numero corsie convenzionali	Larghezza corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
w < 5.40 m	ni = 1	3.00	(w – 3.00)
5.4 ≤ w < 6.0	ni = 2	w/2	0
6.0 m ≤ w	ni = Int (w/3)	3.00	w – (3.00 x ni)

La disposizione e la numerazione delle corsie va determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto. Per ogni singola verifica il numero di corsie da considerare caricate, la loro disposizione sulla carreggiata e la loro numerazione vanno scelte in modo che gli effetti della disposizione dei carichi risultino i più sfavorevoli.
La corsia che, caricata, dà l'effetto più sfavorevole è numerata come corsia Numero 1; la corsia che dà il successivo effetto più sfavorevole è numerata come corsia Numero 2, ecc.

6.7.1. SCHEMA DI CARICO

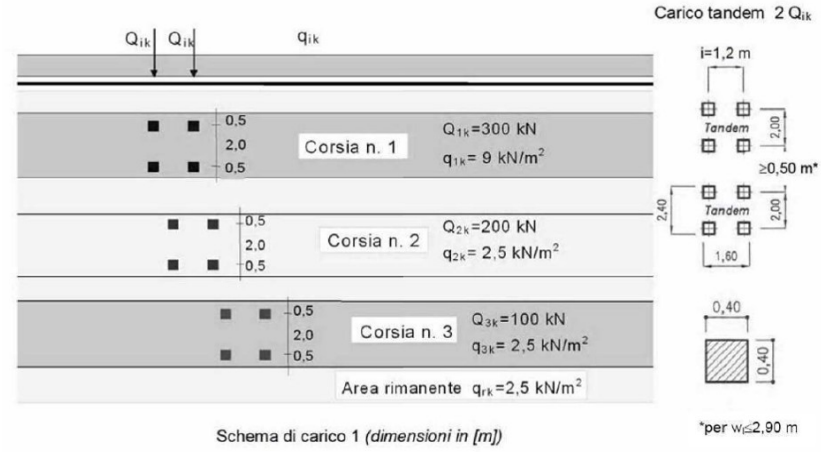
Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti Schemi di Carico:
Schema di Carico 1: è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti. 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.

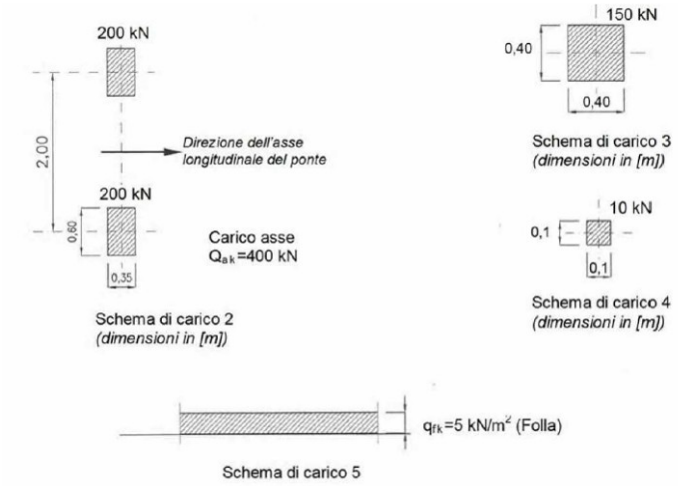
Schema di Carico 2: è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche 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 150kN con impronta quadrata di lato 0,40m. 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 0,10m. 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.
Categoria stradale
Il ponte in oggetto è definito di Categoria 1°.

6.7.2. DISPOSIZIONE DELLE CORSIE DI CARICO

Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti di 1a e 2a Categoria è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3,00 m.



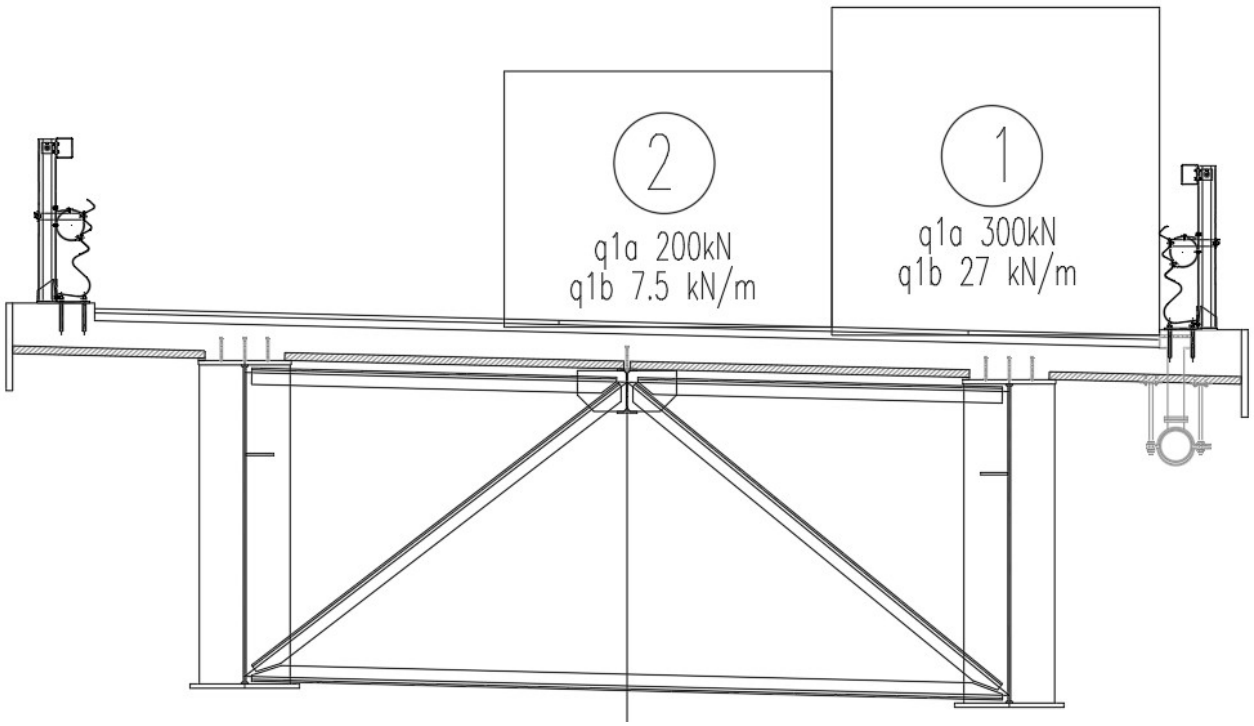
Schema di carico 1 *(dimensioni in [m])*



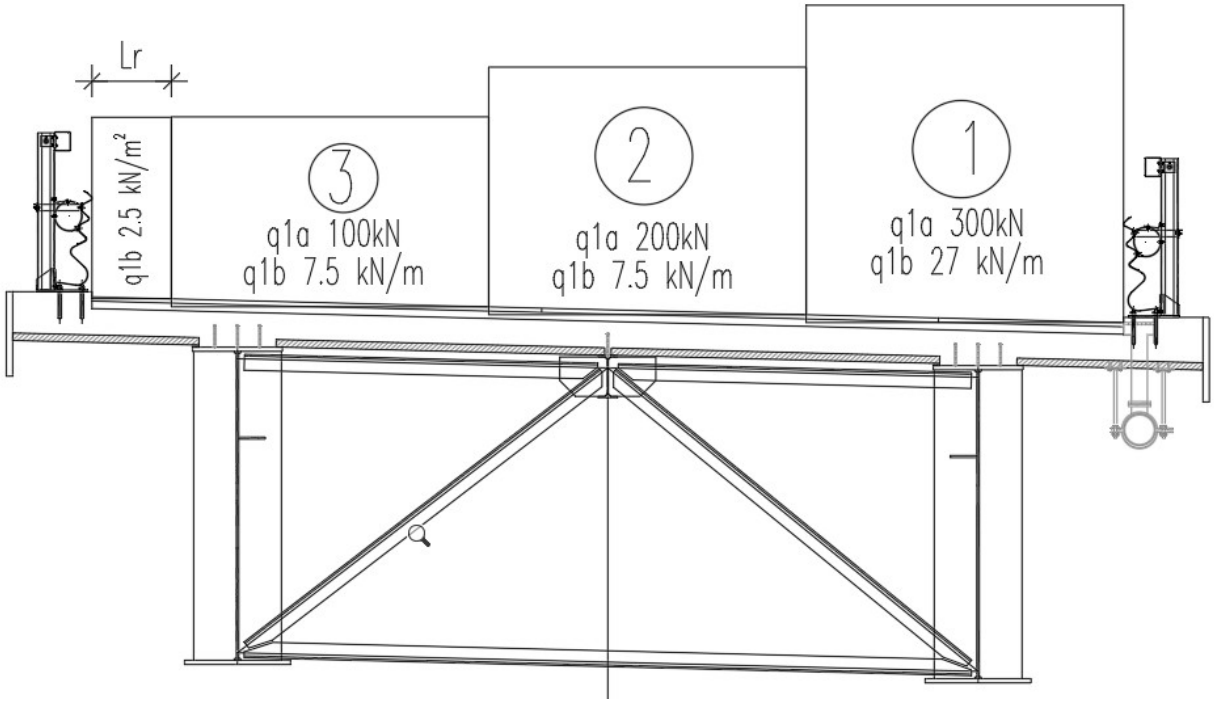
La disposizione e la numerazione delle corsie viene determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto. Per ogni singola verifica il numero di corsie da considerare caricate, la loro disposizione sulla carreggiata e la loro numerazione vengono scelte in modo che gli effetti della disposizione dei carichi risultino i più sfavorevoli. La corsia che, caricata, dà l'effetto più sfavorevole è numerata come Corsia 1; la corsia che dà il successivo effetto più sfavorevole è numerata come Corsia 2, ecc.
Per i ponti di 1° Categoria si devono considerare, compatibilmente con le larghezze precedentemente definite, le seguenti intensità dei carichi (NTC18):

Posizione carico asse	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m2]
Corsia numero 1	300	9.00
Corsia numero 2	200	2.50
Corsia numero 3	100	2.50
Altre corsie	0	2.50

L'analisi della disposizione in senso longitudinale dei carichi mobili che massimizzino le sollecitazioni su ogni singolo elemento strutturale principale è automaticamente svolta dal programma di calcolo attraverso l'analisi della linea di influenza, una volta assegnate le caratteristiche in termini di geometria, posizione e pesi di ciascuna colonna di carico.
Per quanto riguarda la disposizione trasversale dei carichi, tenuta in considerazione che la struttura portante dell'impalcato è costituita da una coppia di travi con uno schema di ripartizione a graticcio si considerano le seguenti disposizioni di carico trasversale..



condizione di carico eccentrico

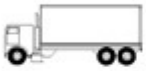


condizione con carico centrato

Per il viadotto in oggetto Lr è pari a 0.75m cui corrisponde un carico lineare di 1.875 kN/m.
Per il calcolo della soletta è stata considerate ulteriore condizioni, si veda il capitolo specifico.

6.8. CARICO DA TRAFFICO PER VERIFICHE A FATICA

Con riferimento a quanto prescritto dalle NTC 2018, in funzione del limitato carico di traffico previsto per il ponte, si fa riferimento al modello di carico a fatica 2 previsto al punto 5.1.4.3 del DM 17/1/2018. Si adotta pertanto il più gravoso dei mezzi riportati in tabella 5.1.VII, considerato viaggiante da solo sulla corsia convenzionale (massima eccentricità trasversale) per la verifica sulla trave principale.

SAGOMA del VEICOLO	Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
	4,5	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

Veicolo schema di carico a fatica 2

Coefficienti parziali per la resistenza a fatica
I valori dei coefficienti γMf adottati nelle verifiche a fatica sono riportati nella seguente tabella, estratta dalla circolare delle NTC18.
Coefficienti parziali di sicurezza
γf =1 coefficiente parziale di sicurezza relativo alle azioni di fatica
γM =1.35 coefficiente parziale di sicurezza relativo alla resistenza a fatica
γMf =γf • γM =1.35 coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche a fatica

Metodo di valutazione	Conseguenze del collasso	
	Basse conseguenze	Alte conseguenze
metodo del "danneggiamento accettabile"	1,00	1,15
metodo della "vita sicura"	1,15	1,35

6.8.1. METODI DI VERIFICA

Per la verifica a fatica secondo il criterio della vita illimitata, l'ampiezza di tensione di riferimento è quella ad ampiezza costante, definita come

$\Delta\sigma D = 0.737 \cdot \Delta\sigma C$
dove $\Delta\sigma C$ è il valore della classe del dettaglio.
La verifica a vita illimitata si esegue controllando che sia
$\Delta\sigma_{max} \leq \Delta\sigma_D / \gamma_{Mf}$
dove $\Delta\sigma D$ sono i valori di progetto delle massime escursioni di tensioni normali indotte nel dettaglio considerato dallo spettro di carico per vita illimitata.

6.8.2. VERIFICA DEI DETTAGLI DI FATICA

Nelle verifiche a fatica le tensioni considerate sono coerenti con quelle alle quali è riferita la curva S-N del dettaglio.
Si veda capitolo specifico della presente relazione.

6.9. AZIONE DI FRENAMENTO O ACCELERAZIONE (Q3)

Secondo quanto riportato nel DM 17 gennaio 2018 parag 5.1.3.5, la forza orizzontale dovuta al frenamento dei veicoli per l'impalcato in questione diviene:

5.1.3.5 Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione: q_3

La forza di frenamento o di accelerazione q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale a

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6(2Q_{1k}) + 0,10 q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN} \qquad (5.1.4)$$

per i ponti di 1ª categoria ed a

$$144 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6(2Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN} \qquad (5.1.5)$$

per i ponti di 2ª categoria, 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 e include gli effetti di interazione.

da cui:
H_{fren} = 0.6 x 2 x 300 + 0.10 x 9.00 x 3.00 x 174 = 829.8 kN

L'azione viene ripartita sui nodi dei traversi al centro della carreggiata.

6.10. AZIONE CENTRIFUGA (Q4)

Il valore della azione centrifuga risulta, adottando il valore di raggio minimo, pari a:

- in corrispondenza di P1 40x(2x(300+200+100))/700=68 kN che corrispondono ad una azione lineare qd/L=68/174=0.39 kN/m

Tab. 5.1.III - *Valori caratteristici delle forze centrifughe*

Raggio di curvatura [m]	q_4 [kN]
R < 200	0,2 Q_v
200 ≤ R ≤ 1500	40 Q_v/R
1500 ≤ R	0

L'entità dell'azione risulta trascurabile.

6.11. AZIONE VENTO (Q5)

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale e verticale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi (ad es. le pile). Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano delle superfici direttamente investite.

6.11.1. VELOCITÀ DI RIFERIMENTO

La velocità di riferimento vb assunta nei calcoli è il valore caratteristico della velocità del vento a 20 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.
In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche vb è data dall'espressione:
vb = vb,0 per as ≤ a0
vb = vb,0 + ka (as – a0) per a0 < as ≤ 1500 m
dove:
vb,0, a0, ka sono parametri forniti nella norma e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame;
as è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

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

La Toscana è in zona 3 cui corrisponde una vb,0 = 27 m/sec

Pressione cinetica di riferimento
La pressione cinetica di riferimento qb (in N/m²) è data dall'espressione:

$$qb = 0.5 \cdot \rho \, vb2$$

dove:
vb è la velocità di riferimento del vento (in m/s);
ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m3.

6.11.2. PRESSIONE DEL VENTO

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = qb \, ce \, cp \, cd$$

dove:
qb è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6 D.M. 14/01/08;
ce è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7 D.M. 14/01/08;
cp è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;

cd è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Indicazioni per la sua valutazione sono riportate al § 3.3.8 D.M. 14/01/08.

6.11.3. COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

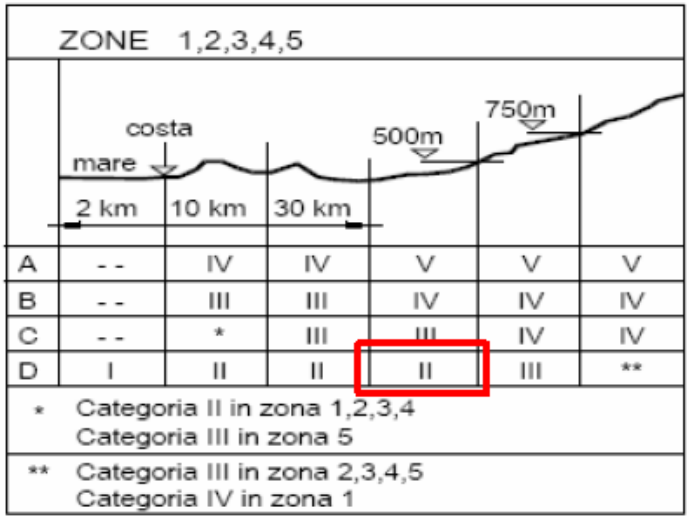
Il coefficiente di esposizione ce dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.
In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di z = 200 m, esso è dato dalla relazione:

$c_e(z) = k_r^2\, c_t \ln(z/z_0)\,[7 + c_t \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$
$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

dove:
kr, z0, zmin sono assegnati in Tab. 3.3.II D.M. 14/01/08 in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;
ct è il coefficiente di topografia.

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

In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 3.3.2 D.M. 14/01/08 in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III D.M. 14/01/08.

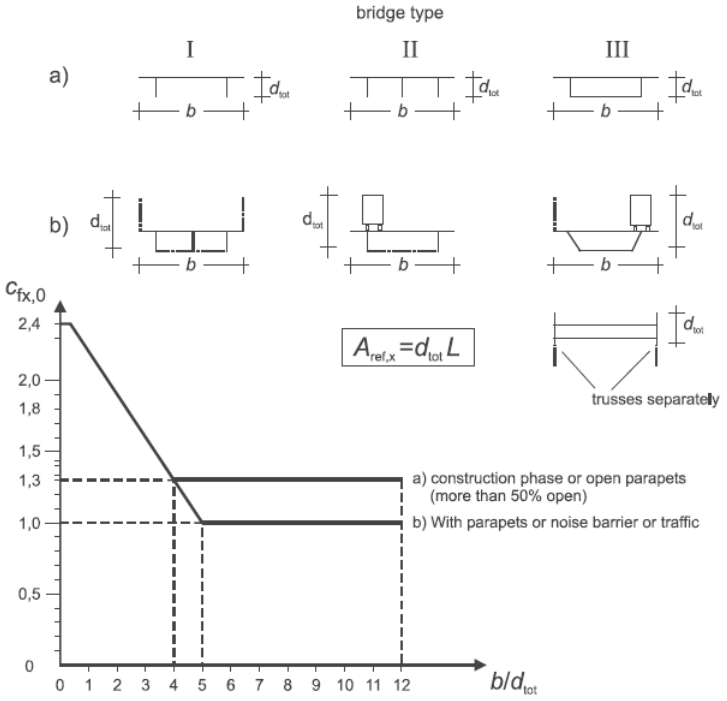


Nel caso in esame, vista l'ubicazione del sito posto oltre 30 km dalla costa ad una quota inferiore a 500m, si è considerata una categoria di esposizione II.

Il coefficiente di topografia ct è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

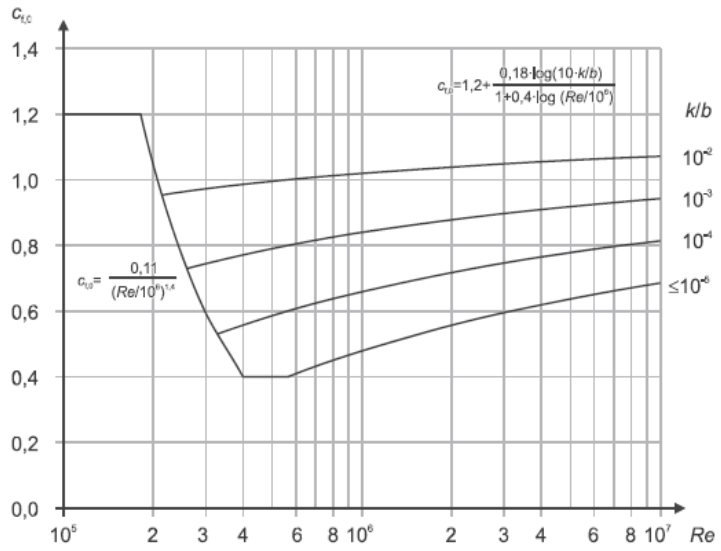
Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	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. Affinché 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.	

Si adotta per la zona del ponte una Classe D.
Coefficienti di forma
Il coefficiente di forma è determinato sulla base dal diagramma fornito dalla UNI-EN 1991-1-4:2005.



Per il ponte in oggetto, conforme alla tipologia b perché soggetto al traffico, il coefficiente di forma è assunto pari a:
Ponte scarico = 1.463, essendo il rapporto b/d=11.25/(3.54)=3.18.
Ponte carico = 1.914, essendo il rapporto b/d=11.25/(3.17+3)=1.82.
Il guardrail aperto è fattorizzato per 0.3 così come indicato nella EN 1991-1-4 al parag. 8.3.1 al punto 4.a.4

Per il fusto circolare della pila il coefficiente di forma può essere valutato della formulazione seguente (UNI ENV 1991-2-4:2010) in base al numero di reynolds



Essendo il numero di reynolds pari a :

$$Re = \frac{b \cdot v(z_e)}{\nu}$$

diametro = b	3
v	1.50E-05
qp	76.62
ce(z)	2.73
Vpicco	11.07
Re	1476269.55

Da cui si ottiene un coefficiente di forma pari a 1.29.

coefficiente per sezione circolari		
Reynolds	Re	1.48E+06
	k	1
	k/b	0.33
Controlla nella tabella a fianco	Cf,0	**1.29**

6.11.4. AZIONE DA VENTO

L'azione da vento può essere convenzionalmente assimilata ad una carico statico diretto ortogonalmente e/o verticalmente all'asse del ponte. Come superficie investita orizzontalmente è stata presa in considerazione la situazione con ponte sia carico (con sagoma veicolare) sia scarico, mentre la superficie verticale non risente del traffico veicolare.

Le superfici di esposizione dell'impalcato al vento sono state calcolate in accordo all'Eurocodice UNI EN 1991-1-4:2005 par. 8.3.
Tenuta in considerazione la bassa altezza del suolo e l'ingombro limitato dei telai delle sottostrutture, l'azione su di essi viene trascurata.
Di seguito vengono riportati i parametri considerati con riferimento agli elaborati grafici di progetto.
Per la determinazione dell'area di riferimento si è valutata graficamente la sagoma.

CALCOLO DELLA PRESSIONE DEL VENTO			
Pressione cinetica di riferimento			
NORMATIVA		NTC2008	
Altitudine sito	a_s	450	m
Zona		3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria (esclusa la prov. di Reggio Calabria)
Velocita di riferimento	$v_{ref,o}$	27	m/s
	a_0	500	m
	K_a	0.02	1/s
Velocita di riferimento	V_b	27	m/s
Tempo di ritorno	Tr	100	
§ 3.3.2 C.M. 02/02/09:	cr	1.04	$\alpha_R = 0.75\sqrt{1-0.2\ln\left[-\ln(1-\frac{1}{T_R})\right]} = 1.039$
	$Vr(Tr)$	28.06	m/s
Pressione cinetica di riferimento	q_b	492.08	N/mq
Classe di rugosità	Classe	D	Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati
Distanza dalla costa		Terra oltre 30 Km e h < 500 m	
Coefficiente topografico	c_t	1	
Altezza dal suolo	z	20	m
Categoria di Esposizione		II	
	z_0	0.05	m
Parametri per la determinazione del coef. di esposizione	z_{min}	4	m
	K_r	0.19	
Coefficiente di esposizione	c_e	2.81	$c_e(z) = k_r^2\, c_t \ln(z/z_0)\,[7+ c_t \ln(z/z_0)]$
Coefficiente dinamico	c_p	1	$c_e(z) = c_e(z_{min})$

La pressione di picco di progetto, senza coefficiente di forma, è pari a:
p = qb ce cp =492.08 x2.81x 1=1382.73N/m²
dove:

- qb è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6 D.M. 14/01/08;
- ce è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7 D.M. 14/01/08;
- cp è il coefficiente dinamico

le pressioni sono pertanto pari a :
p scarico = 1382.73 x 1.46= 2022 N/m²
p carico = 1382.73x 1.91= 2647 N/m²

La distribuzione dell'azione del vento possono essere di seguito riassunte secondo i seguenti schemi:

Ponte scarico con applicazione sulla trave esterna.

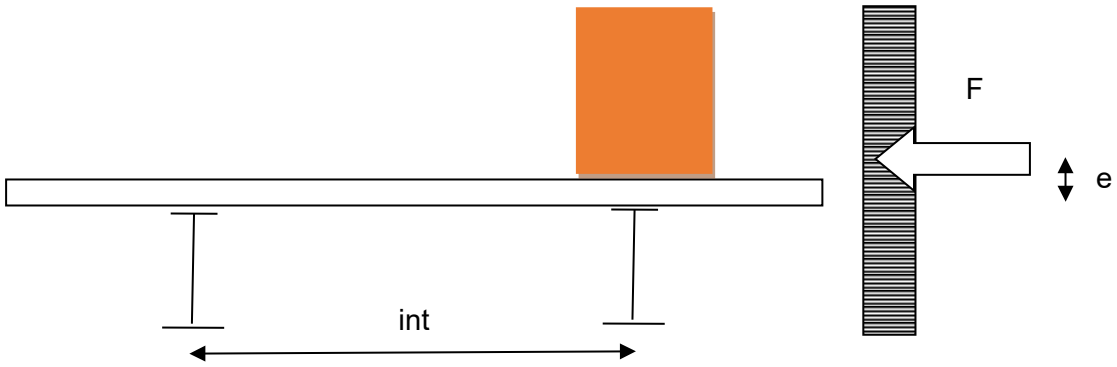
L'azione complessiva per metro di impalcato è pari a P=2022 x (3.54)=7160 N/m

Applicato sulla trave sopra vento.

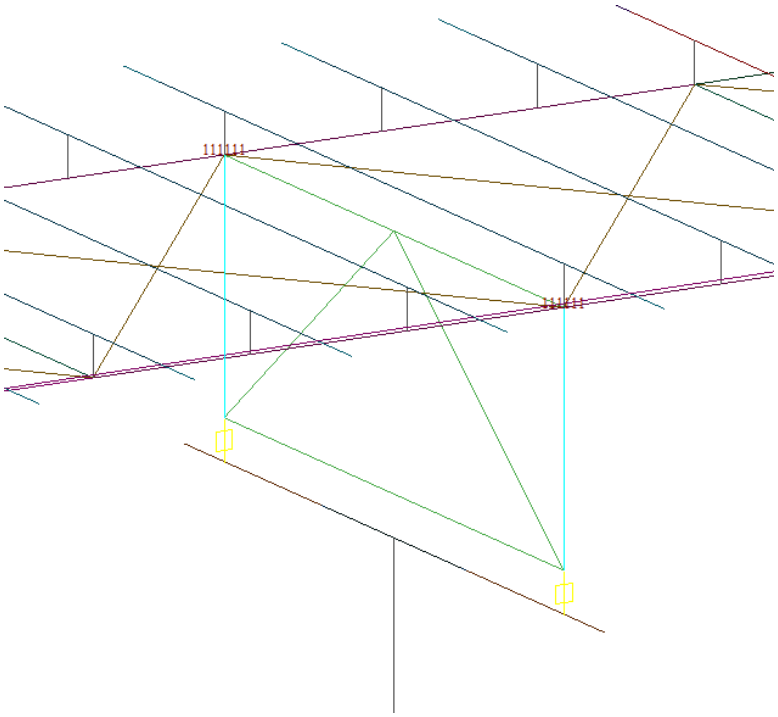
Ponte carico con applicazione sulla trave esterna e sulla sagoma di traffico.

L'azione per metro di impalcato è pari a P=2647 x (3.17+3)=16330 N/m applicato sulla trave più esposta.
Sul fusto della pila la pressione è pari a 1.382 x 1.29 =1.781 kN/m²
L'azione lineare è pari a 1.781x3=5.33 kN/m

Lo spessore dell'impalcato (trave+soletta+pavimentazione) è sostanzialmente equivalente alla sagoma di carico dei mobili, pertanto la risultante è applicata a quota impalcato. Lievi eccentricità comportano effetti torsionali risibili sulle travi di impalcato quando trasformati attraverso la divisione per l'interasse delle travi in coppie di forze, in quanto il rapporto tra e/int risulta di lieve entità.



L'eccentricità sulla sottostruttura è schematizzata grazie alla presenza di bracci rigidi pari alla distanza tra la soletta ed il piano di appoggi in modo da garantire una corretta ripartizione del momento trasversale trasmesso alla sottostruttura.



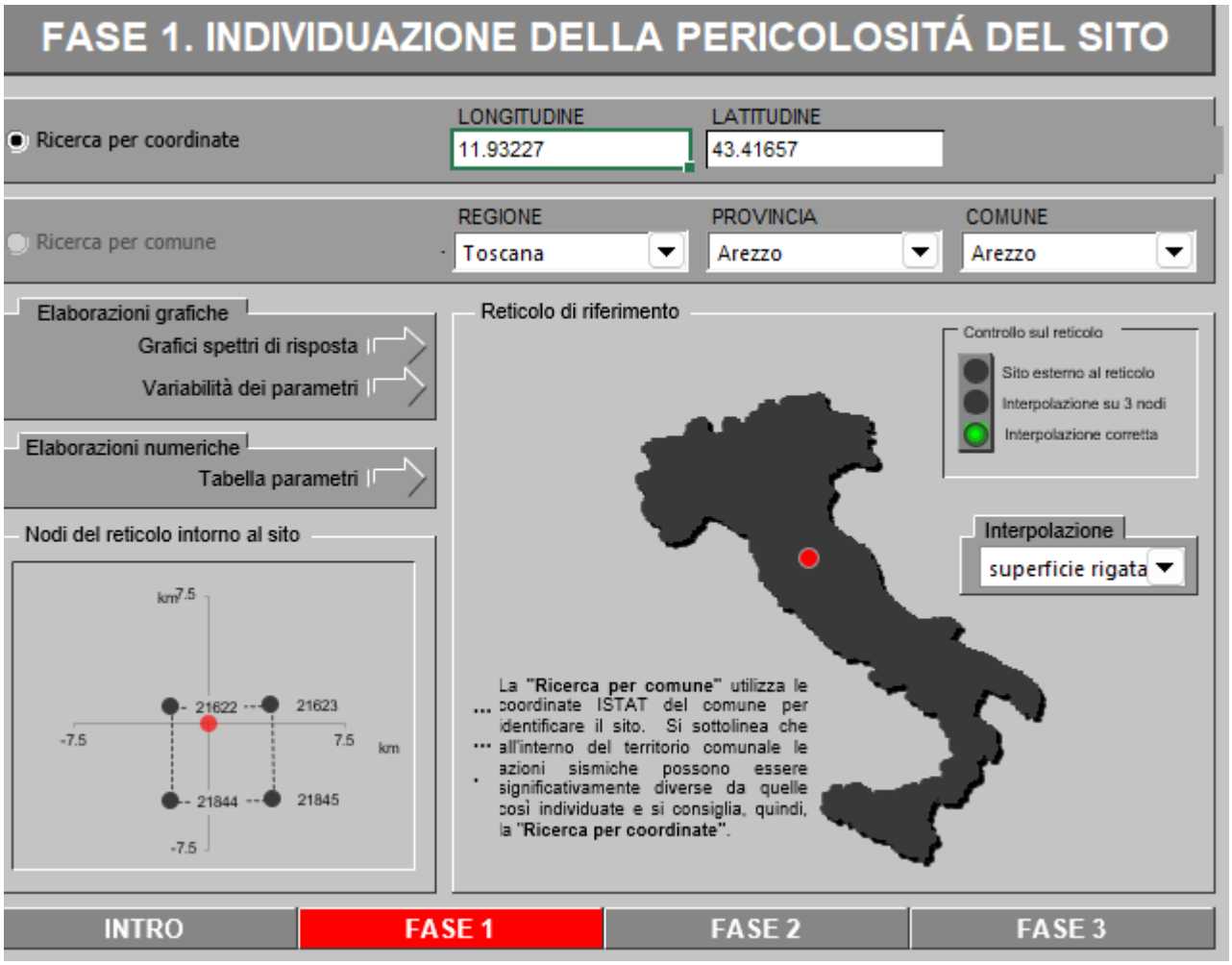
6.12. AZIONE SISMICA (Q6)

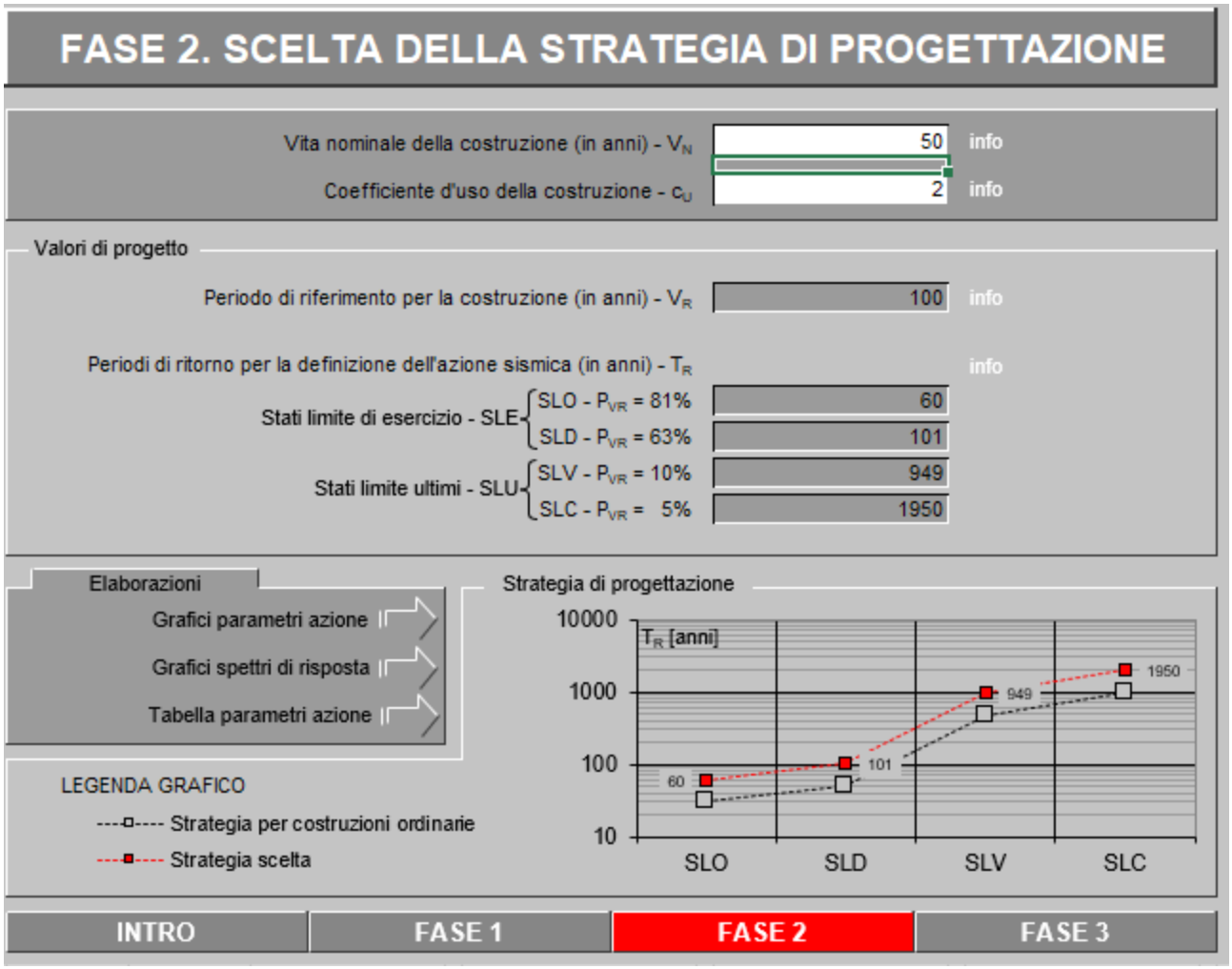
Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU.

Si ottiene pertanto il periodo di riferimento: VR = VN x CU = 50 x 2 = 100 anni

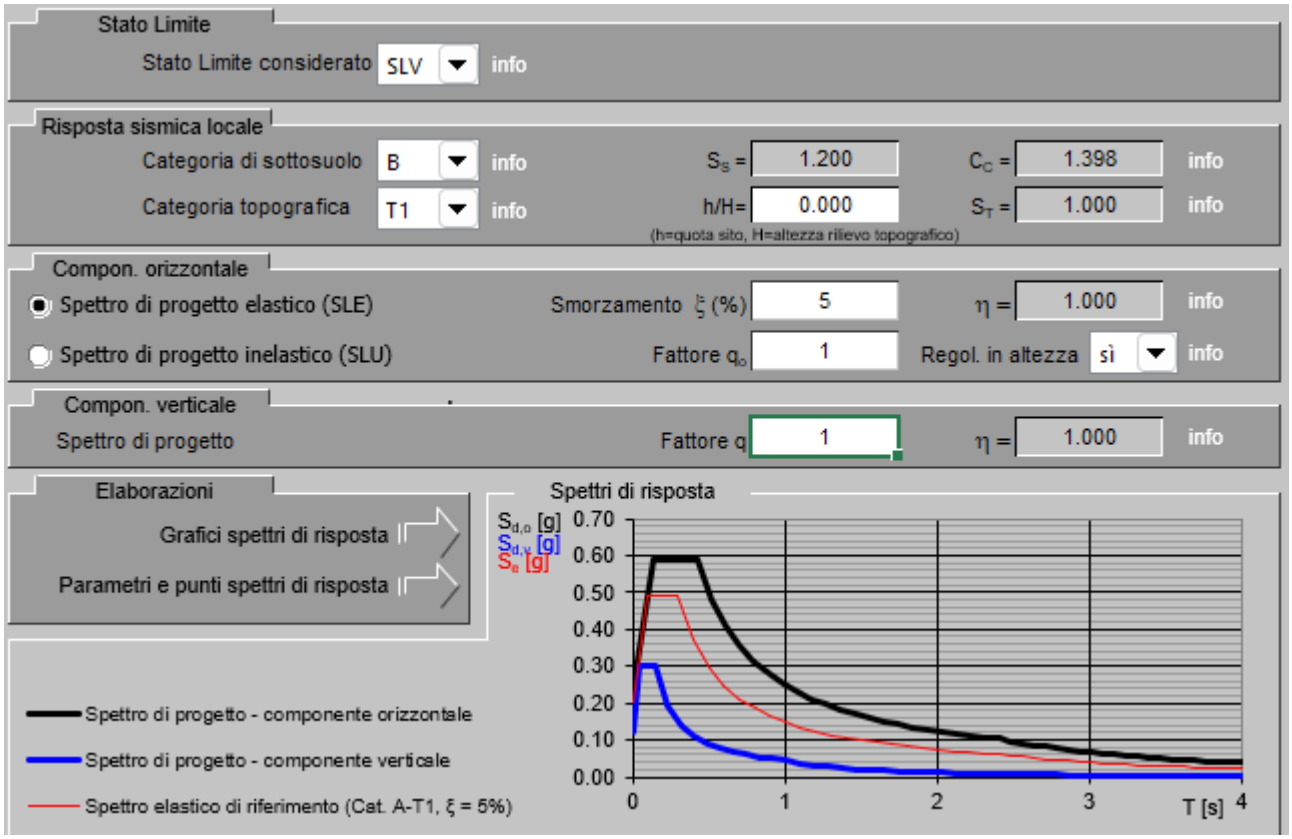
Per il terreno e le caratteristiche topografiche si sono assunti seguenti parametri:
Terreno tipo B
Classe topografica T1

La struttura si trova in corrispondenza delle seguenti coordinate geografiche:


FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÁ DEL SITO
Ricerca per coordinate
LONGITUDINE
11.93227
LATITUDINE
43.41657
Ricerca per comune
REGIONE
Toscana
PROVINCIA
Arezzo
COMUNE
Arezzo
Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri
Elaborazioni numeriche
Tabella parametri
Nodi del reticolo intorno al sito
km
7.5
21622
21623
-7.5
7.5
km
21844
21845
-7.5
Reticolo di riferimento
Controllo sul reticolo
Sito esterno al reticolo
Interpolazione su 3 nodi
Interpolazione corretta
Interpolazione
superficie rigata
La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3


FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE
Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N 50 info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U 2 info
Valori di progetto
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R 100 info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info
Stati limite di esercizio - SLE
SLO - P_{VR} = 81% 60
SLD - P_{VR} = 63% 101
Stati limite ultimi - SLU
SLV - P_{VR} = 10% 949
SLC - P_{VR} = 5% 1950
Elaborazioni
Grafici parametri azione
Grafici spettri di risposta
Tabella parametri azione
Strategia di progettazione
T_R [anni]
10000
1000
100
10
60
101
949
1950
SLO
SLD
SLV
SLC
LEGENDA GRAFICO
Strategia per costruzioni ordinarie
Strategia scelta
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

SLV


Stato Limite
Stato Limite considerato SLV info
Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo B info
Categoria topografica T1 info
Ss = 1.200
Cc = 1.398
h/H= 0.000
ST = 1.000
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)
Compon. orizzontale
Spettro di progetto elastico (SLE)
Spettro di progetto inelastico (SLU)
Smorzamento ξ (%) 5
η = 1.000
Fattore qo 1
Regol. in altezza sì
Compon. verticale
Spettro di progetto
Fattore q 1
η = 1.000
Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta
Spettri di risposta
Sd,o [g]
Sd,v [g]
Se [g]
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
0
1
2
3
4
T [s]
Spettro di progetto - componente orizzontale
Spettro di progetto - componente verticale
Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, ξ = 5%)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SL'

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.202 g
F_o	2.434
T_C^*	0.301 s
S_S	1.200
C_C	1.398
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.140 s
T_C	0.421 s
T_D	2.408 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_S \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0{,}55;\ \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_C \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4{,}0 \cdot a_g / g + 1{,}6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]	
0.000	0.243	
0.140	0.590	T_B
0.421	0.590	T_C
0.516	0.482	
0.611	0.407	
0.705	0.353	
0.800	0.311	
0.894	0.278	
0.989	0.251	
1.084	0.230	
1.178	0.211	
1.273	0.195	
1.368	0.182	
1.462	0.170	
1.557	0.160	
1.651	0.151	
1.746	0.142	
1.841	0.135	
1.935	0.129	
2.030	0.123	
2.125	0.117	
2.219	0.112	
2.314	0.107	
2.408	0.103	T_D
2.484	0.097	
2.560	0.091	
2.636	0.086	
2.712	0.081	
2.787	0.077	
2.863	0.073	
2.939	0.069	
3.015	0.066	
3.091	0.063	
3.166	0.060	
3.242	0.057	
3.318	0.054	
3.394	0.052	
3.469	0.050	
3.545	0.048	
3.621	0.046	
3.697	0.044	
3.773	0.042	
3.848	0.040	
3.924	0.040	
4.000	0.040	

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.123 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	1.477
S	1.000
η	1.000

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.123
T_B 0.050	0.299
T_C 0.150	0.299
0.235	0.191
0.320	0.140
0.405	0.111
0.490	0.091
0.575	0.078
0.660	0.068
0.745	0.060
0.830	0.054
0.915	0.049
T_D 1.000	0.045
1.094	0.037
1.188	0.032
1.281	0.027
1.375	0.024
1.469	0.021
1.563	0.018
1.656	0.016
1.750	0.015
1.844	0.013
1.938	0.012
2.031	0.011
2.125	0.010
2.219	0.009
2.313	0.008
2.406	0.008
2.500	0.007
2.594	0.007
2.688	0.006
2.781	0.006
2.875	0.005
2.969	0.005
3.063	0.005
3.156	0.004
3.250	0.004
3.344	0.004
3.438	0.004
3.531	0.004
3.625	0.003
3.719	0.003
3.813	0.003
3.906	0.003
4.000	0.003

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \qquad \text{(NTC-08 Eq. 3.2.5)}$$

$$\eta = 1/q \qquad \text{(NTC-08 §. 3.2.3.5)}$$

$$F_v = 1{,}35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0.5} \qquad \text{(NTC-08 Eq. 3.2.11)}$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

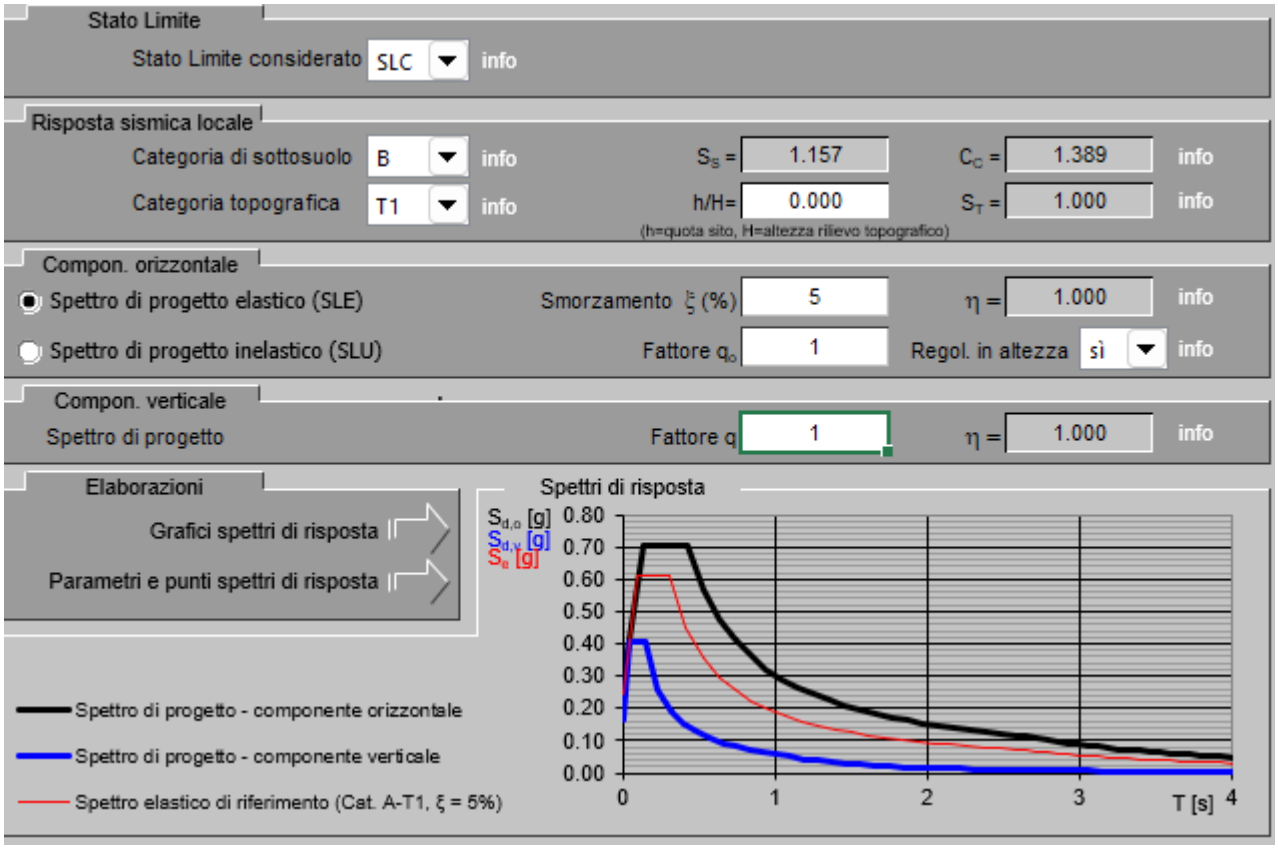
$$0 \le T < T_B \quad | \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$$

$$T_B \le T < T_C \quad | \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \le T < T_D \quad | \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \le T \quad | \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

SLC


Stato Limite
Stato Limite considerato SLC info
Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo B info
Categoria topografica T1 info
S_S = 1.157
C_C = 1.389
h/H= 0.000
S_T = 1.000
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)
Compon. orizzontale
Spettro di progetto elastico (SLE)
Spettro di progetto inelastico (SLU)
Smorzamento ξ (%) 5
η = 1.000
Fattore q_o 1
Regol. in altezza sì
Compon. verticale
Spettro di progetto
Fattore q 1
η = 1.000
Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta
Spettri di risposta
$S_{d,o}$ [g]
$S_{d,v}$ [g]
S_e [g]
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
0
1
2
3
T [s]
4
Spettro di progetto - componente orizzontale
Spettro di progetto - componente verticale
Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, ξ = 5%)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0.247 g
F_o	2.463
T_C^*	0.312 s
S_S	1.157
C_C	1.389
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.157
η	1.000
T_B	0.144 s
T_C	0.433 s
T_D	2.588 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_S \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0{,}55;\ \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_C \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4{,}0 \cdot a_g / g + 1{,}6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con 1/q, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.286
T_B ←	0.144	0.704
T_C ←	0.433	0.704
	0.535	0.569
	0.638	0.477
	0.741	0.411
	0.843	0.361
	0.946	0.322
	1.049	0.290
	1.151	0.265
	1.254	0.243
	1.356	0.224
	1.459	0.209
	1.562	0.195
	1.664	0.183
	1.767	0.172
	1.869	0.163
	1.972	0.154
	2.075	0.147
	2.177	0.140
	2.280	0.134
	2.383	0.128
	2.485	0.123
T_D ←	2.588	0.118
	2.655	0.112
	2.722	0.106
	2.790	0.101
	2.857	0.097
	2.924	0.092
	2.991	0.088
	3.059	0.084
	3.126	0.081
	3.193	0.077
	3.260	0.074
	3.328	0.071
	3.395	0.068
	3.462	0.066
	3.529	0.063
	3.597	0.061
	3.664	0.059
	3.731	0.057
	3.798	0.055
	3.866	0.053
	3.933	0.051
	4.000	0.049

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_{gv}	0.166 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	1.652
S	1.000
η	1.000

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]	
0.000	0.166	
0.050	0.408	T_B
0.150	0.408	T_C
0.235	0.260	
0.320	0.191	
0.405	0.151	
0.490	0.125	
0.575	0.106	
0.660	0.093	
0.745	0.082	
0.830	0.074	
0.915	0.067	
1.000	0.061	T_D
1.094	0.051	
1.188	0.043	
1.281	0.037	
1.375	0.032	
1.469	0.028	
1.563	0.025	
1.656	0.022	
1.750	0.020	
1.844	0.018	
1.938	0.016	
2.031	0.015	
2.125	0.014	
2.219	0.012	
2.313	0.011	
2.406	0.011	
2.500	0.010	
2.594	0.009	
2.688	0.008	
2.781	0.008	
2.875	0.007	
2.969	0.007	
3.063	0.007	
3.156	0.006	
3.250	0.006	
3.344	0.005	
3.438	0.005	
3.531	0.005	
3.625	0.005	
3.719	0.004	
3.813	0.004	
3.906	0.004	
4.000	0.004	

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \qquad \text{(NTC-08 Eq. 3.2.5)}$$

$$\eta = 1/q \qquad \text{(NTC-08 §. 3.2.3.5)}$$

$$F_v = 1{,}35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0.5} \qquad \text{(NTC-08 Eq. 3.2.11)}$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \le T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$$

$$T_B \le T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \le T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \le T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

L'impalcato è vincolato con 8 isolatori, inoltre le proprietà nominali dell'isolatore, e dunque quelle di tutto il sistema di isolamento, possono subire modifiche dovute all'invecchiamento, temperatura, storia di carico. Questa variabilità è tenuta in conto (come richiesto per le costruzioni in classe d'uso III e IV al paragrafo 7.10.5.1 del D.M. 14.01.2008) in accordo alla EN1998-2 [punto 7.5.2.4(2)P], tramite l'utilizzo di due gruppi di caratteristiche del sistema di isolamento:

- proprietà di progetto limiti superiori [upper bound design properties (UBDP)]

- proprietà di progetto limiti inferiori [lower bound design properties (LBDP)]

In generale devono essere effettuate due distinte analisi, una usando l'UBDP, ed un'altra usando l'LBDP. L'analisi con UBDP conduce in genere alle azioni massime su sottostrutture ed impalcato, mentre quella con LBDP porta ai massimi spostamenti dei dispositivi di isolamento.
I valori di progetto UBDP e LBDP sono calcolati in accordo alle EN1998-2 (Appendici J e JJ) e la UNI EN 15129, secondo quanto riportato di seguito attraverso la definizione di un parametro λ che tengono conto di alcuni effetti come bassa temperatura e invecchiamento che aumentano la rigidezza di progetto della gomma.
A questo va aggiunta una variabilità del 20% per la produzione.
Tenuto conto che il rapporto tra i parametri UBDP e LBDP deve essere almeno maggiore di 1.8, si considera un fattore di 1.5 per l'UBDP e di 0.8 per LBDP.

7. COMBINAZIONI DI CARICO

7.1. COMBINAZIONI PER GLI SLU

Con riferimento al §5.1.3.12 del NTC 2018, ed alle tabelle riportate nel seguito, si sono impiegate nei calcoli di verifica le seguenti combinazioni allo SLU.

Combinazione tipo:

$$1.35\ g_1 + 1.5\ g_2 + 1.35\ q_{1A,i} + 0.9\ q_{5vento2} + 1.2\ \varepsilon_2$$

		Coefficiente	EQU[1]	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli sfavorevoli	γ_{G1}	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Carichi permanenti non strutturali[2]	favorevoli sfavorevoli	γ_{G2}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	γ_{Q}	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Carichi variabili	favorevoli sfavorevoli	γ_{Qi}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\varepsilon 1}$	0,90 1,00[3]	1,00 1,00[4]	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\varepsilon 2}$, $\gamma_{\varepsilon 3}$, $\gamma_{\varepsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

[1] Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
[2] Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti 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

Per quanto riguarda i carichi mobili, la simultaneità dei sistemi di carico definiti nel DM 17 gennaio 2018 (modelli di carico 1, 2, 3, 4, 6 - forze orizzontali - carichi agenti su ponti pedonali), deve essere tenuta in conto considerando i "gruppi di azioni" definiti nella tabella seguente.

Ognuno dei "gruppi di azioni", indipendente dagli altri, deve essere considerato come azione caratteristica per la combinazione con gli altri carichi agenti sul ponte.

	Carichi sulla carreggiata					*Carichi su marciapiedi e piste ciclabili*
	Carichi verticali			**Carichi orizzontali**		**Carichi verticali**
Gruppo di azioni	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente. distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m^2
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m^2
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m^2			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m^2
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti di 3ª categoria
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Le combinazioni di azioni per le verifiche agli stati limite ultimi, definite al punto 2.5.3 del D.M. 17 gennaio 2018, sono espresse complessivamente dalle seguenti relazioni:

$$\sum_{j>1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Dove:

- G_k è il valore caratteristico delle azioni permanenti;
- E è l'azione del sisma per lo stato limite considerato;
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;
- Q_k è il valore caratteristico delle azioni variabili;
- γ_G, γ_P, γ_Q sono i coefficienti parziali delle azioni agli SLU;
- ψ_0, ψ_2 sono i coefficienti di combinazione delle azioni variabili;

I valori dei coefficienti ψ_0, γ_G, γ_P, γ_Q sono riportati nelle tabelle sottostanti:

Azioni	*Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)*	*Coefficiente ψ_0 di combinazione*	*Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)*	*Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)*
Azioni da traffico (Tabella 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 q_5	Vento a ponte scarico			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

		Coefficiente	EQU[1]	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali[2]	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\varepsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00[3]	1,00[4]	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\varepsilon 2}$, $\gamma_{\varepsilon 3}$, $\gamma_{\varepsilon 4}$	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 di GEO.
(2) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti 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

7.2. COMBINAZIONI PER GLI SLE

Le combinazioni di azioni per le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, sono invece espresse dalla seguente relazione di limitazione delle tensioni, in combinazione di carico caratteristica

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$$

8. CODICE DI CALCOLO

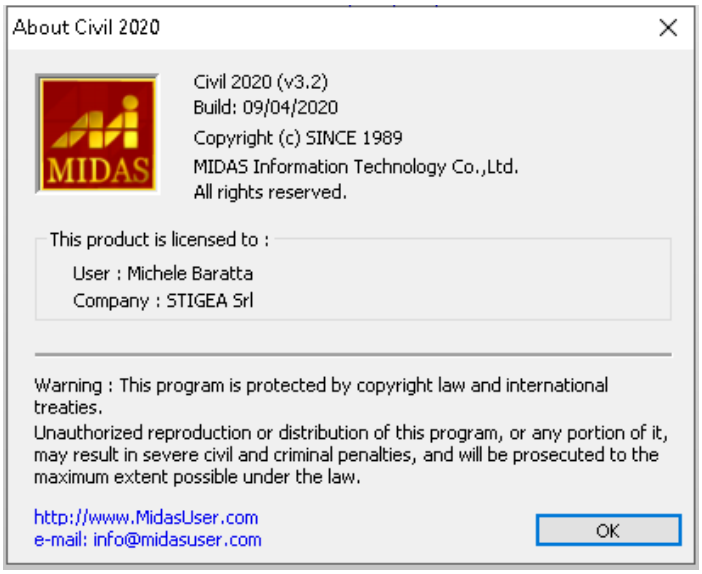
Il calcolo agli elementi finiti della struttura è stato condotto mediante l'utilizzo del software MIDAS CIVIL 2020 ver.3.2.

Origine e caratteristiche del codice di calcolo

MIDAS Information Technology, Co., Ltd.
SKn Technopark Tech-center 15th fl. 190-1 Sangdaewon1-dong
Jungwon-gu, Seongnam, Gyeonggi-do, 462-721, Korea
Tel: 82-31-789-2000 Fax: 82-31-789-2001

- n. di serie della licenza: *U001-09640*
- intestato alla Ditta : *STIGEA S.r.l., Bologna*

Si allegano gli estremi della licenza d'uso:



Affidabilità del codice utilizzato

La documentazione di validazione a corredo del software, fornita dal distributore del prodotto e preliminarmente esaminata dal progettista, è disponibile presso STIGEA S.r.l., via Irnerio n.10, Bologna.

9. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Per la modellazione dell'impalcato si è considerato uno schema strutturale a travi, costituito da n.2 travi a sezione composta (trave "a doppia T" in acciaio e soletta in c.a. s=0.32 m).

La modellazione dell'impalcato è completata dai traversi a sezione generica con inerzia equivalente ai traversi reticolari (diaframmi), costituiti da profili a L accoppiati in acciaio, posti a un interasse medio i=6.00m.

Solo i diaframmi in appoggio sono modellati tridimensionalmente per tenere in conto della distanza ed eccentricità dal piano di appoggio.

Nel modello è rappresentato il piano della soletta costituito da elementi con passo 2m collegati con elementi rigidi solo assialmente (quindi non in grado di influenzare la deformabilità della trave) sui cui viene fatto viaggiare il carico mobile che trasferisce alle travi la quotaparte di carico

Delle sottostrutture sono modellate solo le elevazioni delle pile, le spalle sono considerate come punti fissi essendo il ponte vincolato tramite isolatori elastomerici.

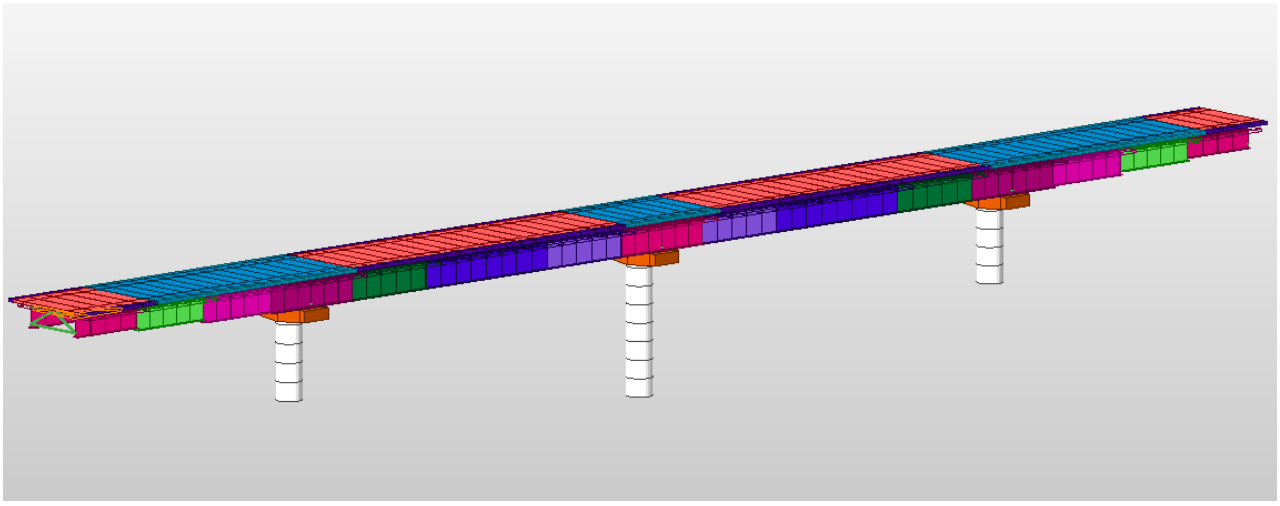


Figura 4 Modello di calcolo Fase 2 - vista estrusa

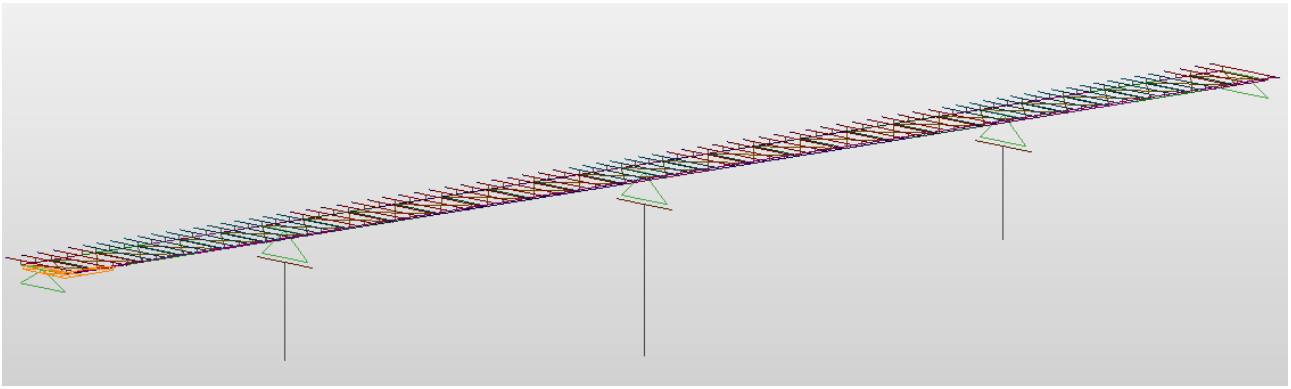


Figura 5 Modello di calcolo impalcato – vista unifilare

10. FASI DI COSTRUZIONE

Le varie fasi esecutive dell'impalcato e i differenti tempi di applicazione del carico sono determinate attraverso la construction stage analysis secondo il metodo:
SEQUENTIAL ANALYSIS + LONG-TERM MODULAR RATIO
In cui vengono definite delle caratteristiche inerziali con coefficienti di omogenizzazione del cls all'acciaio differenti a seconda della natura temporale dell'azione agente, sostanzialmente raggruppate nelle seguenti fasi:

- Fase 1: Considera il peso proprio della struttura metallica, il peso delle lastre prefabbricate e del getto fluido della soletta (che in questa fase non è ancora reagente).
- Fase 2: Considera il peso dei successivi carichi permanenti applicati alla struttura (pavimentazione, cordoli, barriere di sicurezza, velette prefabbricate in cls, parapetti metallici), i carichi dovuti al ritiro del cls ed eventuali cedimenti vincolari.

  In questa fase viene considerato un coefficiente n=Es/Ec pari a 18 così come definito nel parag.7.5

- Fase 3: Considera il transito dei carichi mobili (comprese le azioni centrifughe e di avviamento/frenamento ad essi imputabili), l'azione del vento, le azioni sismiche e l'effetto della differenza di temperatura tra la soletta in cls e le travi metalliche.

  La sezione resistente è completamente reagente; le sue caratteristiche statiche sono calcolate con modulo istantaneo (n = Es / Ec) in virtù della breve durata delle sollecitazioni.

Per il calcolo della larghezza collaborante efficace di soletta (B_{eff}), si è fatto riferimento a quanto prescritto al paragrafo 4.3.2.3 delle NTC.

4.3.2.3 Larghezze efficaci

La distribuzione delle tensioni normali negli elementi composti, deve essere determinata o mediante una analisi rigorosa o utilizzando nel calcolo la larghezza efficace della soletta.

La larghezza efficace, b_{eff}, di una soletta in calcestruzzo può essere determinata mediante l'espressione

$$b_{eff}=b_0+b_{e1}+b_{e2}, \qquad (4.3.2)$$

dove b_0 è la distanza tra gli assi dei connettori e b_{ei}=min (L_e/8, b_i) è il valore della larghezza collaborante da ciascun lato della sezione composta (vedi fig. 4.3.1).

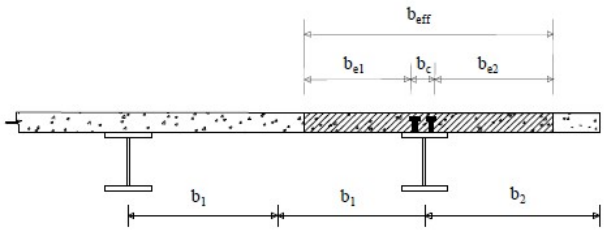


Figura 4.3.1. - *Definizione della larghezza efficace b_{eff} e delle aliquote b_{ei}.*

L_e nelle travi semplicemente appoggiate è la luce della trave, nelle travi continue è la distanza indicata in fig. 4.3.2.

Per gli appoggi di estremità la formula diviene

$$b_{eff}=b_0+\beta_1 b_{e1}+\beta_2 b_{e2}, \qquad (4.3.3)$$

dove $\beta_i=\left(0,55+0,025\cdot\frac{L_e}{b_{ei}}\right)\le 1,0$.

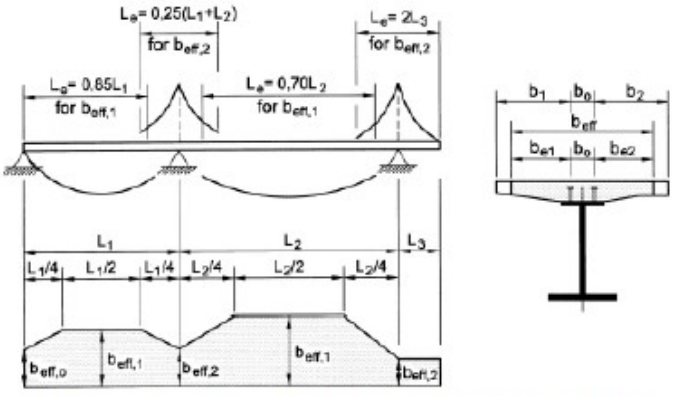
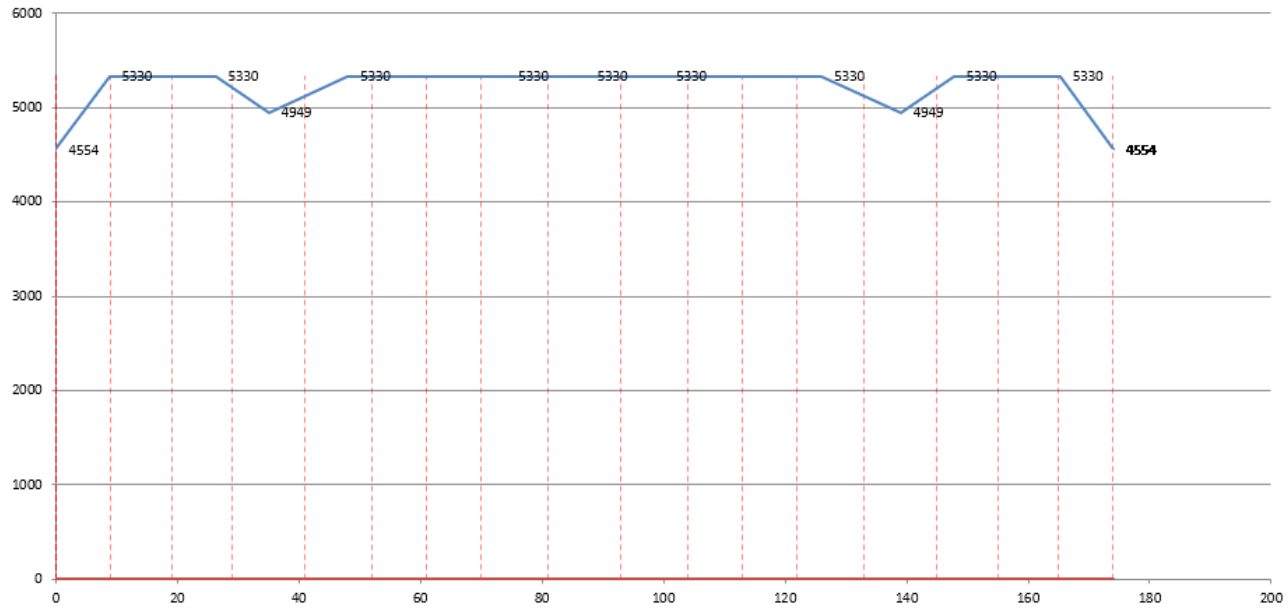


Figura 4.3.2 - *Larghezza efficace, b_{eff}, e luci equivalenti, L_e, per le travi continue*

Si riporta di seguito il grafico dell'andamento della larghezza collaborante nello sviluppo dell'impalcato.



Per quasi tutte le travi il valore è pari a 5330mm, per i tratti variabili che interessano i conci 1 e 2 si adotta un valore medio dei valori all'estremità del concio stesso.

Per le sezioni comprese nelle zone adiacenti alle pile per una estensione pari al 15% della luce della campata la sezione viene considerata fessurata.

11. SEZIONI MEMBRATURE IMPALCATO

Nel modello di calcolo si sono considerate le seguenti 8 sezioni della trave principale, di seguito si riportano le caratteristiche geometriche e le caratteristiche inerziali secondo le fasi di calcolo considerate.

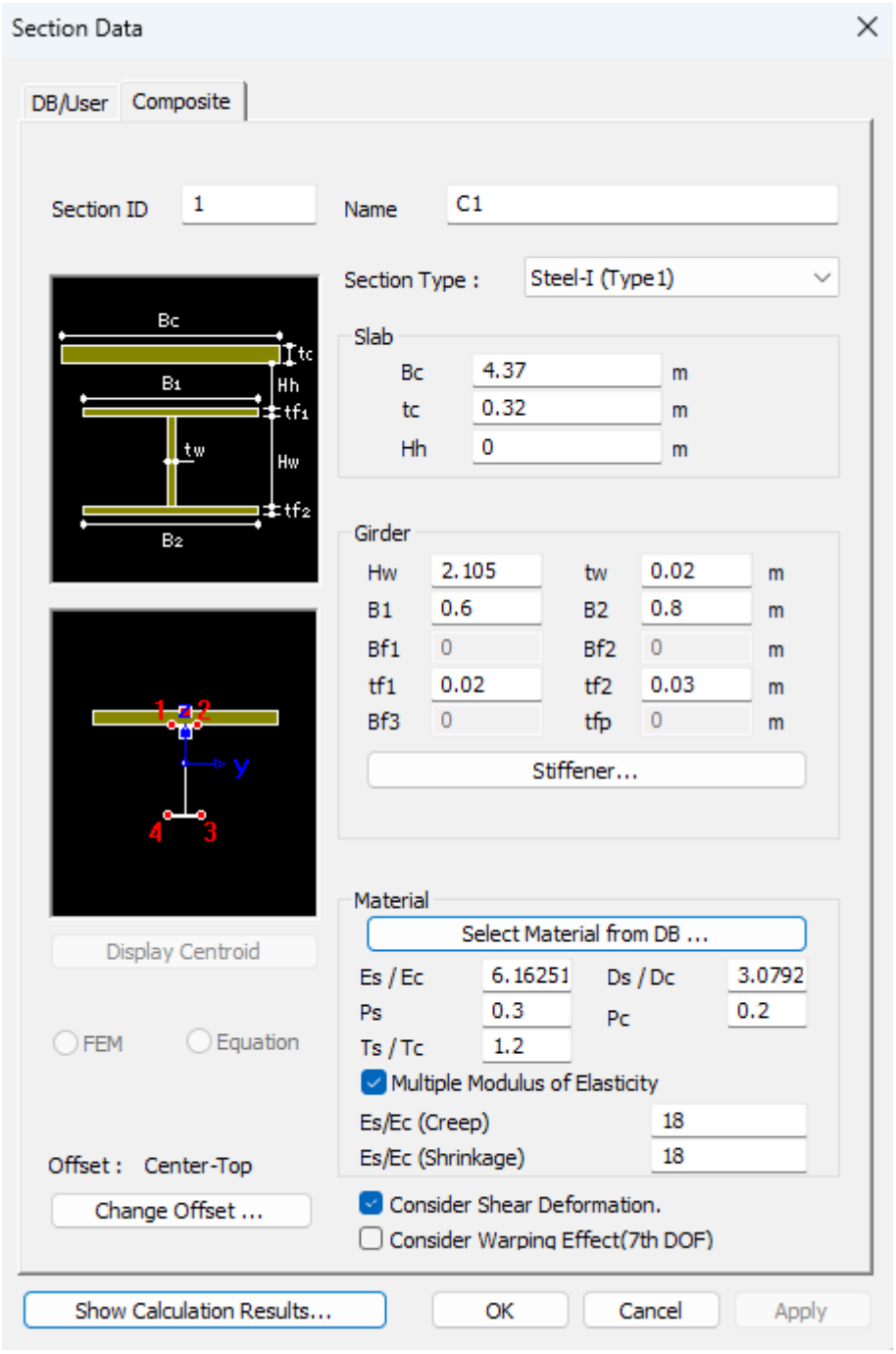
Prospetto corrispondenza delle sezioni strutturali con i conci rappresentati negli elaborati grafici.

Sezione strutturale trave metallica

tipo sezione	1		2		3		4		5		6		7		8	
Pbsup (L - spess.)	600	20	600	18	700	20	800	24	700	22	700	18	700	22	900	26
spessore anima	20		18		20		24		22		18		22		26	
Pbinf (L - spess.)	800	30	800	40	800	40	1000	50	900	40	900	40	800	40	1000	65

Corrispondenza conci -sezioni

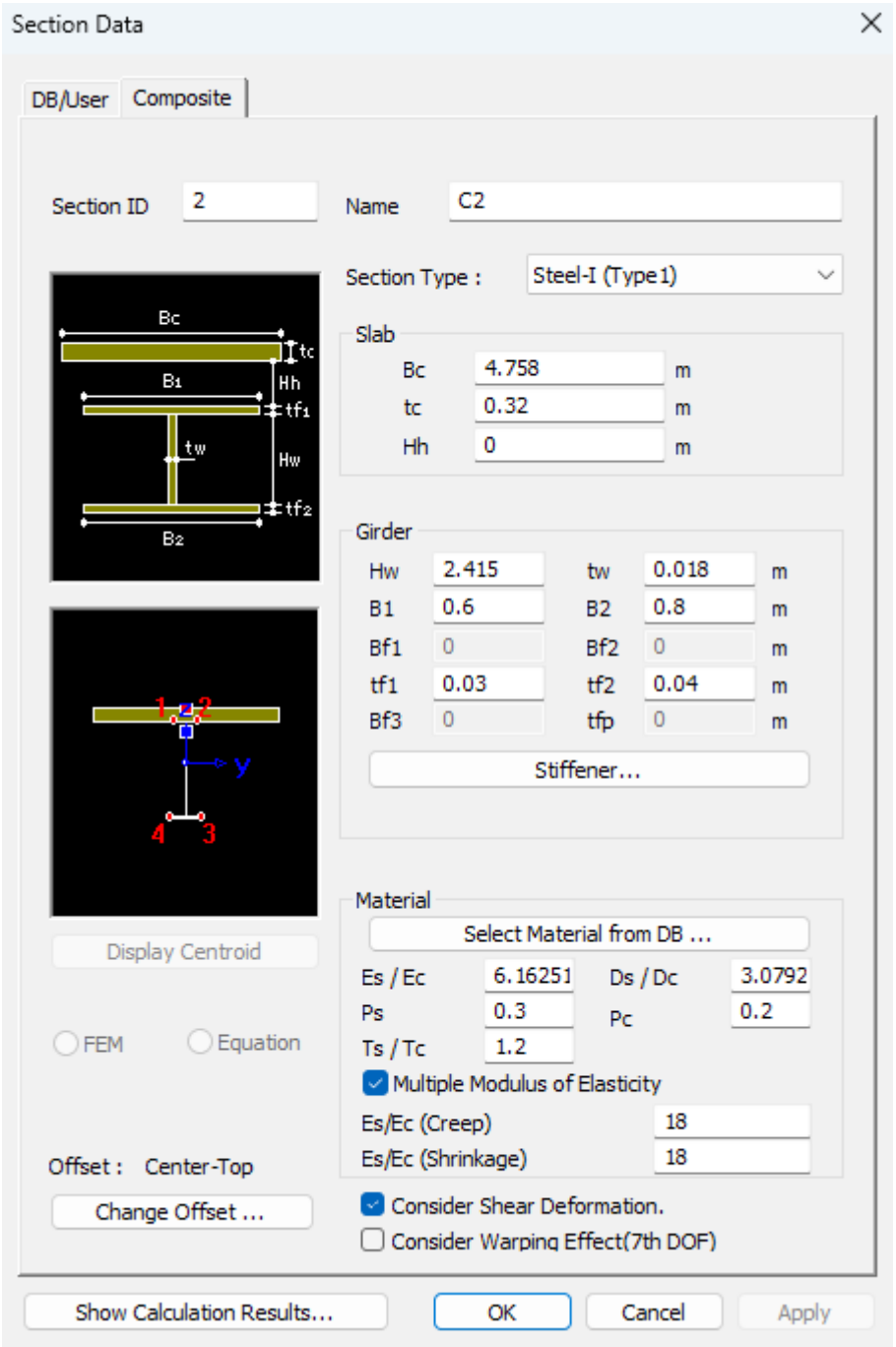
Concio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Tipo sezione	1	2	3	4	5	6	6	7	8	7	6	6	5	4	3	2	1


Section Data
DB/User
Composite
Section ID
1
Name
C1
Section Type :
Steel-I (Type1)
Bc
tc
B1
Hh
tf1
tw
Hw
tf2
B2
Slab
Bc 4.37 m
tc 0.32 m
Hh 0 m
Girder
Hw 2.105
tw 0.02 m
B1 0.6
B2 0.8 m
Bf1 0
Bf2 0 m
tf1 0.02
tf2 0.03 m
Bf3 0
tfp 0 m
Stiffener...
Material
Select Material from DB ...
Es / Ec 6.16251
Ds / Dc 3.0792
Ps 0.3
Pc 0.2
Ts / Tc 1.2
Multiple Modulus of Elasticity
Es/Ec (Creep) 18
Es/Ec (Shrinkage) 18
Display Centroid
FEM
Equation
Offset : Center-Top
Change Offset ...
Consider Shear Deformation.
Consider Warping Effect(7th DOF)
Show Calculation Results...
OK
Cancel
Apply

Section Properties

	Value(Before)	Value(After)	Long Term	Shrinkage	Unit
Area	7.810000e-02	3.050205e-01	1.557889e-01	1.557889e-01	m^2
Asy	2.878193e-02	2.189724e-01	7.959339e-02	7.959339e-02	m^2
Asz	4.096078e-02	4.702109e-02	4.277523e-02	4.277523e-02	m^2
Ixx	1.448000e-05	4.209988e-03	1.450861e-03	1.450861e-03	m^4
Iyy	5.432311e-02	1.697000e-01	1.310267e-01	1.310267e-01	m^4
Izz	1.641403e-03	3.627646e-01	1.252761e-01	1.252761e-01	m^4
Cyp	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
Cym	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
Czp	1.237289e+00	1.977735e-01	5.404880e-01	5.404880e-01	m
Czm	9.177113e-01	1.957227e+00	1.614512e+00	1.614512e+00	m
Qyb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Qzb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Peri:O	7.070000e+00	1.645000e+01	1.645000e+01	1.645000e+01	m
Peri:I	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m
Center:y	4.000000e-01	2.185000e+00	2.185000e+00	2.185000e+00	m
Center:z	9.177113e-01	1.957227e+00	1.614512e+00	1.614512e+00	m
y1	-3.000000e-01	-3.000000e-01	-3.000000e-01	-3.000000e-01	m
z1	1.237289e+00	1.977735e-01	5.404880e-01	5.404880e-01	m
y2	3.000000e-01	3.000000e-01	3.000000e-01	3.000000e-01	m
z2	1.237289e+00	1.977735e-01	5.404880e-01	5.404880e-01	m
y3	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
z3	-9.177113e-01	-1.957227e+00	-1.614512e+00	-1.614512e+00	m
y4	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	m
z4	-9.177113e-01	-1.957227e+00	-1.614512e+00	-1.614512e+00	m

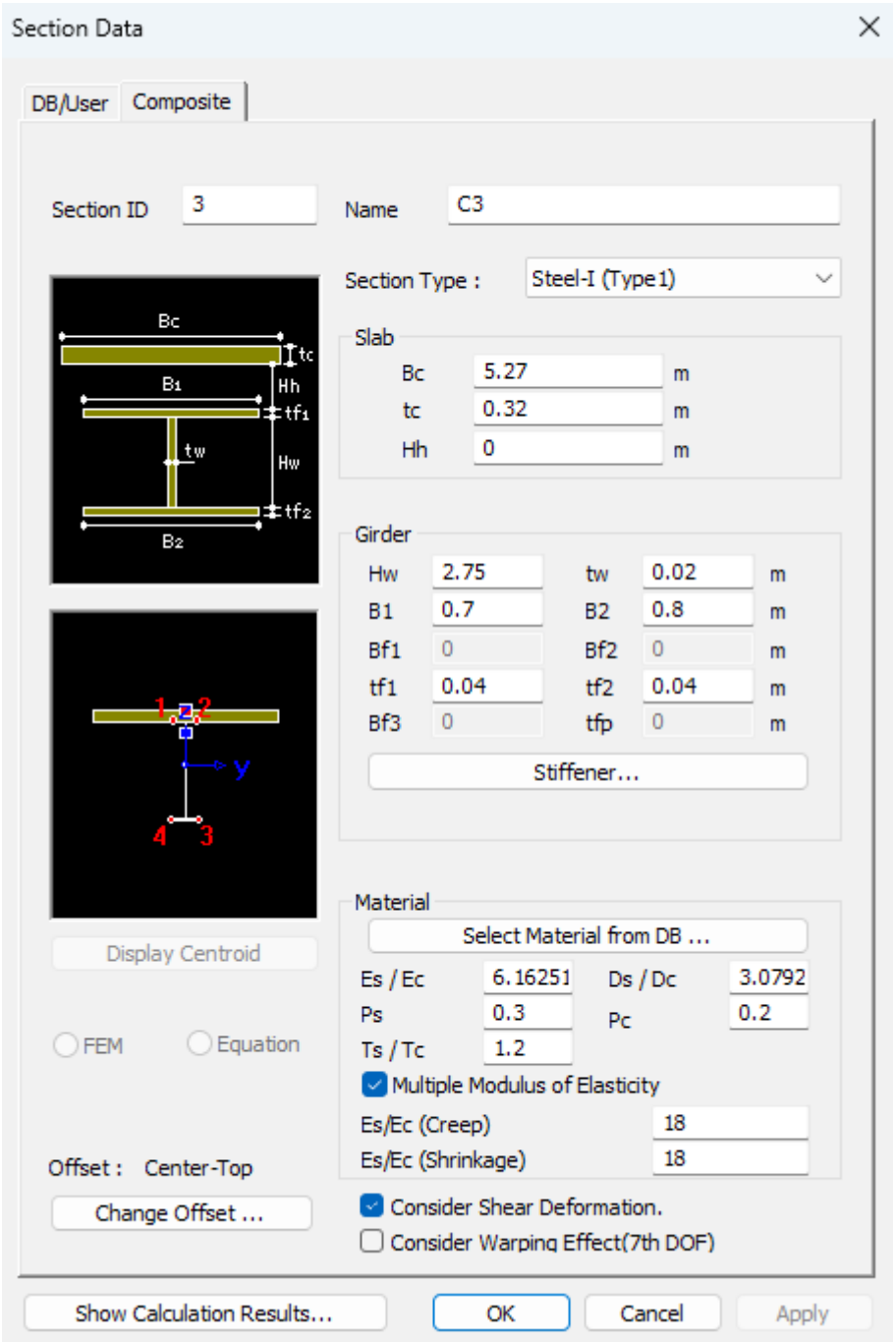
Close


Section Data
DB/User
Composite
Section ID
2
Name
C2
Section Type :
Steel-I (Type1)
Bc
tc
B1
Hh
tf1
tw
Hw
tf2
B2
Slab
Bc 4.758 m
tc 0.32 m
Hh 0 m
Girder
Hw 2.415
tw 0.018 m
B1 0.6
B2 0.8 m
Bf1 0
Bf2 0 m
tf1 0.03
tf2 0.04 m
Bf3 0
tfp 0 m
Stiffener...
Material
Select Material from DB ...
Es / Ec 6.16251
Ds / Dc 3.0792
Ps 0.3
Pc 0.2
Ts / Tc 1.2
Multiple Modulus of Elasticity
Es/Ec (Creep) 18
Es/Ec (Shrinkage) 18
Display Centroid
FEM
Equation
Offset : Center-Top
Change Offset ...
Consider Shear Deformation.
Consider Warping Effect(7th DOF)
Show Calculation Results...
OK
Cancel
Apply

Section Properties

	Value(Before)	Value(After)	Long Term	Shrinkage	Unit
Area	9.347000e-02	3.405382e-01	1.780567e-01	1.780567e-01	m^2
Asy	3.952431e-02	2.407786e-01	8.725242e-02	8.725242e-02	m^2
Asz	4.316945e-02	4.866897e-02	4.515404e-02	4.515404e-02	m^2
Ixx	2.722947e-05	4.595245e-03	1.591143e-03	1.591143e-03	m^4
Iyy	9.305742e-02	2.649554e-01	2.049534e-01	2.049534e-01	m^4
Izz	2.247840e-03	4.683535e-01	1.618246e-01	1.618246e-01	m^4
Cyp	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
Cym	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
Czp	1.422319e+00	2.743106e-01	6.706307e-01	6.706307e-01	m
Czm	1.062681e+00	2.210689e+00	1.814369e+00	1.814369e+00	m
Qyb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Qzb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Peri:O	7.734000e+00	1.789000e+01	1.789000e+01	1.789000e+01	m
Peri:I	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m
Center:y	4.000000e-01	2.379000e+00	2.379000e+00	2.379000e+00	m
Center:z	1.062681e+00	2.210689e+00	1.814369e+00	1.814369e+00	m
y1	-3.000000e-01	-3.000000e-01	-3.000000e-01	-3.000000e-01	m
z1	1.422319e+00	2.743106e-01	6.706307e-01	6.706307e-01	m
y2	3.000000e-01	3.000000e-01	3.000000e-01	3.000000e-01	m
z2	1.422319e+00	2.743106e-01	6.706307e-01	6.706307e-01	m
y3	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
z3	-1.062681e+00	-2.210689e+00	-1.814369e+00	-1.814369e+00	m
y4	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	m
z4	-1.062681e+00	-2.210689e+00	-1.814369e+00	-1.814369e+00	m

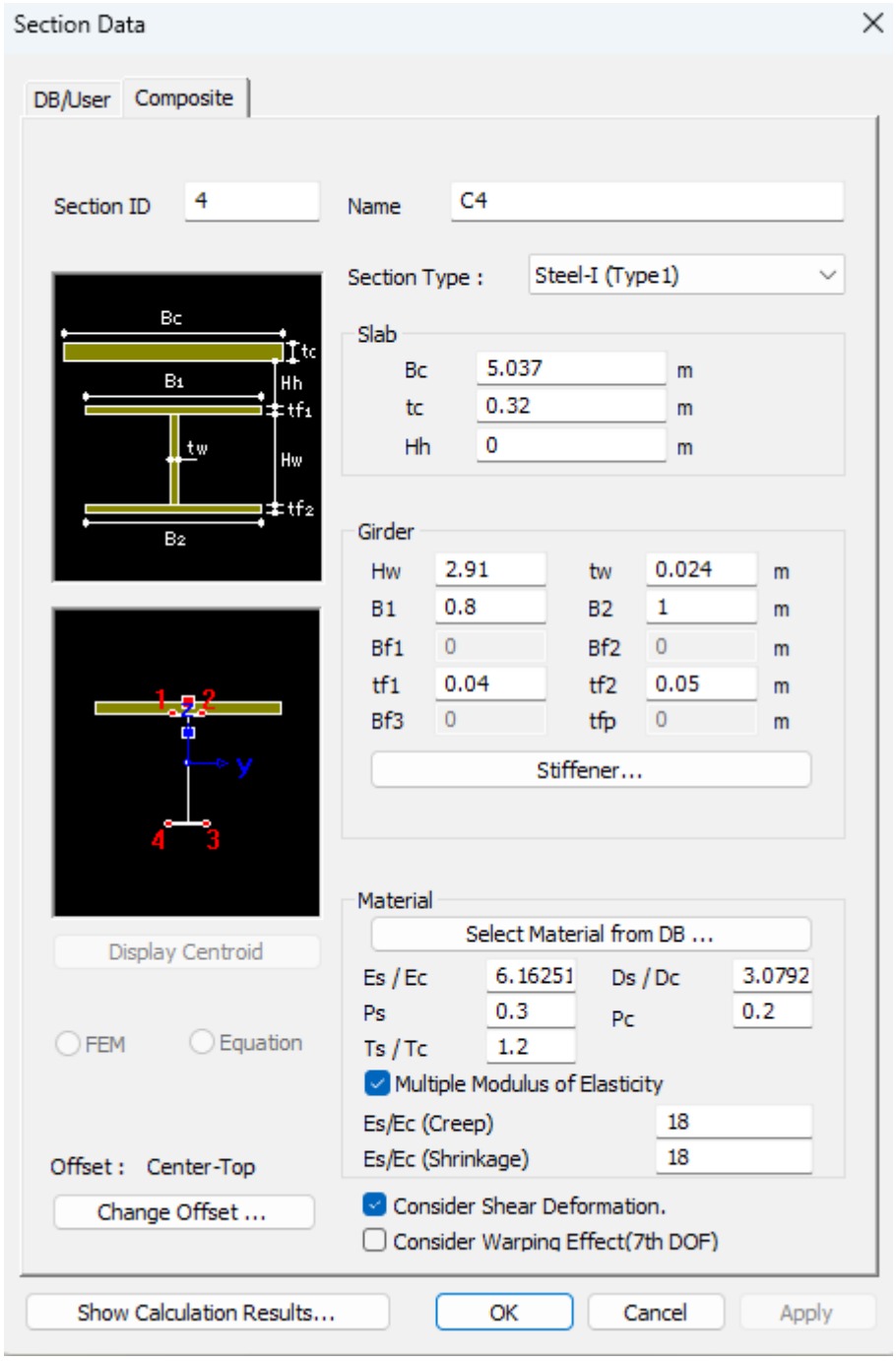
Close


Section Data
DB/User
Composite
Section ID
3
Name
C3
Section Type :
Steel-I (Type1)
Bc
tc
B1
Hh
tf1
tw
Hw
tf2
B2
Slab
Bc 5.27 m
tc 0.32 m
Hh 0 m
Girder
Hw 2.75
tw 0.02 m
B1 0.7
B2 0.8 m
Bf1 0
Bf2 0 m
tf1 0.04
tf2 0.04 m
Bf3 0
tfp 0 m
Stiffener...
Material
Select Material from DB ...
Es / Ec 6.16251
Ds / Dc 3.0792
Ps 0.3
Pc 0.2
Ts / Tc 1.2
Multiple Modulus of Elasticity
Es/Ec (Creep) 18
Es/Ec (Shrinkage) 18
Display Centroid
FEM
Equation
Offset : Center-Top
Change Offset ...
Consider Shear Deformation.
Consider Warping Effect(7th DOF)
Show Calculation Results...
OK
Cancel
Apply

Section Properties

	Value(Before)	Value(After)	Long Term	Shrinkage	Unit
Area	1.150000e-01	3.886547e-01	2.086889e-01	2.086889e-01	m^2
Asy	4.957029e-02	2.712873e-01	9.858807e-02	9.858807e-02	m^2
Asz	5.485126e-02	5.995273e-02	5.601903e-02	5.601903e-02	m^2
Ixx	3.944000e-05	5.099012e-03	1.771643e-03	1.771643e-03	m^4
Iyy	1.511602e-01	3.669242e-01	2.880424e-01	2.880424e-01	m^4
Izz	2.851833e-03	6.362006e-01	2.196862e-01	2.196862e-01	m^4
Cyp	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
Cym	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
Czp	1.463522e+00	3.203878e-01	7.346571e-01	7.346571e-01	m
Czm	1.366478e+00	2.509612e+00	2.095343e+00	2.095343e+00	m
Qyb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Qzb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Peri:O	8.620000e+00	1.980000e+01	1.980000e+01	1.980000e+01	m
Peri:I	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m
Center:y	4.000000e-01	2.635000e+00	2.635000e+00	2.635000e+00	m
Center:z	1.366478e+00	2.509612e+00	2.095343e+00	2.095343e+00	m
y1	-3.500000e-01	-3.500000e-01	-3.500000e-01	-3.500000e-01	m
z1	1.463522e+00	3.203878e-01	7.346571e-01	7.346571e-01	m
y2	3.500000e-01	3.500000e-01	3.500000e-01	3.500000e-01	m
z2	1.463522e+00	3.203878e-01	7.346571e-01	7.346571e-01	m
y3	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
z3	-1.366478e+00	-2.509612e+00	-2.095343e+00	-2.095343e+00	m
y4	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	m
z4	-1.366478e+00	-2.509612e+00	-2.095343e+00	-2.095343e+00	m

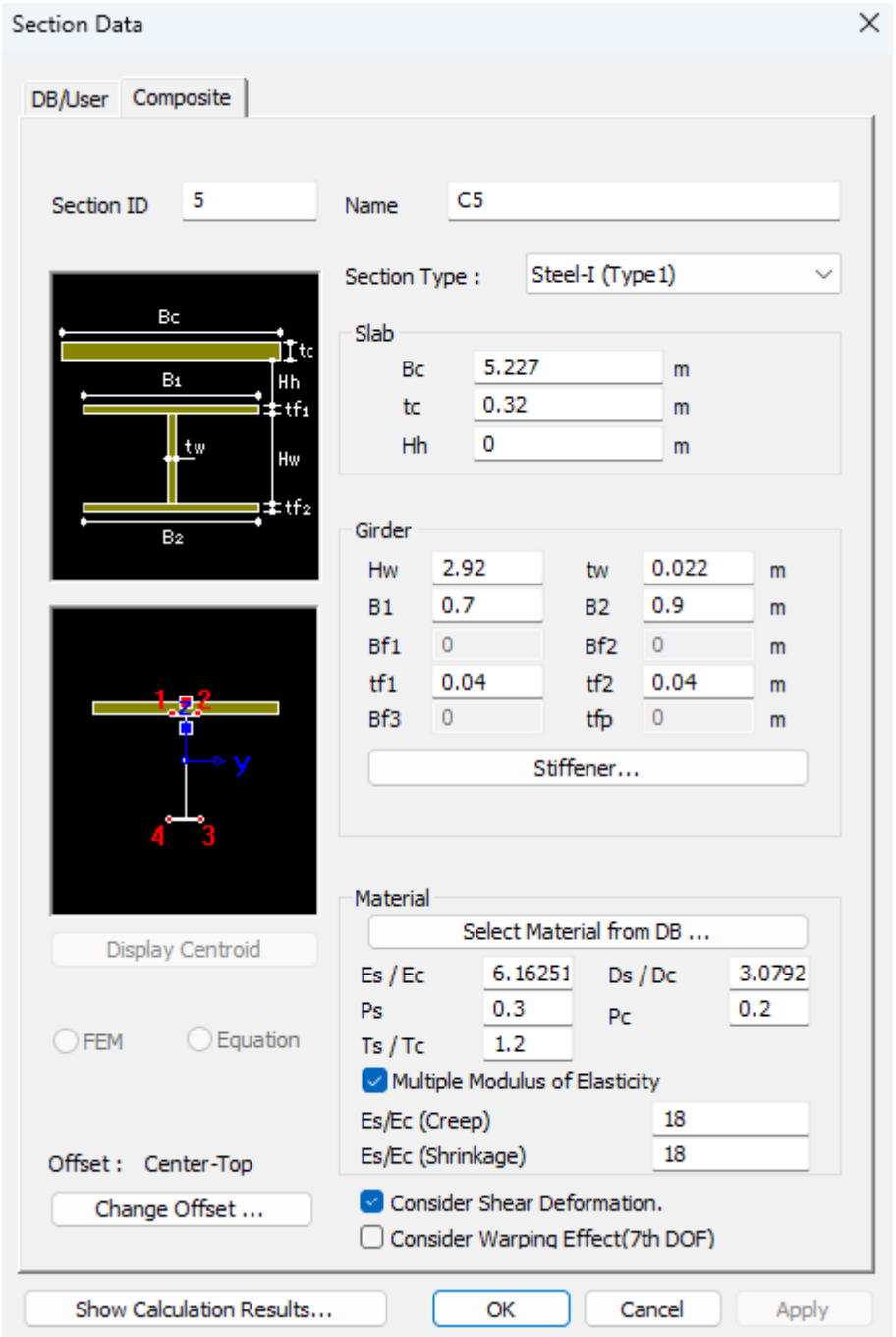
Close


Section Data
DB/User
Composite
Section ID
4
Name
C4
Section Type :
Steel-I (Type1)
Bc
tc
B1
Hh
tf1
tw
Hw
tf2
B2
Slab
Bc 5.037 m
tc 0.32 m
Hh 0 m
Girder
Hw 2.91
tw 0.024 m
B1 0.8
B2 1 m
Bf1 0
Bf2 0 m
tf1 0.04
tf2 0.05 m
Bf3 0
tfp 0 m
Stiffener...
Material
Select Material from DB ...
Es / Ec 6.16251
Ds / Dc 3.0792
Ps 0.3
Pc 0.2
Ts / Tc 1.2
Multiple Modulus of Elasticity
Es/Ec (Creep) 18
Es/Ec (Shrinkage) 18
Display Centroid
FEM
Equation
Offset : Center-Top
Change Offset ...
Consider Shear Deformation.
Consider Warping Effect(7th DOF)
Show Calculation Results...
OK
Cancel
Apply

Section Properties

	Value(Before)	Value(After)	Long Term	Shrinkage	Unit
Area	1.518400e-01	4.133958e-01	2.413867e-01	2.413867e-01	m^2
Asy	6.616291e-02	2.671424e-01	1.004719e-01	1.004719e-01	m^2
Asz	6.947275e-02	7.551433e-02	7.129523e-02	7.129523e-02	m^2
Ixx	7.234997e-05	4.908225e-03	1.727968e-03	1.727968e-03	m^4
Iyy	2.237088e-01	5.481953e-01	4.134186e-01	4.134186e-01	m^4
Izz	5.876686e-03	5.588790e-01	1.952035e-01	1.952035e-01	m^4
Cyp	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	m
Cym	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	m
Czp	1.671502e+00	5.127094e-01	9.920736e-01	9.920736e-01	m
Czm	1.328498e+00	2.487291e+00	2.007926e+00	2.007926e+00	m
Qyb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Qzb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Peri:O	9.552000e+00	2.026600e+01	2.026600e+01	2.026600e+01	m
Peri:I	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m
Center:y	5.000000e-01	2.518500e+00	2.518500e+00	2.518500e+00	m
Center:z	1.328498e+00	2.487291e+00	2.007926e+00	2.007926e+00	m
y1	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	m
z1	1.671502e+00	5.127094e-01	9.920736e-01	9.920736e-01	m
y2	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
z2	1.671502e+00	5.127094e-01	9.920736e-01	9.920736e-01	m
y3	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	m
z3	-1.328498e+00	-2.487291e+00	-2.007926e+00	-2.007926e+00	m
y4	-5.000000e-01	-5.000000e-01	-5.000000e-01	-5.000000e-01	m
z4	-1.328498e+00	-2.487291e+00	-2.007926e+00	-2.007926e+00	m

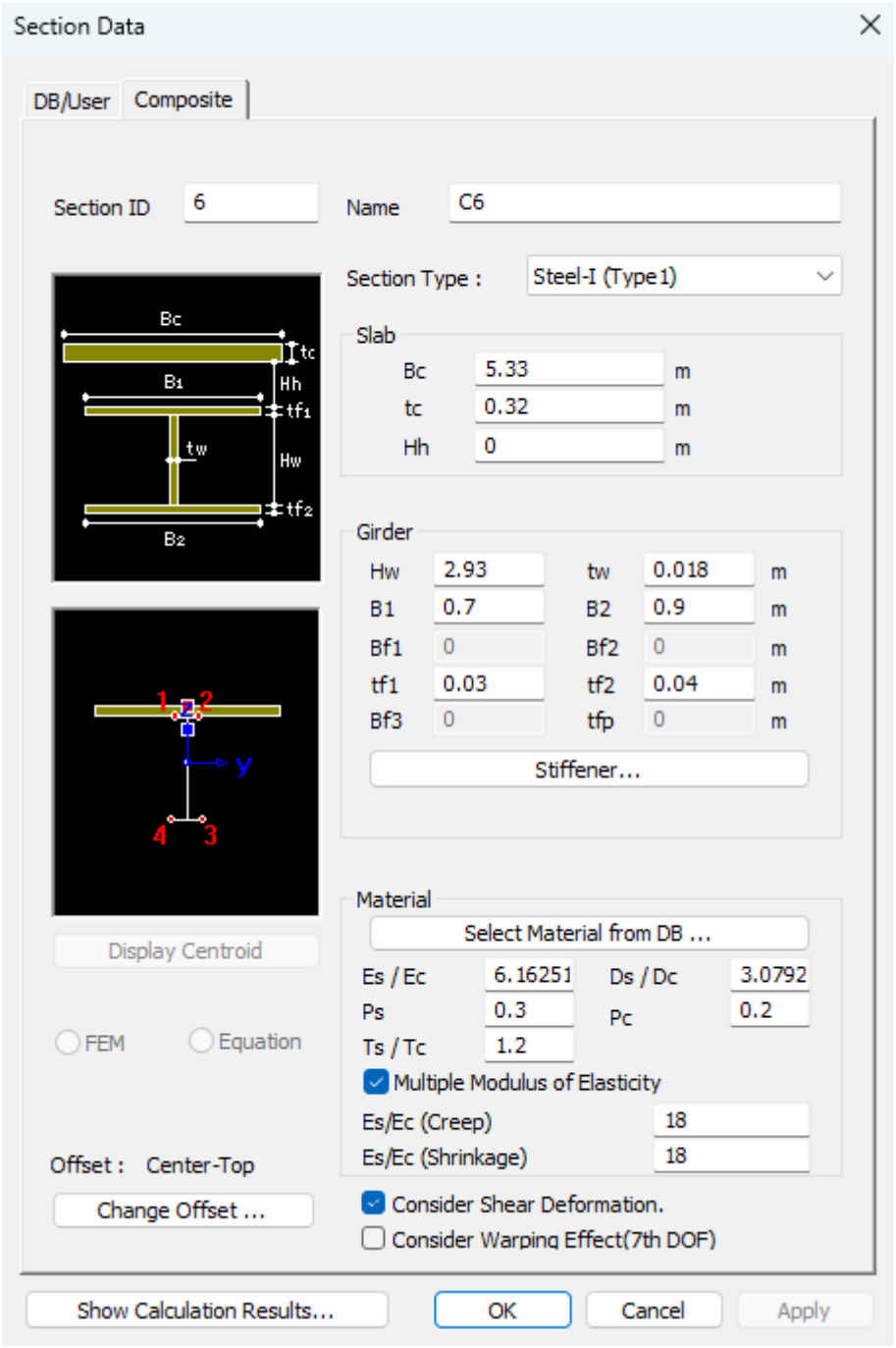
Close


Section Data
DB/User
Composite
Section ID
5
Name
C5
Section Type :
Steel-I (Type1)
Slab
Bc
5.227
m
tc
0.32
m
Hh
0
m
Girder
Hw
2.92
tw
0.022
m
B1
0.7
B2
0.9
m
Bf1
0
Bf2
0
m
tf1
0.04
tf2
0.04
m
Bf3
0
tfp
0
m
Stiffener...
Material
Select Material from DB ...
Es / Ec
6.16251
Ds / Dc
3.0792
Ps
0.3
Pc
0.2
Ts / Tc
1.2
Multiple Modulus of Elasticity
Es/Ec (Creep)
18
Es/Ec (Shrinkage)
18
Display Centroid
FEM
Equation
Offset :
Center-Top
Change Offset ...
Consider Shear Deformation.
Consider Warping Effect(7th DOF)
Show Calculation Results...
OK
Cancel
Apply

Section Properties

	Value(Before)	Value(After)	Long Term	Shrinkage	Unit
Area	1.282400e-01	3.996619e-01	2.211644e-01	2.211644e-01	m^2
Asy	5.095965e-02	2.699422e-01	9.859339e-02	9.859339e-02	m^2
Asz	6.377110e-02	6.899733e-02	6.477531e-02	6.477531e-02	m^2
Ixx	4.463936e-05	5.062928e-03	1.762709e-03	1.762709e-03	m^4
Iyy	1.847456e-01	4.544892e-01	3.509892e-01	3.509892e-01	m^4
Izz	3.575924e-03	6.215476e-01	2.151457e-01	2.151457e-01	m^4
Cyp	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	m
Cym	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	m
Czp	1.592327e+00	4.022713e-01	8.560693e-01	8.560693e-01	m
Czm	1.407673e+00	2.597729e+00	2.143931e+00	2.143931e+00	m
Qyb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Qzb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Peri:O	9.156000e+00	2.025000e+01	2.025000e+01	2.025000e+01	m
Peri:I	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m
Center:y	4.500000e-01	2.613500e+00	2.613500e+00	2.613500e+00	m
Center:z	1.407673e+00	2.597729e+00	2.143931e+00	2.143931e+00	m
y1	-3.500000e-01	-3.500000e-01	-3.500000e-01	-3.500000e-01	m
z1	1.592327e+00	4.022713e-01	8.560693e-01	8.560693e-01	m
y2	3.500000e-01	3.500000e-01	3.500000e-01	3.500000e-01	m
z2	1.592327e+00	4.022713e-01	8.560693e-01	8.560693e-01	m
y3	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	m
z3	-1.407673e+00	-2.597729e+00	-2.143931e+00	-2.143931e+00	m
y4	-4.500000e-01	-4.500000e-01	-4.500000e-01	-4.500000e-01	m
z4	-1.407673e+00	-2.597729e+00	-2.143931e+00	-2.143931e+00	m

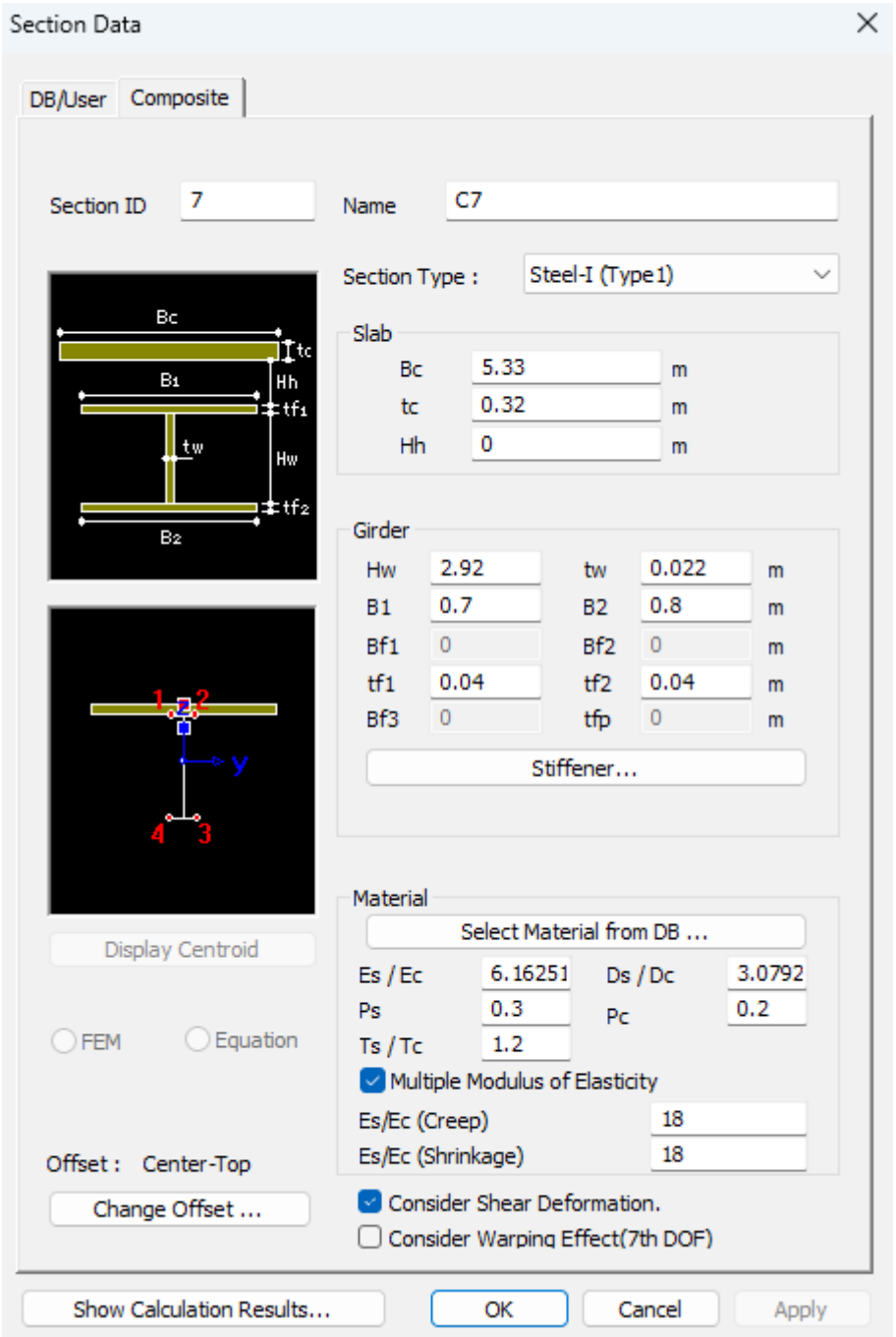
Close


Section Data
DB/User
Composite
Section ID
6
Name
C6
Section Type :
Steel-I (Type1)
Slab
Bc
5.33
m
tc
0.32
m
Hh
0
m
Girder
Hw
2.93
tw
0.018
m
B1
0.7
B2
0.9
m
Bf1
0
Bf2
0
m
tf1
0.03
tf2
0.04
m
Bf3
0
tfp
0
m
Stiffener...
Material
Select Material from DB ...
Es / Ec
6.16251
Ds / Dc
3.0792
Ps
0.3
Pc
0.2
Ts / Tc
1.2
Multiple Modulus of Elasticity
Es/Ec (Creep)
18
Es/Ec (Shrinkage)
18
Display Centroid
FEM
Equation
Offset :
Center-Top
Change Offset ...
Consider Shear Deformation.
Consider Warping Effect(7th DOF)
Show Calculation Results...
OK
Cancel
Apply

Section Properties

	Value(Before)	Value(After)	Long Term	Shrinkage	Unit
Area	1.097400e-01	3.865103e-01	2.044956e-01	2.044956e-01	m^2
Asy	4.558791e-02	2.712710e-01	9.891055e-02	9.891055e-02	m^2
Asz	5.220328e-02	5.736806e-02	5.394484e-02	5.394484e-02	m^2
Ixx	3.126396e-05	5.148440e-03	1.783189e-03	1.783189e-03	m^4
Iyy	1.585594e-01	4.324729e-01	3.350854e-01	3.350854e-01	m^4
Izz	3.288924e-03	6.585173e-01	2.276140e-01	2.276140e-01	m^4
Cyp	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	m
Cym	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	m
Czp	1.698937e+00	3.677988e-01	8.375752e-01	8.375752e-01	m
Czm	1.301063e+00	2.632201e+00	2.162425e+00	2.162425e+00	m
Qyb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Qzb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Peri:O	9.164000e+00	2.046400e+01	2.046400e+01	2.046400e+01	m
Peri:I	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m
Center:y	4.500000e-01	2.665000e+00	2.665000e+00	2.665000e+00	m
Center:z	1.301063e+00	2.632201e+00	2.162425e+00	2.162425e+00	m
y1	-3.500000e-01	-3.500000e-01	-3.500000e-01	-3.500000e-01	m
z1	1.698937e+00	3.677988e-01	8.375752e-01	8.375752e-01	m
y2	3.500000e-01	3.500000e-01	3.500000e-01	3.500000e-01	m
z2	1.698937e+00	3.677988e-01	8.375752e-01	8.375752e-01	m
y3	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	m
z3	-1.301063e+00	-2.632201e+00	-2.162425e+00	-2.162425e+00	m
y4	-4.500000e-01	-4.500000e-01	-4.500000e-01	-4.500000e-01	m
z4	-1.301063e+00	-2.632201e+00	-2.162425e+00	-2.162425e+00	m

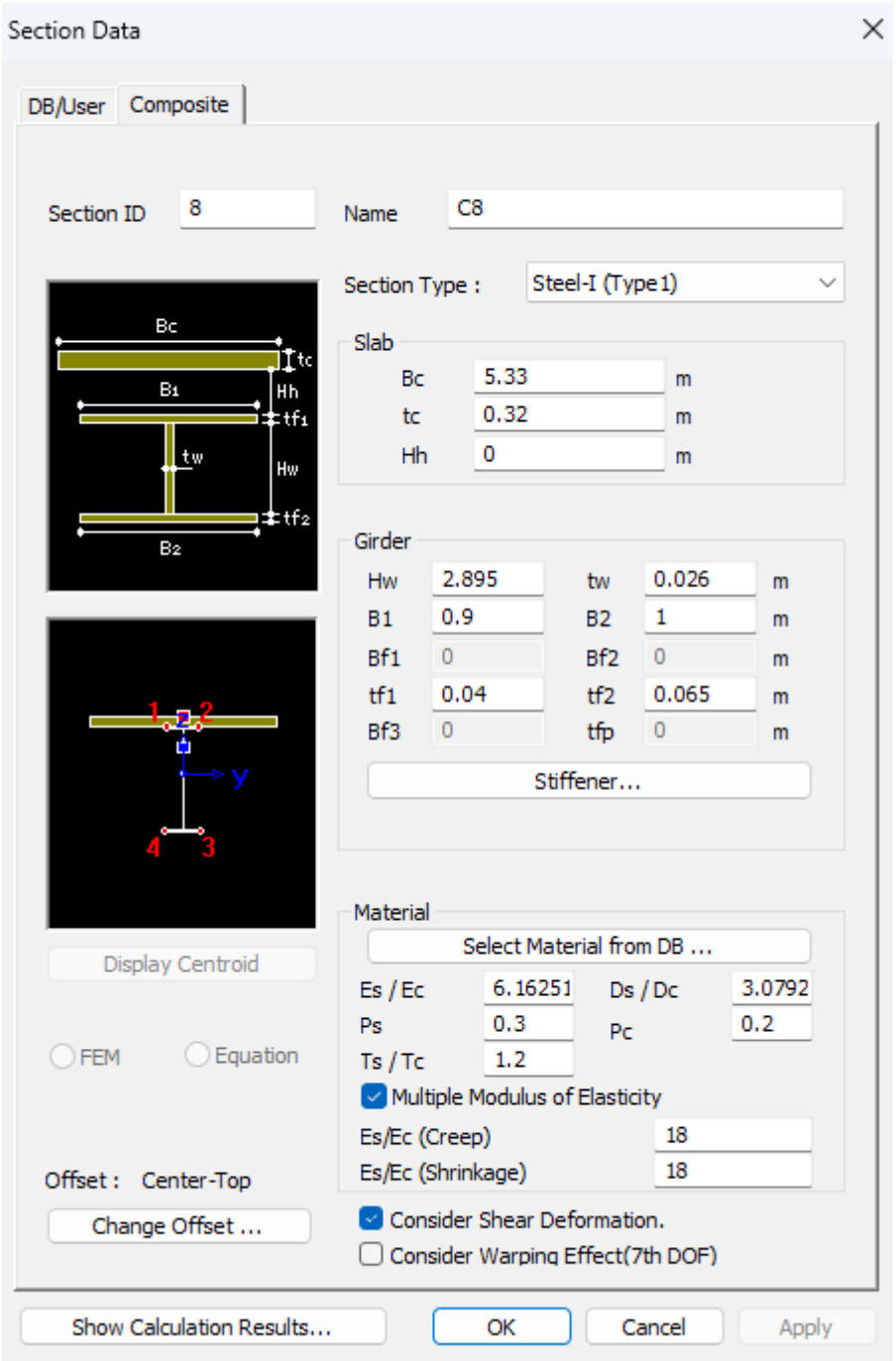
Close


Section Data
DB/User
Composite
Section ID
7
Name
C7
Section Type :
Steel-I (Type1)
Bc
tc
B1
Hh
tf1
tw
Hw
tf2
B2
Slab
Bc 5.33 m
tc 0.32 m
Hh 0 m
Girder
Hw 2.92
tw 0.022 m
B1 0.7
B2 0.8 m
Bf1 0
Bf2 0 m
tf1 0.04
tf2 0.04 m
Bf3 0
tfp 0 m
Stiffener...
1
2
y
4
3
Display Centroid
FEM
Equation
Material
Select Material from DB ...
Es / Ec 6.16251
Ds / Dc 3.0792
Ps 0.3
Pc 0.2
Ts / Tc 1.2
Multiple Modulus of Elasticity
Es/Ec (Creep) 18
Es/Ec (Shrinkage) 18
Offset : Center-Top
Change Offset ...
Consider Shear Deformation.
Consider Warping Effect(7th DOF)
Show Calculation Results...
OK
Cancel
Apply

Section Properties

	Value(Before)	Value(After)	Long Term	Shrinkage	Unit
Area	1.242400e-01	4.010103e-01	2.189956e-01	2.189956e-01	m^2
Asy	4.964688e-02	2.740722e-01	9.949751e-02	9.949751e-02	m^2
Asz	6.379874e-02	6.874791e-02	6.437240e-02	6.437240e-02	m^2
Ixx	4.250603e-05	5.159682e-03	1.794431e-03	1.794431e-03	m^4
Iyy	1.767946e-01	4.292041e-01	3.343607e-01	3.343607e-01	m^4
Izz	2.852591e-03	6.580810e-01	2.271777e-01	2.271777e-01	m^4
Cyp	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
Cym	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
Czp	1.547650e+00	3.690597e-01	8.087795e-01	8.087795e-01	m
Czm	1.452350e+00	2.630940e+00	2.191221e+00	2.191221e+00	m
Qyb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Qzb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Peri:O	8.956000e+00	2.025600e+01	2.025600e+01	2.025600e+01	m
Peri:I	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m
Center:y	4.000000e-01	2.665000e+00	2.665000e+00	2.665000e+00	m
Center:z	1.452350e+00	2.630940e+00	2.191221e+00	2.191221e+00	m
y1	-3.500000e-01	-3.500000e-01	-3.500000e-01	-3.500000e-01	m
z1	1.547650e+00	3.690597e-01	8.087795e-01	8.087795e-01	m
y2	3.500000e-01	3.500000e-01	3.500000e-01	3.500000e-01	m
z2	1.547650e+00	3.690597e-01	8.087795e-01	8.087795e-01	m
y3	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	4.000000e-01	m
z3	-1.452350e+00	-2.630940e+00	-2.191221e+00	-2.191221e+00	m
y4	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	-4.000000e-01	m
z4	-1.452350e+00	-2.630940e+00	-2.191221e+00	-2.191221e+00	m

Close


Section Data
DB/User
Composite
Section ID
8
Name
C8
Section Type :
Steel-I (Type1)
Bc
tc
B1
Hh
tf1
tw
Hw
tf2
B2
Slab
Bc 5.33 m
tc 0.32 m
Hh 0 m
Girder
Hw 2.895
tw 0.026 m
B1 0.9
B2 1 m
Bf1 0
Bf2 0 m
tf1 0.04
tf2 0.065 m
Bf3 0
tfp 0 m
Stiffener...
Material
Select Material from DB ...
Es / Ec 6.16251
Ds / Dc 3.0792
Ps 0.3
Pc 0.2
Ts / Tc 1.2
Multiple Modulus of Elasticity
Es/Ec (Creep) 18
Es/Ec (Shrinkage) 18
Display Centroid
FEM
Equation
Offset : Center-Top
Change Offset ...
Consider Shear Deformation.
Consider Warping Effect(7th DOF)
Show Calculation Results...
OK
Cancel
Apply

Section Properties

	Value(Before)	Value(After)	Long Term	Shrinkage	Unit
Area	1.762700e-01	4.530403e-01	2.710256e-01	2.710256e-01	m^2
Asy	8.396071e-02	2.859931e-01	1.088512e-01	1.088512e-01	m^2
Asz	7.522249e-02	8.094566e-02	7.645634e-02	7.645634e-02	m^2
Ixx	1.280101e-04	5.245186e-03	1.879935e-03	1.879935e-03	m^4
Iyy	2.618308e-01	6.503029e-01	4.836042e-01	4.836042e-01	m^4
Izz	7.850907e-03	6.630793e-01	2.321760e-01	2.321760e-01	m^4
Cyp	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	m
Cym	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	m
Czp	1.733543e+00	5.767442e-01	1.071525e+00	1.071525e+00	m
Czm	1.266457e+00	2.423256e+00	1.928475e+00	1.928475e+00	m
Qyb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Qzb	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m^2
Peri:O	9.748000e+00	2.104800e+01	2.104800e+01	2.104800e+01	m
Peri:I	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	m
Center:y	5.000000e-01	2.665000e+00	2.665000e+00	2.665000e+00	m
Center:z	1.266457e+00	2.423256e+00	1.928475e+00	1.928475e+00	m
y1	-4.500000e-01	-4.500000e-01	-4.500000e-01	-4.500000e-01	m
z1	1.733543e+00	5.767442e-01	1.071525e+00	1.071525e+00	m
y2	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	4.500000e-01	m
z2	1.733543e+00	5.767442e-01	1.071525e+00	1.071525e+00	m
y3	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	5.000000e-01	m
z3	-1.266457e+00	-2.423256e+00	-1.928475e+00	-1.928475e+00	m
y4	-5.000000e-01	-5.000000e-01	-5.000000e-01	-5.000000e-01	m
z4	-1.266457e+00	-2.423256e+00	-1.928475e+00	-1.928475e+00	m

Close

12. STATO DI SOLLECITAZIONE

Nel presente paragrafo si riportano gli inviluppi delle componenti di sollecitazione delle travi principali per le condizioni di carico principali considerate.

12.1. TRAVI D'IMPALCATO

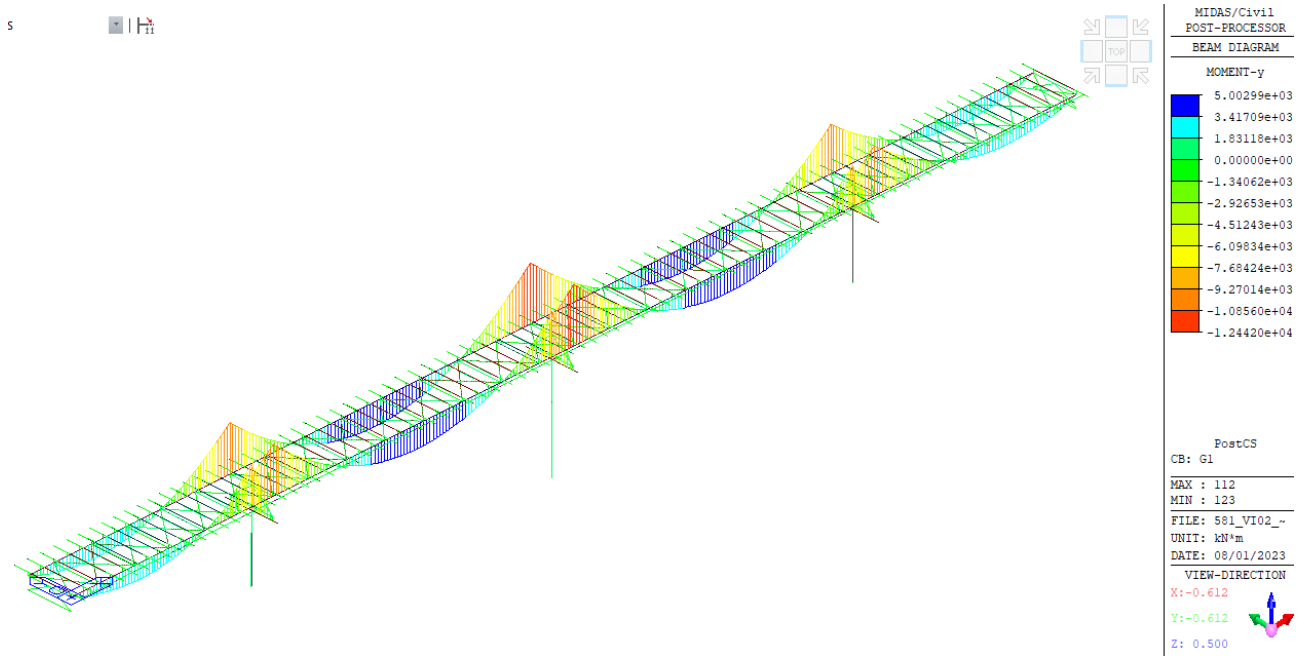


Figure 1 g1- momento flettente

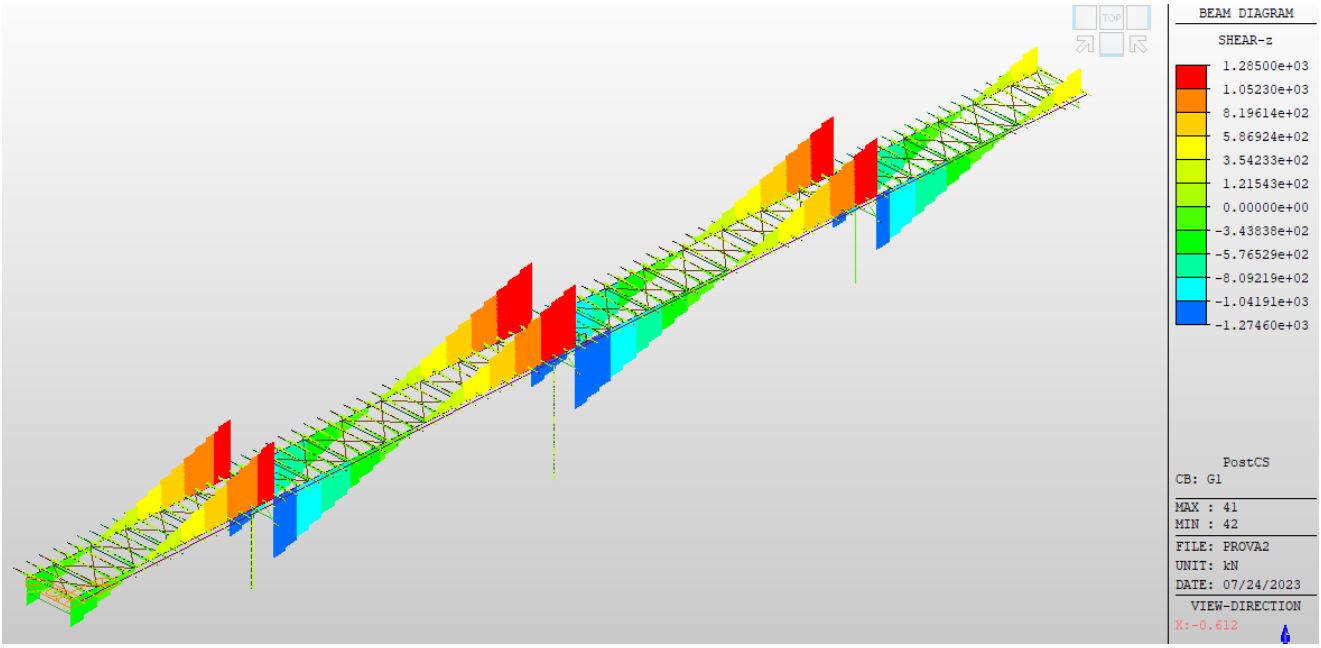


Figure 2 g1- sforzo di taglio

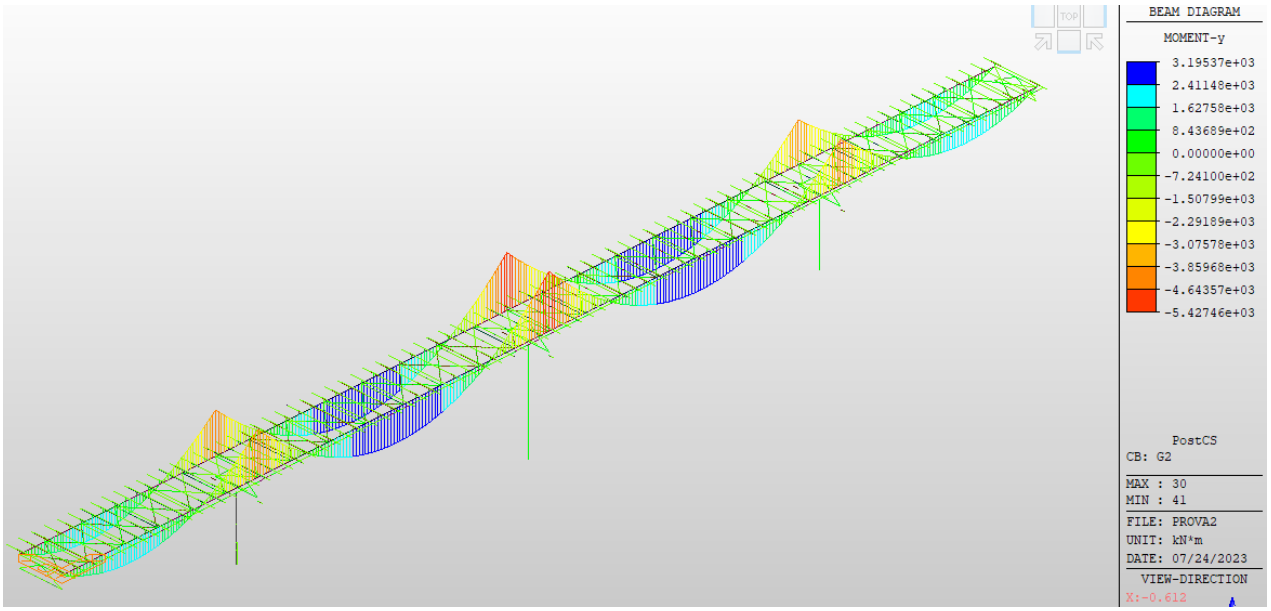


Figure 3 g2 – momento flettente

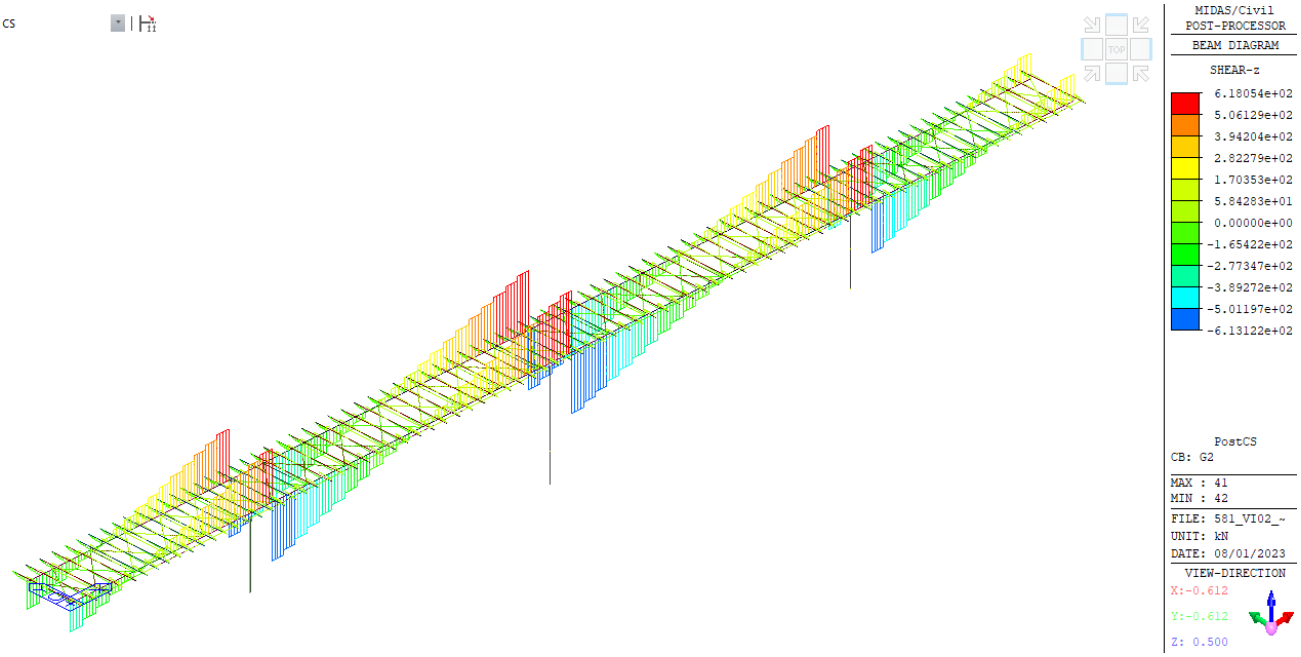


Figure 4 g2 – sforzo di taglio

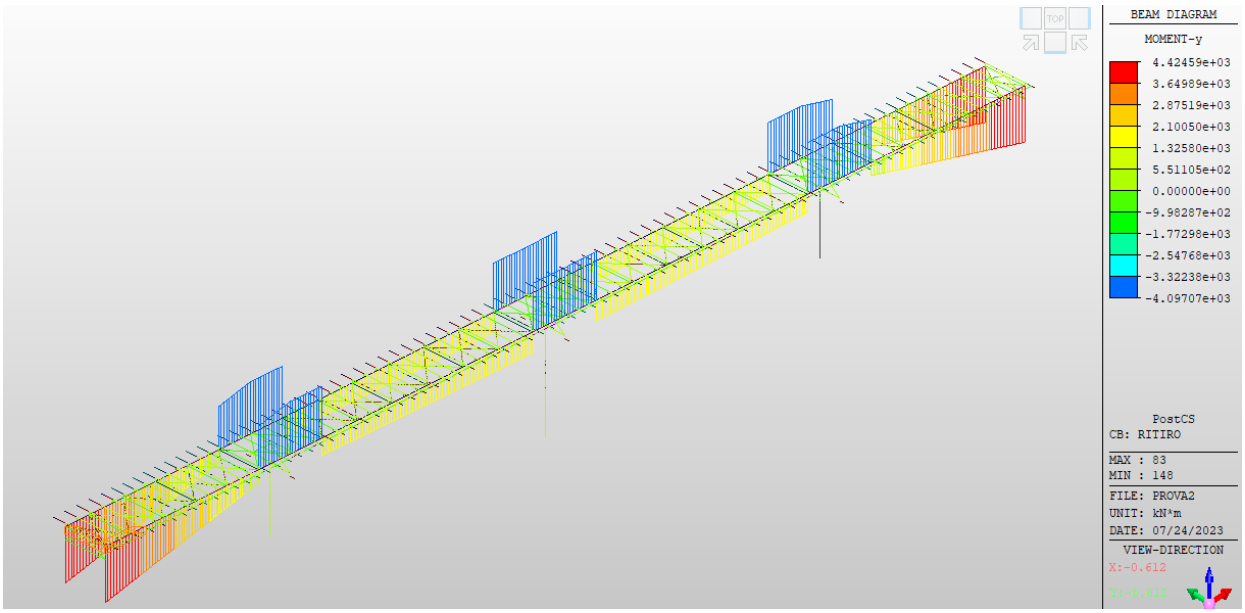


Figure 5 ritiro – momento flettente

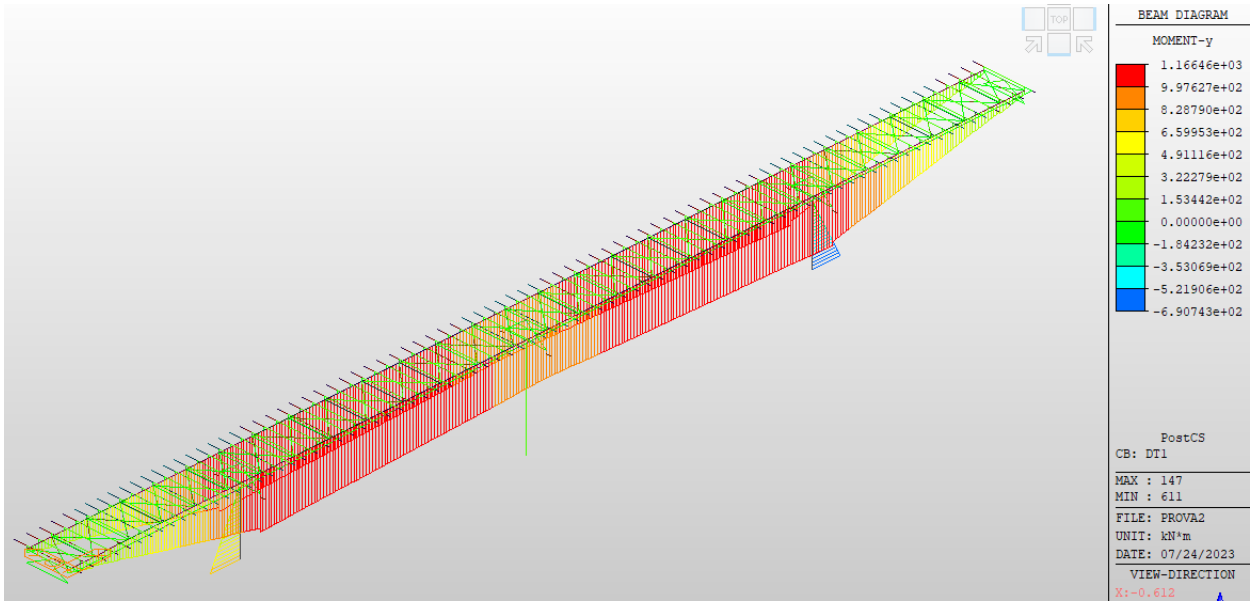


Figure 6 variazione termica positiva – momento flettente

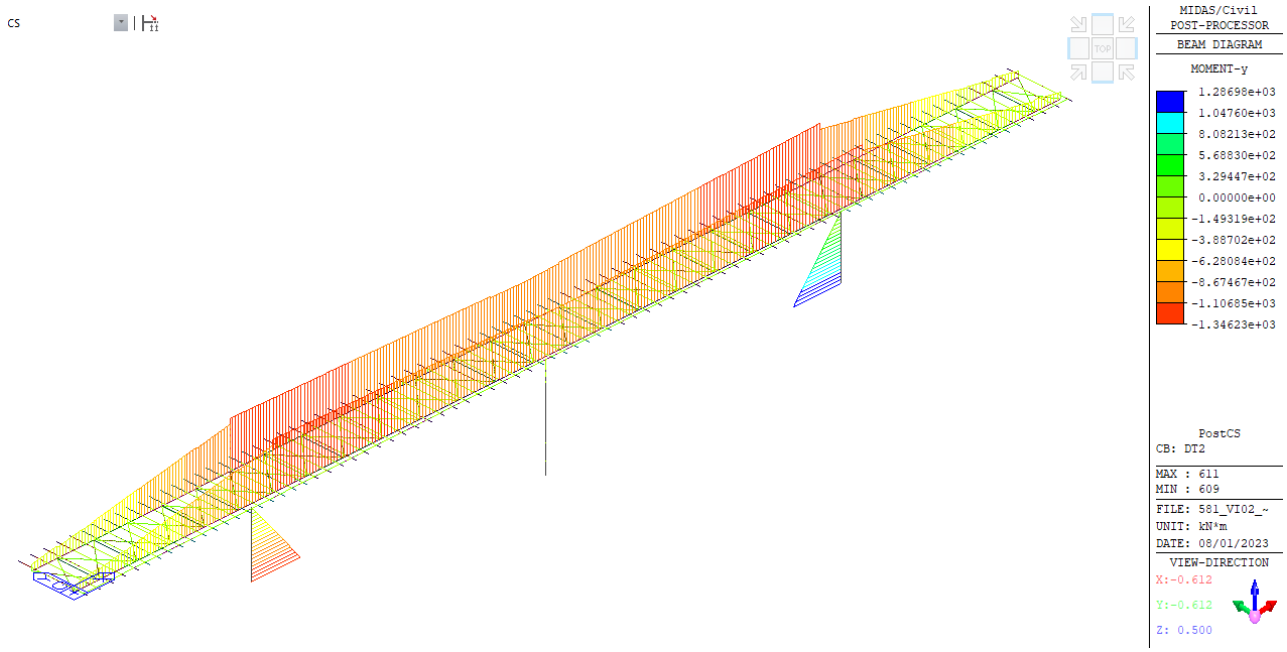


Figure 7 variazione termica negativa – momento flettente

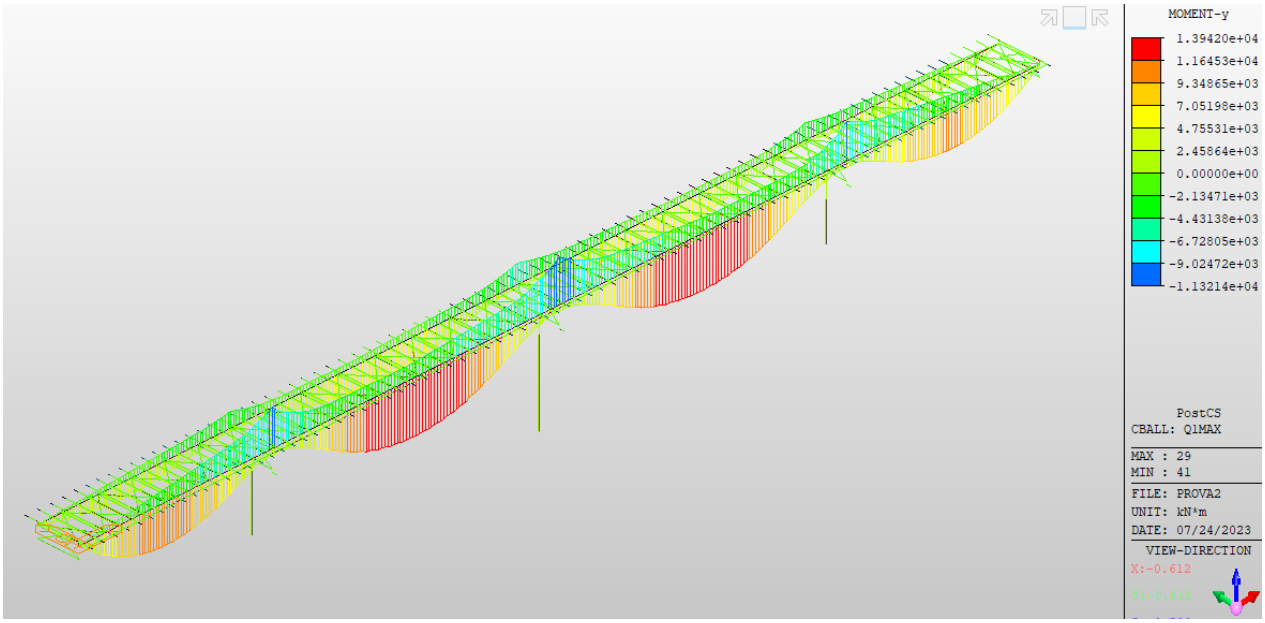


Figure 8 inviluppo dei carichi mobili – massimo carico – momento flettente

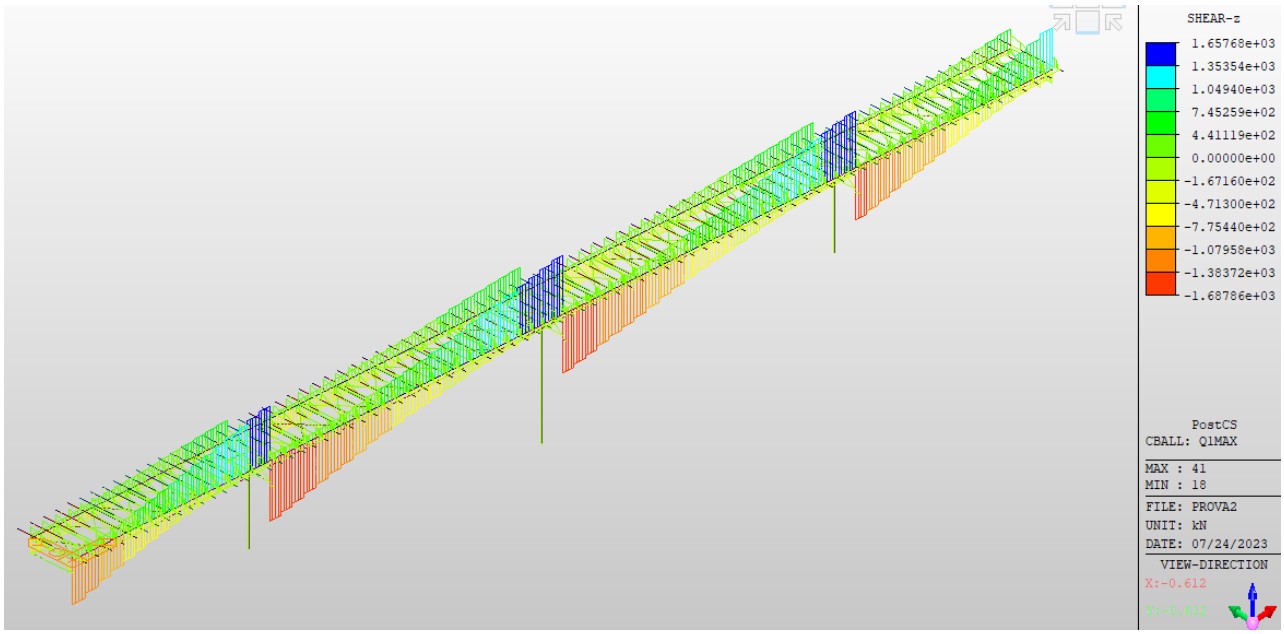


Figure 9 inviluppo dei carichi mobili – massimo carico – sforzo di taglio

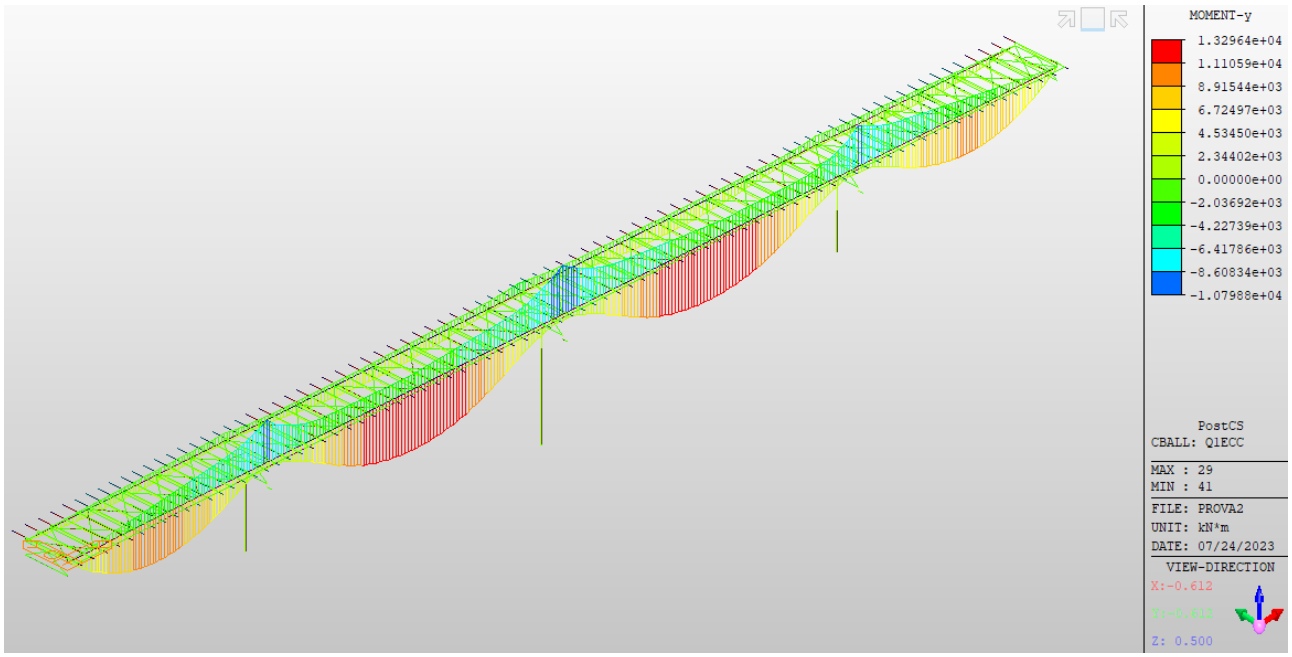


Figure 10 inviluppo dei carichi mobili – massimo carico eccentrico– momento flettente

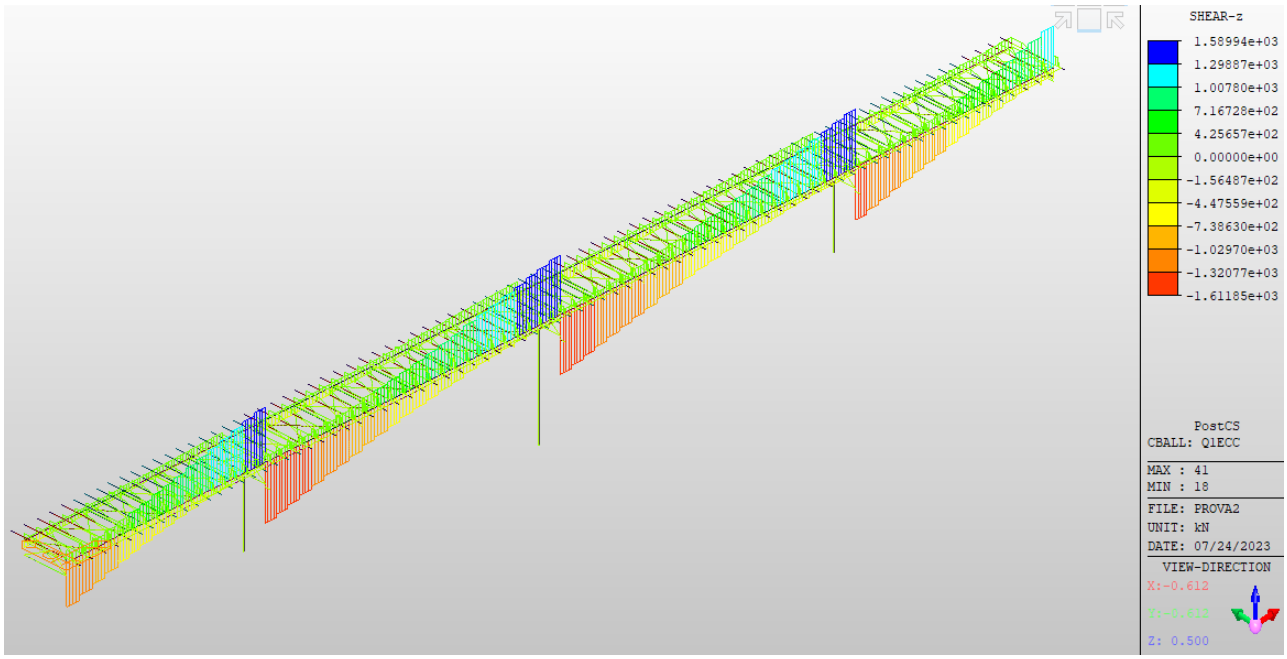


Figure 11 inviluppo dei carichi mobili – massimo carico eccentrico – sforzo di taglio

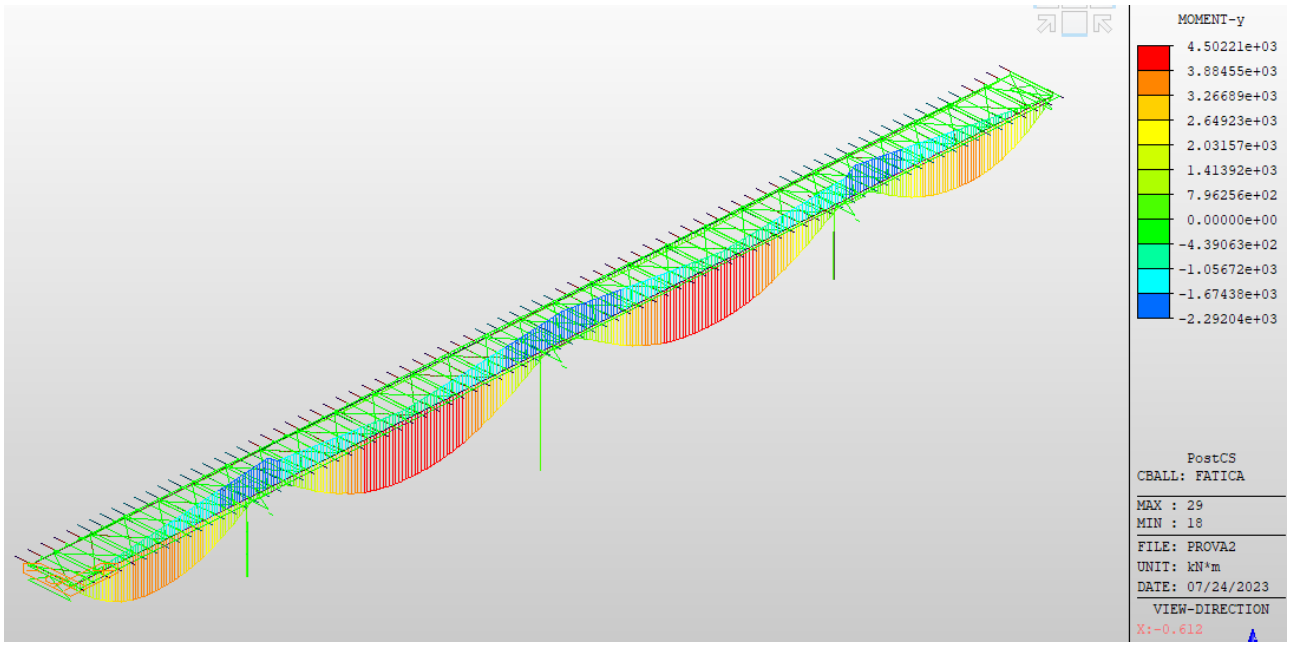


Figure 12 inviluppo dei carichi mobili di fatica – momento flettente

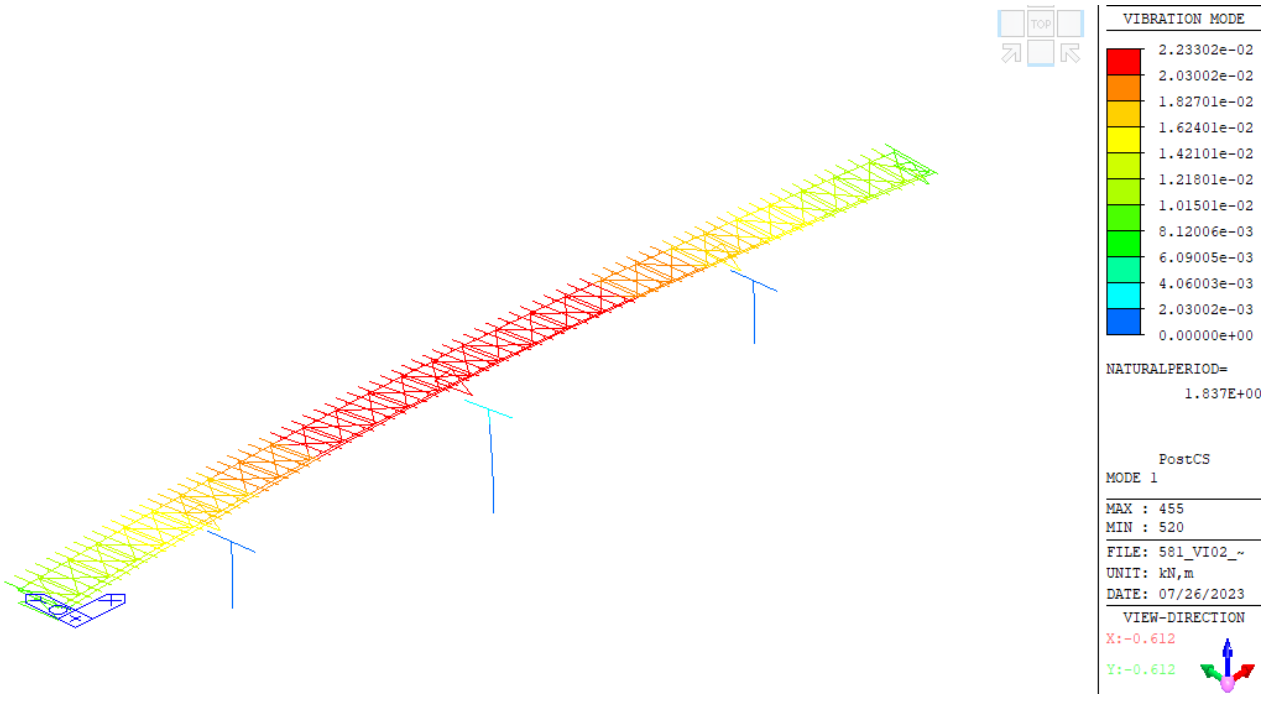
13. ANALISI SISMICA DELLA STRUTTURA

Come indicato nel paragrafo 7.12, l'analisi è stata effettuata tramite la definizione della modifica delle proprietà dei dispositivi di vincolo attraverso le due soglie limiti UBDP (Upper bound design properties) ed LBDB (lower bound design properties),

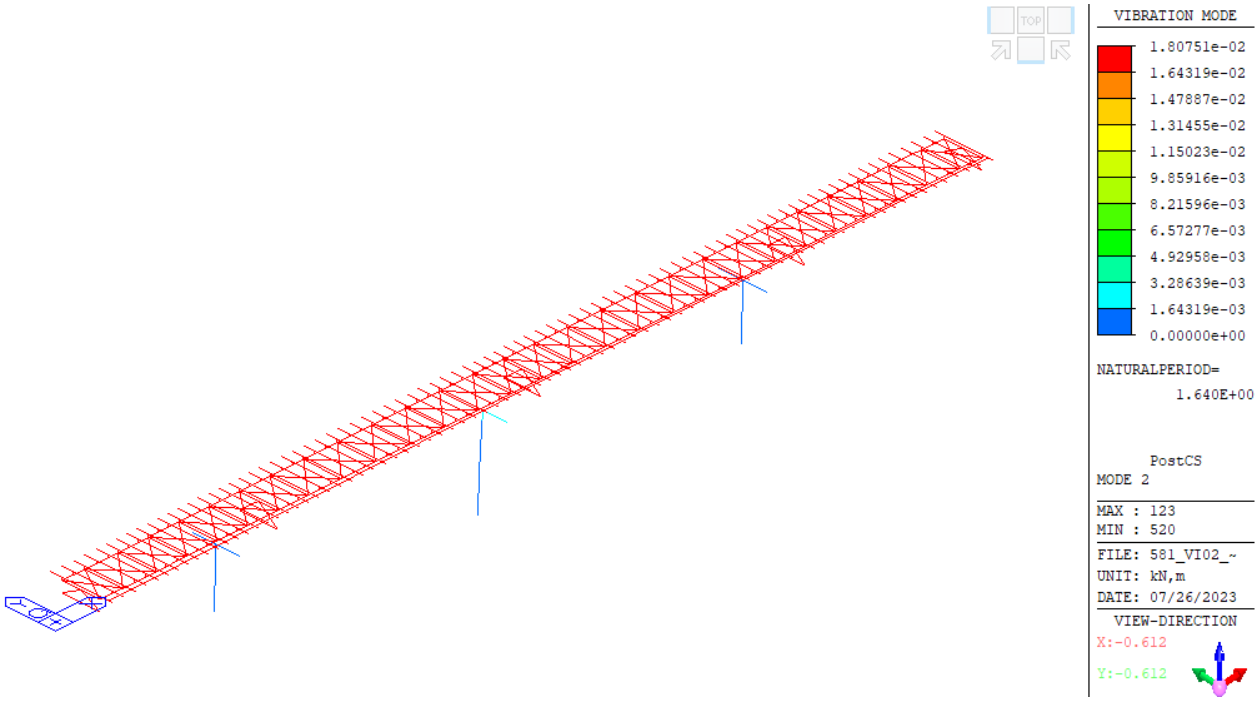
Rigidezza	**pila**	**spalla**	
Rigidezza nominale appoggio	**3.08**	**3.17**	**kN/mm**
Rigidezza eq.appoggio LBDP	**2.464**	**2.536**	**kN/mm**
Rigidezza eq.appoggio UBDP	**4.62**	**4.755**	**kN/mm**

L'analisi UBDP è associata allo spettro SLV per rendere massima la sollecitazione sulle strutture, La condizione LBDP invece è associata allo spettro SLC per valutare lo spostamento massimo dei dispositivi.

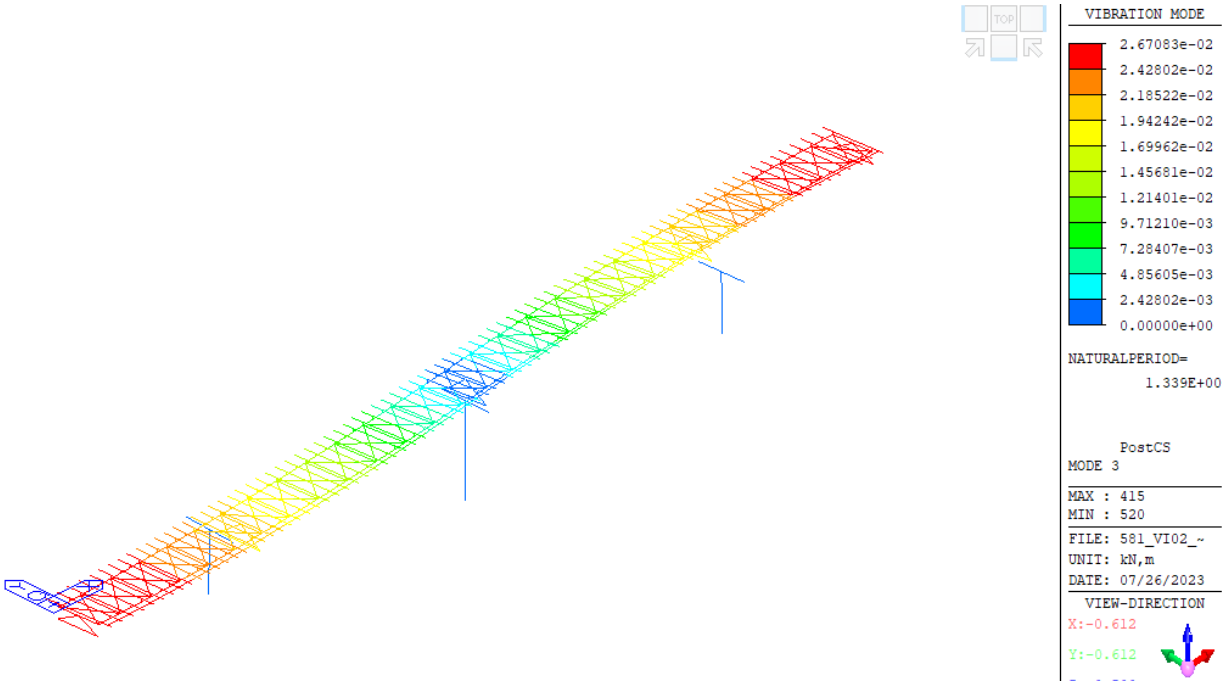
Si illustrano le deformate associate ai modi di vibrare piani più significativi, determinati mediante l'analisi modale:



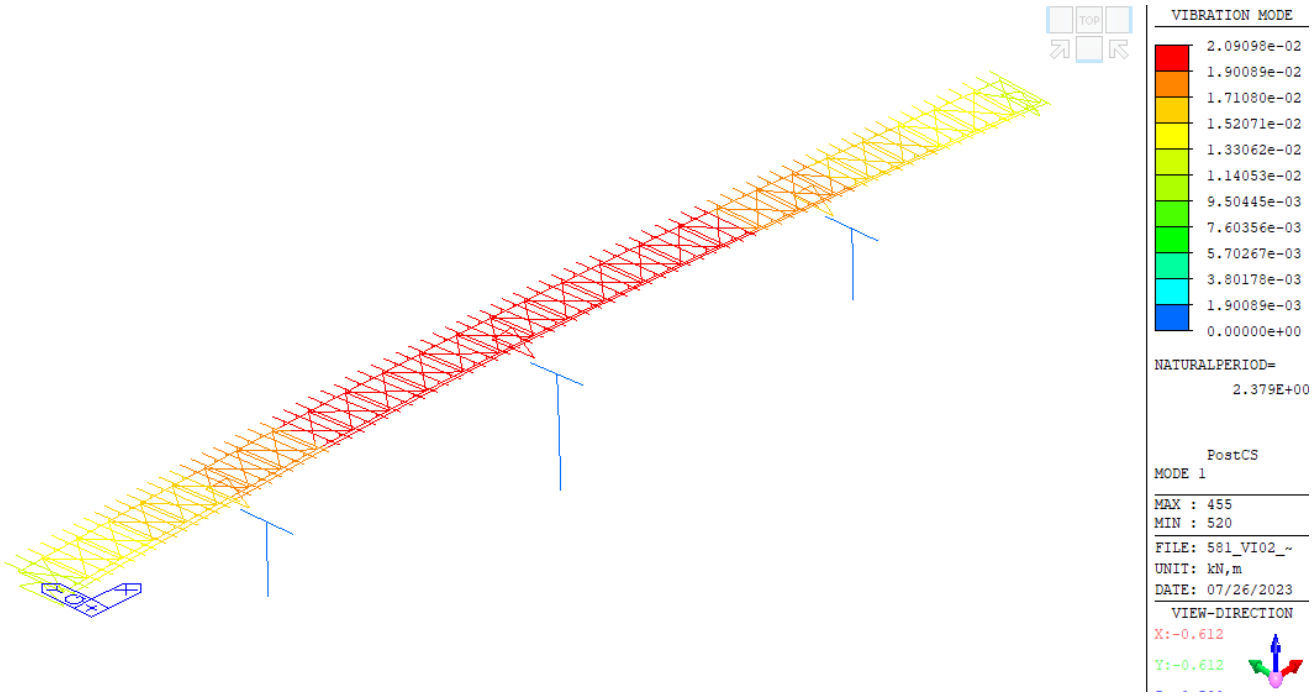
UBDP - Modo di vibrare n.1 - Traslazionale in Y - T=1.837 s



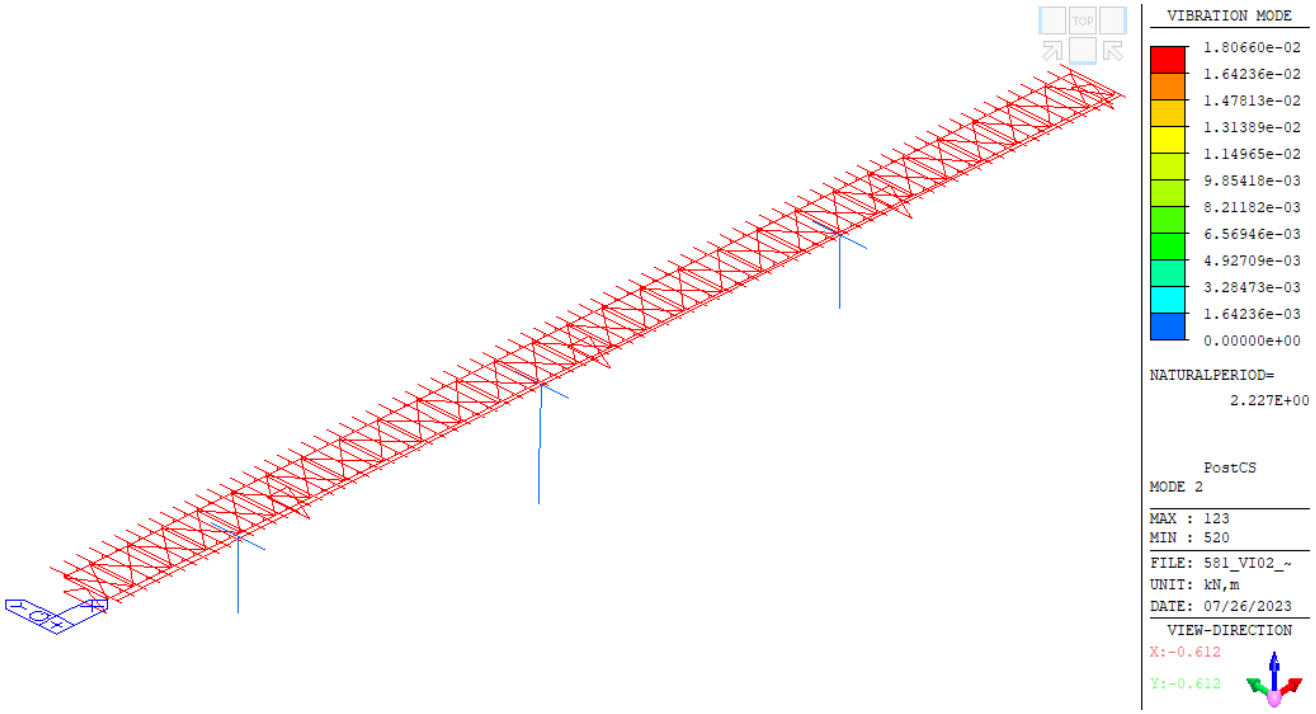
UBDP - Modo di vibrare n.2 - Traslazionale in X - T=1.640 s



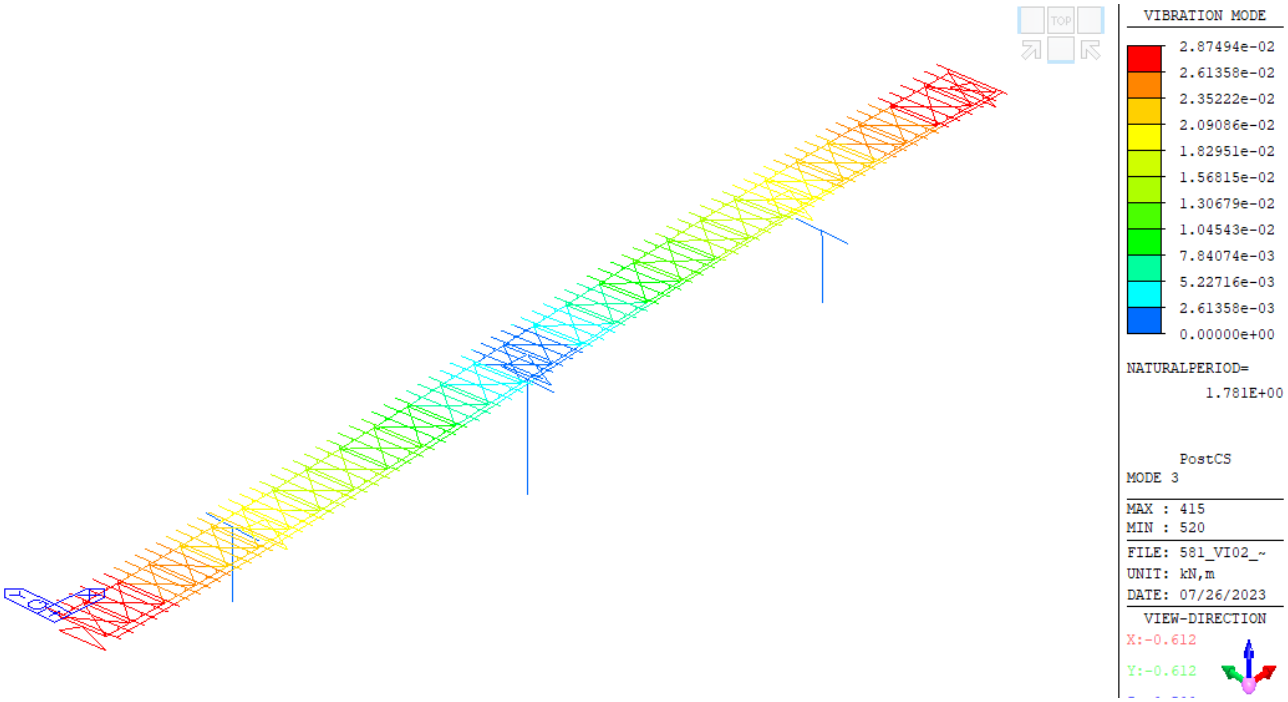
Modo di vibrare n.3 - Rotazionale in Z - T=1.339 s



LBDP - Modo di vibrare n.1 - Traslazionale in Y - T=2.379 s



LBDP - Modo di vibrare n.2 - Traslazionale in X - T=2.227 s



LBDP - Modo di vibrare n.5 - Rotazionale in Z - T=1.781 s

Come prescritto dalle NTC2018 al par.7.3.3.1, si è determinato, tramite calcolo agli autovalori, un numero di modi di vibrare sufficiente da attivare l'85% della massa delle strutture in elevazione.

MODAL

Mode No	TRAN-X		TRAN-Y	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.00	0.00	76.05	76.05
2	77.29	77.29	0.00	76.05
3	0.00	77.29	0.00	76.05
4	0.00	77.29	1.40	77.46
5	0.00	77.29	0.00	77.46
6	0.00	77.29	0.00	77.46
7	0.00	77.29	0.00	77.46
8	0.00	77.29	0.71	78.16
9	0.00	77.29	0.00	78.16
10	0.00	77.29	0.00	78.16
11	0.00	77.29	1.05	79.22
12	0.00	77.29	0.11	79.33
13	0.09	77.38	0.00	79.33
14	6.16	83.54	0.00	79.33
15	0.00	83.54	0.00	79.33
16	0.00	83.54	1.85	81.19
17	0.00	83.54	0.00	81.19
18	0.00	83.54	0.00	81.19
19	0.00	83.54	0.20	81.39
20	0.00	83.54	5.92	87.31
21	0.00	83.54	0.01	87.31
22	0.00	83.54	0.00	87.31
23	0.00	83.55	0.00	87.31
24	0.00	83.55	0.00	87.31
25	5.34	88.89	0.00	87.31
26	0.00	88.89	0.04	87.35
27	0.00	88.89	0.22	87.57
28	5.24	94.13	0.00	87.57
29	0.00	94.13	0.09	87.67
30	0.00	94.13	0.01	87.67
31	0.00	94.13	0.01	87.68
32	0.00	94.13	0.00	87.68
33	0.00	94.13	0.00	87.68
34	0.00	94.13	0.00	87.68
35	0.00	94.13	0.00	87.68
36	0.00	94.13	0.00	87.68
37	0.00	94.13	0.00	87.68
38	0.00	94.13	0.00	87.68
39	0.00	94.13	0.00	87.68
40	0.00	94.13	0.00	87.68

14. APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI

Per la presente opera si adottano isolatori elastomerici, con schema appoggi che prevede l'isolamento delle sottostrutture.

Si riportano le azioni sugli appoggi per le condizioni di carico più significative, gli elementi 1-2 si riferiscono alla spalla, 3-4 alla pile di riva e 5-6 alla pila centrale:

No.	Load	Axial (kN)
1	G1-acciaio	-192
2	G1-acciaio	-192
3	G1-acciaio	-735
4	G1-acciaio	-735
5	G1-acciaio	-835
6	G1-acciaio	-835
1	G1-soletta	-496
2	G1-soletta	-496
3	G1-soletta	-1679
4	G1-soletta	-1679
5	G1-soletta	-1803
6	G1-soletta	-1803
1	G2-pavimentazione	-193
2	G2-pavimentazione	-193
3	G2-pavimentazione	-652
4	G2-pavimentazione	-652
5	G2-pavimentazione	-695
6	G2-pavimentazione	-695
1	G2-cordoli	-108
2	G2-cordoli	-108
3	G2-cordoli	-379
4	G2-cordoli	-379
5	G2-cordoli	-427
6	G2-cordoli	-427
1	G2-barriere	-20
2	G2-barriere	-20
3	G2-barriere	-71
4	G2-barriere	-71
5	G2-barriere	-80
6	G2-barriere	-80
1	G2-accessori	-20
2	G2-accessori	-9
3	G2-accessori	-69
4	G2-accessori	-33
5	G2-accessori	-76

6	G2-accessori	-38
1	q1max(min)	-1436
2	q1max(min)	-481
3	q1max(min)	-2522
4	q1max(min)	-947
5	q1max(min)	-2607
6	q1max(min)	-1144

Tali apparecchi sono stati scelti alla luce dei valori massimi delle reazioni vincolari verticali massime (COMB. SLU e SISMICHE) sugli appoggi emersi dal calcolo, e precisamente:

N_{max} (spalla)= 3256,06 kN (COMB.SLU)

N_{max} (pila1)= 8743.24 kN (COMB.SLU)

N_{max} (pila centrale)= 9000,70 kN (COMB.SLU)

Si adottano apparecchi tipo FIP SI N 700-108 (K_e=3.08 kN/mm, K_v=2617 kN/mm) sulle pile e SI H 550/105 sulle spalle (K_e=3.17 kN/mm, K_v=2103 kN/mm).

Riguardo al dimensionamento dei giunti, si è considerata la combinazione dello spostamento relativo spalla-impalcato e della dilatazione termica lineare combinata al 50% dell'impalcato stesso.

Node	Load	DX (mm)	DY (mm)	SX+0.3SY	SX+0.3SY	Node	Load	DX (mm)	DY (mm)	SX+0.3SY	SX+0.3SY	Δtot(mm)	temperatura 50%	Δmax(mm)
525	sismax	0.0	0.0	0.0	0.0	523	sismax	102.1	0.0	103.5	18.9	105.2	11.8	117.0
	sismay	0.0	0.0	0.0	0.0		sismay	4.7	63.2	35.3	63.2	72.4	11.8	84.2
526	sismax	0.0	0.0	0.0	0.0	524	sismax	102.1	0.0	103.5	18.9	105.2	11.8	117.0
	sismay	0.0	0.0	0.0	0.0		sismay	4.7	63.2	35.3	63.2	72.4	11.8	84.2
505	sismax	5.0	0.0	5.0	1.5	499	sismax	102.4	0.0	103.6	30.1	102.7	7.0	109.7
	sismay	0.1	5.0	1.5	5.0		sismay	3.9	100.4	34.7	100.4	101.0	7.0	107.9
508	sismax	5.0	0.0	5.0	1.5	502	sismax	102.4	0.0	103.6	30.1	102.7	7.0	109.7
	sismay	0.1	5.0	1.5	5.0		sismay	3.9	100.4	34.7	100.4	101.0	7.0	107.9
506	sismax	17.7	0.0	17.7	5.5	500	sismax	102.6	0.0	102.6	38.8	91.2	0.0	91.2
	sismay	0.0	18.4	5.3	18.4		sismay	0.1	129.3	30.8	129.3	113.8	0.0	113.8
509	sismax	17.7	0.0	17.7	5.5	503	sismax	102.6	0.0	102.6	38.8	91.2	0.0	91.2
	sismay	0.0	18.4	5.3	18.4		sismay	0.1	129.3	30.8	129.3	113.8	0.0	113.8
507	sismax	4.3	0.0	4.3	1.3	501	sismax	102.4	0.0	103.6	30.0	103.3	7.0	110.3
	sismay	0.1	4.5	1.4	4.5		sismay	3.9	100.1	34.7	100.1	101.3	7.0	108.2
510	sismax	4.3	0.0	4.3	1.3	504	sismax	102.4	0.0	103.6	30.0	103.3	7.0	110.3
	sismay	0.1	4.5	1.4	4.5		sismay	3.9	100.1	34.7	100.1	101.3	7.0	108.2
529	sismax	0.0	0.0	0.0	0.0	527	sismax	102.1	0.0	103.5	18.8	105.2	11.8	117.0
	sismay	0.0	0.0	0.0	0.0		sismay	4.7	62.7	35.3	62.7	72.0	11.8	83.8
530	sismax	0.0	0.0	0.0	0.0	528	sismax	102.1	0.0	103.5	18.8	105.2	11.8	117.0
	sismay	0.0	0.0	0.0	0.0		sismay	4.7	62.7	35.3	62.7	72.0	11.8	83.8

Si è pertanto ottenuto:

δ_{SIS} = ±105.2 mm SISMA SLC

$0.50 \times \delta_T$ = ± 11.8 mm

da cui:

$\delta_{TOT} = \delta_{SIS} + 0.50\delta_T$ = 105.2 + 11.8= ±117 mm

Si adottano pertanto giunti con capacità di scorrimento superiore a ±150mm.

15. STATO DI DEFORMAZIONE IN ESERCIZIO

Analizzando i valori degli spostamenti verticali delle travi principali dell'impalcato, si ottiene:

δ_{z2} = 57mm < L/400=130mm (soli carichi da traffico)

spostamenti compatibili con la tipologia di struttura in esame.

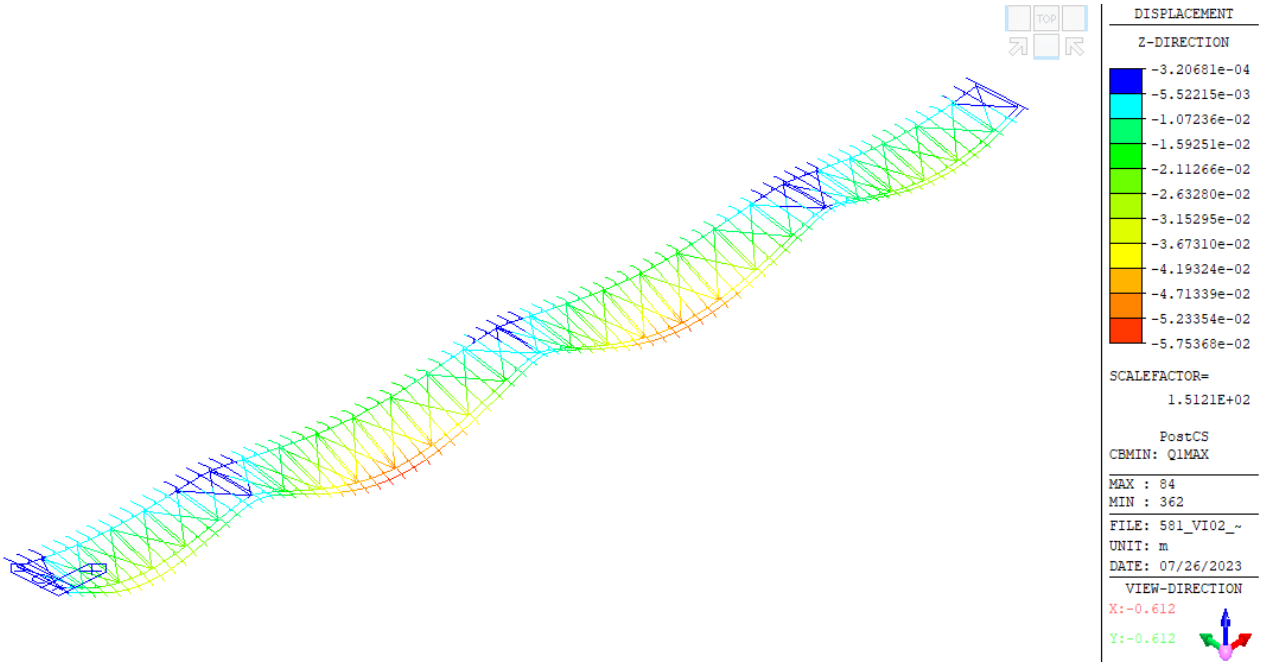


Figura 6 DZ2 Carichi traffico

16. VERIFICHE STRUTTURALI

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche agli SLU effettuate per gli elementi caratteristici dei conci strutturali che compongono la travata.

Per effettuare la verifica, viene prima fatta la classificazione della sezione in funzione della loro capacità rotazionale Cθ definita come:

$$C_\theta = \frac{\theta_r}{\theta_y} - 1$$

essendo θr e θy le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento. Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

Classe1: quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico di cui al §4.2.3.2 senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale Cθ ≥ 3;

Classe2: la sezione può sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma ha una capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale Cθ ≥ 1,5;

Classe3: sono quelle sezioni trasversali dove la fibra d'acciaio estrema compressa può raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale può impedire il raggiungimento del momento resistente plastico;

Classe4: quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

La definizione delle classi viene fornita dalla NTC2018 e nel caso di una sezione composta, la classificazione è funzione della classe più sfavorevole relativa alle varie parti che la compongono (piattabanda superiore, inferiore e pannello d'anima). Questa classificazione delle sezioni trasversali dipende dalla proporzione di ciascuno dei suoi elementi compressi e dallo stato tensionale; quindi dai rapporti geometrici tra la larghezza e lo spessore per tutti gli elementi costituenti i conci di acciaio dell'impalcato si ricava il coefficiente adimensionale che consentirà di stabilire la classe di appartenenza dei vari elementi.

La tipologia di verifica da eseguire dipende dalla classificazione della sezione:

- Per le classi 1 e 2 si esegue una verifica plastica;
- Per la classe 3 si esegue una verifica elastica con la geometria reale della sezione;
- Per la classe 4 si esegue una verifica elastica con la geometrria efficace della sezione;

Nell'eventualità in cui la sezione sia passibile di fenomeni di instabilità locale (classe 4), tali effetti vengono implicitamente incorporati nella definizione della cosiddetta "geometria efficace" della sezione. Non è quindi più richiesto dalla norma il rispetto di criteri geometrico/tensionali (si veda

procedura illustrata in UNI EN 1993-1-5:2007). Per le sezioni ricadenti in classe 3 o inferiore il fenomeno è scongiurato, poiché la sezione è in grado di raggiungere il almeno il momento resistente elastico della intera sezione senza decurtazioni.

16.1. VERIFICA DI RESISTENZA

Si riportano di seguito delle tabelle sintetiche di verifica, per i conci più significativi di mezzeria di campata e in appoggio viene riportata la verifica estesa.

La dicitura delle condizioni di azioni è la seguenti

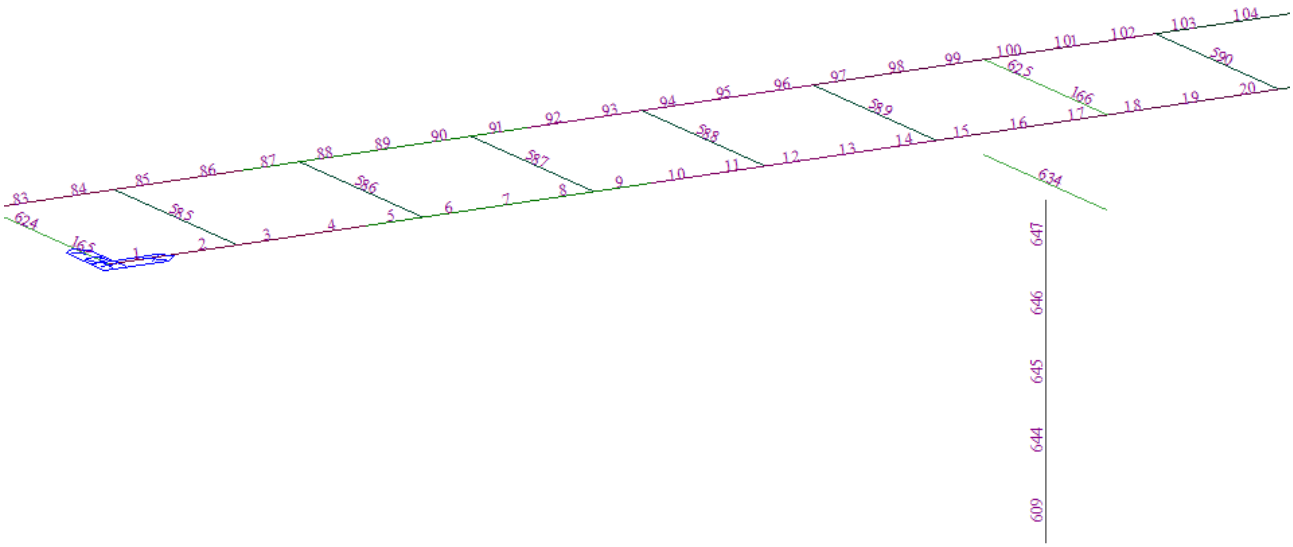
- g1 peso proprio delle strutture
- g2 carichi permanenti portati
- Cedimenti distorsioni di progetto
- Ritiro ritiro del calcestruzzo
- dt variazioni termiche differenziali: Acciaio-cls.
- ε 4 effetti viscosi
- Cedimenti cedimenti differenziali dei vincoli
- q1 : carichi mobili
- freno: azioni longitudinali di frenamento
- vento azioni del vento

Si riportano di seguito le combinazioni di verifica adottate:

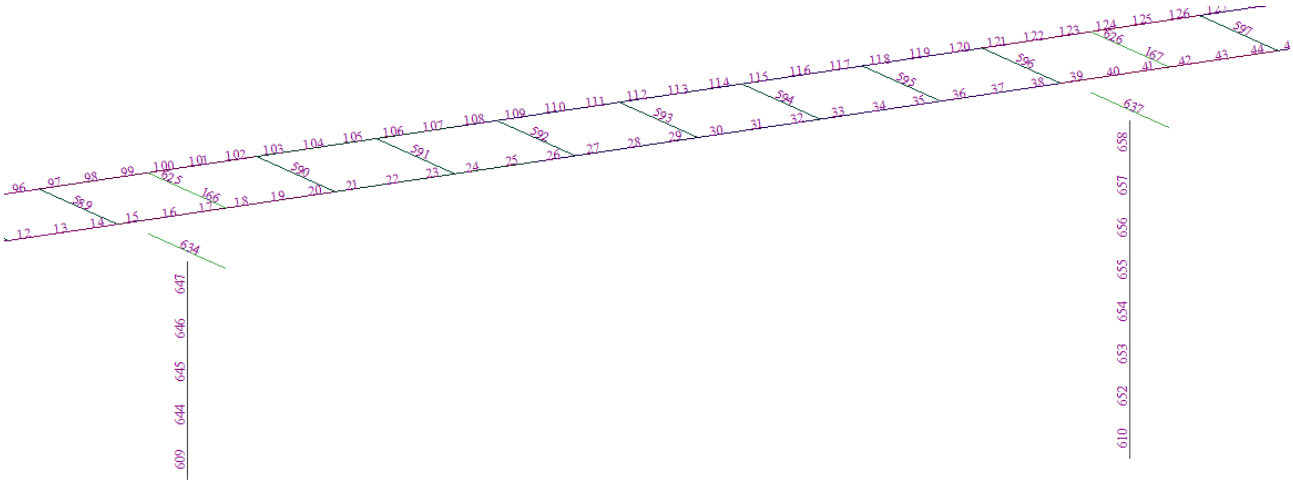
```
NAME=SLU1, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1.35, CBS, g2, 1.5, CBS, Ritiro, 1.2, CBS, cedimenti, 1.2
     CBS, vento, 0.9, CBS, dt1, 0.9, CBS, q1ecc, 1.35
NAME=SLU2, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1.35, CBS, g2, 1.5, CBS, Ritiro, 1.2, CBS, cedimenti, 1.2
     CBS, vento, 0.9, CBS, dt2, 0.9, CBS, q1ecc, 1.35
NAME=SLU3, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1.35, CBS, g2, 1.5, CBS, Ritiro, 1.2, CBS, cedimenti, 1.2
     CBS, vento, -0.9, CBS, dt1, 0.9, CBS, q1ecc, 1.35
NAME=SLU4, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1.35, CBS, g2, 1.5, CBS, Ritiro, 1.2, CBS, cedimenti, 1.2
     CBS, vento, -0.9, CBS, dt2, 0.9, CBS, q1ecc, 1.35
NAME=SLU5, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, vento, 0.9, CBS, dt1, 0.9, CBS, q1ecc, 1.35
NAME=SLU6, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, vento, 0.9, CBS, dt2, 0.9, CBS, q1ecc, 1.35
NAME=SLU7, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, vento, -0.9, CBS, dt1, 0.9, CBS, q1ecc, 1.35
NAME=SLU8, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, vento, -0.9, CBS, dt2, 0.9, CBS, q1ecc, 1.35
NAME=SLU9, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1.35, CBS, g2, 1.5, CBS, Ritiro, 1.2, CBS, cedimenti, 1.2
     CBS, dt1, 0.9, CBS, q1max, 1.35, CBS, freno, 1.35
NAME=SLU10, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1.35, CBS, g2, 1.5, CBS, Ritiro, 1.2, CBS, cedimenti, 1.2
     CBS, dt2, 0.9, CBS, q1max, 1.35, CBS, freno, 1.35
NAME=SLU11, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
```

```
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, dt1, 0.9, CBS, q1max, 1.35, CBS, freno, 1.35
NAME=SLU12, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, dt2, 0.9, CBS, q1max, 1.35, CBS, freno, 1.35
NAME=SLU13, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1.35, CBS, g2, 1.5, CBS, Ritiro, 1.2, CBS, cedimenti, 1.2
     CBS, dt1, 1.5, CBS, q1max, 1.35
NAME=SLU14, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1.35, CBS, g2, 1.5, CBS, Ritiro, 1.2, CBS, cedimenti, 1.2
     CBS, dt2, 1.5, CBS, q1max, 1.35
NAME=SLU15, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, dt1, 1.5, CBS, q1max, 1.35
NAME=SLU16, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, dt2, 1.5, CBS, q1max, 1.35
NAME=SLU17, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1.35, CBS, g2, 1.5, CBS, Ritiro, 1.2, CBS, cedimenti, 1.2
     CBS, vento, 1.5
NAME=SLU18, STEEL, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, vento, 1.5
NAME=SLE1_CAR, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 3, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, vento, 0.6, CBS, dt1, 0.6, CBS, q1max, 1
NAME=SLE2_CAR, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 3, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, vento, 0.6, CBS, dt2, 0.6, CBS, q1max, 1
NAME=SLE3_CAR, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 3, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, vento, -0.6, CBS, dt1, 0.6, CBS, q1max, 1
NAME=SLE4_CAR, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 3, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, g2, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1
     CBS, vento, -0.6, CBS, dt2, 0.6, CBS, q1max, 1
NAME=SLE1_FR, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 2, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1, CBS, dt1, 0.6
     MV, Massimo tandem, 0.75, MV, Massimo distribuito, 0.4, CBS, vento, 0.2
NAME=SLE2_FR, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 2, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1, CBS, dt1, 0.6
     MV, Massimo ecc tandem, 0.75, MV, Massimo ecc distribuiti, 0.4
     CBS, vento, 0.2
NAME=SLE3_FR, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 2, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1, CBS, dt2, 0.6
     MV, Massimo tandem, 0.75, MV, Massimo distribuito, 0.4, CBS, vento, 0.2
NAME=SLE4_FR, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 2, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1, CBS, dt2, 0.6
     MV, Massimo ecc tandem, 0.75, MV, Massimo ecc distribuiti, 0.4
     CBS, vento, 0.2
NAME=SLE1_QP, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 1, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1, CBS, dt1, 0.5
NAME=SLE2_QP, STEEL, SERVICE, 0, 0, , 1, 0, 0
     CBS, g1, 1, CBS, Ritiro, 1, CBS, cedimenti, 1, CBS, dt2, 0.5
```

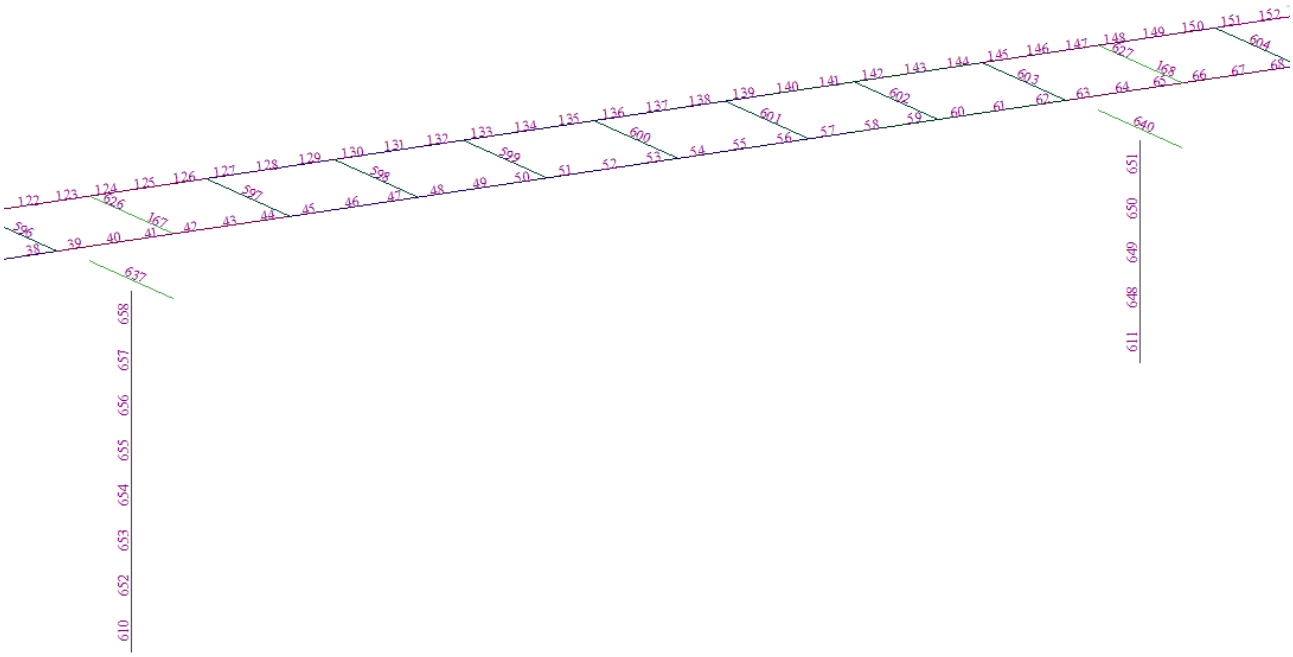
Si riportano di seguito le schermate con la posizione degli elementi di impalcato.



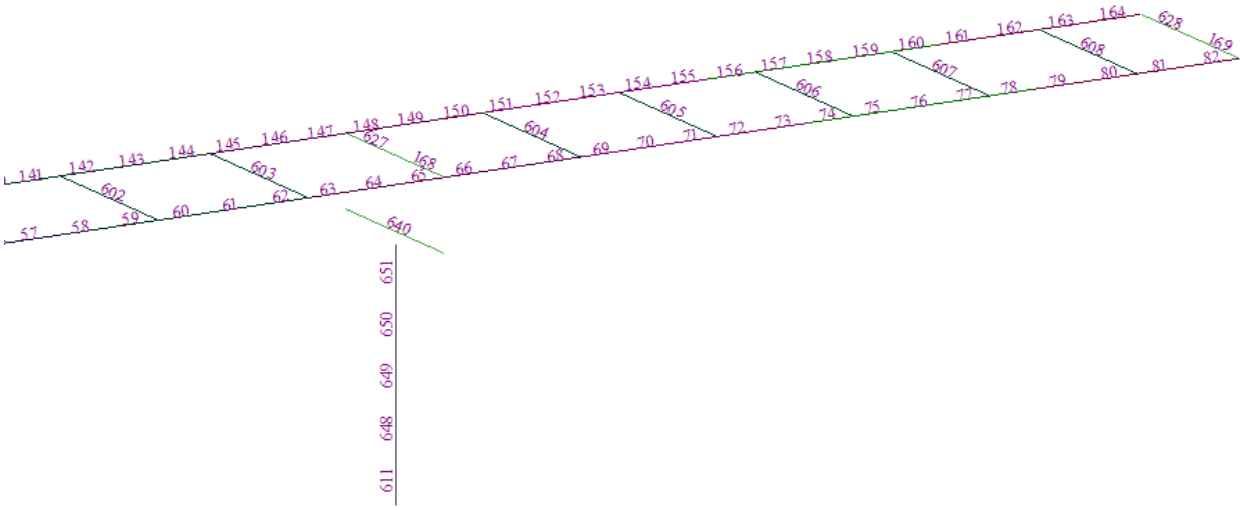
Prima campata



Seconda campata



Terza campata



Quarta campata

La travata più sollecitata ha una numerazione da 1 a 82.

Per la simmetria della struttura le sezioni di verifica sono state limitate alla sezione 41.

16.1.1. VERIFICA A FLESSIONE

Si riporta una tabella sintetica della verifica di resistenza flessione per le sezioni significative dei conci strutturali che compongono la travata con valutazione del tasso di sfruttamento della sezione.

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)	Sezione	(Ma,Ed+Mc,Ed) / M_Rd	(Ma,Ed+Mc,Ed) / Mel_Rd
1	I[1]	Neg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
1	I[1]	Pos	SLU9	MY-MAX	1	1	1	1	-33.9	5715.4	37098.3	29330.1	37098.3		0.15	0.19
1	J[2]	Neg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
1	J[2]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	1617	10305	37098	28563	37098		0.32	0.42
2	I[2]	Neg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2	I[2]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	1617	10305	37098	28563	37098		0.32	0.42
2	J[3]	Neg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C1		
2	J[3]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	2916	14161	37098	27959	37098		0.46	0.61
4	I[4]	Neg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
4	I[4]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	3596	17047	37098	27643	37098		0.56	0.75
4	J[5]	Neg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
4	J[5]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	4190	19334	37098	27367	37098		0.63	0.86
5	I[5]	Neg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
5	I[5]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	4153	19271	49777	38990	49777		0.47	0.60
5	J[6]	Neg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
5	J[6]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	4374	20636	49777	38909	49777		0.50	0.64
9	I[9]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	2678	-2527	35177	29143	29143	C2	0.01	0.01
9	I[9]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	3615	21178	49777	39189	49777		0.50	0.63
9	J[10]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	2018	-3798	35177	29143	29143		-0.06	-0.06
9	J[10]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	2724	20249	49777	39517	49777		0.46	0.58
10	I[10]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	2016	-3770	51229	37755	37755		-0.05	-0.05
10	I[10]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	2721	20215	62223	48557	62223		0.37	0.47
10	J[11]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	1151	-5141	51229	37884	37884		-0.11	-0.11
10	J[11]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	1553	18743	62223	48932	62223	C3	0.33	0.41
14	I[14]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-3414	-10066	51229	37799	37799		-0.36	-0.36
14	I[14]	Pos	SLU15	MY-MAX	1	1	1	1	-2529	11293	62223	50246	62223		0.14	0.17
14	J[15]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-5686	-12390	51229	37628	37628		-0.48	-0.48
14	J[15]	Pos	SLU15	MY-MAX	1	1	1	1	-4212	8388	62223	50787	62223		0.07	0.08
15	I[15]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-5706	-17617	72371	60735	60735		-0.38	-0.38
15	I[15]	Pos	SLU1	MY-	1	3	3	3	-5706	1431	87777	76278	76278		-0.06	-0.06

				MAX												
15	J[16]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-8254	-20511	72371	60519	60519		-0.48	-0.48
15	J[16]	Pos	SLU15	MY-MAX	1	3	3	3	-6114	1091	87777	76404	76404			
17	I[17]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-11075	-24054	72371	60279	60279		-0.58	-0.58
17	I[17]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
17	J[18]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-14171	-28227	72371	60016	60016		-0.71	-0.71
17	J[18]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C4		
18	I[18]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-14156	-28669	72371	60016	60016		-0.71	-0.71
18	I[18]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
18	J[19]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-10871	-23549	72371	60296	60296		-0.57	-0.57
18	J[19]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
20	I[20]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-7858	-19891	72371	60552	60552		-0.46	-0.46
20	I[20]	Pos	SLU15	MY-MAX	1	3	3	3	-5821	907	87777	76313	76313			
20	J[21]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-5119	-16866	72371	60785	60785		-0.36	-0.36
20	J[21]	Pos	SLU	MY-MAX	1	3	3	3	-5119	812	87777	76097	76097		-0.06	-0.06
21	I[21]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-5137	-10376	59051	45234	45234		-0.34	-0.34
21	I[21]	Pos	SLU15	MY-MAX	1	1	1	1	-3806	8904	74237	60419	74237		0.07	0.08
21	J[22]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-2452	-7786	59051	45431	45431		-0.23	-0.23
21	J[22]	Pos	SLU15	MY-MAX	1	1	1	1	-1816	11953	74237	59757	74237	C5	0.14	0.17
25	I[25]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	2492	-4965	59051	45246	45246		-0.05	-0.05
25	I[25]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	3365	22311	74237	58031	74237		0.35	0.44
25	J[26]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	3500	-4352	59051	45098	45098		-0.02	-0.02
25	J[26]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	4725	24759	74237	57578	74237		0.40	0.51
26	I[26]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	3492	-4382	49027	41798	41798		-0.02	-0.02
26	I[26]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	4714	24795	68436	53908	68436		0.43	0.55
26	J[27]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	4272	-3875	49027	41798	41798		0.01	0.01
26	J[27]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	5767	26557	68436	53541	68436		0.47	0.60
29	I[29]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	4960	-3216	49027	41798	41798		0.04	0.04
29	I[29]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	6696	28358	68436	53218	68436		0.51	0.66
29	J[30]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	4988	-3345	49027	41798	41798		0.04	0.04
29	J[30]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	6733	28478	68436	53205	68436	C6	0.51	0.66
30	I[30]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	5003	-3342	49027	41798	41798		0.04	0.04
30	I[30]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	6754	28476	68436	53198	68436		0.51	0.66
30	J[31]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	4781	-3739	49027	41798	41798		0.02	0.02
30	J[31]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	6454	28235	68436	53302	68436		0.51	0.65

33	I[33]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	3728	-4908	49027	41798	41798		-0.03	-0.03
33	I[33]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	5033	26107	68436	53797	68436		0.46	0.58
33	J[34]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	2759	-5671	49027	41798	41798		-0.07	-0.07
33	J[34]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	3725	24188	68436	54252	68436		0.41	0.51
34	I[34]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	2769	-5669	56653	41313	41313		-0.07	-0.07
34	I[34]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	3738	24186	70351	53885	70351		0.40	0.52
34	J[35]	Neg	SLU16	MY-MIN	1	3	4	4	1580	-6580	56653	41510	41510		-0.12	-0.12
34	J[35]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	1	1	2133	21602	70351	54430	70351	C7	0.34	0.44
38	I[38]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-4347	-10527	56653	41458	41458		-0.36	-0.36
38	I[38]	Pos	SLU15	MY-MAX	1	1	1	1	-3220	11266	70351	56251	70351		0.11	0.14
38	J[39]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	3	4	4	-7246	-13261	56653	41247	41247		-0.50	-0.50
38	J[39]	Pos	SLU15	MY-MAX	1	1	1	1	-5367	8120	70351	56982	70351		0.04	0.05
39	I[39]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	1	4	4	-7297	-19711	83584	74867	74867		-0.36	-0.36
39	I[39]	Pos	SLU13	MY-MAX	1	1	3	2	-7297	1048	131877	92906	131877		-0.05	-0.07
39	J[40]	Neg	SLU14	MY-MIN	1	1	4	4	-10200	-22844	83584	73288	73288		-0.45	-0.45
39	J[40]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C8		
41	I[41]	Neg	SLU4	MY-MIN	1	1	4	4	-13367	-25253	83584	71567	71567		-0.54	-0.54
41	I[41]	Pos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
41	J[42]	Neg	SLU4	MY-MIN	1	1	4	4	-16797	-29680	83584	69702	69702		-0.67	-0.67

16.1.2. VERIFICA A SFORZO DI TAGLIO

La verifica al taglio viene effettuata secondo la seguente formulazione>

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \le \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3}\gamma_{M1}} \qquad (3.43)$$

EN1994-2:
6.2.2.3
EN1993-1-
(5.1)

Elem	Part	Lcom	Type	Top Class	Bot Class	Web Class	Sect. Class	N_Ed (kN)	M_Ed (kN*m)	V_Ed (kN)	Vpl,Rd (kN)	Vb,Rd (kN)	V_Ed / Vb,Rd	
1	I[1]	SLU13	FZ-MIN	1	1	1	1	444	5571	-2839	9861	4891	-0.58	ok
1	J[2]	SLU13	FZ-MIN	1	1	1	1	444	41813	-2792	9861	4891	-0.57	ok
2	I[2]	SLU13	FZ-MIN	1	1	1	1	446	41475	-2400	9861	4891	-0.49	ok
2	J[3]	SLU13	FZ-MIN	1	1	1	1	446	70794	-2354	9861	4891	-0.48	ok
4	I[4]	SLU13	FZ-MIN	1	1	1	1	805	85581	-1587	9861	4891	-0.32	ok

4	J[5]	SLU13	FZ-MIN	1	1	1	1	805	100018	-1540	9861	4891	-0.31 ok
5	I[5]	SLU13	FZ-MIN	1	1	1	1	793	78059	-1198	10182	4254	-0.28 ok
5	J[6]	SLU13	FZ-MIN	1	1	1	1	793	83369	-1157	10182	4254	-0.27 ok
9	I[9]	SLU14	FZ-MAX	1	1	1	1	-457	65703	1883	10182	4254	0.44 ok
9	J[10]	SLU14	FZ-MAX	1	1	1	1	-457	49727	1925	10182	4254	0.45 ok
10	I[10]	SLU14	FZ-MAX	1	1	1	1	-441	41359	2226	12883	5286	0.42 ok
10	J[11]	SLU14	FZ-MAX	1	1	1	1	-441	25176	2268	12883	5286	0.43 ok
14	I[14]	SLU14	FZ-MAX	1	3	4	4	-487	38640	3610	12883	5286	0.68 ok
14	J[15]	SLU14	FZ-MAX	1	3	4	4	-487	12455	3651	12883	5286	0.69 ok
15	I[15]	SLU14	FZ-MAX	1	3	4	4	-528	16954	3964	16359	7352	0.54 ok
15	J[16]	SLU14	FZ-MAX	1	3	4	4	-528	26345	4005	16359	7352	0.54 ok
17	I[17]	SLU14	FZ-MAX	1	3	4	4	-512	34914	4657	16359	7352	0.63 ok
17	J[18]	SLU14	FZ-MAX	1	3	4	4	-512	46019	4699	16359	7352	0.64 ok
18	I[18]	SLU14	FZ-MIN	1	3	4	4	-685	48085	-4879	16359	7352	-0.66 ok
18	J[19]	SLU14	FZ-MIN	1	3	4	4	-685	36415	-4837	16359	7352	-0.66 ok
20	I[20]	SLU14	FZ-MIN	1	3	4	4	-700	27345	-4201	16359	7352	-0.57 ok
20	J[21]	SLU14	FZ-MIN	1	3	4	4	-700	17355	-4159	16359	7352	-0.57 ok
21	I[21]	SLU14	FZ-MIN	1	3	4	4	-670	11460	-3833	15048	6336	-0.61 ok
21	J[22]	SLU14	FZ-MIN	1	3	3	3	-670	22150	-3787	15048	6336	-0.60 ok
25	I[25]	SLU14	FZ-MIN	1	1	1	1	-588	43045	-2399	15048	6336	-0.38 ok
25	J[26]	SLU14	FZ-MIN	1	1	1	1	-588	60102	-2353	15048	6336	-0.37 ok
26	I[26]	SLU14	FZ-MIN	1	1	1	1	-608	70949	-1998	12354	4464	-0.45 ok
26	J[27]	SLU14	FZ-MIN	1	1	1	1	-608	87544	-1951	12354	4464	-0.44 ok
29	I[29]	SLU14	FZ-MIN	1	1	1	1	-595	99142	-975	12354	4464	-0.22 ok
29	J[30]	SLU14	FZ-MIN	1	1	1	1	-595	101660	-928	12354	4464	-0.21 ok
30	I[30]	SLU9	FZ-MAX	1	1	1	1	736	105951	1139	12354	4464	0.26 ok
30	J[31]	SLU9	FZ-MAX	1	1	1	1	736	100007	1186	12354	4464	0.27 ok
33	I[33]	SLU9	FZ-MAX	1	1	1	1	711	81813	2148	12354	4464	0.48 ok
33	J[34]	SLU9	FZ-MAX	1	1	1	1	711	61907	2195	12354	4464	0.49 ok
34	I[34]	SLU9	FZ-MAX	1	1	1	1	734	55434	2543	15048	6336	0.40 ok
34	J[35]	SLU9	FZ-MAX	1	1	1	1	734	35200	2589	15048	6336	0.41 ok
38	I[38]	SLU9	FZ-MAX	1	3	3	3	709	39582	3918	15048	6336	0.62 ok
38	J[39]	SLU9	FZ-MAX	1	3	4	4	709	11830	3964	15048	6336	0.63 ok
39	I[39]	SLU9	FZ-MAX	1	1	3	2	518	17843	4253	17631	8413	0.51 ok
39	J[40]	SLU9	FZ-MAX	1	1	3	2	518	27858	4294	17631	8413	0.51 ok
41	I[41]	SLU9	FZ-MAX	1	1	3	2	543	36961	4893	17631	8413	0.58 ok
41	J[42]	SLU9	FZ-MAX	1	1	3	2	543	48546	4935	17631	8413	0.59 ok

La verifica viene estesa nelle sezioni in cui il tasso superi 0.5 controllando l'interazione con il momento controllando la verifica della seguente formula.

$$\overline{\eta_1} + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right)\left(2\overline{\eta_3} - 1\right)^2 \le 1.0 \qquad (3.52)$$

EN1993-1-1 7.1(1)

16.1.3. VERIFICA ALL'INSTABILITÀ FLESSO TORSIONALE

La verifica viene effettuata secondo la seguente formulazione per i conci di trave compresi tra diaframmi , con la valutazione di un coefficiente di riduzione χ_{LT} che dipende dalla snellezza della sezione λ_{LT}

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} M_{Rd} \qquad (3.56)$$

EN1994-2:2 6.4.2(1)

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \overline{\lambda}_{LT}^2}} \le 1.0 \qquad (3.57)$$

EN1993-1-1 6.3.2.2

Elem	Part	Lcom	Type	Sect. Class	N_Ed (kN)	M_Ed (kN*m)	Nb,Rd (kN)	Mb,Rd (kN*m)	Interaction Ratio	
1	I[1]	SLU13	MY-MAX	1	444	5663	99080	37098	0.16	ok
1	J[2]	SLU13	MY-MAX	1	479	11922	99080	37098	0.33	ok
2	I[2]	SLU13	MY-MAX	1	479	11922	99080	37098	0.33	ok
2	J[3]	SLU13	MY-MAX	1	482	17077	99080	37098	0.47	ok
4	I[4]	SLU13	MY-MAX	1	1014	20643	99080	37098	0.57	ok
4	J[5]	SLU13	MY-MAX	1	1020	23524	99080	37098	0.64	ok
5	I[5]	SLU13	MY-MAX	1	1020	23424	114853	49777	0.48	ok
5	J[6]	SLU13	MY-MAX	1	1020	25010	114853	49777	0.51	ok
9	I[9]	SLU13	MY-MAX	1	798	24794	114853	49777	0.51	ok
9	J[10]	SLU13	MY-MAX	1	801	22973	114853	49777	0.47	ok
10	I[10]	SLU13	MY-MAX	1	801	22936	131402	62223	0.37	ok
10	J[11]	SLU13	MY-MAX	1	800	20297	131402	62223	0.33	ok
14	I[14]	SLU14	MY-MIN	4	-629	-13480	44401	37799	0.37	ok
14	J[15]	SLU14	MY-MIN	4	-623	-18076	44401	37628	0.49	ok
15	I[15]	SLU14	MY-MIN	4	-624	-23323	58977	60735	0.39	ok
15	J[16]	SLU14	MY-MIN	4	-623	-28764	58977	60519	0.49	ok
17	I[17]	SLU14	MY-MIN	4	-616	-35130	58977	60279	0.59	ok
17	J[18]	SLU14	MY-MIN	4	-607	-42398	58977	60016	0.72	ok
18	I[18]	SLU14	MY-MIN	4	-767	-42825	58977	60016	0.73	ok
18	J[19]	SLU14	MY-MIN	4	-783	-34420	58977	60296	0.58	ok
20	I[20]	SLU14	MY-MIN	4	-792	-27749	58977	60552	0.47	ok
20	J[21]	SLU14	MY-MIN	4	-797	-21985	58977	60785	0.38	ok
21	I[21]	SLU14	MY-MIN	4	-796	-15514	48878	45234	0.36	ok
21	J[22]	SLU14	MY-MIN	4	-815	-10238	48878	45431	0.24	ok
25	I[25]	SLU13	MY-MAX	1	1162	25676	135124	74237	0.35	ok
25	J[26]	SLU13	MY-MAX	1	1165	29484	135124	74237	0.41	ok
26	I[26]	SLU13	MY-MAX	1	1165	29510	130677	68436	0.44	ok
26	J[27]	SLU13	MY-MAX	1	1163	32325	130677	68436	0.48	ok
29	I[29]	SLU13	MY-MAX	1	1341	35054	130677	68436	0.52	ok

29	J[30]	SLU13	MY-MAX	1	1335	35211	130677	68436	0.52	ok
30	I[30]	SLU13	MY-MAX	1	1329	35230	130677	68436	0.53	ok
30	J[31]	SLU13	MY-MAX	1	1336	34690	130677	68436	0.52	ok
33	I[33]	SLU13	MY-MAX	1	1162	31140	130677	68436	0.46	ok
33	J[34]	SLU13	MY-MAX	1	1165	27913	130677	68436	0.42	ok
34	I[34]	SLU13	MY-MAX	1	1165	27924	135580	70351	0.41	ok
34	J[35]	SLU13	MY-MAX	1	1164	23735	135580	70351	0.35	ok
38	I[38]	SLU14	MY-MIN	4	-830	-14874	47525	41458	0.38	ok
38	J[39]	SLU14	MY-MIN	4	-802	-20507	47525	41247	0.51	ok
39	I[39]	SLU14	MY-MIN	4	-737	-27008	67543	74867	0.37	ok
39	J[40]	SLU14	MY-MIN	4	-722	-33044	67543	73288	0.46	ok
41	I[41]	SLU4	MY-MIN	4	-1678	-38620	67543	71567	0.56	ok
41	J[42]	SLU4	MY-MIN	4	-1651	-46477	67543	69702	0.69	ok

16.1.4. VERIFICA CONNESSIONE TRAVE-SOLETTA

La resistenza del connettore è valutata secondo la seguente formulazione

$$P_{Rd} = \min[P_{Rd1}, P_{Rd2}] \quad (2.58)$$

$$P_{Rd1} = \frac{0.8 f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_V} \quad (2.59)$$

$$P_{Rd2} = \frac{0.29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_V} \quad (2.60)$$

EN1994-2:2005
6.6.3.1(1)

Lo sforzo resistente è pari alla somma delle resistenze

$$v_{L,Rd} = \frac{P_{Rd} N}{s_c} \quad (2.61)$$

Con:
N : numero dei connettori.
sc : spazio tra i connettori.

L'azione sollecitante è valutatata:

- Se la sezione è di classe 1 o 2

$$v_{L,Ed} = \frac{V_{L,Ed}}{L_v} \quad (2.62)$$

Dove

$$V_{L,Ed} = \frac{(N_{c,f} - N_{c,el})(M_{ED} - M_{el,Rd})}{M_{pl,Rd} - M_{el,Rd}} \qquad (2.63)$$

Considerando come Lv una lunghezza pari alla larghezza collaborante della soletta.

- Se la sezione è di classe 3 o 4

Lo scorrimento è valutato con jourawsky, essendo Qz il momento statico della sezione nel punto di collegamento trave-soletta.

$$v_{L,Ed} = \frac{V_{Ed} Q_s}{I_y} \qquad (2.64)$$

Elem	Part	Lcom	Type	V_L,Ed (kN)	v_L,Ed (kN/m)	P_Rd (kN)	v_L,Rd (kN/m)	V_L,Ed / v_L,Rd	
1	I[1]	SLU13	FZ-MIN	-2082.0	993.8	81.7	1224.8	0.81	OK
1	J[2]	SLU13	FZ-MIN	-2082.0	993.8	81.7	1224.8	0.81	OK
2	I[2]	SLU13	FZ-MIN	-1799.9	859.2	81.7	1224.8	0.70	OK
2	J[3]	SLU13	FZ-MIN	-1799.9	859.2	81.7	1224.8	0.70	OK
4	I[4]	SLU13	FZ-MIN	-1299.2	620.1	81.7	1224.8	0.51	OK
4	J[5]	SLU13	FZ-MIN	-1299.2	620.1	81.7	1224.8	0.51	OK
5	I[5]	SLU13	FZ-MIN	-1066.6	431.0	81.7	1224.8	0.35	OK
5	J[6]	SLU13	FZ-MIN	-1066.6	431.0	81.7	1224.8	0.35	OK
9	I[9]	SLU14	FZ-MAX	1458.7	589.4	81.7	1224.8	0.48	OK
9	J[10]	SLU14	FZ-MAX	1458.7	589.4	81.7	1224.8	0.48	OK
10	I[10]	SLU14	FZ-MAX	1663.0	594.5	81.7	1224.8	0.49	OK
10	J[11]	SLU14	FZ-MAX	1663.0	594.5	81.7	1224.8	0.49	OK
14	I[14]	SLU14	FZ-MAX	2494.4	891.7	81.7	1224.8	0.73	OK
14	J[15]	SLU14	FZ-MAX	2494.4	891.7	81.7	1224.8	0.73	OK
15	I[15]	SLU14	FZ-MAX	2711.0	868.2	81.7	1224.8	0.71	OK
15	J[16]	SLU14	FZ-MAX	2711.0	868.2	81.7	1224.8	0.71	OK
17	I[17]	SLU14	FZ-MAX	3130.4	1002.5	81.7	1224.8	0.82	OK
17	J[18]	SLU14	FZ-MAX	3130.4	1002.5	81.7	1224.8	0.82	OK
18	I[18]	SLU14	FZ-MIN	-3215.1	1029.6	81.7	1224.8	0.84	OK
18	J[19]	SLU14	FZ-MIN	-3215.1	1029.6	81.7	1224.8	0.84	OK
20	I[20]	SLU14	FZ-MIN	-2810.6	900.1	81.7	1224.8	0.73	OK
20	J[21]	SLU14	FZ-MIN	-2810.6	900.1	81.7	1224.8	0.73	OK
21	I[21]	SLU14	FZ-MIN	-2589.8	867.6	81.7	1224.8	0.71	OK
21	J[22]	SLU14	FZ-MIN	-2589.8	867.6	81.7	1224.8	0.71	OK
25	I[25]	SLU14	FZ-MIN	-1757.7	588.9	81.7	1224.8	0.48	OK
25	J[26]	SLU14	FZ-MIN	-1757.7	588.9	81.7	1224.8	0.48	OK
26	I[26]	SLU14	FZ-MIN	-1506.3	507.7	81.7	1224.8	0.41	OK
26	J[27]	SLU14	FZ-MIN	-1506.3	507.7	81.7	1224.8	0.41	OK
29	I[29]	SLU14	FZ-MIN	-934.9	315.1	81.7	1224.8	0.26	OK
29	J[30]	SLU14	FZ-MIN	-934.9	315.1	81.7	1224.8	0.26	OK
30	I[30]	SLU9	FZ-MAX	1029.1	346.8	81.7	1224.8	0.28	OK

30	J[31]	SLU9	FZ-MAX	1029.1	346.8	81.7	1224.8	0.28	OK
33	I[33]	SLU9	FZ-MAX	1590.7	536.1	81.7	1224.8	0.44	OK
33	J[34]	SLU9	FZ-MAX	1590.7	536.1	81.7	1224.8	0.44	OK
34	I[34]	SLU9	FZ-MAX	1836.9	625.3	81.7	1224.8	0.51	OK
34	J[35]	SLU9	FZ-MAX	1836.9	625.3	81.7	1224.8	0.51	OK
38	I[38]	SLU9	FZ-MAX	2623.6	893.0	81.7	1224.8	0.73	OK
38	J[39]	SLU9	FZ-MAX	2623.6	893.0	81.7	1224.8	0.73	OK
39	I[39]	SLU9	FZ-MAX	2821.8	882.8	81.7	1224.8	0.72	OK
39	J[40]	SLU9	FZ-MAX	2821.8	882.8	81.7	1224.8	0.72	OK
41	I[41]	SLU9	FZ-MAX	3199.5	1001.0	81.7	1224.8	0.82	OK
41	J[42]	SLU9	FZ-MAX	3199.5	1001.0	81.7	1224.8	0.82	OK

Con:
V_L,Ed: Sforzo di scorrimento agente nella zona plasticizzata
v_L,Ed: Sforzo di scorrimento per unità di lunghezza tra trave-soletta
P_Rd: Valore di resistenza del singolo connettore
v_L,Rd: valore di resistenza per unità di lunghezza tra trave-soletta

La stessa verifica viene effettuata anche in combinazione allo Stato Limite di Esercizio utilizzando una resistenza limite ridotta del connettore valutata secondo la seguente formulazione tramite l'impiego di un coefficiente di riduzione ks pari a 0.75

$$v_{L,Rd} = \frac{k_s P_{Rd} N_{conn}}{s_{conn}} \qquad (2.76)$$

Elem	Part	Lcom	Type	V_c,Ed (kN)	v_L,Ed (kN/m)	P_Rd_ser (kN)	v_L,Rd (kN/m)	V_L,Ed / v_L,Rd	
1	I[1]	SLE1_CAR	Characteristic	-1486.1	709.4	61.2	918.6	0.77	OK
1	J[2]	SLE1_CAR	Characteristic	-1486.1	709.4	61.2	918.6	0.77	OK
2	I[2]	SLE1_CAR	Characteristic	-1283.4	612.6	61.2	918.6	0.67	OK
2	J[3]	SLE1_CAR	Characteristic	-1283.4	612.6	61.2	918.6	0.67	OK
4	I[4]	SLE1_CAR	Characteristic	-923.3	440.7	61.2	918.6	0.48	OK
4	J[5]	SLE1_CAR	Characteristic	-923.3	440.7	61.2	918.6	0.48	OK
5	I[5]	SLE1_CAR	Characteristic	-757.1	305.9	61.2	918.6	0.33	OK
5	J[6]	SLE1_CAR	Characteristic	-757.1	305.9	61.2	918.6	0.33	OK
9	I[9]	SLE4_CAR	Characteristic	1071.3	432.9	61.2	918.6	0.47	OK
9	J[10]	SLE4_CAR	Characteristic	1071.3	432.9	61.2	918.6	0.47	OK
10	I[10]	SLE4_CAR	Characteristic	1217.1	435.1	61.2	918.6	0.47	OK
10	J[11]	SLE4_CAR	Characteristic	1217.1	435.1	61.2	918.6	0.47	OK
14	I[14]	SLE4_CAR	Characteristic	1812.6	647.9	61.2	918.6	0.71	OK
14	J[15]	SLE4_CAR	Characteristic	1812.6	647.9	61.2	918.6	0.71	OK
15	I[15]	SLE4_CAR	Characteristic	1972.5	631.7	61.2	918.6	0.69	OK
15	J[16]	SLE4_CAR	Characteristic	1972.5	631.7	61.2	918.6	0.69	OK
17	I[17]	SLE4_CAR	Characteristic	2272.1	727.6	61.2	918.6	0.79	OK
17	J[18]	SLE4_CAR	Characteristic	2272.1	727.6	61.2	918.6	0.79	OK

18	I[18]	SLE4_CAR	Characteristic	-2322.9	743.9	61.2	918.6	0.81	OK
18	J[19]	SLE4_CAR	Characteristic	-2322.9	743.9	61.2	918.6	0.81	OK
20	I[20]	SLE4_CAR	Characteristic	-2034.2	651.4	61.2	918.6	0.71	OK
20	J[21]	SLE4_CAR	Characteristic	-2034.2	651.4	61.2	918.6	0.71	OK
21	I[21]	SLE2_CAR	Characteristic	-1871.4	627.0	61.2	918.6	0.68	OK
21	J[22]	SLE2_CAR	Characteristic	-1871.4	627.0	61.2	918.6	0.68	OK
25	I[25]	SLE2_CAR	Characteristic	-1281.4	429.3	61.2	918.6	0.47	OK
25	J[26]	SLE2_CAR	Characteristic	-1281.4	429.3	61.2	918.6	0.47	OK
26	I[26]	SLE2_CAR	Characteristic	-1101.2	371.1	61.2	918.6	0.40	OK
26	J[27]	SLE2_CAR	Characteristic	-1101.2	371.1	61.2	918.6	0.40	OK
29	I[29]	SLE2_CAR	Characteristic	-699.3	235.7	61.2	918.6	0.26	OK
29	J[30]	SLE2_CAR	Characteristic	-699.3	235.7	61.2	918.6	0.26	OK
30	I[30]	SLE3_CAR	Characteristic	764.1	257.5	61.2	918.6	0.28	OK
30	J[31]	SLE3_CAR	Characteristic	764.1	257.5	61.2	918.6	0.28	OK
33	I[33]	SLE3_CAR	Characteristic	1166.0	392.9	61.2	918.6	0.43	OK
33	J[34]	SLE3_CAR	Characteristic	1166.0	392.9	61.2	918.6	0.43	OK
34	I[34]	SLE3_CAR	Characteristic	1342.5	457.0	61.2	918.6	0.50	OK
34	J[35]	SLE3_CAR	Characteristic	1342.5	457.0	61.2	918.6	0.50	OK
38	I[38]	SLE3_CAR	Characteristic	1903.9	648.1	61.2	918.6	0.71	OK
38	J[39]	SLE3_CAR	Characteristic	1903.9	648.1	61.2	918.6	0.71	OK
39	I[39]	SLE3_CAR	Characteristic	2051.5	641.8	61.2	918.6	0.70	OK
39	J[40]	SLE3_CAR	Characteristic	2051.5	641.8	61.2	918.6	0.70	OK
41	I[41]	SLE3_CAR	Characteristic	2320.6	726.0	61.2	918.6	0.79	OK
41	J[42]	SLE3_CAR	Characteristic	2320.6	726.0	61.2	918.6	0.79	OK

16.2. VERIFICHE ESTESE

Si riporta le verifica estesa per le sezioni più significative

16.2.1. SEZIONE DI PILA – P2

Element Number	41
Position Information	J

1 Design Condition

1.1 Design Parameters

■ Partial factors

γ_C for concrete	1.50	γ_V for headed sutd	1.25
γ_S for reinforcing steel	1.15	γ_{Ff} for equivalent constant Amplitude stress range	1.00
γ_{M0} for structural steel	1.05	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} = 355.000 MPa E_s = 210000.000 MPa

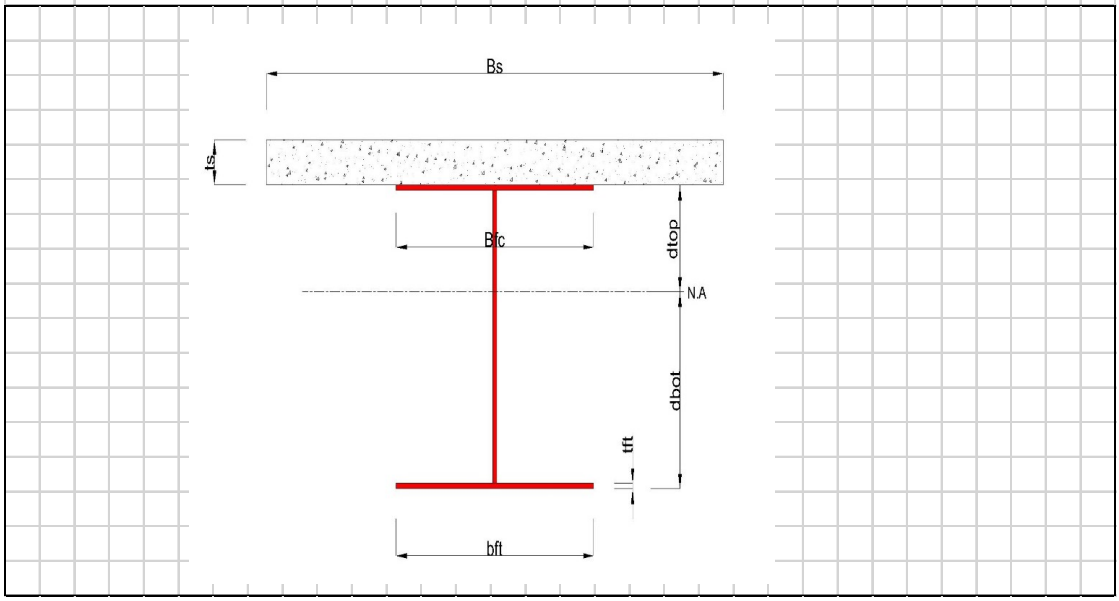
■ Concrete

f_{ck} = 35.000 MPa E_{cm} = 34000.000 MPa

■ Reinforcement

f_{yk} = 450.000 MPa E_r = 210000.000 MPa

1.3 Sectional Information



■ Section Dimensions

Slab

B_c	5330.000	mm	t_c	320.000	mm	H_h	0.000	mm

Girder

H_w	2895.000	mm	B_1	900.000	mm	B_2	1000.000	mm
t_w	26.000	mm	t_{f1}	40.000	mm	t_{f2}	65.000	mm

■ Section Stiffness

Before

$A_{c,a}$	176270.000	mm^2
$I_{y,a}$	261830804723.210	mm^4
$I_{z,a}$	7850906876.667	mm^4
$C_{y,a}$	500.000	mm
$C_{z,a}$	1266.457	mm

After

$A_{c,c}$	453040.342	mm^2
$I_{y,c}$	650302910296.651	mm^4
$I_{z,c}$	663079320840.025	mm^4
$C_{y,c}$	500.000	mm
$C_{z,c}$	2423.256	mm

Crack

$A_{c,c}$	199774.000	mm^2
$I_{y,c}$	349275228024.596	mm^4
$I_{z,c}$	7851806633.515	mm^4
$C_{y,c}$	500.000	mm
$C_{z,c}$	1508.045	mm

2 Bending Resistance

2.1 Negative Moment

■ Design load

Load combination name : SLU4

$N_{a,Ed}$	-55.615	kN
$N_{c,Ed}$	-1595.317	kN
$M_{a,Ed}$	-16796.633	kN · m
$M_{c,Ed}$	-29679.920	kN · m

- Stress

Top Flange

Left	y_1	-450.000	mm	z_1	1491.955	mm	σ_1	237.445	MPa
	y_2	-13.000	mm	z_2	1491.955	mm	σ_2	229.911	MPa
Right	y_1	450.000	mm	z_1	1491.955	mm	σ_1	221.928	MPa
	y_2	13.000	mm	z_2	1491.955	mm	σ_2	229.463	MPa

Bottom Flange

Left	y_1	-500.000	mm	z_1	-1508.045	mm	σ_1	-209.072	MPa
	y_2	-13.000	mm	z_2	-1508.045	mm	σ_2	-217.468	MPa
Right	y_1	500.000	mm	z_1	-1508.045	mm	σ_1	-226.313	MPa
	y_2	13.000	mm	z_2	-1508.045	mm	σ_2	-217.917	MPa

Web

Right	y_1	0.000	mm	z_1	1451.955	mm	σ_1	223.722	MPa
	y_2	0.000	mm	z_2	-1443.045	mm	σ_2	-207.999	MPa

■ Classification of sections

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

- Effective section
- Effective stiffness for N_{Ed}

Before			After		
$A_{c,eff}$	129387.740	mm^2	$A_{c,eff}$	129387.740	mm^2
$I_{y,eff}$	245261575988.255	mm^4	$I_{y,eff}$	245261575988.255	mm^4
$I_{z,eff}$	7850906876.667	mm^4	$I_{z,eff}$	663079320840.025	mm^4
$C_{y,eff}$	500.000	mm	$C_{y,eff}$	500.000	mm
$C_{z,eff}$	1177.306	mm	$C_{z,eff}$	1177.306	mm

- Effective stiffness for M_{Ed}

Before			After		
$A_{c,eff}$	176270.000	mm^2	$A_{c,eff}$	195740.169	mm^2
$I_{y,eff}$	261830804723.210	mm^4	$I_{y,eff}$	345170761843.242	mm^4
$I_{z,eff}$	7850906876.667	mm^4	$I_{z,eff}$	7851806633.515	mm^4
$C_{y,eff}$	500.000	mm	$C_{y,eff}$	500.000	mm
$C_{z,eff}$	1266.457	mm	$C_{z,eff}$	1519.512	mm

- Added moment

$\Delta M_{a,Ed} = N_{a,Ed} \cdot (C_{z,a} - C_{z,a,eff}) = 4.958$ kN · m

$\Delta M_{c,Ed} = N_{c,Ed} \cdot (C_{z,c} - C_{z,c,eff}) = 527.634$ kN · m

$\sigma_{a,top} = [N_{a,Ed}/A_{a,eff} + (M_{a,Ed} + \Delta M_{a,Ed}) \cdot (z_{t,a}/I_{y,a,eff})] + [N_{c.Ed}/A_{c,eff} + (M_{c,Ed} + \Delta M_{c,Ed}) \cdot (z_{t,c}/I_{y,c,eff})]$

$= 236.214$ MPa

$\sigma_{a,bot} = [N_{a,Ed}/A_{a,eff} + (M_{a,Ed} + \Delta M_{a,Ed}) \cdot (z_{b,a}/I_{y,a,eff})] + [N_{c.Ed}/A_{c,eff} + (M_{c,Ed} + \Delta M_{c,Ed}) \cdot (z_{b,c}/I_{y,c,eff})]$

$= -209.554$ MPa

$k = 1.800$: the lowest factor such that a stress limit is reached.

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

$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + \Delta M_{a,Ed} + k \cdot (M_{c,Ed}) + \Delta M_{c,Ed} = 69702.255$ kN · m

$M_{Rd} = M_{el,Rd} = 69702.255$ kN · m

$M_{Rd} = 69702.255$ kN · m $>$ $M_{Ed} = -46476.553$ kN · m …OK

3	**Resistance to Vertical Shear**											
	■ Design load											
	Load combination name :		SLU9									
	N_{Ed}	=	543.110	kN								
	$M_{a,Ed}$	=	-16796.633	kN · m								
	$M_{c,Ed}$	=	-22511.524	kN · m								
	$V_{Ed,a}$	=	1735.695	kN								
	$V_{Ed,c}$	=	3199.487	kN								
	V_{Ed}	=	4935.182	kN								
	M_{Ed}	=	$\max(M_{Ed,t}, M_{Ed,b})$	=	48545.969	kN · m						
	$M_{Ed,t}$	=	48545.969	kN · m								
	$M_{Ed,b}$	=	41328.304	kN · m								
	- Stress											
	Top Flange											
	Left	y_1	-450.000	mm	z_1	1491.955	mm	σ_1	211.027	MPa		
		y_2	-13.000	mm	z_2	1491.955	mm	σ_2	209.807	MPa		
	Right	y_1	450.000	mm	z_1	1491.955	mm	σ_1	208.515	MPa		
		y_2	13.000	mm	z_2	1491.955	mm	σ_2	209.734	MPa		
	Bottom Flange											
	Left	y_1	-500.000	mm	z_1	-1508.045	mm	σ_1	-174.642	MPa		
		y_2	-13.000	mm	z_2	-1508.045	mm	σ_2	-176.001	MPa		
	Right	y_1	500.000	mm	z_1	-1508.045	mm	σ_1	-177.433	MPa		
		y_2	13.000	mm	z_2	-1508.045	mm	σ_2	-176.074	MPa		
	Web											
	Right	y_1	0.000	mm	z_1	1451.955	mm	σ_1	204.627	MPa		
		y_2	0.000	mm	z_2	-1443.045	mm	σ_2	-167.679	MPa		

■ Classification of sections

Part	Class
Top flange	1
Web	3
Bottom flange	1
Section	2

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

Plastic NA = 1548.366 mm

N_{slab}	=	0.000	kN	
$N_{rebar,t}$	=	9197.217	kN	(Upper side of PNA)
$N_{rebar,b}$	=	0.000	kN	(Lower side of PNA)
$N_{g,top}$	=	12269.761	kN	(Upper side of PNA)
$N_{g,bot}$	=	28176.255	kN	(Lower side of PNA)

$M_{pl,Rd}$ = 83583.591 kN · m

■ Calculation. $V_{bw,Rd}$

Web

■ Contribution from the web

$\lambda_w = h_w / (86.4 \cdot t \cdot \varepsilon) = 1.584$

$X_w = 1.37 / (0.7+\lambda_w) = 0.600$ $\lambda_w \geq 1.08$

$$V_{bw,Rd} = \frac{X_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 8412.610 \text{ kN}$$

V_{Rd} = 8412.610 kN

V_{Edi} = V_{Ed} / Num. of Web = 4935.182 kN

$\eta'_3 = V_{Edi} / V_{bw,Rd} = 0.587 \leq 1.0$

■ Contribution from the flange

$M_{f,Rd}$ = 64263.550 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, $M_{f,Rd}$ = 64263.550 kN · m

M_{Ed} = 48545.969 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

$V_{Edi} / (V_{bw,Rd}+V_{bf,Rd}) = 0.587 < 1.0$ … OK

4 Resistance to Lateral Torsional Buckling

- Design load

Load combination name :		SLU4		
N_{Ed}	=	-1650.932	kN	
M_{Ed}	=	-46476.553	kN · m	
V_1	=	3679.854	kN	
V_2	=	4454.689	kN	
M_1	=	-46476.553	kN · m	
M_2	=	-38620.291	kN · m	
$M_{pl,Rd}$	=	83583.591	kN · m	
$M_{el,Rd}$	=	69702.255	kN · m	

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

L	=	2.000	m				
c	=	C_d / l	=	0.000	kN/m^2		
γ	=	$c \cdot L^4 / (E \cdot I)$	=	0.000			
μ	=	V_2 / V_1	=	0.826			
Φ	=	$2 \cdot (1-M_2/M_1) / (1+\mu)$	=	0.185			
m_1	=	$1+0.44 \cdot (1+\mu) \cdot \Phi^{1.5}+(3+2 \cdot \Phi) \cdot \gamma/(350-50 \cdot \mu)$	=	1.064			
m_2	=	$1+0.44 \cdot (1+\mu) \cdot \Phi^{1.5}+(0.195+(0.05+\mu/100) \cdot \Phi) \cdot \gamma^{0.5}$	=	1.064			
m	=	$\text{Min}(m_1, m_2)$	=	1.064			
α_{LT}	=	0.760					
λ_{LT}	=	$1.103 \cdot L/b \cdot \sqrt{(f_y/Em)} \cdot \sqrt{(1+A_{wc}/(3 \cdot A_f))}$	=	0.096			
Φ_{LT}	=	$0.5 \cdot (1+\alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2)+\lambda_{LT}^2)$	=	0.465			
X_{LT}	=	$\frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}}$	=	1			
M_{Rd}	=	69702.255	kN · m				
$M_{b,Rd}$	=	$X_{LT} \cdot M_{Rd}$	=	69702.255	kN · m		

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

$X_{LT,N}$	=	1.000			
$N_{b,Rd}$	=	$X_{LT} \cdot \text{Area} \cdot f_{yd}$	=	67542.638	kN

Combined Ratio = $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}}$ = 0.691229745

6	**Resistance to Longitudinal Shear**				
	- Design load				
	Load combination name :		SLU9		
	$N_{c,el}$	=	0.000	kN	
	$N_{c,f}$	=	0.000	kN	
	M_{Ed}	=	-39308.158	kN · m	
	V_{Ed}	=	3199.487	kN	
	$M_{pl,Rd}$	=	75038.216	kN · m	
	$M_{el,Rd}$	=	69912.248	kN · m	
	- Shear resistance of a single connector				
	$P_{Rd,1}$	=	$0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V$ =	81.656	kN
	$P_{Rd,2}$	=	$0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V$ =	91.363	kN
	P_{Rd}	=	$\mathrm{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2})$ =	81.656	kN
	where, f_u	=	450.000	MPa	
	α	=	1		for $h_{sc}/d > 4$
	Num.	=	3		
	d	=	19.000	mm	
	h_{sc}	=	200.000	mm	
	Space	=	200.000	mm	
	- Verification				
	$v_{L,Ed}$	=	$V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I)$ =	1000.963	kN/m
	$v_{L,Rd}$	=	$P_{Rd} \cdot$ Num./Space =	1224.844	kN/m
	$v_{L,Ed}$	<	$v_{L,Rd}$	… OK	

8	**Stress Limitation**						
	- In the structural steel						
	Characteristic load combination name :			SLE3_CAR			
	$\sigma_{Ed,ser}$ =	206.005	MPa	(Bottom-right fiber in the flange)			
	$\tau_{Ed,ser}$ =	47.912	MPa	(Neutral axis in the web)			
	$\sigma_{Ed,ser}$		<	f_y / $\gamma_{M,ser}$			
	206.005	MPa	<	335.000	MPa	…	OK
	$\tau_{Ed,ser}$		<	$f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser})$			
	47.912	MPa	<	204.959	MPa	…	OK
	$\sqrt{(\sigma_{Ed,ser}^2 + 3\tau_{Ed,ser}^2)}$		<	f_y / $\gamma_{M,ser}$			
	222.091	MPa	<	335.000	MPa	…	OK
	- In the concrete of the slab						
	Characteristic load combination name :			SLE1_CAR			
	$\sigma_c \leq k_1 f_{ck}$						
	0.000	MPa	<	21.000	MPa	…	OK
	- In the reinforcement						
	Load combination name :		SLE1_CAR				
	$\sigma_s \leq k_3 f_{yk}$						
	112.379	MPa	<	360.000	MPa	…	OK

9	**Longitudinal Shear for SLS(Serviceability limit state)**						
	- Shear resistance of a single connector						
	Load combination name :		SLE3_CAR				
	$P_{Rd,1}$	=	$0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V$	=	81.656	kN	
	$P_{Rd,2}$	=	$0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V$	=	91.363	kN	
	P_{Rd}	=	$Min(P_{Rd,1} , P_{Rd,2})$	=	81.656	kN	
	$P_{Rd,ser}$	=	$k_s \cdot P_{Rd}$	=	61.242	kN	
	where,	f_u	=	450.000	MPa		
		α	=	1		for	$h_{sc}/d > 4$
		Num.	=	3			
		d	=	19.000	mm		
		h_{sc}	=	200.000	mm		
		Space	=	200.000	mm		
		k_s	=	0.750			
	- Verification						
	$v_{L,Ed}$	=	$V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I)$	=	726.007	kN/m	
	$v_{L,Rd}$	=	$P_{Rd,ser} \cdot$ Num./Space	=	918.633	kN/m	
	$v_{L,Ed}$	<	$v_{L,Rd}$	…	OK		

16.2.2. SEZIONE DI SPALLA

Element Number	1
Position Information	I

1 Design Condition

1.1 Design Parameters

■ Partial factors

γ_C for concrete	1.50	γ_V for headed sutd	1.25
γ_S for reinforcing steel	1.15	γ_{Ff} for equivalent constant Amplitude stress range	1.00
γ_{M0} for structural steel	1.05	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} = 355.000 MPa E_s = 210000.000 MPa

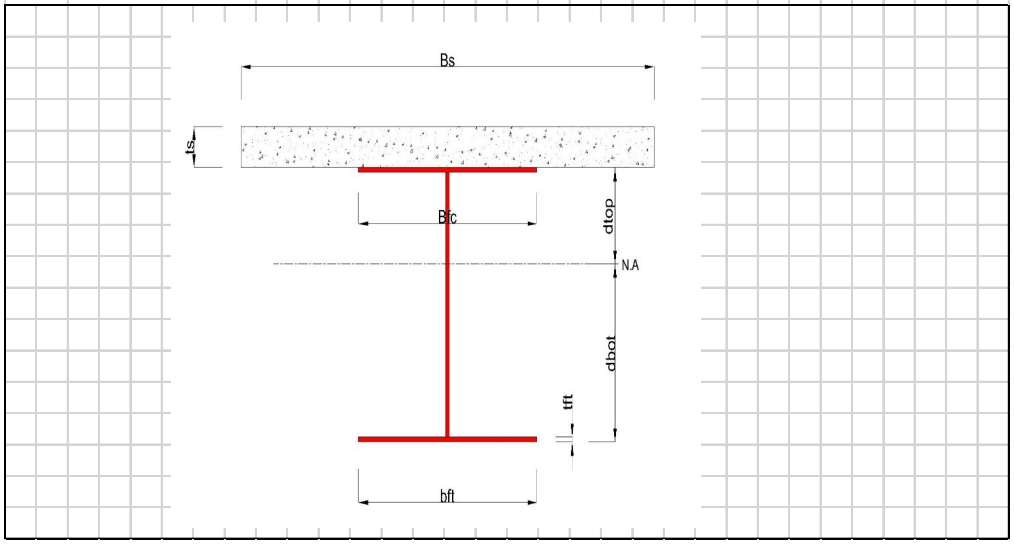
■ Concrete

f_{ck} = 35.000 MPa E_{cm} = 34000.000 MPa

■ Reinforcement

f_{yk} = 450.000 MPa E_r = 210000.000 MPa

1.3 Sectional Information



■ Section Dimensions

Slab

B_c	4370.000	mm	t_c	320.000	mm	H_h	0.000	mm

Girder

H_w	2105.000	mm	B_1	600.000	mm	B_2	800.000	mm
t_w	20.000	mm	t_{f1}	20.000	mm	t_{f2}	30.000	mm

■ Section Stiffness

Before

$A_{z,a}$	78100.000	mm^2
$I_{y,a}$	54323106722.418	mm^4
$I_{z,a}$	1641403333.333	mm^4
$C_{y,a}$	400.000	mm
$C_{z,a}$	917.711	mm

After

A_c	305020.524	mm^2
$I_{y,c}$	169699977126.206	mm^4
$I_{z,c}$	362764616656.043	mm^4
$C_{y,c}$	400.000	mm
$C_{z,c}$	1957.227	mm

Crack

A_c	86542.000	mm^2
$I_{y,c}$	72795768503.679	mm^4
$I_{z,c}$	1641550828.550	mm^4
$C_{y,c}$	400.000	mm
$C_{z,c}$	1069.607	mm

2 Bending Resistance

2.1 Positive Moment

■ Design load

Load combination name : SLU9

$N_{a,Ed}$	33.303	kN
$N_{c,Ed}$	357.971	kN
$M_{a,Ed}$	-33.860	kN · m
$M_{c,Ed}$	5715.439	kN · m

- Stress

Top Flange

Left	y_1	-300.000	mm	z_1	197.773	mm	σ_1	-4.560	MPa
	y_2	-10.000	mm	z_2	197.773	mm	σ_2	-4.299	MPa
Right	y_1	300.000	mm	z_1	197.773	mm	σ_1	-4.019	MPa
	y_2	10.000	mm	z_2	197.773	mm	σ_2	-4.281	MPa

Bottom Flange

Left	y_1	-400.000	mm	z_1	-1957.227	mm	σ_1	66.586	MPa
	y_2	-10.000	mm	z_2	-1957.227	mm	σ_2	66.938	MPa
Right	y_1	400.000	mm	z_1	-1957.227	mm	σ_1	67.307	MPa
	y_2	10.000	mm	z_2	-1957.227	mm	σ_2	66.956	MPa

Web

Right	y_1	0.000	mm	z_1	177.773	mm	σ_1	-3.629	MPa
	y_2	0.000	mm	z_2	-1927.227	mm	σ_2	65.955	MPa

■ Classification of sections

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

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

Plastic NA	=	2170.342	mm							
N_{slab}	=	26405.238	kN							
$N_{g,top}$	=	0.000	kN	(Upper side of PNA)						
$N_{g,bot}$	=	26405.238	kN	(Lower side of PNA)						
$M_{pl,Rd}$	=	37098.293	kN · m							
x_{pl}	=	304.658	mm							
M_{Rd}	=	$\beta M_{pl,Rd}$	=	37098.293	kN · m					
here,	β	=	1.000							
M_{Rd}	=	37098.293	kN · m	>	M_{Ed}	=	5681.579	kN · m		…OK

3 **Resistance to Vertical Shear**

■ Design load

Load combination name :	SLU13		
N_{Ed}	=	443.626	kN
$M_{a,Ed}$	=	-33.860	kN · m
$M_{c,Ed}$	=	5620.156	kN · m
$V_{Ed,a}$	=	-757.371	kN
$V_{Ed,c}$	=	-2081.972	kN
V_{Ed}	=	-2839.343	kN

M_{Ed} = max($M_{Ed,t}$, $M_{Ed,b}$) = 5570.560 kN · m

$M_{Ed,t}$	=	4958.417	kN · m
$M_{Ed,b}$	=	5570.560	kN · m

- Stress

Top Flange

Left	y_1	-300.000	mm	z_1	197.773	mm	σ_1	-4.161	MPa
	y_2	-10.000	mm	z_2	197.773	mm	σ_2	-3.907	MPa
Right	y_1	300.000	mm	z_1	197.773	mm	σ_1	-3.635	MPa
	y_2	10.000	mm	z_2	197.773	mm	σ_2	-3.889	MPa

Bottom Flange

Left	y_1	-400.000	mm	z_1	-1957.227	mm	σ_1	65.778	MPa
	y_2	-10.000	mm	z_2	-1957.227	mm	σ_2	66.120	MPa
Right	y_1	400.000	mm	z_1	-1957.227	mm	σ_1	66.479	MPa
	y_2	10.000	mm	z_2	-1957.227	mm	σ_2	66.137	MPa

Web

Right	y_1	0.000	mm	z_1	177.773	mm	σ_1	-3.248	MPa
	y_2	0.000	mm	z_2	-1927.227	mm	σ_2	65.154	MPa

■ Classification of sections

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

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

Plastic NA = 2170.342 mm

N_{slab}	= 26405.238	kN	
$N_{rebar,t}$	= 0.000	kN	(Upper side of PNA)
$N_{rebar,b}$	= 0.000	kN	(Lower side of PNA)
$N_{g,top}$	= 0.000	kN	(Upper side of PNA)
$N_{g,bot}$	= 26405.238	kN	(Lower side of PNA)

$M_{pl,Rd}$ = 37098.293 kN · m

■ Calculation. $V_{bw,Rd}$

Web

■ Contribution from the web

$\lambda_w = h_w / (86.4 \cdot t \cdot \varepsilon) = 1.497$

$X_w = 1.37 / (0.7+\lambda_w) = 0.624$ $\lambda_w \geq 1.08$

$$V_{bw,Rd} = \frac{X_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 4891.050 \text{ kN}$$

V_{Rd} = 4891.050 kN

V_{Edi} = V_{Ed} / Num. of Web = -2839.343 kN

$\eta'_3 = V_{Edi} / V_{bw,Rd} = 0.581 \leq 1.0$

■ Contribution from the flange

$M_{f,Rd}$ = 20445.374 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, $M_{f,Rd}$ = 20445.374 kN · m

M_{Ed} = 5570.560 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

$V_{Edi} / (V_{bw,Rd}+V_{bf,Rd}) = 0.581 < 1.0$ … OK

4 Resistance to Lateral Torsional Buckling

- Design load

Load combination name :		SLU13		
N_{Ed}	=	444.479	kN	
M_{Ed}	=	5663.475	kN · m	
V_1	=	-908.229	kN	
V_2	=	-2745.559	kN	
M_1	=	11922.086	kN · m	
M_2	=	5663.475	kN · m	
$M_{pl,Rd}$	=	37098.293	kN · m	
$M_{el,Rd}$	=	29330.051	kN · m	

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

L	=			2.250	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	=	0.331	
Φ	=	$2 \cdot (1-M_2/M_1) / (1+\mu)$	=	0.789	
m_1	=	$1+0.44 \cdot (1+\mu) \cdot \Phi^{1.5}+(3+2 \cdot \Phi) \cdot \gamma/(350-50 \cdot \mu)$	=	1.410	
m_2	=	$1+0.44 \cdot (1+\mu) \cdot \Phi^{1.5}+(0.195+(0.05+\mu/100) \cdot \Phi) \cdot \gamma^{0.5}$	=	1.410	
m	=	$Min(m_1, m_2)$	=	1.410	
α_{LT}	=			0.760	
λ_{LT}	=	$1.103 \cdot L/b \cdot \sqrt{(f_y/Em)} \cdot \sqrt{(1+A_{wc}/(3 \cdot A_f))}$	=	0.150	
Φ_{LT}	=	$0.5 \cdot (1+\alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2)+\lambda_{LT}^2)$	=	0.492	
X_{LT}	=	$\frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}}$	=	1	
M_{Rd}	=			37098.293	kN · m
$M_{b,Rd}$	=	$X_{LT} \cdot M_{Rd}$	=	37098.293	kN · m

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

$X_{LT,N}$	=			0.961	
$N_{b,Rd}$	=	$X_{LT} \cdot Area \cdot f_{yd}$	=	99080.365	kN

Combined Ratio $= \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} =$ 0.157147388

6	**Resistance to Longitudinal Shear**			
	- Design load			
	Load combination name :		SLU13	
	$N_{c,el}$	=	14016.232	kN
	$N_{c,f}$	=	26405.238	kN
	M_{Ed}	=	5586.296	kN · m
	V_{Ed}	=	-2081.972	kN
	$M_{pl,Rd}$	=	37098.293	kN · m
	$M_{el,Rd}$	=	29330.051	kN · m
	- Shear resistance of a single connector			
	$P_{Rd,1}$	=	$0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V$ = 81.656	kN
	$P_{Rd,2}$	=	$0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V$ = 91.363	kN
	P_{Rd}	=	$\mathrm{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2})$ = 81.656	kN
	where, f_u	=	450.000	MPa
	α	=	1	for $h_{sc}/d > 4$
	Num.	=	3	
	d	=	19.000	mm
	h_{sc}	=	200.000	mm
	Space	=	200.000	mm
	- Verification			
	$v_{L,Ed}$	=	$V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I)$ = 993.785	kN/m
	$v_{L,Rd}$	=	$P_{Rd} \cdot$ Num./Space = 1224.844	kN/m
	$v_{L,Ed}$	<	$v_{L,Rd}$ … OK	

8 Stress Limitation

- In the structural steel

Characteristic load combination name : SLE4_CAR

$\sigma_{Ed,ser}$	=	-98.820	MPa	(Bottom-right fiber in the flange)	
$\tau_{Ed,ser}$	=	48.626	MPa	(Neutral axis in the web)	

$\sigma_{Ed,ser}$			<	$f_y / \gamma_{M,ser}$			
-98.820	MPa		<	355.000	MPa	…	OK
$\tau_{Ed,ser}$			<	$f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser})$			
48.626	MPa		<	204.959	MPa	…	OK
$\sqrt{(\sigma_{Ed,ser}^2 + 3\tau_{Ed,ser}^2)}$			<	$f_y / \gamma_{M,ser}$			
129.842	MPa		<	355.000	MPa	…	OK

- In the concrete of the slab

Quasi-permanent load combination name : SLE1_QP

$\sigma_c \leq k_2 f_{ck}$

7.028	MPa	<	15.750	MPa	…	OK

- In the reinforcement

Load combination name : SLE3_CAR

$\sigma_s \leq k_3 f_{yk}$

-13.816 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 : SLE1_CAR

$P_{Rd,1}$	=	$0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4 / \gamma_V$	=	81.656	kN
$P_{Rd,2}$	=	$0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_{cm})} / \gamma_V$	=	91.363	kN
P_{Rd}	=	$\text{Min}(P_{Rd,1}, P_{Rd,2})$	=	81.656	kN
$P_{Rd,ser}$	=	$k_s \cdot P_{Rd}$	=	61.242	kN

where f_u	=	450.000	MPa		
α	=	1		for $h_{sc}/d > 4$	
Num.	=	3			
d	=	19.000	mm		
h_{sc}	=	200.000	mm		
Space	=	200.000	mm		
k_s	=	0.750			

- Verification

$v_{L,Ed}$	=	$V_{Ed} \cdot (A \cdot z / I)$	=	703.031	kN/m
$v_{L,Rd}$	=	$P_{Rd,ser} \cdot$ Num./Space	=	918.633	kN/m
$v_{L,Ed}$	<	$v_{L,Rd}$	…	OK	

16.2.1. MEZZERIA CAMPATA INTERMEDIA 52M

Element Number	30
Position Information	I

1 Design Condition

1.1 Design Parameters

■ Partial factors

γ_C for concrete	1.50	γ_V for headed sutd	1.25
γ_S for reinforcing steel	1.15	γ_{Ff} for equivalent constant Amplitude stress range	1.00
γ_{M0} for structural steel	1.05	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} = 355.000 MPa E_s = 210000.000 MPa

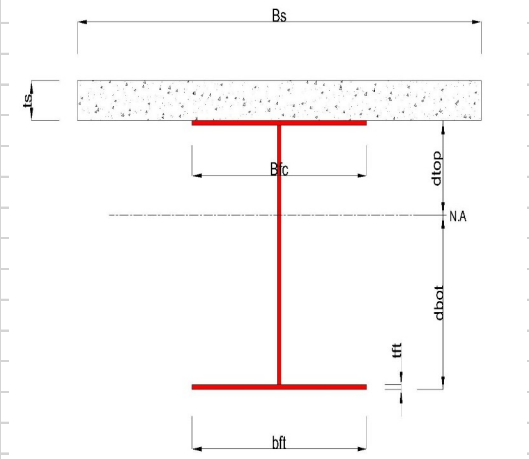
■ Concrete

f_{ck} = 35.000 MPa E_{cm} = 34000.000 MPa

■ Reinforcement

f_{yk} = 450.000 MPa E_r = 210000.000 MPa

1.3 Sectional Information



■ Section Dimensions

Slab

B_c	5330.000	mm	t_c	320.000	mm	H_h	0.000	mm

Girder

H_w	2930.000	mm	B_1	700.000	mm	B_2	900.000	mm
t_w	18.000	mm	t_{f1}	30.000	mm	t_{f2}	40.000	mm

■ Section Stiffness

Before

$A_{,a}$	109740.000	mm^2
$I_{y,a}$	158559409898.578	mm^4
$I_{z,a}$	3288923980.000	mm^4
$C_{y,a}$	450.000	mm
$C_{z,a}$	1301.063	mm

After

$A_{,c}$	386510.342	mm^2
$I_{y,c}$	432472887911.862	mm^4
$I_{z,c}$	658517337943.358	mm^4
$C_{y,c}$	450.000	mm
$C_{z,c}$	2632.201	mm

Crack

$A_{,c}$	120192.000	mm^2
$I_{y,c}$	197452567374.587	mm^4
$I_{z,c}$	3289114780.526	mm^4
$C_{y,c}$	450.000	mm
$C_{z,c}$	1476.619	mm

2 Bending Resistance

2.1 Positive Moment

■ Design load

Load combination name : SLU13

$N_{a,Ed}$	178.966	kN
$N_{c,Ed}$	1150.386	kN
$M_{a,Ed}$	6754.038	kN · m
$M_{c,Ed}$	28475.541	kN · m

■ Classification of sections

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

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

Plastic NA = 2993.081 mm

N_{slab} = 33827.733 kN

$N_{g,top}$ = 1637.419 kN (Upper side of PNA)

$N_{g,bot}$ = 35465.152 kN (Lower side of PNA)

$M_{pl,Rd}$ = 68436.024 kN · m

x_{pl} = 326.919 mm

M_{Rd} = $\beta M_{pl,Rd}$ = 68436.024 kN · m

here, β = 1.000

M_{Rd} = 68436.024 kN · m > M_{Ed} = 35229.579 kN · m …OK

16.2.1. MEZZERIA CAMPATA DI RIVA 35M

Element Number	9
Position Information	I

1 Design Condition

1.1 Design Parameters

■ Partial factors

γ_C for concrete	1.50	γ_V for headed sutd	1.25
γ_S for reinforcing steel	1.15	γ_{Ff} for equivalent constant Amplitude stress range	1.00
γ_{M0} for structural steel	1.05	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} = 355.000 MPa E_s = 210000.000 MPa

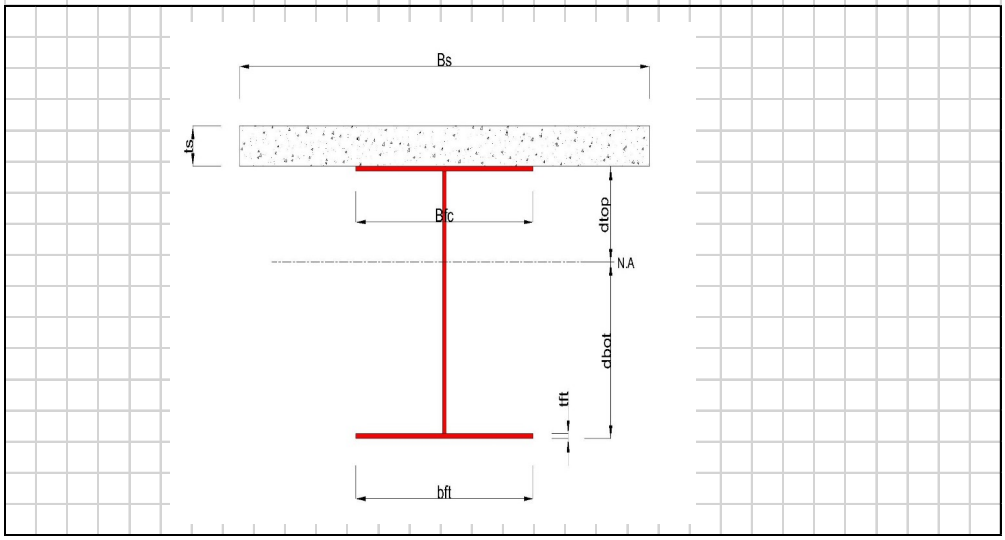
■ Concrete

f_{ck} = 35.000 MPa E_{cm} = 34000.000 MPa

■ Reinforcement

f_{yk} = 450.000 MPa E_r = 210000.000 MPa

1.3 Sectional Information



■ Section Dimensions

Slab

B_c	4758.000	mm	t_c	320.000	mm	H_h	0.000	mm

Girder

H_w	2415.000	mm	B_1	600.000	mm	B_2	800.000	mm
t_w	18.000	mm	t_{f1}	30.000	mm	t_{f2}	40.000	mm

■ Section Stiffness

Before

$A_{,a}$	93470.000	mm^2
$I_{y,a}$	93057421905.426	mm^4
$I_{z,a}$	2247840356.667	mm^4
$C_{y,a}$	400.000	mm
$C_{z,a}$	1062.681	mm

After

$A_{,c}$	340538.159	mm^2
$I_{y,c}$	264955356885.390	mm^4
$I_{z,c}$	468353534354.729	mm^4
$C_{y,c}$	400.000	mm
$C_{z,c}$	2210.689	mm

Crack

$A_{,c}$	102716.000	mm^2
$I_{y,c}$	118594601959.764	mm^4
$I_{z,c}$	2248004611.207	mm^4
$C_{y,c}$	400.000	mm
$C_{z,c}$	1219.503	mm

2 Bending Resistance

2.1 Positive Moment

■ Design load

Load combination name : SLU13

$N_{a,Ed}$	62.038	kN
$N_{c,Ed}$	735.634	kN
$M_{a,Ed}$	3615.251	kN · m
$M_{c,Ed}$	21178.450	kN · m

■ Classification of sections

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

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

Plastic NA = 2481.539 mm

N_{slab}	=	30197.440	kN	
$N_{g,top}$	=	702.161	kN	(Upper side of PNA)
$N_{g,bot}$	=	30899.601	kN	(Lower side of PNA)
$M_{pl,Rd}$	=	49776.936	kN · m	
x_{pl}	=	323.461	mm	

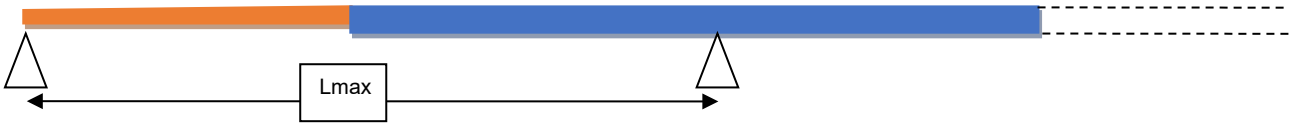
$M_{Rd} = \beta M_{pl,Rd} = 49776.936$ kN · m

here, $\beta = 1.000$

$M_{Rd} = 49776.936$ kN · m > $M_{Ed} = 24793.701$ kN · m …OK

16.3. STIMA DEGLI EFFETTI DEL VARO

Si riporta le verifica sintetica nella condizione di sbalzo massimo considerando un avambecco di lunghezza pari a 52-35-0.6=16.4m con un pesi di 15 kN/m.



Per la stima dell'azione sullo sbalzo in termini di flessione ed azione di taglio, nella condizione di sbraccio massimo Lmax pari a 52m, corrispondente alla luce massima della campate si ha:

concio	avambecco	1	2	3	4	
L	16.4	9.6	10	10	12	
prog. Concio (m)	16.4	26	36	46	58	
peso kN/m	15	28	28	28	28	
zavorra (kN)	0	0	0	0	0	Ved
peso tot (kN)	246	268.8	280.0	280.0	336.0	1242.8
52	43.8	30.8	21	11	0	
	1	1	1	1	1	Med
	10774.8	8279.0	5880.0	3080.0	0.0	28013.8

Si è considerato un peso dell'avambecco di 15 kN/m ed un peso al metro di impalcato di 2.5x11.29=28 kN/m.

Il momento di sollecitazione di -28013/2=14006 kNm risulta inferiore al valore SLU di verifica della sezione (el.18) pari a (-10870-23549)=-38094kNm

Load combination name : SLU14

$M_{a,Ed}$	-10870.718	kN · m
$M_{c,Ed}$	-23549.010	kN · m

Le tensioni in condizione slu nella sezione di massima sollecitazione risultano pari a:

SOLO ACCIAIO				
bp,sup	800	mm	Aacc	151840 mm^2
tp,sup	40	mm		
hw	2910	mm		
tw	24	mm		
bp,inf	1000	mm		
tp,inf	50	mm		
H	3000	mm		
	d	W	Atot	151,840 mm^2
	[mm]	[mm^3]		
acc sup	1672	1.338E+08		
an sup	1632	1.371E+08		
an inf	-1278	-1.750E+08		
acc inf	-1328	-1.684E+08		

	Varo SLU	Varo SLE
M [kNm]	-18909	-14007
V [kN]	839	621
N [kN]	0	0
σs,sup	141.3	sigma ideale
σw,sup	137.9	139
σw,inf	-108.1	110
σs,inf	-112.3	
VRd	13633 kN	
VEd	839 kN	

17. VERIFICHE A FATICA

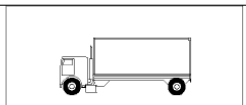
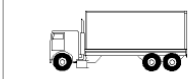
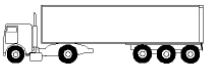
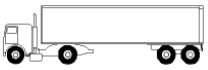
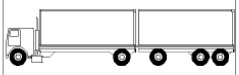
17.1. INTRODUZIONE

Con riferimento al §5.4.3 delle NTC2018, per strutture, elementi strutturali e dettagli sensibili a fenomeni di fatica vanno eseguite opportune verifiche. Vengono svolte le verifiche a fatica per vita illimitata adottando gli spettri di carico associati. In assenza di studi specifici, volti alla determinazione dell'effettivo spettro di carico che interessa il ponte, si fa far riferimento ai modelli descritti nel seguito.

17.2. MODELLO DI CARICO A FATICA

Secondo quanto previsto dalle NTC18 al § 5.1.4.3, per la verifica a vita illimitata si prevede il modello di

carico di fatica 2, sulla corsia identificata come lenta. Si riportano le cinque configurazioni di sagoma del veicolo.

SAGOMA del VEICOLO	Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
	4,5	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

I delta di tensione si determinano in base agli effetti più severi dei diversi autocarri, considerati separatamente, che viaggiano da soli sulla corsia.

In particolare per le verifiche delle componenti strutturali si è assunto il più gravoso dei casi analizzati riportando direttamente le sollecitazioni di inviluppo.

Si riportano i grafici delle sollecitazioni.

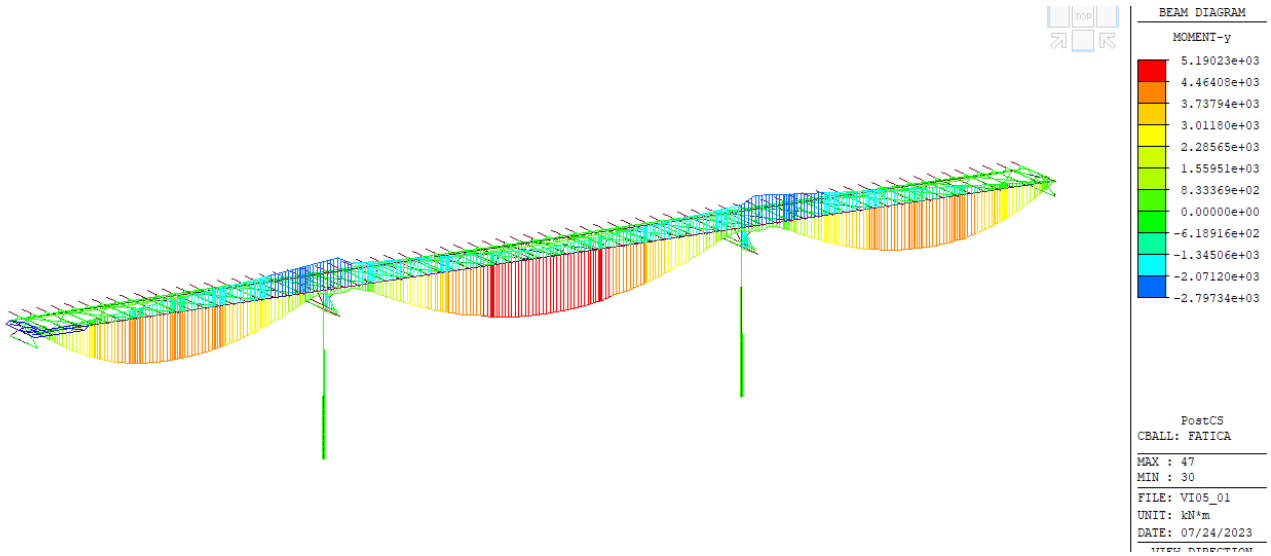


Fig. 1: q1 fatica - inviluppo del momento flettente [kNm]

17.3. COEFFICIENTI PARZIALI PER LA RESISTENZA A FATICA

I valori dei coefficienti γ_{Mf} adottati nelle verifiche a fatica sono riportati nella seguente tabella, estratta dalla circolare delle NTC18.

Coefficienti parziali di sicurezza

γ_f =1 coefficiente parziale di sicurezza relativo alle azioni di fatica

γ_M =1.35 coefficiente parziale di sicurezza relativo alla resistenza a fatica

$\gamma_{Mf} = \gamma_f \bullet \gamma_M$ =1.35 coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche a fatica

Metodo di valutazione	Conseguenze del collasso	
	Basse conseguenze	Alte conseguenze
metodo del "danneggiamento accettabile"	1,00	1,15
metodo della "vita sicura"	1,15	1,35

17.4. METODI DI VERIFICA

Per la verifica a fatica secondo il criterio della vita illimitata, l'ampiezza di tensione di riferimento è quella ad ampiezza costante, definita come

$\Delta\sigma_D = 0.737 \cdot \Delta\sigma_C$

dove $\Delta\sigma_C$ è il valore della classe del dettaglio.

Verifica a vita illimitata

La verifica a vita illimitata si esegue controllando che sia

$$\Delta\sigma_{\max} \le \Delta\sigma_D / \gamma_{Mf}$$

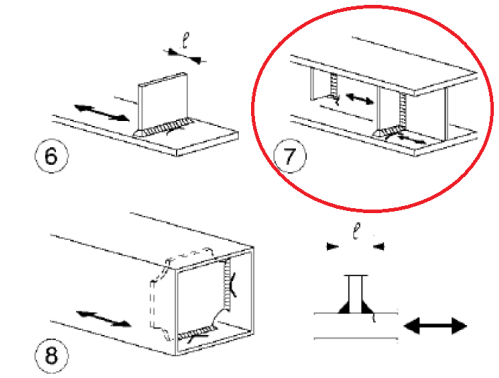
dove $\Delta\sigma_D$ sono i valori di progetto delle massime escursioni di tensioni normali indotte nel dettaglio considerato dallo spettro di carico per vita illimitata.

17.5. VERIFICA DEI DETTAGLI DI FATICA

Nelle verifiche a fatica le tensioni considerate sono coerenti con quelle alle quali è riferita la curva S-N del dettaglio. Per le successive verifiche si farà riferimento a tre dettagli tipologici di classe 56, 80 e 90 ritenuti rappresentativi dei dettagli previsti per l'impalcato metallico. A tali dettagli si associa una curva S-N riferita alle tensioni nominali e pertanto ad esse si fa riferimento.

Le resistenze a fatica dei dettagli tipici sono:

Dettaglio 80: per le giunzioni previste per realizzare il collegamento degli irrigidimenti verticali.

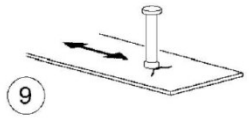
80 (a) 71 (b)		Attacchi trasversali 6) Saldati a una piastra 7) Nervature verticali saldate a un profilo o a una trave composta 8) Diagrammi di travi a cassone composte, saldati all'anima o alla piattabanda (a) ℓ≤50 mm (b) 50< ℓ≤80 mm Le classi sono valide anche per nervature anulari	6) e 7) Le parti terminali delle saldature devono essere molate accuratamente per eliminare tutte le rientranze presenti 7) Se la nervatura termina nell'anima, Δσ deve essere calcolato usando le tensioni principali

Caratteristiche resistenziali del dettaglio a fatica

$\Delta\sigma_C$ = 80 MPa classe del particolare: limite di fatica per $2x10^6$ cicli

$\Delta\sigma_D$ = 0.737 $\Delta\sigma_C$= 58.96 MPa limite di fatica ad ampiezza costante per $5x10^6$ cicli

Dettaglio 80: effetto saldatura del piolo

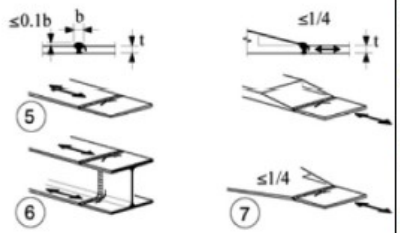
80		9) Effetto della saldatura del piolo sul materiale base della piastra	

Caratteristiche resistenziali del dettaglio a fatica

$\Delta\sigma_C$ = 80 MPa classe del particolare: limite di fatica per $2x10^6$ cicli

$\Delta\sigma_D$ = 0.737 $\Delta\sigma_C$= 58.96 MPa limite di fatica ad ampiezza costante per $5x10^6$ cicli

Dettaglio 90: per le giunzioni previste per realizzare il collegamento fra le anime e piattabande di due conci successivi.

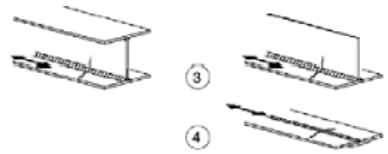
90		Saldature senza piatto di sostegno 5) Giunti trasversali in piatti e lamiere 6) Giunti trasversali completi di profili laminati, in assenza di lunette di scarico 7) Giunti trasversali di lamiere e piatti con rastremazioni in larghezza e spessore con pendenza non maggiore di 1:4. Nelle zone di transizione gli intagli nelle saldature devono essere eliminati Per spessori t>25 mm, si deve adot-tare una classe ridotta del coefficiente $k_s = (25/t)^{0,2}$	Saldature effettuate da entrambi i lati e sottoposte a controlli non distruttivi Sovraspessore di saldatura non maggiore del 10% della larghezza del cordone, con zone di transizione regolari Le saldature devono essere iniziate e terminate su tacchi d'estremità, da rimuovere una volta completata la saldatura I bordi esterni delle saldature devono essere molati in dire-zione degli sforzi Le saldature dei dettagli 5) e 7) devono essere eseguite in piano

Caratteristiche resistenziali del dettaglio a fatica

$\Delta\sigma_C$ = 90 MPa classe del particolare: limite di fatica per $2x10^6$ cicli

$\Delta\sigma_D$ = 0.737 $\Delta\sigma_C$= 66.33 MPa limite di fatica ad ampiezza costante per 5x10^6 cicli

Dettaglio 112 : per le giunzioni previste per realizzare il collegamento fra le anime e la piattabanda.

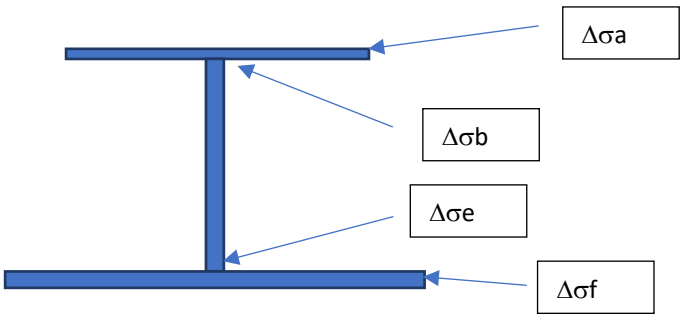
112		3) Saldatura automatica a cordoni d'angolo o a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati, ma contenente punti di interruzione/ripresa. 4) Saldatura automatica a piena penetrazione su piatto di sostegno, non contenente punti di interruzione/ripresa	4) Se il dettaglio contiene punti di interruzione/ripresa, si deve far riferimento alla classe 100

Caratteristiche resistenziali del dettaglio a fatica

$\Delta\sigma_C$ = 112 MPa classe del particolare: limite di fatica per 2x10^6 cicli

$\Delta\sigma_D$ = 0.737 $\Delta\sigma_C$= 82.54 MPa limite di fatica ad ampiezza costante per 5x10^6 cicli

Si riportano di seguito le tensioni ed i tassi di sfruttamento a fatica per i dettagli considerati:

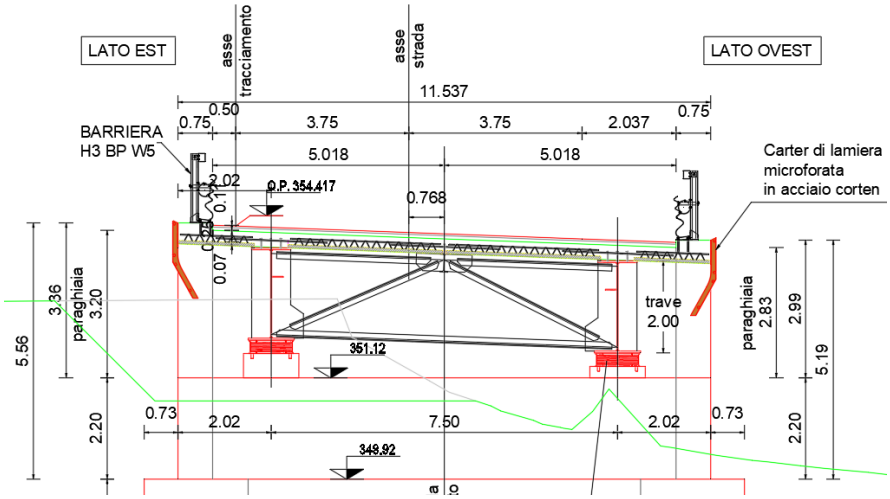


		sez.	1		2		3		4		5		6		7		8	
Δσ - piattabande	Δσ(A)	Δσ(F)	14.48	38.21	12.25	37.27	10.27	32.83	2.29	19.73	5.02	17.91	9.90	29.27	10.40	33.01	0.77	11.68
Δσ - anima	Δσ(B)	Δσ(E)	14.00	37.49	11.66	36.47	9.96	32.51	2.05	19.44	4.85	17.73	9.70	29.01	10.10	32.71	0.62	11.44
FATICA_calcolata Giunto piattabande	ΔσC	90	49.13	47.37	47.37	44.73	44.73	44.73	44.73	42.77	44.73	44.73	47.37	44.73	44.73	44.73	44.73	40.59
	k ampl,sup	k ampl,inf	1.00	0.96	0.96	0.91	0.91	0.91	0.91	0.87	0.91	0.91	0.96	0.91	0.91	0.91	0.91	0.83
		η	0.29	0.81	0.26	0.83	0.23	0.73	0.05	0.46	0.11	0.40	0.21	0.65	0.23	0.74	0.02	0.29
FATICA_calcolata giunto d'anima	ΔσC	90	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	49.13	48.75	48.75
	k ampl,sup	k ampl,inf	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	0.99	0.99
		η	0.28	0.76	0.24	0.74	0.20	0.66	0.04	0.40	0.10	0.36	0.20	0.59	0.21	0.67	0.01	0.23
FATICA_calcolata collegamento anima piattabanda	ΔσC	112	61.14	58.95	58.95	55.66	55.66	55.66	55.66	53.23	55.66	55.66	58.95	55.66	55.66	55.66	55.66	50.51
	k ampl,sup	k ampl,inf	1.00	0.96	0.96	0.91	0.91	0.91	0.91	0.87	0.91	0.91	0.96	0.91	0.91	0.91	0.91	0.83
		η	0.24	0.65	0.21	0.67	0.18	0.59	0.04	0.37	0.09	0.32	0.17	0.53	0.19	0.59	0.01	0.23
FATICA_calcolata irrigidimenti trasversali	ΔσC	80	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67	43.67
		η	0.33	0.87	0.28	0.85	0.24	0.75	0.05	0.45	0.11	0.41	0.23	0.67	0.24	0.76	0.02	0.27

1. SOLETTA D'IMPALCATO

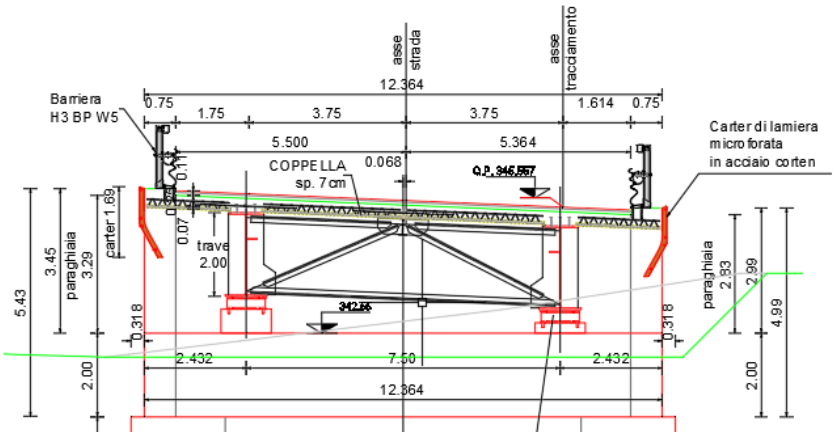
La soletta d'impalcato nella sua configurazione finale ha la seguente geometria variabile:
Spalla B
- Larghezza totale di 11.53m
-cordoli laterali da 75cm

SPALLA B
VISTA FRONTALE



Spalla A
- Larghezza totale di 12.36m
- cordoli laterali da 75cm

SPALLA A
VISTA FRONTALE



L'interasse delle travi è sempre costante a 7.5m.

Per la verifica della soletta si adotta la configurazione sulla spalla A con la dimensione massima degli sbalzi laterali della soletta sono pari a 2.43 m.

La soletta d'impalcato, avente spessore complessivo pari a 32 cm, viene realizzata mediante getto in opera su predalles collaboranti, aventi spessore 70 mm. Le predalles sono armate con idonei tralicci per sostenere la fase di getto.

Verifica della fase di getto

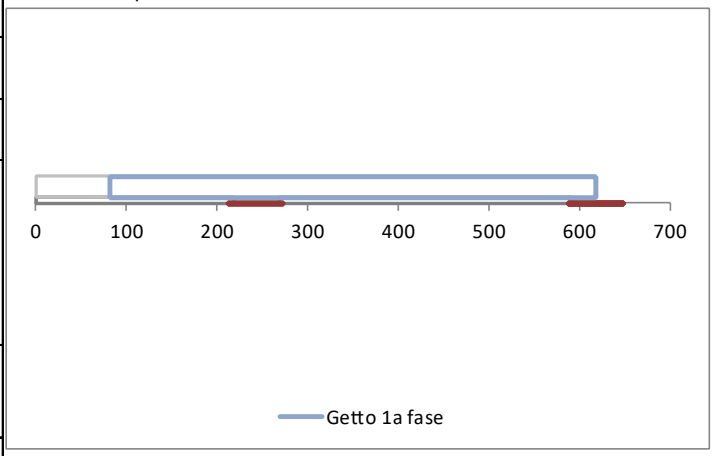
Si considera la sezione con lo sbalzo massimo in corrispondenza della spalla A

Larghezza modulo verifica direzione principale (con tralicci)					B_1	**2400**	mm					
Larghezza modulo verifica direzione secondaria (senza tralicci)					B_2	**1000**	mm					
Spessore totale (incluso predalle)					H	**320**	mm					
Lastra predalle	Presente?	**VERO**	Materiale	**cls**	H_p	**70**	mm	Getto	250	mm		
Traliccio tipo 1	**12/16/10, H205**	Corr.inf.	**ϕ12**	Corr.sup.	**ϕ16**	Parete	**ϕ10**	Htot	**205**	mm		

Dati geometrici

Tipo di schema statico		B	
Larghezza totale		6.18	m
Larghezza marciapiede/cordolo sx		0.00	m
Spessore aggiuntivo sx		0	cm
		0.00	m
		0	cm
Sbalzo complessivo soletta sx		2.43	m
Sbalzo getto sx	MAX 2.43	1.61	m
Interasse travi		3.75	m
		0.00	m
	MAX 0.00	0.00	m
		0.00	m
Spessore totale fondello		7.0	cm
Materiale fondello		cls	
Spessore totale soletta		32	cm
Spessore getto		25.0	cm
Interasse predalles		2.40	m
Numero tralicci / predalle (campata)		6	-
Numero tralicci / predalle (appoggio)		6	-
Larghezza piattabanda superiore		60	cm
Appoggio predalle sulle pb		5	cm

sbalzo + campata



		H [mm]	Φinf	Φsup	Φpar	H utile [mm]
Tipo	1	205	12	16	10	205
Tipo	1	205	12	16	10	205

Schema statico transitorio: appoggio netto

Armatura								
Considerare ferro aggiuntivo nel fondello della predalle				no	Predalle collaborante?		no	
Armatura singolo traliccio (campata)								
Corrente superiore	1	Φ16	Af,cs =	201	mm^2			
Correnti inferiori	2	Φ12	Af,ci =	226	mm^2			
Di default mettere 0	0	Φ20	Af,i1 =	0	mm^2	numero di barre aggiuntive/traliccio		
Di default mettere 0	0	Φ0	Af,i2 =	0	mm^2	numero di barre aggiuntive/traliccio		
Predalle metallica		4		0	mm^2			
Di default mettere 0			Parziale	0	mm^2			
Armatura intradosso			Af,inf =	226	mm^2			
Armatura singolo traliccio (appoggio)								
Traliccio, superiore	1	Φ16	Af =	201	mm^2			
Traliccio, inferiore	2	Φ12	Af =	226	mm^2			
Di default mettere 0	1	Φ16	Af,i1 =	201	mm^2	numero di barre aggiuntive/traliccio		
Di default mettere 0	0	Φ0	Af,i2 =	0	mm^2	numero di barre aggiuntive/traliccio		
Predalle metallica		0		0	mm^2			
Di default mettere 0	totale			201	mm^2			
Armatura inferiore	totale			427	mm^2			
				79				
Tralicciatura di parete	2	Φ10.0	passo	200	mm	base	108	mm

In appoggio si considera la presenza di 1Ø16 inserito nel fondello in corrispondenza di ciascun traliccio.

Carichi						
	Valori caratt/m^2		Valori caratt/predalle		**Valori SLU/predalle**	
Peso proprio fondello	1.75	kN/m^2	4.20	kN/m	**5.67**	**kN/m**
Peso getto integrativo	6.25	kN/m^2	15.00	kN/m	**20.25**	**kN/m**
Eventuale carico accidentale	1.00	kN/m^2	2.40	kN/m	**3.60**	**kN/m**
Carico totale	9.00	kN/m^2	21.60	kN/m	**29.52**	**kN/m**
Carico totale z.esterna al getto	2.75	kN/m^2	6.60	kN/m	**9.27**	**kN/m**

Caratteristiche della sollecitazione (per singola predalle)					
Momento in campata transitorio, SLU	37.8	kNm	*calcolato in semplice appoggio sulla luce maggiore*		
Momento in campata a getto finito,SLU	17.5	kNm			
Momento sull'appoggio, SLU	-48.3	kNm	Momento sullo sbalzo, SLU	-87.16	kNm
Taglio sull'appoggio, SLU	62.3	kN			

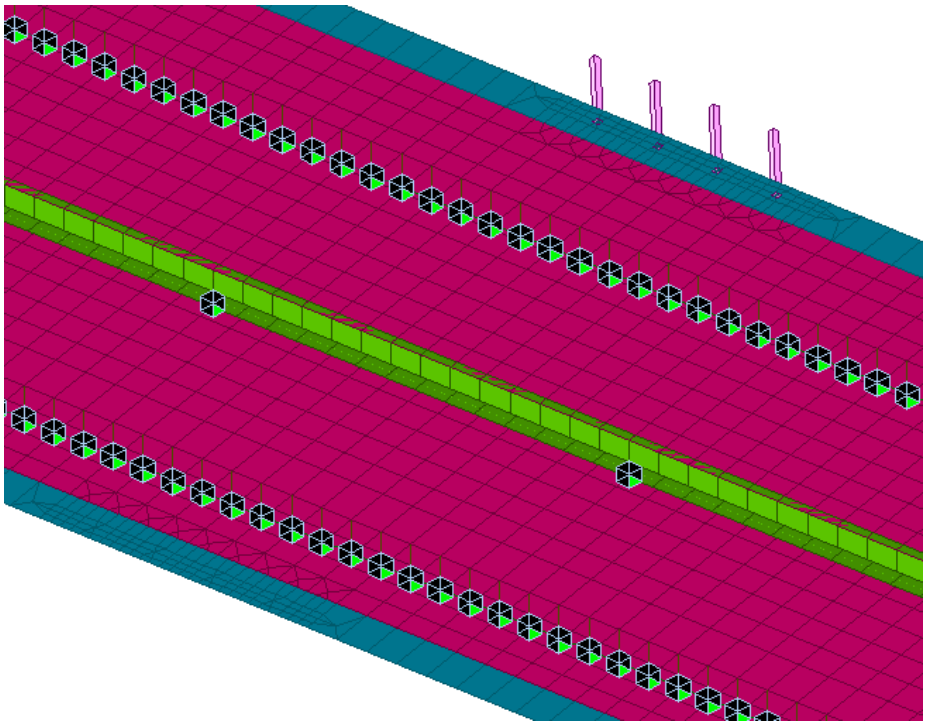
Verifiche di resistenza e stabilità 1a fase									
Campata									
Fmax corr.superiore (singolo traliccio)		-31	kN	σs,sup	-153	MPa	σs	-99 MPa	SLE (γ=1)
Fmax corr.inferiore (singolo traliccio)		31	kN	σs,inf	136	MPa	σs	88 MPa	SLE (γ=1)
Barre superiori	N,Ed sup =	-30.7	kN	**OK!**	<	55.2 kN	par. 4.2.4.1.3 DM14/1/2008		
Barre inferiori	armatura traliccio	1.000	Coefficienti di ripartizione sulle barre inferiori						
	armatura aggiuntiva 1	0.000							
	armatura aggiuntiva 2	0.000							
	predalle metallica	0.000							
	N,Ed traliccio =	15.4	kN	**OK!**	<	88.5 kN	par.4.2.4.1.2 DM14/1/2008		
	N,Ed aggiuntiva 1 =	0.0	kN						
	N,Ed aggiuntiva 2 =	0.0	kN						
	N,Ed predalle =	0.0	kN						
Appoggio									
Fmax corr.superiore (singolo traliccio)		39	kN	σs	195	MPa	σs	127 MPa	SLE (γ=1)
Fmax corr.inferiore (singolo traliccio)		-39	kN	σs	-92	MPa	σs	-60 MPa	SLE (γ=1)
Barra superiore	N,Ed sup =	39.2	kN	**OK!**	<	79 kN	par. 4.2.4.1.2 DM14/1/2008		
Barre inferiori	armatura traliccio	0.529	Coefficienti di ripartizione sulle barre inferiori						
	armatura aggiuntiva 1	0.471							
	armatura aggiuntiva 2	0.000							
	predalle metallica	0.000							
	N,Ed traliccio =	-10.4	kN	**OK!**	<	12.3 kN	par. 4.2.4.1.3 DM14/1/2008		
	N,Ed aggiuntiva 1 =	-18.5	kN	**OK!**	<	31 kN	par. 4.2.4.1.3 DM14/1/2008		
	N,Ed aggiuntiva 2 =	0.0	kN						
	N,Ed predalle =	0.0	kN						
Barra di parete	N,Ed parete =	-6	kN	**OK!**	<	17 kN	par. 4.2.4.1.3 DM14/1/2008		

1.1. DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI

Per la determinazioni degli stati di sollecitazione è stato realizzato il modello della soletta con elementi bidimensionali "plate".

Le travi sono considerate come punti fissi. Di seguito di riporta il modello utilizzato con l'indicazione dei vincoli forniti dalle travi e dai traversi di testata.

Tra le travi è stata inserita la longherina rompitratta a contatto con la soletta, considerata appoggiata sui diaframmi.



I riferimenti normativi per le verifiche condotte sono da individuarsi come segue:

- Le verifiche di resistenza a flessione sono condotte ai sensi del par. 4.1.2.1.2.4 del DM 17.1.2018;

1.1.1 CARICHI PERMANENTI

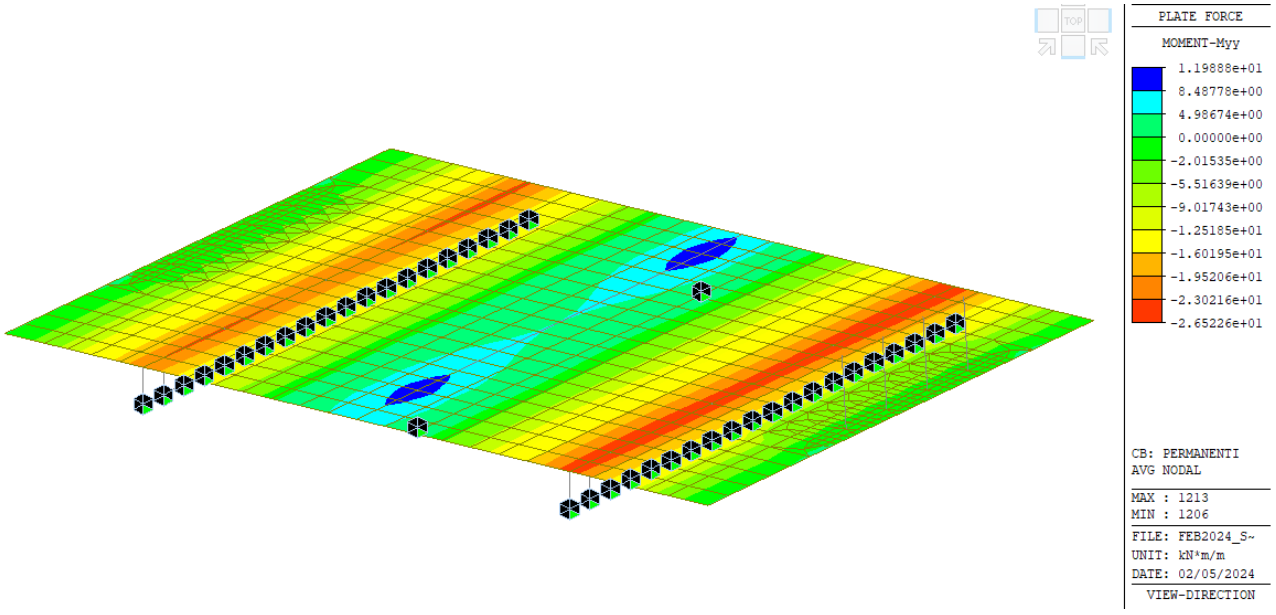
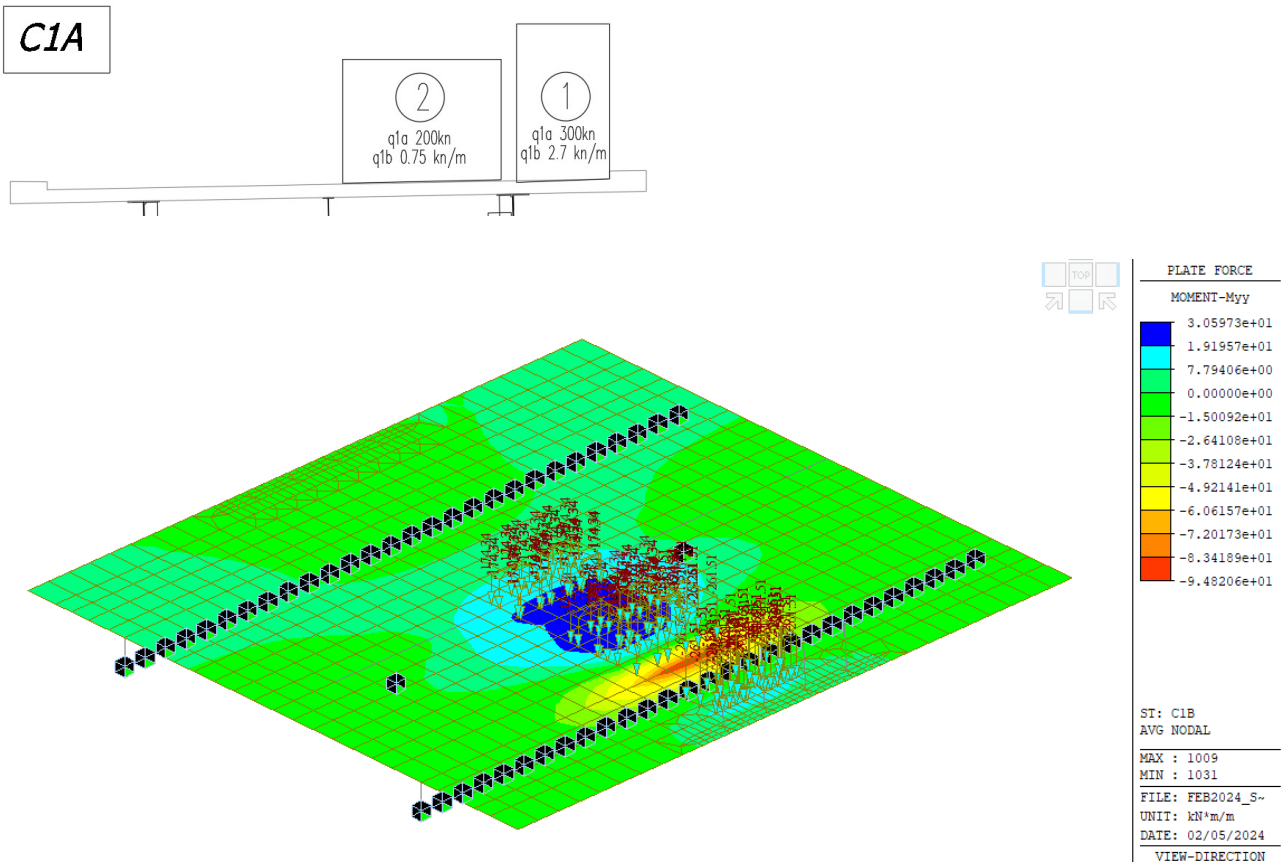


Diagramma dei momenti flettenti per carichi permanenti
-Momento negativo sulla trave esterna: -26.05 kNm/m

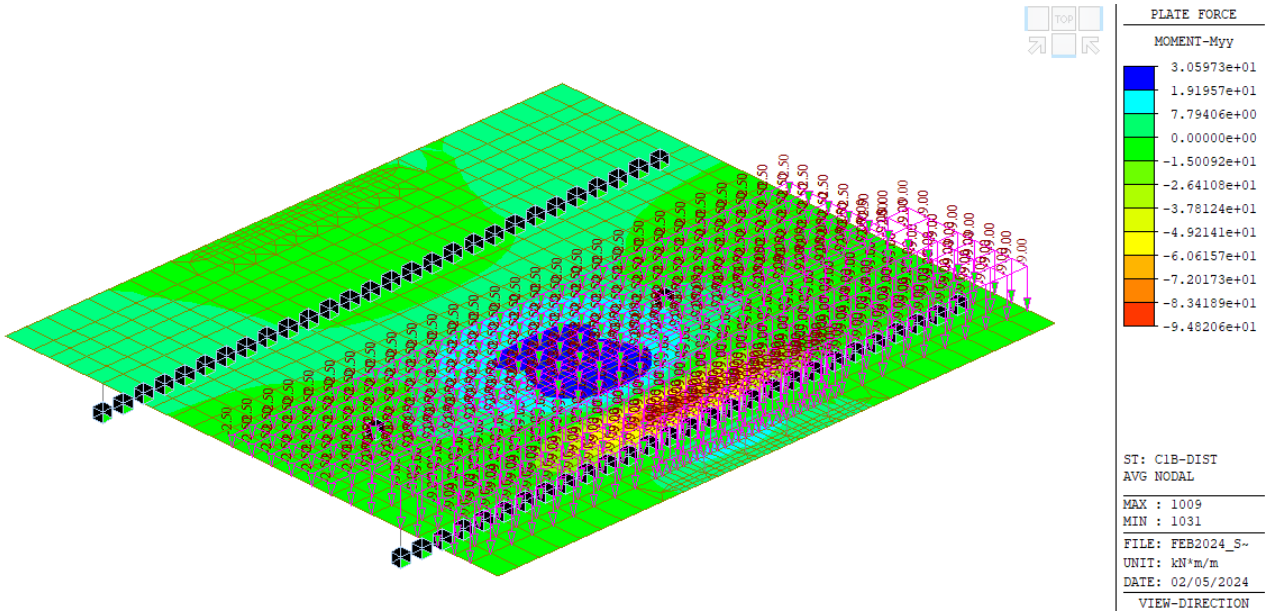
-Momento positivo tra le travi: 12 kNm/m

1.1.2 CONDIZIONE DI CARICO A MOMENTO NEGATIVO SULLA TRAVE ESTERNA

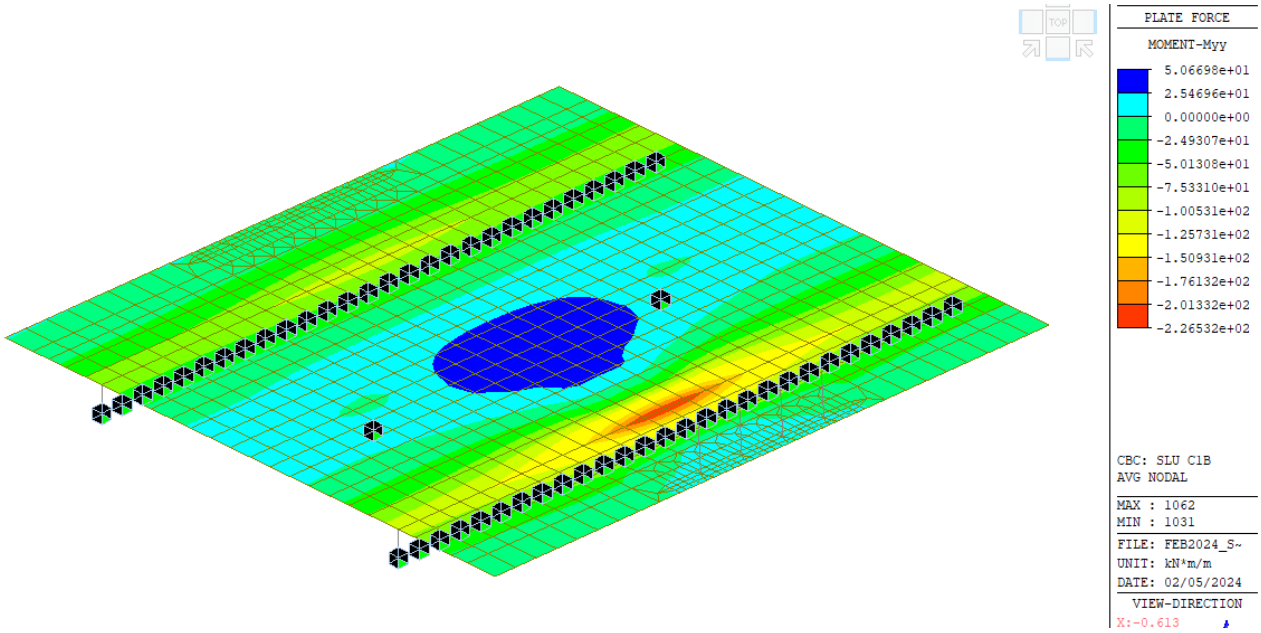
1.1.2.1 Condizione C1b



Andamento del Momento sulla trave esterno, carichi Tandem C1b



Andamento del Momento sulla trave esterno, carichi Distribuito C1b



Andamento del Momento sulla trave esterno, combinazione SLU C1B

1.1.2.1 verifica a momento negativo

Per la verifica è stata considerata la seguente combinazione;

	LoadCase	Factor
▶	Permanenti(CBC)	1.5000
	peso_soletta(ST)	1.3500
	C1b(ST)	1.3500
	c1b-dist(ST)	1.3500

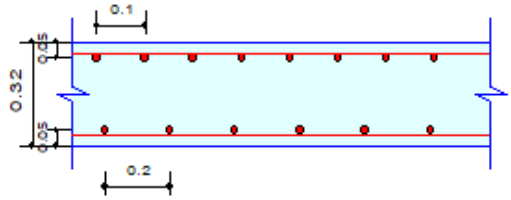
Il momento negativo slu massimo è pari a 226 kNm/m

Per la verifica si prevede la seguente armatura;
Armatura sup. : ø24/15
Armatura inf. : ø20/20

1. Design Condition

Design Type : Plate Beam (1D)
Sub-Domain : soletta 32
Design Code : Eurocode2-2:05
Unit System : kN, m, / m
Material Data : fck = 35000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Thickness : 0.32 m

2. Section Diagram



Element No : 1011

Rebar Pattern

	Top(Negative)	Bottom(Positive)
Layer 1	P24@0.15	P20@0.20

Total Rebar Area Ast = 0.00458333 m^2/m

Using Stirrups Spacing : No Stirrup

3. Bending Moment Capacity

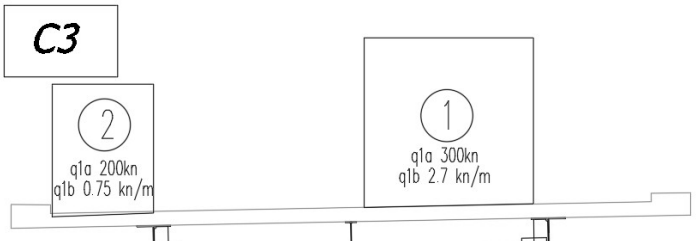
	Top(Negative)	Bottom(Positive)
Mu	226.53	59.96
Element No.	1031	1034
Load Combination	SLU C1b	SLU C3
Mr	283.08	155.57
Check Ratio (Mu/Mr)	0.8002	0.3854
Using Rebar(As)	0.0030	0.0016

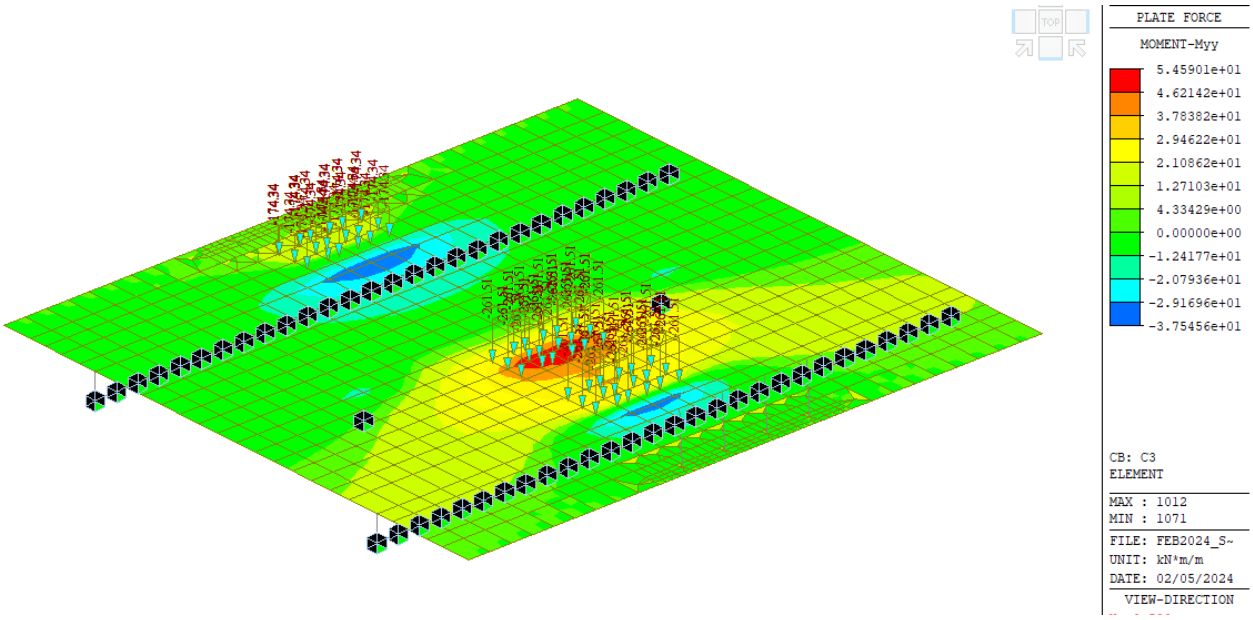
4. Shear Capacity

Element No.	1030			
Load Combination	SLU C1b			
Applied Shear Force	V_Ed	= 188.185		
Shear Strength (Out of plane)	V_Rdc	= 204.549	V_Rds	= 0.00000
Shear Ratio	V_Ed/V_Rd= 188.185 / 204.549		= 0.920 < 1.000 ..... O.K	

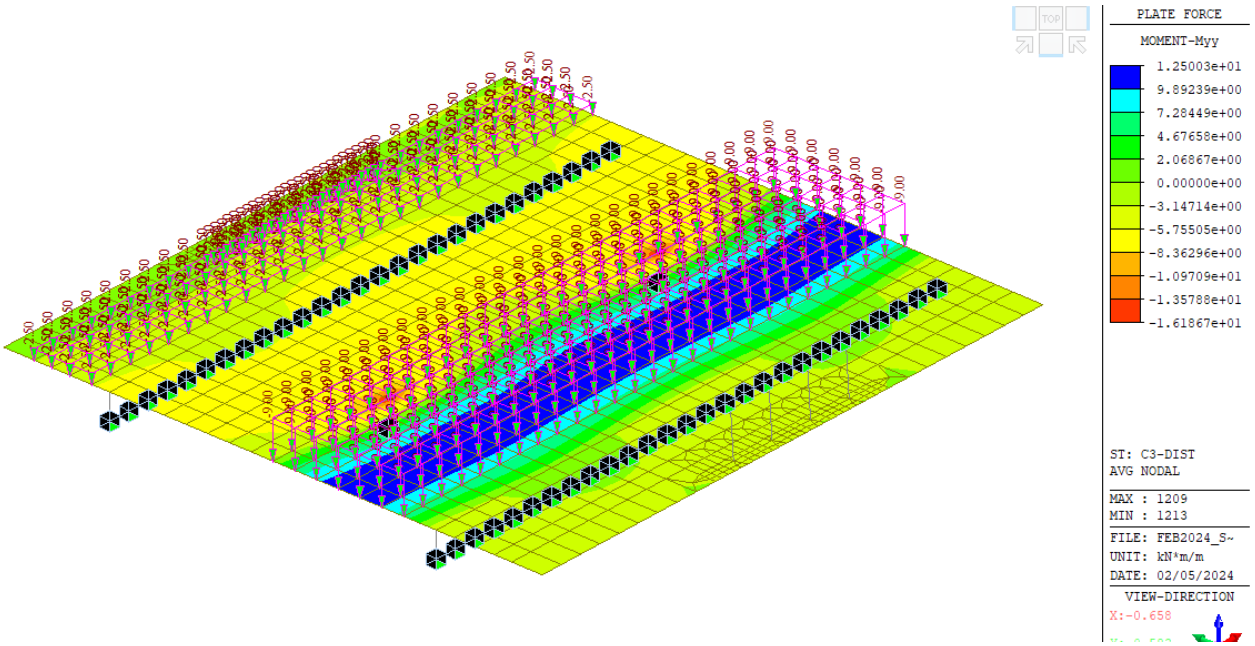
1.1.3 CONDIZIONE DI CARICO A MOMENTO POSITIVO

1.1.3.1 Condizione C3

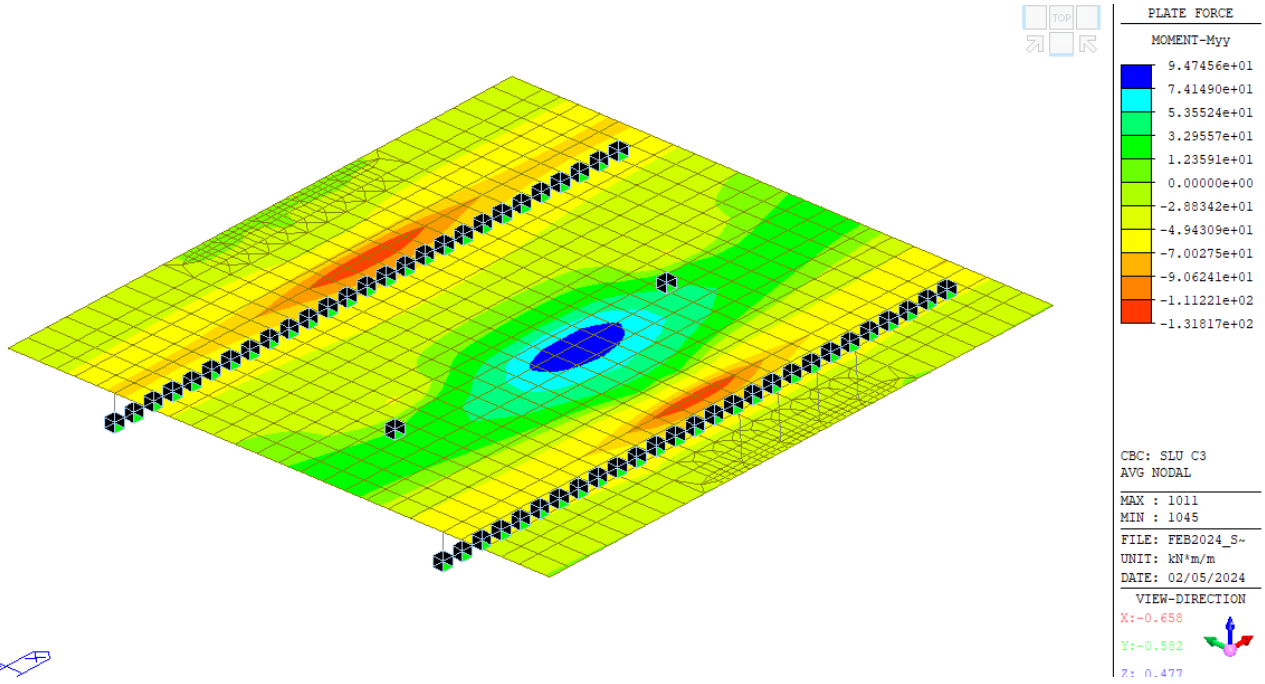




Andamento del Momento sulla trave esterno, carichi Tandem C3



Andamento del Momento sulla trave esterno, carichi C3-dist



Andamento del Momento sulla trave esterno, combinazione SLU C3

1.1.3.2 verifica a momento positivo

Per la verifica è stata considerata la seguente combinazione;

	LoadCase	Factor
▶	Permanenti(CBC)	1.5000
	peso_soletta(ST)	1.3500
	C3(ST)	1.3500
	c3-dist(ST)	1.3500

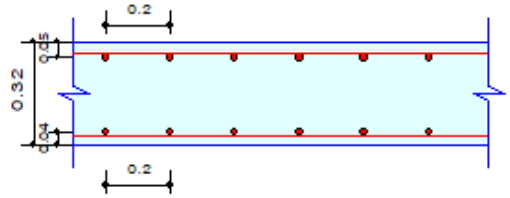
Il momento positivo slu massimo è pari a 97.7 kNm/m

Per la verifica si prevede la seguente armatura;
Armatura sup. : ø16/20
Armatura inf. : ø22/20

1. Design Condition

Design Type : Plate Beam (1D)
Sub-Domain : soletta 32 d 22
Design Code : Eurocode2-2:05
Unit System : kN, m, / m
Material Data : fck = 35000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Thickness : 0.32 m

2. Section Diagram



Element No : 1011

Rebar Pattern

	Top(Negative)	Bottom(Positive)
Layer 1	P16@0.20	P22@0.20

Total Rebar Area Ast = 0.002905 m^2/m

Using Stirrups Spacing : No Stirrup

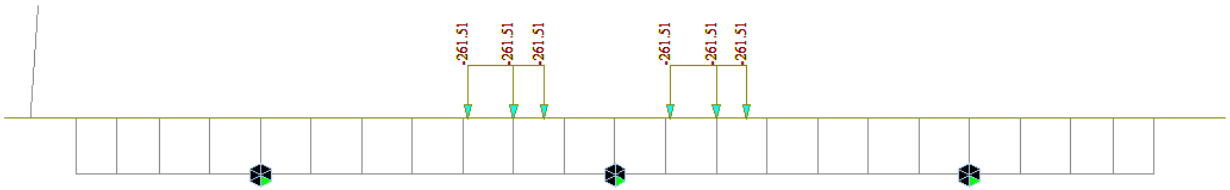
3. Bending Moment Capacity

	Top(Negative)	Bottom(Positive)
Mu	0.00	94.75
Element No.	985	1011
Load Combination	SLU C1b	SLU C3
Mr	101.83	194.07
Check Ratio (Mu/Mr)	0.0000	0.4882
Using Rebar(As)	0.0010	0.0019

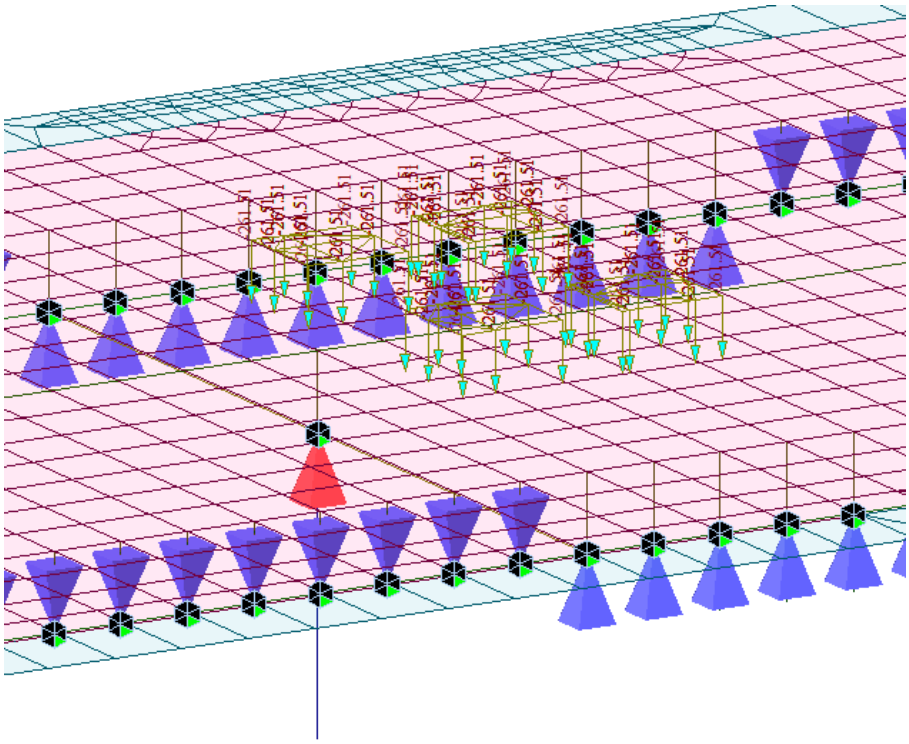
4. Shear Capacity

Element No.	1012			
Load Combination	SLU C3			
Applied Shear Force	V_Ed	= 79.3316		
Shear Strength (Out of plane)	V_Rdc	= 178.208	V_Rds	= 0.00000
Shear Ratio	V_Ed/V_Rd= 79.3316 / 178.208		= 0.445 < 1.000 ..... O.K	

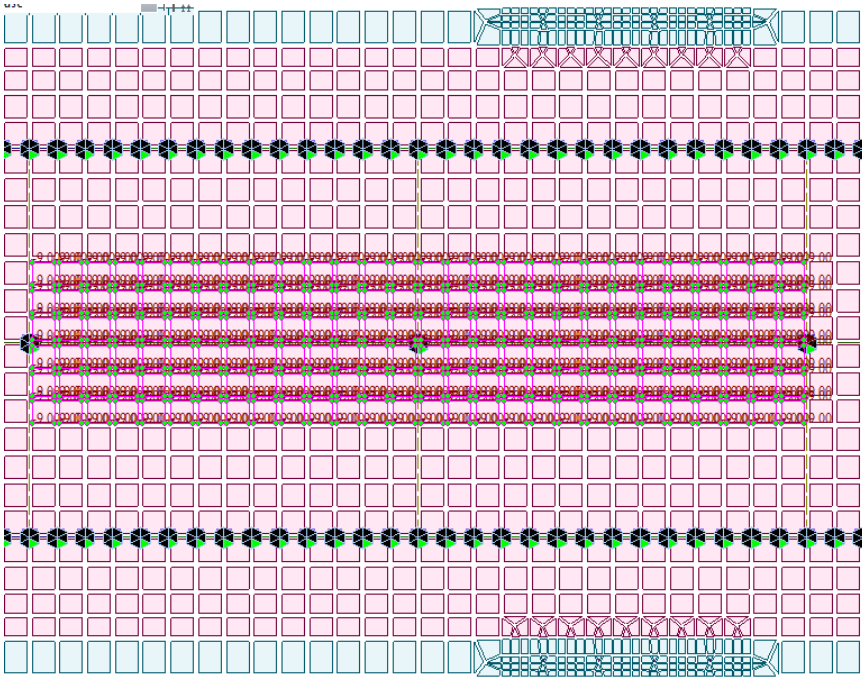
1.1.4 CONDIZIONE DI MASSIMO CARICO IN CORRISPONDENZA DELLA LONGHERINA



Spostando il carico in adiacenza al traverso lo sforzo massimo dei tandem che si trasmette al diaframma inferiore è pari a 451 kN



Spostando il carico in adiacenza al traverso lo sforzo massimo dei carichi distribuiti che si trasmette al diaframma inferiore è pari a 259 kN.



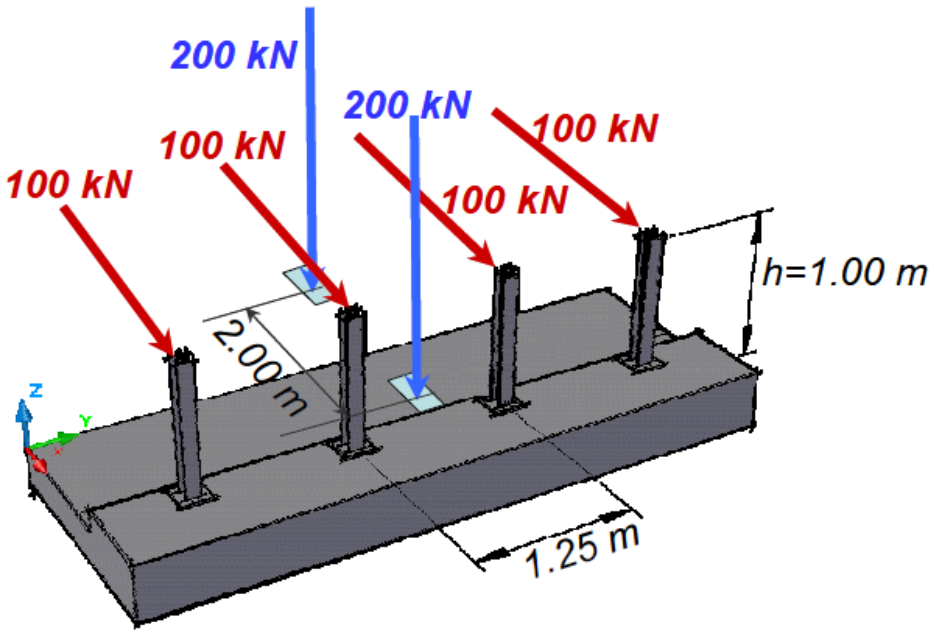
Globalmente l'azione dei carichi mobili da ripartire è pari a 451+259=710 kN

A questa azione si aggiunge il contributo dei carichi permanenti valutati per area di influenza, pari a

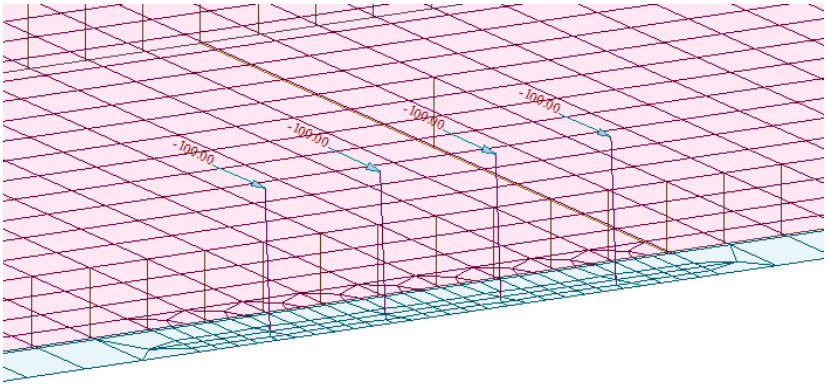
Pesi propri: 25 x0.32 x 6 x (7.5/2)=180 kN
Pavimentazione: 24 x0.11x 6 x (7.5/2)=59 kN

1.1.1. CONDIZIONE DI VEICOLO IN SVIO

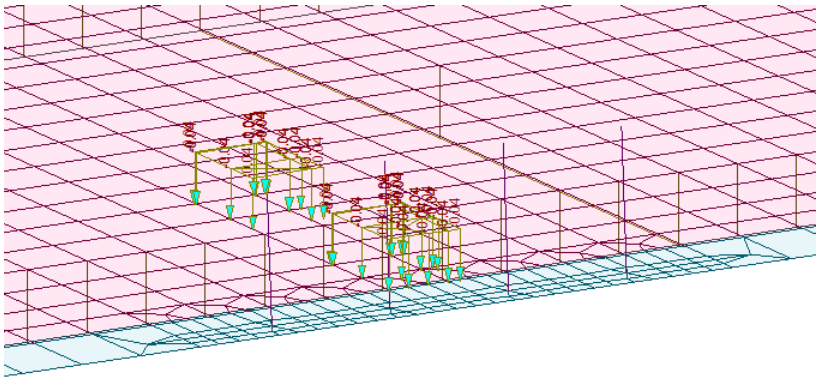
Per la verifica del veicolo in svio si adotta il seguente schema di 4 forze da 100kN associate allo schema di carico 2:



Schema di carico per condizioni di progetto più severe.



Carichi applicati sui montanti



Carico schema 2 concomitante

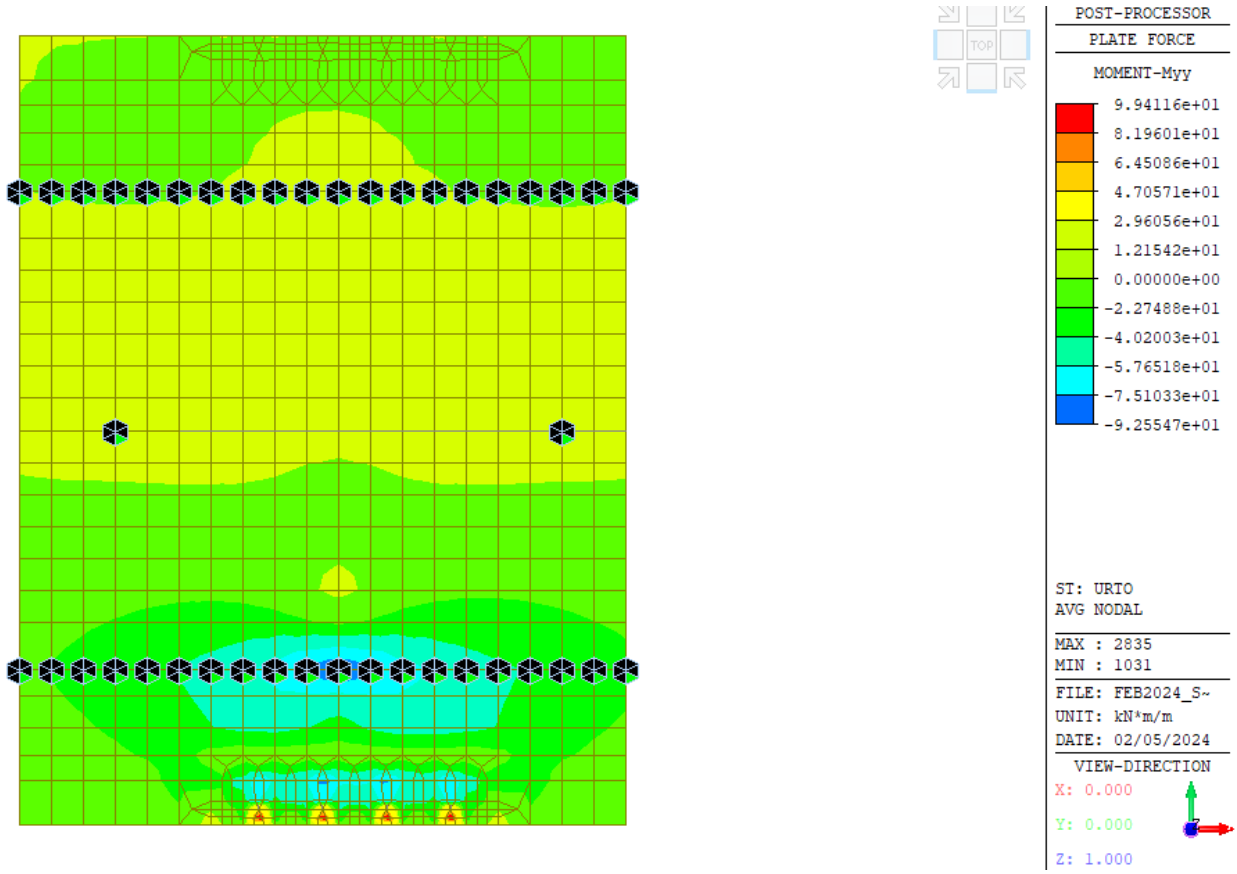
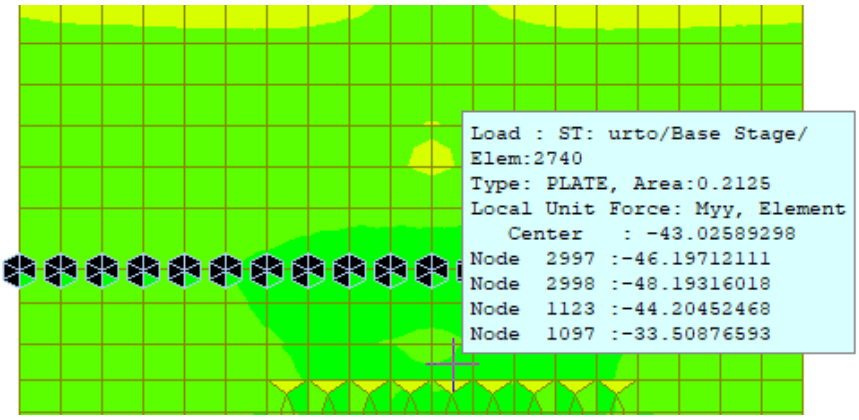
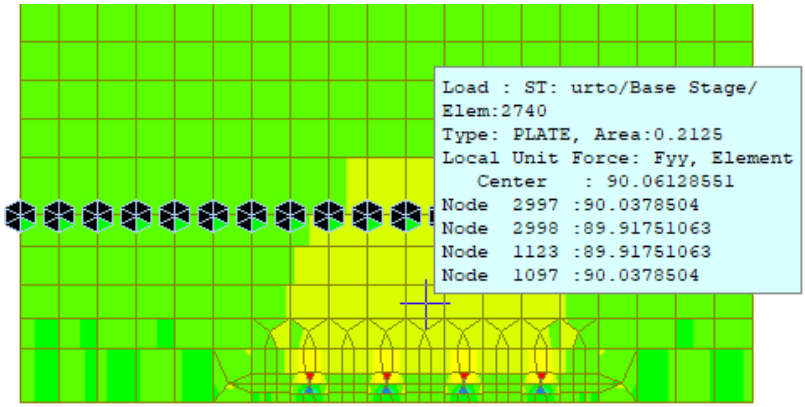


Diagramma del momento flettente (in rosso l'asse trave – in blu la sezione di spiccato del cordolo)

Il valore del momento flettente in corrispondenza della trave è pari a 92.5 kNm/metro minore del valore utilizzato per verificare lo sbalzo della soletta.

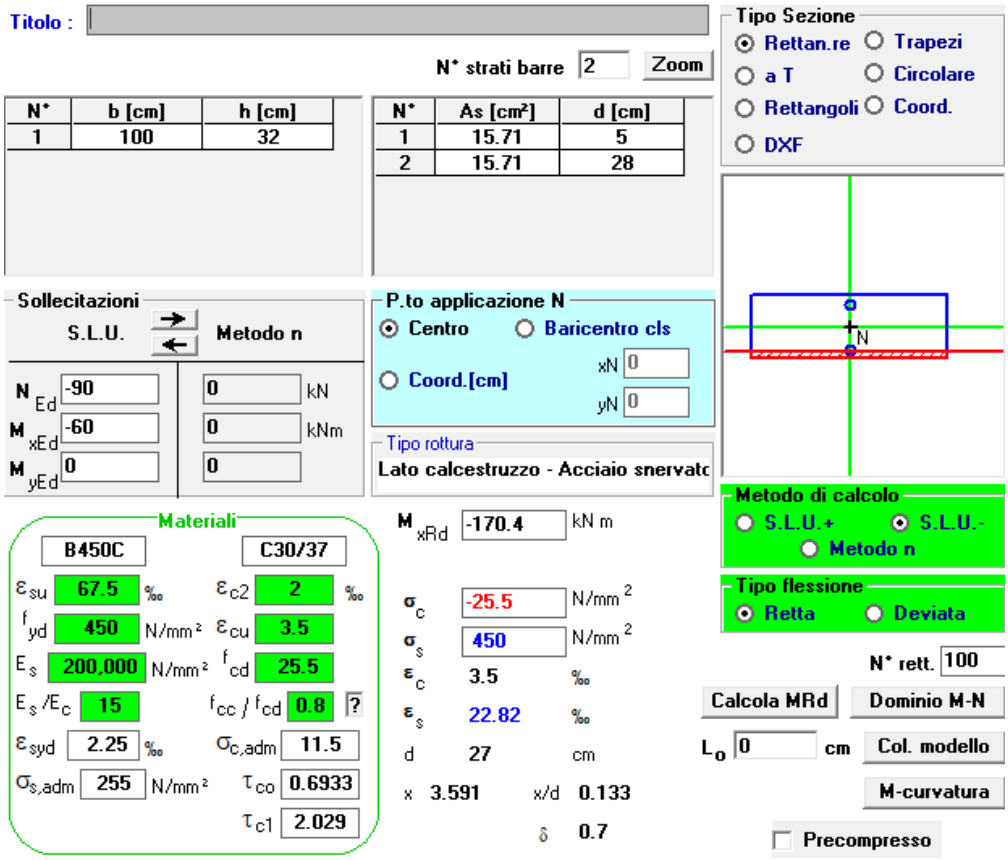


Valore del momento flettente allo spiccato del cordolo



Valore della trazione allo spiccato del cordolo

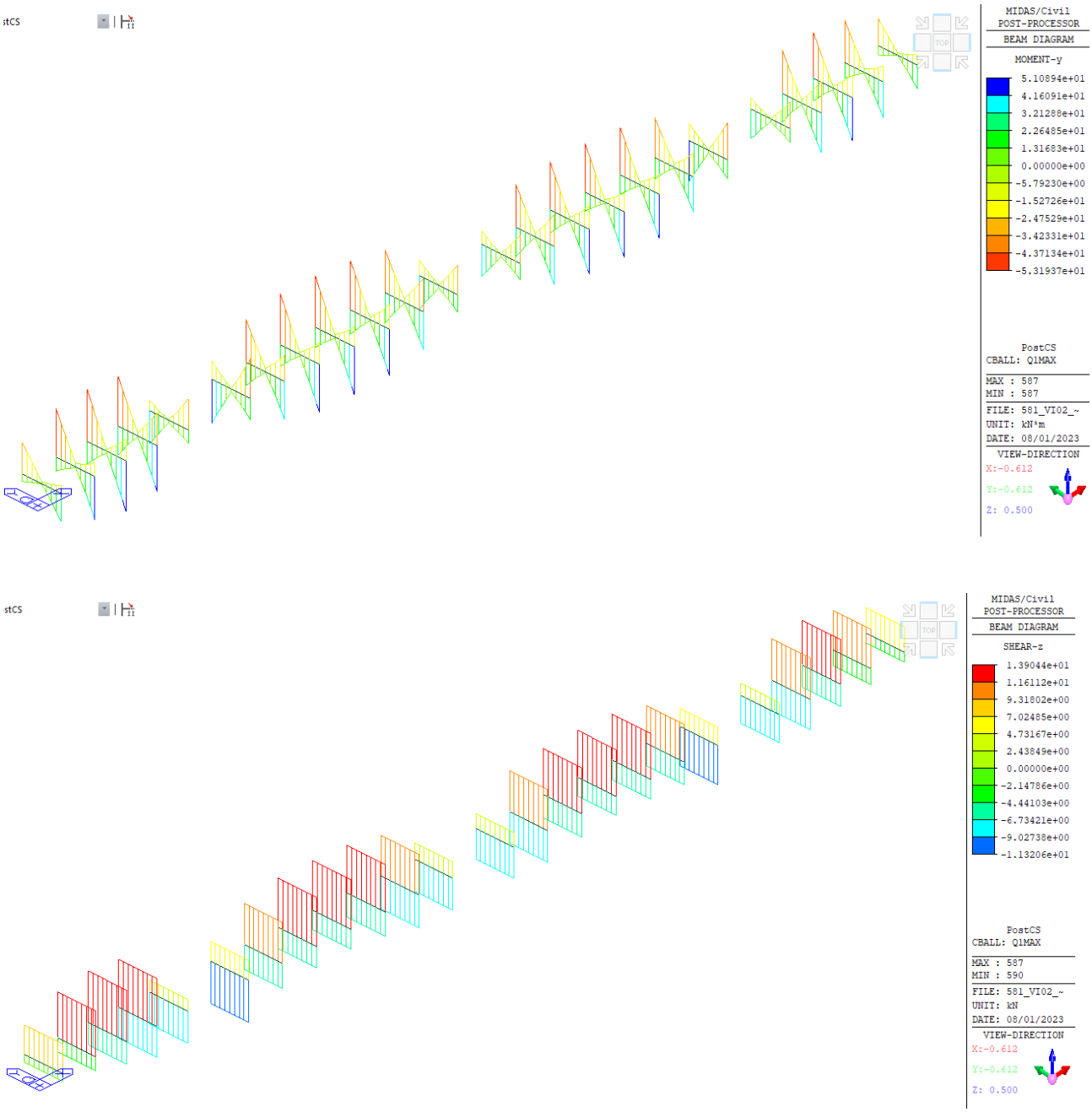
In corrispondenza della sezione di spiccato la sollecitazione flettente è minore di 50 kNm/metro ed una trazione di 90 kN/m.
Considerando un momento flettente aggiuntivo di 12 kNm/metro dovuto ai pesi permanenti ed alla barriera si ha la seguente verifica a tenso-flessione.


Titolo :
N° strati barre 2
Zoom
N° | b [cm] | h [cm]
1 | 100 | 32
N° | As [cm²] | d [cm]
1 | 15.71 | 5
2 | 15.71 | 28
Tipo Sezione
Rettan.re
Trapezi
a T
Circolare
Rettangoli
Coord.
DXF
Sollecitazioni
S.L.U.
Metodo n
N Ed -90 0 kN
M xEd -60 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
Materiali
B450C
C30/37
ε su 67.5 ‰
ε c2 2 ‰
f yd 450 N/mm²
ε cu 3.5
E s 200,000 N/mm²
f cd 25.5
E s /E c 15
f cc / f cd 0.8
ε syd 2.25 ‰
σ c,adm 11.5
σ s,adm 255 N/mm²
τ co 0.6933
τ c1 2.029
M xRd -170.4 kN m
σ c -25.5 N/mm²
σ s 450 N/mm²
ε c 3.5 ‰
ε s 22.82 ‰
d 27 cm
x 3.591 x/d 0.133
δ 0.7
N
Metodo di calcolo
S.L.U.+
S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta
Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L o 0 cm
Col. modello
M-curvatura
Precompresso

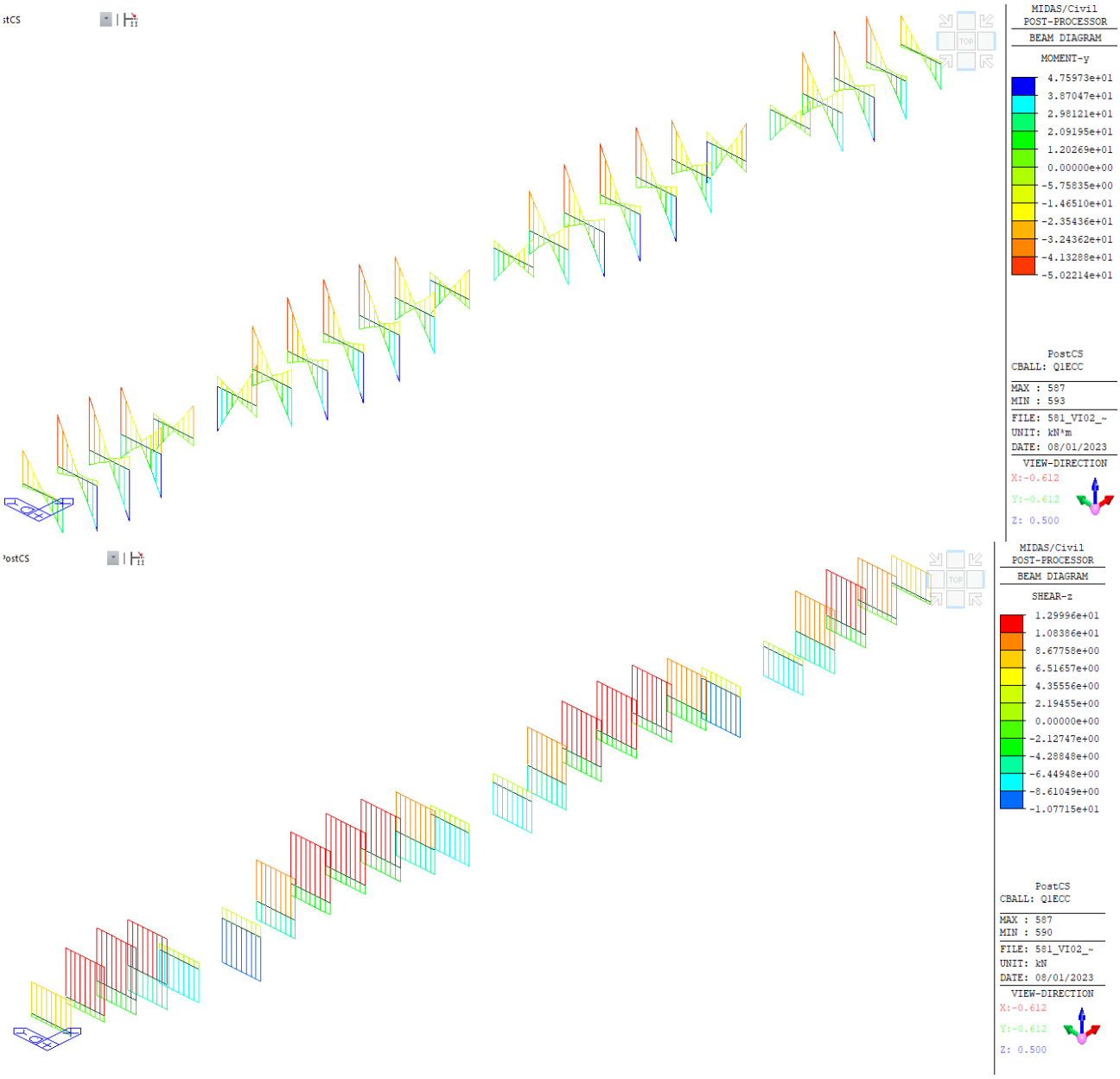
18. TRAVERSI

18.1. TRAVERSO CORRENTE

Per il dimensionamento del traverso corrente si considera lo stato di sollecitazione derivante dal comportamento globale sotto l'effetto dei carichi mobili:

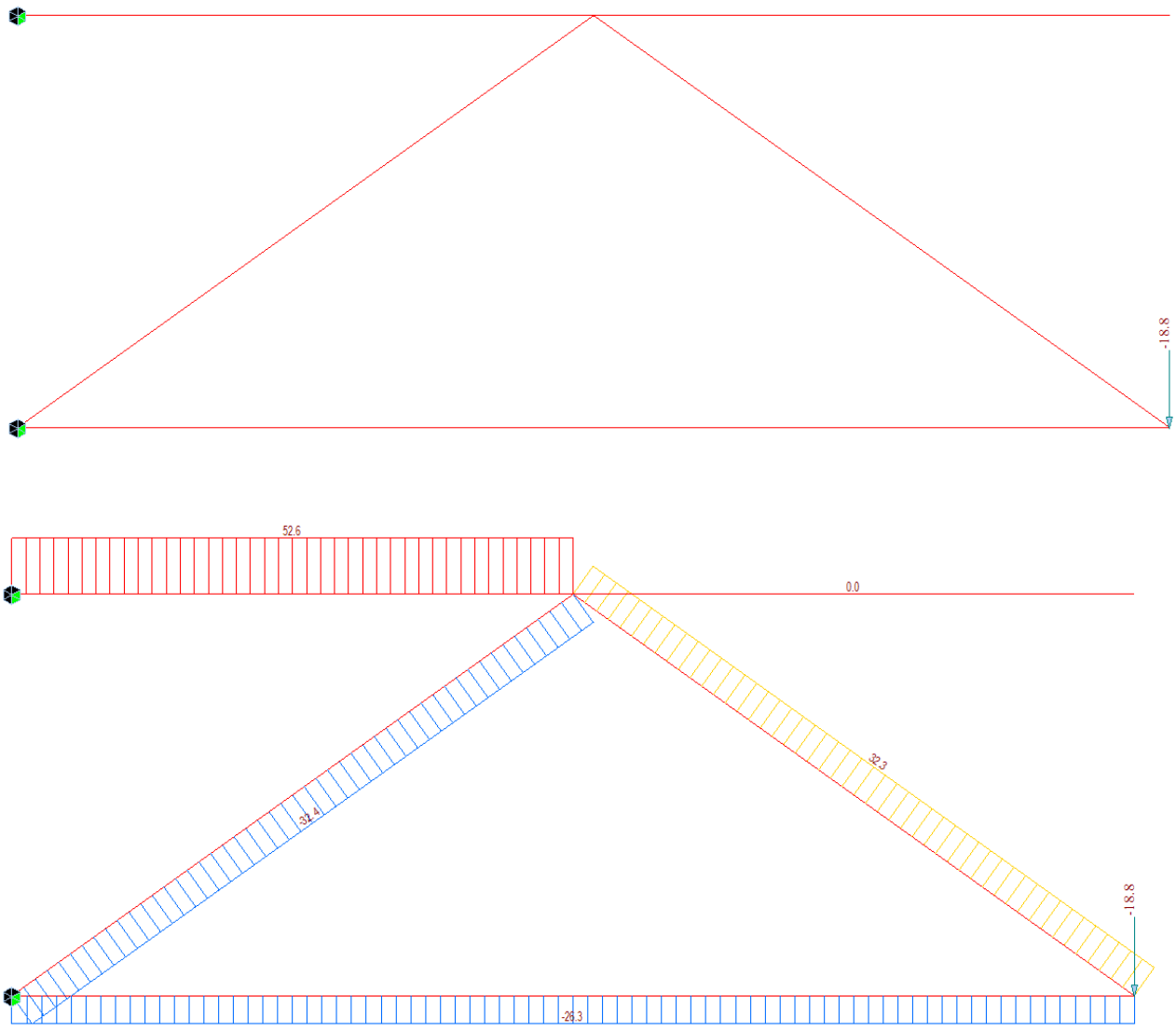


Sforzi di flessione e taglio in condizione di carico mobile massimo

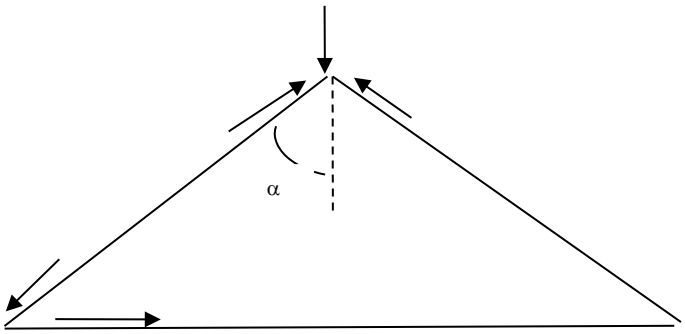


Sforzi di flessione e taglio in condizione di carico mobile eccentrico

Il momento flettente massimo è pari a 53.2 kNm mentre il taglio massimo è pari a 13.9 kN.
Il momento flettente si ripartisce sui correnti, considerando una altezza media di 2.5m si ha: 53.2x1.35/2.5=28.72 kN di sforzo.
L'azione di taglio 13.9x1.35=18.76 kN viene ripartita nel seguente modo:



Allo sforzo globale si aggiunge quello locale trasmesso dalla longherina, tramite il seguente schema:



Dove, essendo P lo sforzo trasmesso dalla longherina, lo sforzo del diagonale è pari:

- Ndiag= (P/2)/cos(α)

Lo sforzo di trazione nel corrente inferiore è pari a:

- Ncorr= Ndiag cos(90-α)

Per ricapitolare:

Htrave	**2.5**	sle	corrente	Diag	slu	corrente	Diag
	Mslu	54	21.6		72.9	29.2	
	Tslu	14	39.0	24.0	18.9	**52.6**	**32.4**
	longherina	965.73	**629.3**	**793.2**		**855.7**	**1078.6**
			689.8	**612.7**		**937.5**	**1111.0**

Si riporta di seguito la verifica dei profili:

CORRENTE SUPERIORE			**CORRENTE inferiore**			**DIAGONALE**		
8.176	**-8.176**	**SLU**	**93.746**	**-8.176**	**SLU**	**111.099**	**-111.099**	**SLU**
6.056	**-6.056**	**SLE variabile**	**68.984**	**6.056**	**SLE**	**82.295**	**-82.295**	**SLE variabile**
RISULTATI			**RISULTATI**			**RISULTATI**		
COMPRESSIONE	OK	**0.037**	COMPRESSIONE	OK	**0.160**	COMPRESSIONE	OK	**0.400**
TRAZIONE	OK	**0.037**	TRAZIONE	OK	**0.326**	TRAZIONE	OK	**0.386**
lunghezza dell'asta	3.3	cm	lunghezza dell'asta	750	cm	lunghezza dell'asta	4.7	cm
Tipo di vincolo asta	*entrambi i vincoli a cerniera*		Tipo di vincolo asta	*entrambi i vincoli a cerniera*		Tipo di vincolo asta	*entrambi i vincoli a cerniera*	
profilo	L 120 x 15		profilo	L 150 x 15		profilo	L 150 x 15	
Tipo composizione	E		Tipo composizione	E		Tipo composizione	E	
Due angolari accoppiati orizzontalmente			*Due angolari accoppiati orizzontalmente*			*Due angolari accoppiati orizzontalmente*		
A (singolo profilo) =	33.93	cm^2	A (singolo profilo) =	43.02	cm^2	A (singolo profilo) =	43.02	cm^2
e_X (singolo profilo) =	3.51	cm	e_X (singolo profilo) =	4.25	cm	e_X (singolo profilo) =	4.25	cm
e_Y (singolo profilo) =	3.51	cm	e_Y (singolo profilo) =	4.25	cm	e_Y (singolo profilo) =	4.25	cm
u (singolo profilo) =		cm	u (singolo profilo) =		cm	u (singolo profilo) =		cm
v (singolo profilo) =		cm	v (singolo profilo) =		cm	v (singolo profilo) =		cm
Jx (singolo profilo) =	444.90	cm^4	Jx (singolo profilo) =	898.10	cm^4	Jx (singolo profilo) =	898.10	cm^4
Jy (singolo profilo) =	444.90	cm^4	Jy (singolo profilo) =	898.10	cm^4	Jy (singolo profilo) =	898.10	cm^4
Jmax (singolo profilo) =		cm^4	Jmax (singolo profilo) =		cm^4	Jmax (singolo profilo) =		cm^4
Jmin (singolo profilo) =		cm^4	Jmin (singolo profilo) =		cm^4	Jmin (singolo profilo) =		cm^4
A (composizione) =	**68**	**cm^2**	**A (composizione) =**	**86.04**	**cm^2**	**A (composizione) =**	**86**	**cm^2**
J_X (composizione) =	**890**	**cm^4**	**J_X (composizione) =**	**1.796**	**cm^4**	**J_X (composizione) =**	**1.796**	**cm^4**
J_Y (composizione) =	**2.121**	**cm^4**	**J_Y (composizione) =**	**3.947**	**cm^4**	**J_Y (composizione) =**	**3.947**	**cm^4**
J_{max} (composizione) =	**2.121**	**cm^4**	**J_{max} (composizione) =**	**3.947**	**cm^4**	**J_{max} (composizione) =**	**3.947**	**cm^4**
J_{min} (composizione) =	**890**	**cm^4**	**J_{min} (composizione) =**	**1.796**	**cm^4**	**J_{min} (composizione) =**	**1.796**	**cm^4**
Sp. piatto collegamento =	1.5	cm	Sp. piatto collegamento =	1.5	cm	Sp. piatto collegamento =	1.5	cm
Sp. profilo =	1.5	cm	Sp. profilo =	1.5	cm	Sp. profilo =	1.5	cm

Verifiche di stabilità di aste compresse		
	piano XX	*piano YY*
L0 =	-5	-5
i_min [cm] =	3.6	5.6
passo imbottiture =	*54.3*	*cm*
β =	1	1
λ geometrica =	-1.4	-0.9
fy [DaN/cm2] =	3550	3550
Ncr [DaN] =	682.032.004	1625974213.3
λ^ =	0.019	0.0
Curva instabilità	b	b
α =	0.34	0.34
Φ =	0.469	0.5
χ =	1.000	1.0
Nb,Rd [daN] =	219.003	219.003
Nb,Ed [daN] =	8.176	8.176
NEd/NRd [daN] =	**0.037**	**0.037**
Verifiche a trazione		
n° fori =	2	
bulloni M	24	mm
gioco foro bullone	1.5	NTC
Φ foro =	2.6	cm
A_net =	60	cm^2
Nt,Rd =	221.091	DaN
β =	0.5196	
Nt,Rd prof ad L =	--	DaN
Nt,Ed =	8.176	DaN
Nt,Ed/Nt,Rd =	**0.037**	

Verifiche di stabilità di aste compresse		
	piano XX	*piano YY*
L0 =	750	750
i_min [cm] =	4.6	6.8
passo imbottiture =	*68.5*	*cm*
β =	1	1
λ geometrica =	164.1	110.7
fy [DaN/cm2] =	3550	3550
Ncr [DaN] =	66.184	145440.6
λ^ =	2.148	1.4
Curva instabilità	b	b
α =	0.34	0.34
Φ =	3.139	1.8
χ =	0.184	0.4
Nb,Rd [daN] =	51.164	100.410
Nb,Ed [daN] =	8.176	8.176
NEd/NRd [daN] =	**0.160**	**0.081**
Verifiche a trazione		
n° fori =	2	
bulloni M	24	mm
gioco foro bullone	1.5	NTC
Φ foro =	2.6	cm
A_net =	78	cm^2
Nt,Rd =	287.848	DaN
β =	0.6137	
Nt,Rd prof ad L =	--	DaN
Nt,Ed =	93.746	DaN
Nt,Ed/Nt,Rd =	**0.326**	

Verifiche di stabilità di aste compresse		
	piano XX	*piano YY*
L0 =	5	5
i_min [cm] =	4.6	6.8
passo imbottiture =	*68.5*	*cm*
β =	1	1
λ geometrica =	1.0	0.7
fy [DaN/cm2] =	3550	3550
Ncr [DaN] =	1.685.303.087	3703500915.9
λ^ =	0.013	0.0
Curva instabilità	b	b
α =	0.34	0.3
Φ =	0.468	0.5
χ =	1.000	1.0
Nb,Rd [daN] =	277.675	277.675
Nb,Ed [daN] =	111.099	111.099
NEd/NRd [daN] =	**0.400**	**0.400**
Verifiche a trazione		
n° fori =	2	
bulloni M	24	mm
gioco foro bullone	1.5	NTC
Φ foro =	2.6	cm
A_net =	78	cm^2
Nt,Rd =	287.848	DaN
β =	0.5196	
Nt,Rd prof ad L =	--	DaN
Nt,Ed =	111.099	DaN
Nt,Ed/Nt,Rd =	**0.386**	

Verifica di resistenza dei giunti agli SLU a taglio		
bulloni M	24	10.9
Disposizione bulloni / geo	quinconce	e
	piastra	*profilo*
e1 [mm]	50	50
	OK	OK
e2 [mm]	55	55
	OK	OK
p1 [mm]	70	70
	OK	OK
p2 [mm]	210	210
	max 210	max 210
L [mm]	213	213
fub	10000	kg/cm2
Fv,s Rd	18.096	daN
Fv,s Rd_tot	36.191	daN
n° min taglio =	**1**	bulloni
Verifica a rifollamento piasta e profilo		
piastra	1.5	cm
profilo	1.5	cm
sp coprigiunto	0	cm
	piastra	*profilo*
αest =	0.65	0.65
αint =	0.67	0.67
kest =	2.50	2.50
kint =	2.14	2.14
Fb, Rd (bordo) [DaN] =	24.000	48.000
Fb, Rd (interni) [DaN] =	20.934	41.868
F Rd,rifollamento =	20.934	DaN
n° min rifollamento =	**1**	minimo su piastra

Verifica di resistenza dei giunti agli SLU a taglio		
bulloni M	24	10.9
Disposizione bulloni	quinconce	d
	piastra	*profilo*
e1 [mm]	50	50
	OK	OK
e2 [mm]	45	45
	OK	OK
p1 [mm]	100	100
	OK	OK
p2 [mm]	45	45
	OK	OK
L [mm]	67	67
fub	10000	kg/cm2
Fv,s Rd	18.096	daN
Fv,s Rd_tot	36.191	daN
n° min taglio =	**3**	bulloni
Verifica a rifollamento piasta e profilo		
piastra	1.5	cm
profilo	1.5	cm
sp coprigiunto	0	cm
	piastra	*profilo*
αest =	0.65	0.65
αint =	1.00	1.00
kest =	2.50	2.50
kint =	2.50	2.50
Fb, Rd (bordo) [DaN] =	24.000	48.000
Fb, Rd (interni) [DaN] =	36.720	73.440
F Rd,rifollamento =	24.000	DaN
n° min rifollamento =	**4**	minimo su piastra

Verifica di resistenza dei giunti agli SLU a taglio		
bulloni M	24	10.9
Disposizione bulloni	quinconce	e
	piastra	*profilo*
e1 [mm]	50	50
	OK	OK
e2 [mm]	55	55
	OK	OK
p1 [mm]	70	70
	OK	OK
p2 [mm]	210	210
	max 210	max 210
L [mm]	213	213
fub	10000	kg/cm2
Fv,s Rd	18.096	daN
Fv,s Rd_tot	36.191	daN
n° min taglio =	**4**	bulloni
Verifica a rifollamento piasta e profilo		
piastra	1.5	cm
profilo	1.5	cm
sp coprigiunto	0	cm
	piastra	*profilo*
αest =	0.65	0.65
αint =	0.67	0.67
kest =	2.50	2.50
kint =	2.14	2.14
Fb, Rd (bordo) [DaN] =	24.000	48.000
Fb, Rd (interni) [DaN] =	20.934	41.868
F Rd,rifollamento =	20.934	DaN
n° min rifollamento =	**6**	minimo su piastra

Verifica di resistenza dei giunti ad attrito		
Verifica agli =	SLE	categoria B
μ	0.3	
A_{res} =	353	mm2
$F_{p,Cd}$ =	22.464	DaN
$F_{s,Rd}$ singola superficie =	6.739	DaN
$F_{s,Rd}$ =	13.478	DaN
Nt,Ed =	6.056	DaN
n° min attrito =	1	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
carico	eccentrico	
L netta sup. taglio	5.0	cm
L netta sup. trazione	26.5	cm
spessore verifica	1.5	cm
A_{nv}	7.5	cm2
A_{nt}	39.8	cm2
V_{Rd}	173.640	DaN
$N_{trazione,max}$	8.176	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	0.047	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
Lato piatto collegamento		
carico	centrato	
L netta sup. taglio	8.5	cm
L netta sup. trazione	47.5	cm
$A_{nv,piatto}$	12.8	cm2
$A_{nt,piatto}$	71.3	cm2
$V_{Rd,piatto}$	*594.888*	*DaN*
Lato profili		
carico	eccentrico	
L netta sup. taglio	8.5	cm
L netta sup. trazione	47.5	cm
$A_{nv,profilo}$	25.5	cm2
$A_{nt,profilo}$	142.5	cm2
$V_{Rd,profilo}$	*619.776*	*DaN*
$N_{trazione,max}$	8.176	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	**0.014**	
VERIFICHE saldatura piatto all'anima delle travi		
Angolo collegamento	0.0	°
Azione longitudinale	8176	
L saldatura parallela	300	mm
Z lato saldatura parallela	14	mm
N. cordoni saldatura paral.	2	
L saldatura perpendicolare	750	mm
Z lato saldatura perp.	14	mm
N. cordoni saldatura perp.	2	
Tensione saldatura Ed	4	MPa
Tensione saldatura Rd	249	MPa
Ed/Rd	**0.017**	

Verifica di resistenza dei giunti ad attrito		
Verifica agli =	SLE	categoria B
μ	0.3	
A_{res} =	353	mm2
$F_{p,Cd}$ =	22.464	DaN
$F_{s,Rd}$ singola superficie =	6.739	DaN
$F_{s,Rd}$ =	13.478	DaN
Nt,Ed =	68.984	DaN
n° min attrito =	6	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
carico	eccentrico	
L netta sup. taglio	55.0	cm
L netta sup. trazione	9.0	cm
spessore verifica	1.5	cm
A_{nv}	82.5	cm2
A_{nt}	13.5	cm2
V_{Rd}	215.039	DaN
$N_{trazione,max}$	93.746	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	0.436	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
Lato piatto collegamento		
carico	centrato	
L netta sup. taglio	29.4	cm
L netta sup. trazione	38.4	cm
$A_{nv,piatto}$	44.0	cm2
$A_{nt,piatto}$	57.5	cm2
$V_{Rd,piatto}$	*546.137*	*DaN*
Lato profili		
carico	centrato	
L netta sup. taglio	58.7	cm
L netta sup. trazione	4.9	cm
$A_{nv,profilo}$	176.1	cm2
$A_{nt,profilo}$	14.7	cm2
$V_{Rd,profilo}$	*461.346*	*DaN*
$N_{trazione,max}$	93.746	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	**0.203**	
VERIFICHE saldatura piatto all'anima delle travi		
Angolo collegamento	0.0	°
Azione longitudinale	93746	
L saldatura parallela	300	mm
Z lato saldatura parallela	14	mm
N. cordoni saldatura paral.	2	
L saldatura perpendicolare	750	mm
Z lato saldatura perp.	14	mm
N. cordoni saldatura perp.	2	
Tensione saldatura Ed	48	MPa
Tensione saldatura Rd	249	MPa
Ed/Rd	**0.192**	

Verifica di resistenza dei giunti ad attrito		
Verifica agli =	SLE	categoria B
μ	0.3	
A_{res} =	353	mm2
$F_{p,Cd}$ =	22.464	DaN
$F_{s,Rd}$ singola superficie =	6.739	DaN
$F_{s,Rd}$ =	13.478	DaN
Nt,Ed =	82.295	DaN
n° min attrito =	7	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
carico	eccentrico	
L netta sup. taglio	47.0	cm
L netta sup. trazione	26.5	cm
spessore verifica	1.5	cm
A_{nv}	70.5	cm2
A_{nt}	39.8	cm2
V_{Rd}	296.616	DaN
$N_{trazione,max}$	111.099	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	0.375	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
Lato piatto collegamento		
carico	centrato	
L netta sup. taglio	20.8	cm
L netta sup. trazione	38.8	cm
$A_{nv,piatto}$	31.2	cm2
$A_{nt,piatto}$	58.2	cm2
$V_{Rd,piatto}$	*526.502*	*DaN*
Lato profili		
carico	eccentrico	
L netta sup. taglio	20.8	cm
L netta sup. trazione	38.8	cm
$A_{nv,profilo}$	62.4	cm2
$A_{nt,profilo}$	116.4	cm2
$V_{Rd,profilo}$	*587.404*	*DaN*
$N_{trazione,max}$	111.099	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	**0.211**	
VERIFICHE saldatura piatto all'anima delle travi		
Angolo collegamento	0.0	°
Azione longitudinale	111099	
L saldatura parallela	300	mm
Z lato saldatura parallela	14	mm
N. cordoni saldatura paral.	2	
L saldatura perpendicolare	750	mm
Z lato saldatura perp.	14	mm
N. cordoni saldatura perp.	2	
Tensione saldatura Ed	56	MPa
Tensione saldatura Rd	249	MPa
Ed/Rd	**0.227**	

18.2. TRAVERSI IN APPOGGIO

La sollecitazione dei traversi in appoggio deriva dalle azioni orizzontali (vento e sisma) e dalla azione trasmessa dalla longherina della soletta.

Per il sisma la sollecitazione massima nei diagonali è di 599 kN a cui vanno aggiunti le azioni trasmesse dalla longherina .
Mentre per il corrente inferiore la sollecitazione massima è di 838 kN in condizione SLU.

Htrave	2.5	sle	corrente	Diag	slu	corrente	Diag
	Mslu						
	Tslu		620.7	443.7		**838.0**	**599.0**
	longherina	965.73	**629.3**	**793.2**		**855.7**	**1078.6**
			1250.0	**1236.9**		**1693.7**	**1677.6**

CORRENTE			DIAGONALE		
169.370	**-169.370**	**SLU**	**167.759**	**-167.759**	**SLU**
125.002	**-125.459**	**SLE**	**123.690**	**-123.690**	**SLE variabile**
RISULTATI			**RISULTATI**		
COMPRESSIONE	**OK**	**0.744**	COMPRESSIONE	**OK**	**0.431**
TRAZIONE	**OK**	**0.335**	TRAZIONE	**OK**	**0.323**
lunghezza dell'asta	750	cm	lunghezza dell'asta	470	cm
Tipo di vincolo asta	*entrambi i vincoli a cerniera*		Tipo di vincolo asta	*entrambi i vincoli a cerniera*	
profilo	**L 150 x 15**		profilo	**L 150 x 15**	
Tipo composizione	**I**		Tipo composizione	**I**	
Quattro angolari a croce			*Quattro angolari a croce*		
A (singolo profilo) =	43.02	cm^2	A (singolo profilo) =	43.02	cm^2
e_X (singolo profilo) =	4.25	cm	e_X (singolo profilo) =	4.25	cm
e_y (singolo profilo) =	4.25	cm	e_y (singolo profilo) =	4.25	cm
u (singolo profilo) =		cm	u (singolo profilo) =		cm
v (singolo profilo) =		cm	v (singolo profilo) =		cm
Jx (singolo profilo) =	898.10	cm^4	Jx (singolo profilo) =	898.10	cm^4
Jy (singolo profilo) =	898.10	cm^4	Jy (singolo profilo) =	898.10	cm^4
Jmax (singolo profilo) =		cm^4	Jmax (singolo profilo) =		cm^4
Jmin (singolo profilo) =		cm^4	Jmin (singolo profilo) =		cm^4
A (composizione) =	**172.08**	**cm^2**	**A (composizione) =**	**172**	**cm^2**
J_X (composizione) =	**9.282**	**cm^4**	**J_X (composizione) =**	**9.282**	**cm^4**
J_Y (composizione) =	**9.282**	**cm^4**	**J_Y (composizione) =**	**9.282**	**cm^4**
J_{max} (composizione) =	**9.282**	**cm^4**	**J_{max} (composizione) =**	**9.282**	**cm^4**
J_{min} (composizione) =	**9.282**	**cm^4**	**J_{min} (composizione) =**	**9.282**	**cm^4**
Sp. piatto collegamento =	3	cm	Sp. piatto collegamento =	3	cm
Sp. profilo =	1.5	cm	Sp. profilo =	1.5	cm

Verifiche di stabilità di aste compresse			Verifiche di stabilità di aste compresse		
	piano XX	*piano YY*		*piano XX*	*piano YY*
L0 =	750	750	L0 =	470	470
i_min [cm] =	7.3	7.3	i_min [cm] =	7.3	7.3
passo imbottiture =	*110.2*	*cm*	*passo imbottiture* =	*110.2*	*cm*
β =	1	1	β =	1	1
λ geometrica =	102.1	102.1	λ geometrica =	64.0	64.0
fy [DaN/cm2] =	3550	3550	fy [DaN/cm2] =	3550	3550
Ncr [DaN] =	342.002	342001.9	Ncr [DaN] =	870.874	870873.9
λ^ =	1.336	1.3	λ^ =	0.838	0.8
Curva instabilità	b	b	Curva instabilità	b	b
α =	0.34	0.34	α =	0.34	0.3
Φ =	1.586	1.6	Φ =	0.959	1.0
χ =	0.410	0.4	χ =	0.701	0.7
Nb,Rd [daN] =	227.528	227.528	Nb,Rd [daN] =	389.315	389.315
Nb,Ed [daN] =	169.370	169.370	Nb,Ed [daN] =	167.759	167.759
NEd/NRd [daN] =	**0.744**	**0.744**	NEd/NRd [daN] =	**0.431**	**0.431**
Verifiche a trazione			**Verifiche a trazione**		
n° fori =	8		n° fori =	8	
bulloni M	27	mm	bulloni M	24	mm
gioco foro bullone	1.5	NTC	gioco foro bullone	1.5	NTC
Φ foro =	2.9	cm	Φ foro =	2.6	cm
A_net =	138	cm^2	A_net =	141	cm^2
Nt,Rd =	506.295	DaN	Nt,Rd =	519.515	DaN
β =	0.5526		β =	0.6137	
Nt,Rd prof ad L =	--	DaN	Nt,Rd prof ad L =	--	DaN
Nt,Ed =	169.370	DaN	Nt,Ed =	167.759	DaN
Nt,Ed/Nt,Rd =	**0.335**		Nt,Ed/Nt,Rd =	**0.323**	

Verifica di resistenza dei giunti agli SLU a taglio		
bulloni M	27	10.9
Disposizione bulloni	quinconce	c
	piastra	*profilo*
e1 [mm]	50	50
	OK	OK
e2 [mm]	45	45
	OK	OK
p1 [mm]	90	90
	OK	OK
p2 [mm]	45	45
	min 69	min 69
L [mm]	64	64
fub	10000	kg/cm2
Fv,s Rd	22.902	daN
Fv,s Rd_tot	45.804	daN
n° min taglio =	**4**	bulloni
Verifica a rifollamento piasta e profilo		
piastra	3	cm
profilo	1.5	cm
sp coprigiunto	0	cm
	piastra	*profilo*
αest =	0.58	0.58
αint =	0.80	0.80
kest =	2.50	2.50
kint =	2.50	2.50
Fb, Rd (bordo) [DaN] =	48.316	48.316
Fb, Rd (interni) [DaN] =	66.313	66.313
F Rd,rifollamento =	48.316	DaN
n° min rifollamento =	**4**	minimo su piastra

Verifica di resistenza dei giunti agli SLU a taglio		
bulloni M	24	10.9
Disposizione bulloni	quinconce	d
	piastra	*profilo*
e1 [mm]	50	50
	OK	OK
e2 [mm]	45	45
	OK	OK
p1 [mm]	100	100
	OK	OK
p2 [mm]	45	45
	OK	OK
L [mm]	67	67
fub	10000	kg/cm2
Fv,s Rd	18.096	daN
Fv,s Rd_tot	36.191	daN
n° min taglio =	**5**	bulloni
Verifica a rifollamento piasta e profilo		
piastra	3	cm
profilo	1.5	cm
sp coprigiunto	0	cm
	piastra	*profilo*
αest =	0.65	0.65
αint =	1.00	1.00
kest =	2.50	2.50
kint =	2.50	2.50
Fb, Rd (bordo) [DaN] =	48.000	48.000
Fb, Rd (interni) [DaN] =	73.440	73.440
F Rd,rifollamento =	48.000	DaN
n° min rifollamento =	**4**	minimo su piastra

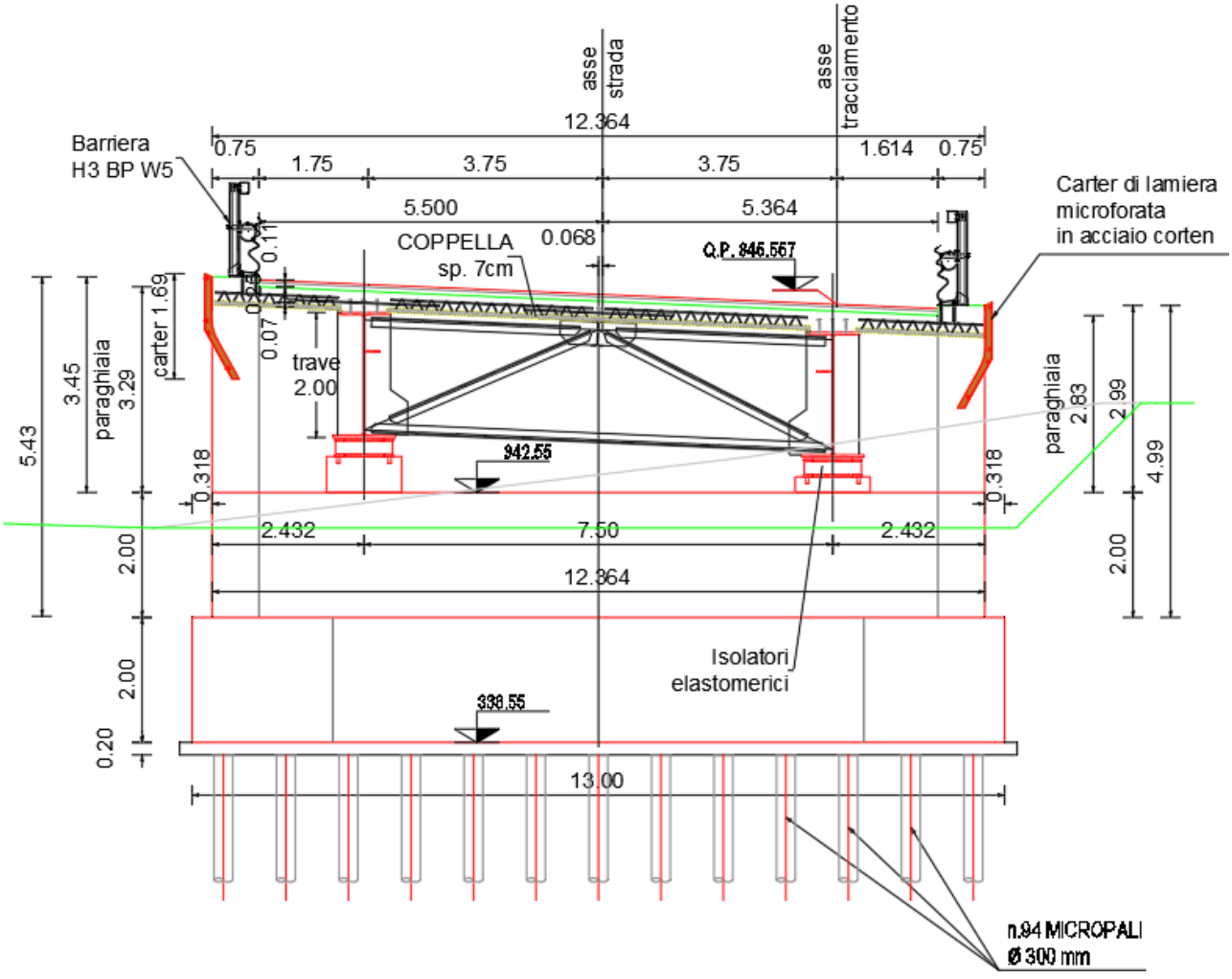
Verifica di resistenza dei giunti ad attrito		
Verifica agli =	SLE	categoria B
μ	0.3	
A_{res} =	459	mm2
$F_{p,Cd}$ =	29.209	DaN
$F_{s,Rd}$ singola superficie =	8.763	DaN
$F_{s,Rd}$ =	17.525	DaN
Nt,Ed =	125.459	DaN
n° min attrito =	**8**	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
carico	eccentrico	
L netta sup. taglio	68.0	cm
L netta sup. trazione	9.0	cm
spessore verifica	1.5	cm
A_{nv}	102.0	cm2
A_{nt}	13.5	cm2
V_{Rd}	253.103	DaN
$N_{trazione,max}$	169.370	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	0.669	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
Lato piatto collegamento		
carico	centrato	
L netta sup. taglio	28.5	cm
L netta sup. trazione	37.5	cm
$A_{nv,piatto}$	85.4	cm2
$A_{nt,piatto}$	112.4	cm2
$V_{Rd,piatto}$	*1.065.403*	*DaN*
Lato profili		
carico	centrato	
L netta sup. taglio	56.9	cm
L netta sup. trazione	4.3	cm
$A_{nv,profilo}$	341.4	cm2
$A_{nt,profilo}$	25.8	cm2
$V_{Rd,profilo}$	*872.811*	*DaN*
$N_{trazione,max}$	169.370	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	**0.194**	
VERIFICHE saldatura piatto all'anima delle travi		
Angolo collegamento	0.0	°
Azione longitudinale	169370	
L saldatura parallela	300	mm
Z lato saldatura parallela	14	mm
N. cordoni saldatura paral.	2	
L saldatura perpendicolare	750	mm
Z lato saldatura perp.	14	mm
N. cordoni saldatura perp.	2	
Tensione saldatura Ed	86	MPa
Tensione saldatura Rd	249	MPa
Ed/Rd	**0.346**	

Verifica di resistenza dei giunti ad attrito		
Verifica agli =	SLE	categoria B
μ	0.3	
A_{res} =	353	mm2
$F_{p,Cd}$ =	22.464	DaN
$F_{s,Rd}$ singola superficie =	6.739	DaN
$F_{s,Rd}$ =	13.478	DaN
Nt,Ed =	123.690	DaN
n° min attrito =	**10**	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
carico	eccentrico	
L netta sup. taglio	95.0	cm
L netta sup. trazione	9.0	cm
spessore verifica	1.5	cm
A_{nv}	142.5	cm2
A_{nt}	13.5	cm2
V_{Rd}	332.159	DaN
$N_{trazione,max}$	167.759	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	0.505	
VERIFICHE a strappo (EC3-1-8 par. 3.10.2)		
Lato piatto collegamento		
carico	centrato	
L netta sup. taglio	42.0	cm
L netta sup. trazione	0.5	cm
$A_{nv,piatto}$	125.9	cm2
$A_{nt,piatto}$	1.4	cm2
$V_{Rd,piatto}$	*256.458*	*DaN*
Lato profili		
carico	eccentrico	
L netta sup. taglio	42.0	cm
L netta sup. trazione	0.5	cm
$A_{nv,profilo}$	251.7	cm2
$A_{nt,profilo}$	2.7	cm2
$V_{Rd,profilo}$	*502.117*	*DaN*
$N_{trazione,max}$	167.759	DaN
N_{Ed}/V_{Rd} =	**0.654**	
VERIFICHE saldatura piatto all'anima delle travi		
Angolo collegamento	0.0	°
Azione longitudinale	167759	
L saldatura parallela	300	mm
Z lato saldatura parallela	14	mm
N. cordoni saldatura paral.	2	
L saldatura perpendicolare	750	mm
Z lato saldatura perp.	14	mm
N. cordoni saldatura perp.	2	
Tensione saldatura Ed	85	MPa
Tensione saldatura Rd	249	MPa
Ed/Rd	**0.343**	

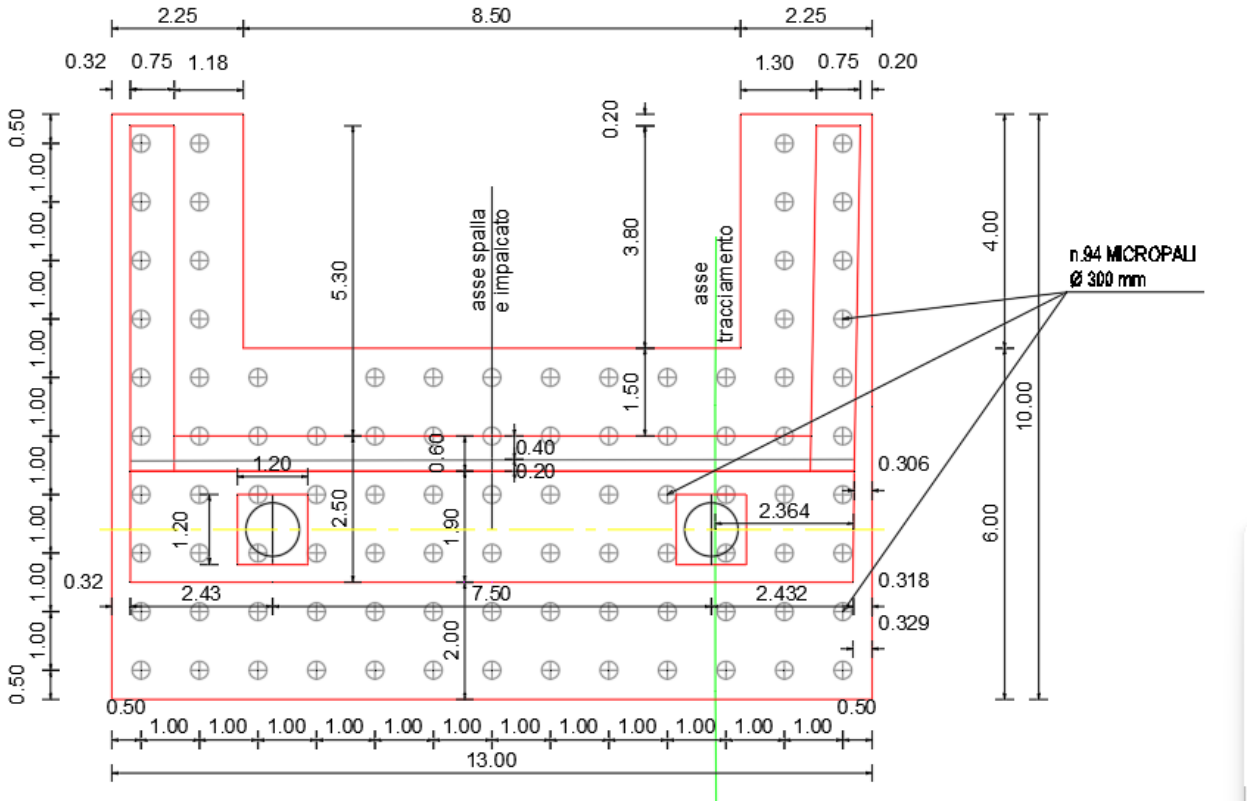
19. SPALLA

Per il dimensionamento delle strutture di spalla si è fatto riferimento alla spalla A che presenta una geometria più sfavorevole con una larghezza di 12.36m.
La spalla è costituita da un muro frontale con altezza di 2.2 m e spessore di 2.5m supportato su di un plinto di 2m di spessore fondato su 94 micropali.

SPALLA A
VISTA FRONTALE



PIANTA



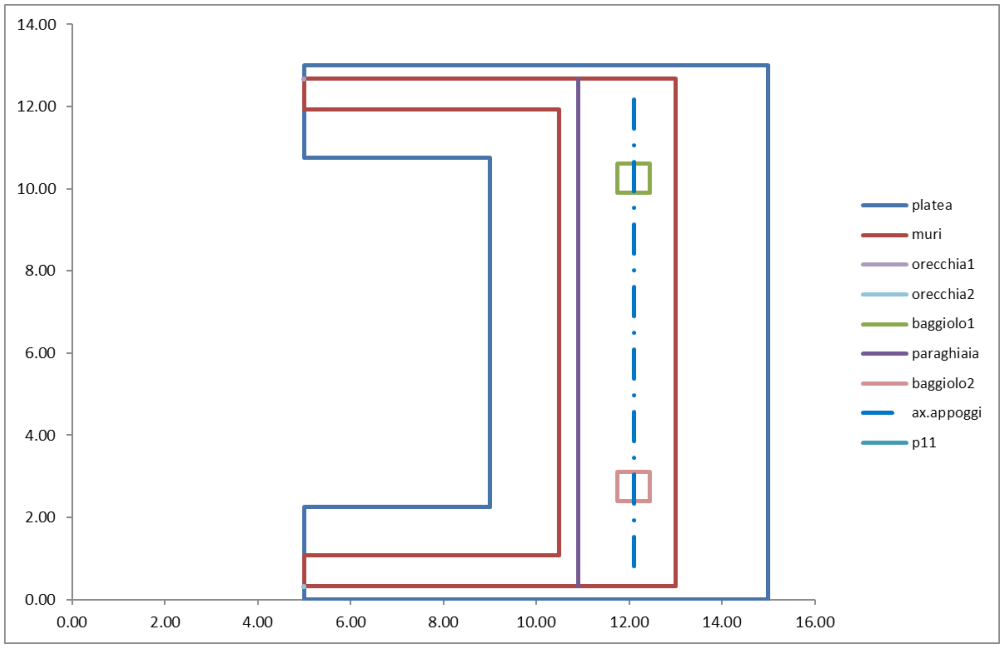
Geometria della spalla

Geometria spalla

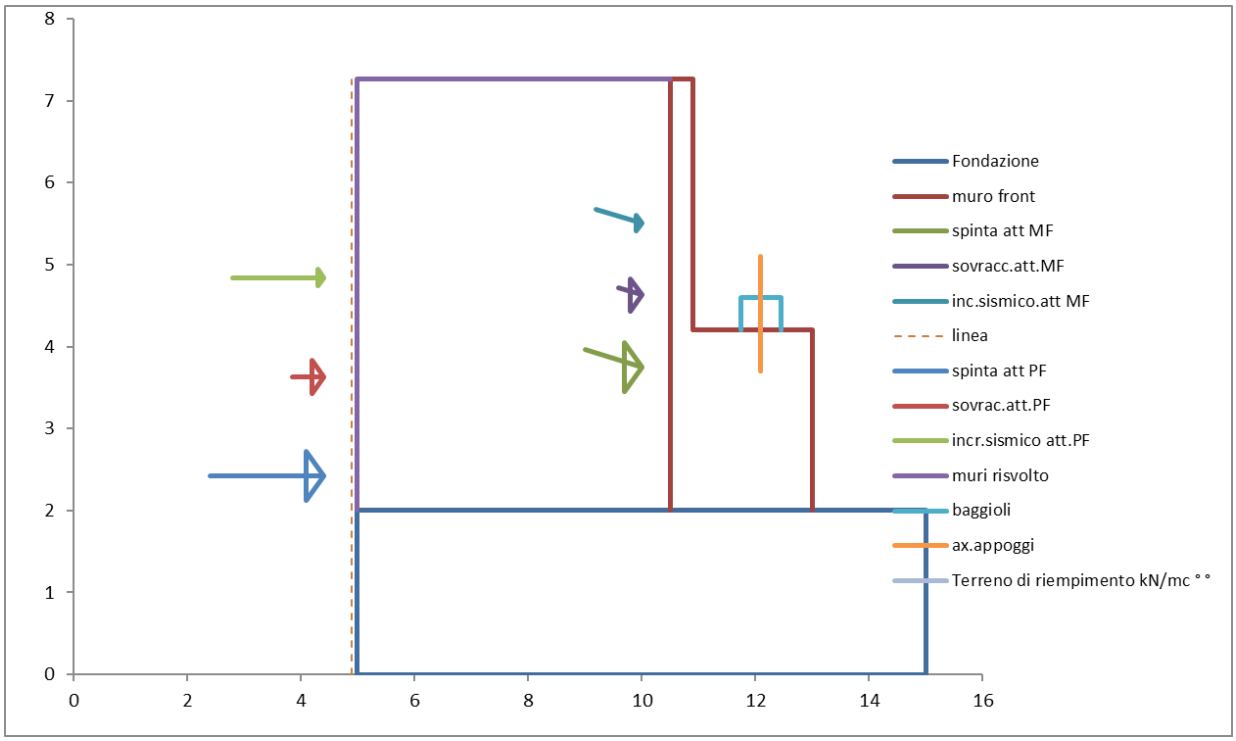
Tipo Platea	a 'C'	
Dimensione long. X	10.000	m
Dimensione trasv.Y	13.000	m
Spessore	2.000	m
Paraghiaia		
Altezza media	3.060	m
Spessore	0.400	m
Muro frontale		
Altezza	2.200	m
Spessore	2.500	m
Larghezza	12.36	m
Dist. bordo ant.	2.000	m
Baggioli		
N.	2	
Altezza	0.400	m
Lunghezza	0.700	m
Larghezza	0.700	m
Pos. X appoggi	0.900	m
interasse	7.500	m
Muro andatore		

		C	
Altezza	5.100	m	
Spessore testa - altezza	0.750		3.10
Spessore base - altezza	0.750	C	2.00
Spessore medio	0.750	m	
		C	
Lunghezza	5.500	m	
Terreno di riempimento			
γ	19.000	kN/mc	
ϕ	35.000	° C	
Ang. attrito terra muro	23.33	°	
Inclinazione terrapieno	0.000	°	
Terreno di ricoprimento			
γ	0.010	kN/mc	
Altezza min.	1.000	m	
Carico sul rilevato			
p	20.000	kN/mq	

Baricentro platea (x/y)	5.71	6.5	m
Dimensione long. C		4	m
Dimensione trasv. C		8.5	m



1.2. SPINTE DEL TERRENO



Si considera pertanto un angolo di attrito di 35° per valutare la spinta del terreno.

Per dimensionare la struttura si adotta la spinta statica a riposo secondo la teoria di wood.

Il coefficiente di spinta attiva risulta pari a:

k=1-senØ

			Coeff. Par,geotecnici		Caratteristiche terr.	
	(Angoli in radianti)	(Angoli in gradi)	M1	M2	M1	M2
g	19.000		1.00	1.00	19.000	19.000
ϕ	0.61	35.00	1.00	1.25	0.611	0.511
C'k	0		1.00	1.25	0.000	0.000
Cu	0		1.00	1.40	0.000	0.000
δ	0.407	23.333	1.00	1.25	0.407	0.332
θ+	0.269	15.420				
θ–	0.213	12.199				
ψ	1.571	90.000				
β	0.000	0.000				
Analisi		STATICA			M1	M2
		Coefficiente di spinta attiva		Ka	0.244	0.306
		Coefficiente di spinta a riposo		K0	0.426	0.511
		Coefficiente di spinta		Kh	0.942	1.091
		misto cementato				
Analisi simica		SISMICA	MONONOBE OKABE			
		Coefficiente di spinta attiva		Kas (q+)	0.459	0.552
		Coefficiente di spinta attiva		Kas (q+)	0.399	0.482
					0.459	0.552

Il carico è applicato come pressione sugli elementi a circa 1/3 dalla fondazione.

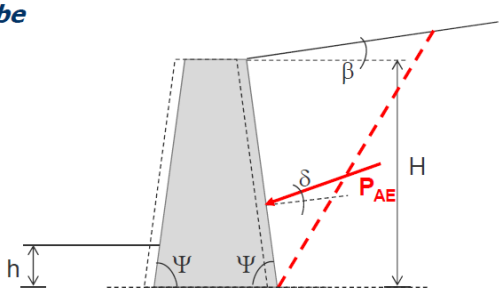
Azione sismica

In condizione sismica viene considerata anche la spinta valutata con la formulazione di Mononobe Okabe.

Soluzione di Mononobe-Okabe

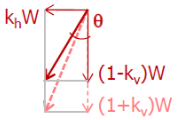
$$P_{AE} = \frac{1}{2}(1 \pm k_v)\gamma H^2 K_{AE}$$

segno - *per forze dirette verso l'alto*



$$K_{AE} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta)\sin(\psi + \beta)}}\right]^2}$$

$$\tan\theta = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$



L'azione sismica sulla struttura della spalla viene applicata con metodo pseudo statico

I coefficienti sismici **orizzontale e verticale, k_h e k_v,** sono valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max}/g \qquad k_v = \pm 0.5\, k_h$$

$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ *accelerazione orizzontale massima al sito*
a_g *accelerazione orizzontale massima al sito su terreno rigido*
S_S e S_T *coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica*
g *accelerazione di gravità*

β_m si ricava dalla **Tabella 7.11.II**

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

NB: per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi β_m**=1**

Punto di applicazione dell'incremento di spinta dovuto al sisma:
- muro libero di ruotare o traslare → stesso punto di applicazione della spinta statica
- altri casi, in assenza di studi specifici → a metà altezza del muro

Considerando cautelativamente il coefficiente β=1.

Tabella riassuntiva dei parametri di spinta:

Parametri sismici				
Coefficiente S=Ss*St	S	1.2		
Accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	a_g	0.202	g	Parametri desunti da "Spettri-NTCver.1.0.3." per lo SLV
Accellerazione orizzontale massima attesa sul sito	a_{max}	0.242	g	
Coefficiente di riduzione della accellerazione orizzontale massima	β	1		Vale 1 se la struttura non si può spostare altrimenti vedere tabella 7.11.II
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.242		
Coefficiente sismico verticale	k_{v+}	0.121		
	k_{v-}	-0.121		
angolo	$\theta+$	15.42	°	
	$\theta-$	12.20	°	

Il carico è applicato come pressione sugli elementi a circa 1/2 dalla fondazione.

Tabella riassuntiva delle spinte:

Azione orizzontali	Con spinta attiva						Con spinta a riposo					
	Fh -M1 (kN)	Fh - M2 (kN)	braccio Z (m)	Ml (kNm) - A1	Ml (kNm) - A2		Fh -M1 (kN)	Fh - M2 (kN)	braccio Z (m)	Ml (kNm) - A1	Ml (kNm) - A2
Spinta sovr P.F.	438.6	549.8	3.63	1592.2	1995.7	Spinta sovr P.F.	765.3	917.6	3.63	2778.0	3330.9
Spinta sovr M.F.	317.8	398.3	2.63	835.8	1047.6	Spinta sovr M.F.	554.5	664.8	2.63	1748.5	1748.5
Spinta sovr base MA	141.4	kN	2.63	371.9		Spinta sovr base MA	246.7	kN	2.63	648.9	
Spinta sovr sommità MA	87.6	kN	1.63	142.9		Spinta sovr sommità MA	152.9	kN	1.63	249.3	
	Fh -M1 (kN)	Fh - M2 (kN)	braccio Z (m)	Ml (kNm) - A1	Ml (kNm) - A2	ATTIVA	Fh -M1 (kN)	Fh - M2 (kN)	braccio Z (m)	Ml (kNm) - A1	Ml (kNm) - A2
Spinta att. P.F.	1590.96	1994.05	2.42	3850.1	4825.6	Spinta riposo P.F.	2775.8	3328.2	2.42	6717.3	8054.2
Incremento sismico PF	1393.72	1601.91	4.84	6745.6	7753.2	Incremento sismico PF	1393.7	1601.9	4.84	6745.6	7753.2
	Fh -M1 (kN)	Fh - M2 (kN)	braccio Z (m)	Ml (kNm) - A1	Ml (kNm) - A2		Fh -M1 (kN)	Fh - M2 (kN)	braccio Z (m)	Ml (kNm) - A1	Ml (kNm) - A2
Spinta att. M.F.	794.0	995.2	1.75	1392.2	1744.9	Spinta riposo. M.F.	1385.33485	1661.0	1.75	2429.0	2912.3
Incremento sismico MF	695.6	799.5	3.51	2439.2	2803.5	Incremento sismico MF					
	Fh -M1 (kN)	Fh - M2 (kN)	braccio Z (m)	Ml (kNm) - A1	Ml (kNm) - A2		Fh -M1 (kN)	Fh - M2 (kN)	braccio Z (m)	Ml (kNm) - A1	Ml (kNm) - A2
Spinta att. Base.Paragh.	268.7	336.8	1.02	274.1	343.5	Spinta riposo. Base.Paragh	468.8415837	562.1	1.02	478.2	573.4
Incremento sismico BP	235.4	270.6	2.04	480.2	552.0	Incremento sismico B.P.					

Geometria palificata

Pali

numero pali	94					
Diametro (mm)	300	n. ferri	22	Lunghezza	28	m
n.file trasv.// asse X	13	ϕ ferri (mm)	20	E cls	250000	kg/cm^2
n.file long.// Asse Y	10	Copriferro (cm)	5	K terreno	2.00	kg/cm^3

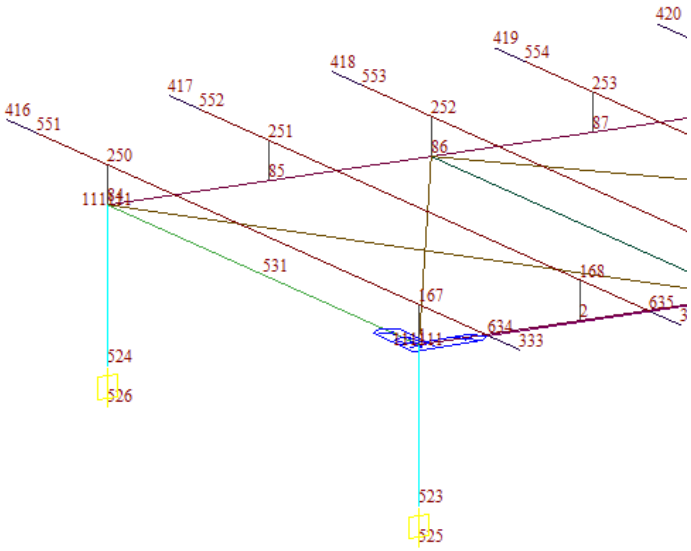
file long.// Asse Y	n.pali	dist.bordo (m)	interasse (m)	Ascissa della fila (m)	
Y1j	13	0.500	1.000	Xi1	0.500
Y2j	13	0.500	1.000	Xi2	1.500
Y3j	13	0.500	1.000	Xi3	2.500
Y4j	13	0.500	1.000	Xi4	3.500
Y5j	13	0.500	1.000	Xi5	4.500
Y6j	13	0.500	1.000	Xi6	5.500
Y7j	2	0.500	1.000	Xi7	6.500
Y8j	2	0.500	1.000	Xi8	7.500
Y9j	2	0.500	1.000	Xi8	8.500
Y10j	2	0.500	1.000	Xi8	9.500
Y11j	2	11.500	1.000	Xi8	6.500
Y12j	2	11.500	1.000	Xi8	7.500
Y13j	2	11.500	1.000	Xi8	8.500
Y14j	2	11.500	1.000	Xi8	9.500

6

Tabella riassuntiva delle masse strutturali della spalla:

Baricentro palificata o fond	3.851	6.500					
Elementi	Volumi (mc)	Pesi (kN)		X (m) - filo ant	Y (m)	Z (m)	Ml (kNm)
Platea	192.000	4800.00		3.94	6.50	1.00	-18900.000
Muro frontale	67.980	1699.50		3.25	6.50	3.10	-5523.375
Baggioli	0.392	9.80		2.90	6.50	4.40	-28.420
Paraghiaia	15.129	378.22		4.30	6.50	5.73	-1626.329
Muri andatori	43.395	1084.88		7.25	6.50	4.63	-7865.344
Orecchie	0.000	0.00		10.01	6.50	7.26	-0.001
Terreno di riempimento	135.340	2571.46	si	6.26	6.50	4.63	-16094.587
Terreno di ricoprimento	31.120	0.31		1.82	6.50	3.00	-0.567
Struttura in c.a.		7972.39		4.26	6.50		-3241.281
Peso totale		10544.16		4.75	6.50		-9432.395
Peso sovraccarico		679.60		6.26	6.50		-1636.392
peso terreno		2571.77		6.26	6.50		-6191.114

I carichi derivanti dall'impalcato derivano dalle reazioni trasmesse ai nodi di appoggio 525 e 526.



Le risultanti sulla spalla vengono riportate nella seguente tabella

CARICHI DERIVANTI DALL'IMPALCATO						
	Carichi	N (kN)	Ht (kN)	Hl (kN)	Ml (kNm)	Mt (kNm)
Peso proprio delle strutture	G1	1285.45				0.00
Carichi permanenti non struttur	G2	670.53				0.00
Spinte delle terre	G3_M1					
Ritiro e viscosità	ε_2	234.24		24.26		
Variazioni termiche	ε3	413.26		224.60		0.00
Cedimenti	ε4	42.72				
Mobili _MaxN	Q_MCmax	1848.97				3832.89
Mobili_Max Mtr	q_MCmax	846.52				4156.18
Mobili_rilevato	Q_MCmin					
frenatura	*q3*			173.92		
forza centrifuga	*q4*		0.00			0.00
azione del vento	*q5 (ponte scarico)*		199.02			417.75
azione del vento	*q5 (ponte carico)*		254.15			533.50
Azione sismica	*q6 (verticale)*	422.58				
Azione sismica	*q6 (longitudinale)*			970.61		
Azione sismica	*q6 (trasversale)*		600.66			
Resistenze parassite vincolo	*q7_p*			0.00		
Resistenze parassite vincolo	*q7_Q*			0.00		
Urto di veicoli in svio	*q8*					
Altre azioni variabili	*q9*					
tipo di spinta	*riposo*					

	AZIONI ALLA BASE DELLA FONDAZIONE				(CARICHI NOMINALI)	
SPALLA	P	V3=Ttrasv	V2=Tlong	T=Mtorc	M3=Mlong	M2=Mtrasv
Descrizione	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
G1-PP_TOT	9257.84				-3241.28	0.00
G2-PERMANENTI	670.53				0.00	0.00
Spinta delle terre M1	2571.77		2775.76		1863.04	0.00
Spinta delle terre M2			3328.16		526.22	
E1-DISTORSIONI						
E2-RITIRO	234.24		24.26		117.68	
E3-TERMICA-U	413.26		224.60		1089.31	
E4-CEDIMENTI	42.72		224.60		1089.31	
Mobili _MaxN	1848.97				0.00	3832.89
Mobili_Max Mtr	846.52				0.00	4156.18
Mobili_rilevato	679.60		765.29		1141.61	
Q3-FRENATURA	0.00		173.92		843.50	
Q4-CENTRIFUGA	0.00	0.00				0.00
Q5-VENTO-C	0.00	254.15				1766.11
Q5-VENTO-LONG						
Q5-VENTO-S	0.00	199.02				1383.02
Q7-ATTRITO-P			0.00		0.00	
Q7-ATTRITO-Q			0.00		0.00	
SLVX_T+	0.00	0.00	3526.51		13884.10	0.00
SLVX_T-	0.00	0.00	-3526.51		-13884.10	0.00
SLVY_T+	0.00	3156.57	0.00		0.00	9843.19
SLVY_T-	0.00	-3156.57	0.00		0.00	-9843.19
SLVV_T+	1700.54				1061.46	
SLVV_T-	-1700.54				-1061.46	

19.1. COMBINAZIONI PER GLI SLU PER LA VERIFICA DELLE SOTTOSTRUTTURE

La spalla del ponte rappresenta una opera di sostegno del rilevato a tergo, pertanto viene fatto riferimento al §6.2.4.1.1 del NTC 2018, ed alle tabelle riportate nel seguito, si sono impiegate nei calcoli di verifica le seguenti combinazioni allo SLU.

Combinazione tipo A1:

$$1.3\ \gamma_1 + 1.5\ g_2 + 1.5\ q$$

Tab. 6.2.I – *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni*

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 [1]	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

[1] Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Si riporta di seguito la tabella dei coefficienti di combinazione:

	SLE_COMBINAZIONE CARATTERISTICA (RARA)															
COND	SLE_R_P	SLE_T	SLE_VL	SLE_R_VS	SLE_R_VC1	SLE_R_VC2	SLE_R_VC2	SLE_R_1_1	SLE_R_1_2	SLE_R_1_3	SLE_R_2a_1	SLE_R_2a_2	SLE_R_2a_3	SLE_R_2b_1	SLE_R_2b_2	SLE_R_2b_3
	~~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~~
G1-TOTALE	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-PERMANENTI	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
Spinta delle terre M1	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
Spinta delle terre M2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E1-DISTORSIONI	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
E2-RITIRO	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
E3-TERMICA-U		1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
E4-CEDIMENTI	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
MaxP					1.00			1.00			1.00			1.00		
Max Mtr						1.00			1.00			1.00			1.00	
Mobili rilevato					1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q3-FRENATURA	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Q4-CENTRIFUGA	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
Q5-VENTO-C	0.00			0.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Q5-VENTO-LONG		0.60	1.00													
Q5-VENTO-S	0.00			1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVX_T+	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVX_T-	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVY_T+	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVY_T-	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVV_T+	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVV_T-	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

comb.num.	17	18	19	20	21	22	23	24
	SLE_FREQUENTE E QUASI PERMANENTE							
COND	**SLE_F_P**	**SLE_F_VS**	**SLE_F_VC1**	**SLE_F_VC2**	**SLE_F_VC3**	**SLE_F_1_1**	**SLE_F_1_2**	**SLE_F_1_3**
	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~
G1-TOTALE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-PERMANENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Spinta delle terre M1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Spinta delle terre M2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E1-DISTORSIONI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2-RITIRO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E3-TERMICA-U		0.50	0.60	0.00	0.50	0.50	0.60	0.50
E4-CEDIMENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MaxP			1.00			1.00		
Max Mtr				1.00			1.00	
Mobili rilevato			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q3-FRENATURA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q4-CENTRIFUGA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q5-VENTO-C	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Q5-VENTO-LONG								
Q5-VENTO-S	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVX_T+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVX_T-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVY_T+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVY_T-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVV_T+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVV_T-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

comb.num.	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
	SLU_STR (A1)																
COND	**SLU_P1**	**SLU_P2**	**SLU_T**	**SLU_VL**	**SLU_VS**	**SLU_VC1**	**SLU_VC2**	**SLU_VC3**	**SLU_1_1**	**SLU_1_2**	**SLU_1_3**	**SLU_2a1**	**SLU_2a2**	**SLU_2a3**	**SLU_2b1**	**SLU_2b2**	**SLU_2b3**
	~~0.00~~	~~1.30~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~	~~0.00~~
G1-TOTALE	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
G2-PERMANENTI	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Spinta delle terre M1	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Spinta delle terre M2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E1-DISTORSIONI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
E2-RITIRO	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
E3-TERMICA-U	0.00	0.00	1.20	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
E4-CEDIMENTI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
MaxP						1.01			1.50			0.90			0.90		
Max Mtr							1.01			1.50			0.90			0.90	
Mobili rilevato						1.01	1.01	1.01	1.50	1.50	1.50	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Q3-FRENATURA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00
Q4-CENTRIFUGA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50
Q5-VENTO-C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Q5-VENTO-LONG			0.90	1.50													
Q5-VENTO-S	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVX_T+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVX_T-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVY_T+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVY_T-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVV_T+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVV_T-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

comb.num.	42	43	44	45	46	47
	SLU SISMICA					
COND	SLU_SL1	SLU_SL2	SLU_ST1	SLU_ST2	SLU_V1	SLU_V2
	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~	~~1.00~~
G1-TOTALE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-PERMANENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Spinta delle terre M1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Spinta delle terre M2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E1-DISTORSIONI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2-RITIRO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E3-TERMICA-U	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
E4-CEDIMENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MaxP						
Max Mtr						
Mobili rilevato						
Q3-FRENATURA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q4-CENTRIFUGA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q5-VENTO-C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q5-VENTO-LONG						
Q5-VENTO-S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVX_T+	1.00	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00
SLVX_T-	0.00	1.00	0.00	0.30	0.00	0.30
SLVY_T+	0.30	0.00	1.00	0.00	0.30	0.00
SLVY_T-	0.00	0.30		1.00	0.00	0.30
SLVV_T+	0.30	0.00	0.30		1.00	0.00
SLVV_T-	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00	1.00

comb.num.	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
	SLU_GEO (A2)																
COND	SLU_G_P1	SLU_G_P2	SLU_G_T	SLU_G_VL	SLU_G_VS	SLU_G_VC1	SLU_G_VC2	SLU_G_VC3	SLU_G_1_1	SLU_G_1_2	SLU_G_1_3	SLU_G_2a1	SLU_G_2a2	SLU_G_2a3	SLU_G_2b1	SLU_G_2b2	SLU_G_2b3
	~~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~~
G1-TOTALE	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-PERMANENTI	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
Spinta delle terre M1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta delle terre M2	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
E1-DISTORSIONI	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
E2-RITIRO	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
E3-TERMICA-U			1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
E4-CEDIMENTI	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
MaxP						1.15			1.15			1.15			1.15		
Max Mtr							1.15			1.15			1.15			1.15	
Mobili rilevato						1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Q3-FRENATURA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.15	1.15	0.00	0.00	0.00
Q4-CENTRIFUGA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.15	1.15
Q5-VENTO-C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.30	1.30	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Q5-VENTO-LONG			0.78	1.30													
Q5-VENTO-S	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVX_T+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVX_T-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVY_T+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVY_T-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVV_T+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLVV_T-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Si riporta di seguito le azioni combinate sul piano di fondazione nel baricentro della palificata:

SPALLA **AZIONI INTRADOSSO FOND**

		P	V3=Ttrasv	V2=Tlong	T=Mtorc	M3=Mlong	M2=Mtrasv
		Axial (kN)	(kN)	(kN)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)
SLS_R_P	SLS_characteristic combination	12777	0	3025	0	-171	0
SLS_T		13190	0	3249	0	918	0
SLS_VL		13025	0	3159	0	482	0
SLS_R_VS		13025	199	3159	0	482	1383
SLS_R_VC1		15554	254	3925	0	1624	5599
SLS_R_VC2		14551	254	3925	0	1624	5922
SLS_R_VC2		13705	254	3925	0	1624	1766
SLS_R_1_1		15554	152	3925	0	1624	4893
SLS_R_1_2		14551	152	3925	0	1624	5216
SLS_R_1_3		13705	152	3925	0	1624	1060
SLS_R_2a_1		15554	152	4099	0	2467	4893
SLS_R_2a_2		14551	152	4099	0	2467	5216
SLS_R_2a_3		13705	152	4099	0	2467	1060
SLS_R_2b_1		15554	152	3925	0	1624	4893
SLS_R_2b_2		14551	152	3925	0	1624	5216
SLS_R_2b_3		13705	152	3925	0	1624	1060
SLS_F_P	SLS_frequent and quasi-permanent combination	12777	0	3025	0	-171	0
SLS_F_VS		12984	40	3137	0	373	277
SLS_F_VC1		15554	51	3925	0	1624	4186
SLS_F_VC2		14303	51	3790	0	970	4509
SLS_F_VC3		13663	51	3902	0	1515	353
SLS_F_1_1		15512	51	3902	0	1515	4186
SLS_F_1_2		14551	51	3925	0	1624	4509
SLS_F_1_3		13663	51	3902	0	1515	353
ULS_P1	ULS_STR (A1)	16717	0	3907	0	-343	0
ULS_P2		16717	0	3907	0	-343	0
ULS_T		17213	0	4177	0	964	0
ULS_VL		17014	0	4069	0	441	0
ULS_VS		17014	299	4069	0	441	2075
ULS_VC1		19574	381	4844	0	1597	6530
ULS_VC2		18559	381	4844	0	1597	6857
ULS_VC3		17702	381	4844	0	1597	2649
ULS_1_1		20807	229	5217	0	2153	7339
ULS_1_2		19303	229	5217	0	2153	7824
ULS_1_3		18034	229	5217	0	2153	1589
ULS_2a1		19290	229	5018	0	2734	5039
ULS_2a2		18388	229	5018	0	2734	5330
ULS_2a3		17626	229	5018	0	2734	1589
ULS_2b1		19290	229	4758	0	1468	5039
ULS_2b2		18388	229	4758	0	1468	5330
ULS_2b3		17626	229	4758	0	1468	1589
ULS_SL1	ULS SEISMIC	13494	947	6663	0	14576	2953
ULS_SL2		12474	-947	-390	0	-13829	-2953
ULS_ST1		13494	3157	4195	0	4857	9843
ULS_ST2		12474	-3157	2079	0	-4110	-9843
ULS_V1		14684	947	4195	0	5600	2953
ULS_V2		11283	-947	2079	0	-4853	-2953
ULS_G_P1	ULS_GEO (A2)	10205	0	3577	0	-1508	0
ULS_G_P2		10205	0	3577	0	-1508	0
ULS_G_T		10619	0	3802	0	-419	0
ULS_G_VL		10453	0	3712	0	-854	0
ULS_G_VS		10453	259	3712	0	-854	1798
ULS_G_VC1		13361	330	4592	0	458	6704
ULS_G_VC2		12208	330	4592	0	458	7076
ULS_G_VC3		11235	330	4592	0	458	2296
ULS_G_1_1		13361	198	4592	0	458	5785
ULS_G_1_2		12208	198	4592	0	458	6157
ULS_G_1_3		11235	198	4592	0	458	1378
ULS_G_2a1		13361	198	4792	0	1428	5785
ULS_G_2a2		12208	198	4792	0	1428	6157
ULS_G_2a3		11235	198	4792	0	1428	1378
ULS_G_2b1		13361	198	4592	0	458	5785
ULS_G_2b2		12208	198	4592	0	458	6157
ULS_G_2b3		11235	198	4592	0	458	1378

Le azioni in testa ai pali sono valutate per ogni combinazione secondo la seguente formulazione:

$Npalo = N/(num\ pali) + (Mt_{trasv}/W_{trasv}) + (Ml_{long}/W)$

Lo sforzo di taglio viene ripartito tra tutti i pali.

Verifiche SLU

Comb.	N max (kN)	N min (kN)	T max (KN)		
25	181.18	175.85	41.57	ULS_P1	ULS_STR (A1)
26	181.18	175.85	41.57	ULS_P2	
27	188.69	173.72	44.43	ULS_T	
28	183.55	176.70	43.29	ULS_VL	
29	191.43	168.82	43.40	ULS_VS	
30	242.27	167.87	51.69	ULS_VC1	
31	232.72	155.83	51.69	ULS_VC2	
32	207.62	162.69	51.69	ULS_VC3	
33	261.67	172.49	55.55	ULS_1_1	
34	247.52	154.65	55.55	ULS_1_2	
35	210.34	164.82	55.55	ULS_1_3	
36	240.16	159.42	53.44	ULS_2a1	
37	231.66	148.72	53.44	ULS_2a2	
38	209.36	154.82	53.44	ULS_2a3	
39	232.84	171.76	50.67	ULS_2b1	
40	224.35	161.06	50.67	ULS_2b2	
41	202.04	167.16	50.67	ULS_2b3	
42	239.07	-9.77	71.60	ULS_SL1	ULS SEISMIC
43	278.74	41.50	10.89	ULS_SL2	
44	209.02	58.82	55.85	ULS_ST1	
45	210.15	71.55	40.21	ULS_ST2	
46	199.82	90.40	45.75	ULS_V1	
47	178.56	80.75	24.30	ULS_V2	
48	123.27	99.85	38.05	ULS_G_P1	ULS_GEO (A2)
49	123.27	99.85	38.05	ULS_G_P2	
50	117.05	110.54	40.44	ULS_G_T	
51	119.54	106.26	39.49	ULS_G_VL	
52	126.36	99.44	39.58	ULS_G_VS	
53	126.36	112.21	48.98	ULS_G_VC1	
54	159.40	98.54	48.98	ULS_G_VC2	
55	130.89	106.33	48.98	ULS_G_VC3	
56	166.76	115.70	48.90	ULS_G_1_1	
57	155.91	102.03	48.90	ULS_G_1_2	
58	127.40	109.82	48.90	ULS_G_1_3	
59	127.40	106.24	51.02	ULS_G_2a1	
60	161.52	92.57	51.02	ULS_G_2a2	

61	133.01	100.36	51.02	ULS_G_2a3	
62	166.76	115.70	48.90	ULS_G_2b1	
63	155.91	102.03	48.90	ULS_G_2b2	
64	127.40	109.82	48.90	ULS_G_2b3	

Il palo è armato con un tubo Ø219 sp.10

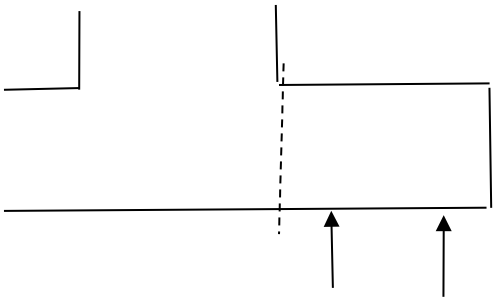
Verifiche SLE

Comb.	N max (kN)	N min (kN)	T max (KN)		
1	136.32	133.65	32.18	SLS_R_P	SLS_characteristic combination
2	140.55	126.30	34.57	SLS_T	
3	137.79	130.31	33.61	SLS_VL	
4	143.58	124.51	33.68	SLS_R_VS	
5	193.93	124.88	41.84	SLS_R_VC1	
6	192.33	118.46	41.84	SLS_R_VC2	
7	158.99	119.04	41.84	SLS_R_VC2	
8	190.99	127.82	41.78	SLS_R_1_1	
9	189.38	121.40	41.78	SLS_R_1_2	
10	156.04	121.99	41.78	SLS_R_1_3	
11	195.87	119.60	43.63	SLS_R_2a_1	
12	194.26	113.18	43.63	SLS_R_2a_2	
13	160.92	113.76	43.63	SLS_R_2a_3	
14	190.99	127.82	41.78	SLS_R_2b_1	
15	189.38	121.40	41.78	SLS_R_2b_2	
16	156.04	121.99	41.78	SLS_R_2b_3	
17	136.32	133.65	32.18	SLS_F_P	SLS_frequent and quasi-permanent combination
18	138.26	130.15	33.37	SLS_F_VS	
19	188.04	130.77	41.76	SLS_F_VC1	
20	182.30	130.36	40.32	SLS_F_VC2	
21	152.41	125.94	41.52	SLS_F_VC3	
22	187.35	131.77	41.52	SLS_F_1_1	
23	186.44	124.35	41.76	SLS_F_1_2	
24	152.41	125.94	41.52	SLS_F_1_3	

Per le verifiche del micropalo si rimanda alla relazione delle fondazioni.

19.1. VERIFICA DEL PLINTO DI FONDAZIONE

Per la verifica del plinto di fondazione di adotta il momento indotto sulla mensola anteriore generato dalla sommatoria degli sforzi normali lelle prime due file di micropali.



Lo sforzo massimo sui pali anteriore è generato nella combinazione 33, pari a 258 kN.

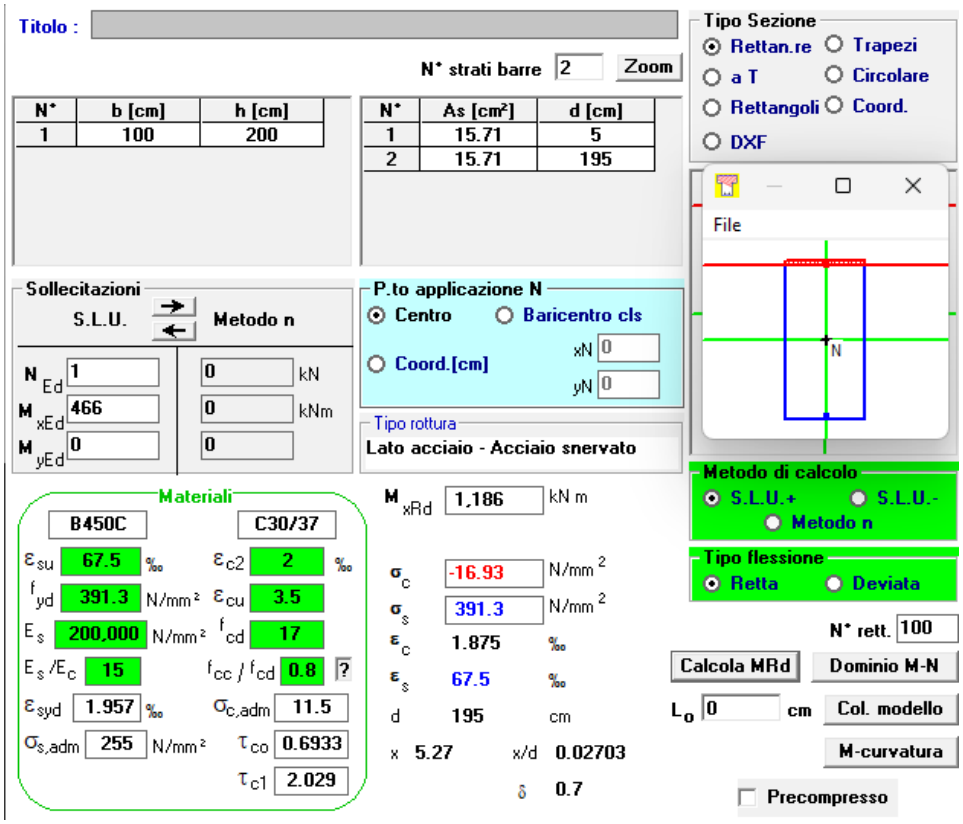
Si riporta la distribuzione degli sforzi nella combinazione 33.

		Sollecitazioni su ciascun palo - combinazione					*33.000*							
Fila trasv 1	P1-1	P1-2	P1-3	P1-4	P1-5	P1-6	P1-7	P1-8	P1-9	P1-10	P1-11	P1-12	P1-13
N	261.67	257.03	252.39	247.74	243.10	238.45	233.81	229.16	224.52	219.87	215.23	210.58	205.94
T	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55
Fila trasv 2	P2-1	P2-2	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	P2-7	P2-8	P2-9	P2-10	P2-11	P2-12	P2-13
N	257.96	253.31	248.67	244.02	239.38	234.73	230.09	225.44	220.80	216.15	211.51	206.87	202.22
T	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55
Fila trasv 3	P3-1	P3-2	P3-3	P3-4	P3-5	P3-6	P3-7	P3-8	P3-9	P3-10	P3-11	P3-12	P3-13
N	254.24	249.60	244.95	240.31	235.66	231.02	226.37	221.73	217.08	212.44	207.79	203.15	198.50
T	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55
Fila trasv 4	P4-1	P4-2	P4-3	P4-4	P4-5	P4-6	P4-7	P4-8	P4-9	P4-10	P4-11	P4-12	P4-13
N	250.53	245.88	241.24	236.59	231.95	227.30	222.66	218.01	213.37	208.72	204.08	199.43	194.79
T	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55
Fila trasv 5	P5-1	P5-2	P5-3	P5-4	P5-5	P5-6	P5-7	P5-8	P5-9	P5-10	P5-11	P5-12	P5-13
N	246.81	242.16	237.52	232.87	228.23	223.58	218.94	214.29	209.65	205.01	200.36	195.72	191.07
T	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55
Fila trasv 6	P6-1	P6-2	P6-3	P6-4	P6-5	P6-6	P6-7	P6-8	P6-9	P6-10	P6-11	P6-12	P6-13
N	243.09	238.45	233.80	229.16	224.51	219.87	215.22	210.58	205.93	201.29	196.64	192.00	187.35
T	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55	55.55
Fila trasv 7	P7-1	P7-2	P7-3	P7-4	P7-5	P7-6	P7-7	P7-8	P7-9	P7-10	P7-11	P7-12	P7-13
N	239.376	234.731											
T	55.551	55.551											
Fila trasv 8	P8-1	P8-2	P8-3	P8-4	P8-5	P8-6	P8-7	P8-8	P8-9	P8-10	P8-11	P8-12	P8-13
N	235.659	231.014											
T	55.551	55.551											
Fila trasv 8	P9-1	P9-2	P9-3	P9-4	P9-5	P9-6	P9-7	P9-8	P9-9	P9-10	P9-11	P9-12	P9-13
N	231.943	227.298											
T	55.551	55.551											
Fila trasv 8	P10-1	P10-2	P10-3	P10-4	P10-5	P10-6	P10-7	P10-8	P10-9	P10-10	P10-11	P10-12	P10-13
N	228.226	223.581											
T	55.551	55.551											
Fila trasv 8	P11-1	P11-2	P11-3	P11-4	P11-5	P11-6	P11-7	P11-8	P11-9	P11-10	P11-11	P11-12	P11-13
N	188.283	183.638											
T	55.551	55.551											
Fila trasv 8	P12-1	P12-2	P12-3	P12-4	P12-5	P12-6	P12-7	P12-8	P12-9	P12-10	P12-11	P12-12	P12-13
N	184.566	179.921											
T	55.551	55.551											
Fila trasv 8	P13-1	P13-2	P13-3	P13-4	P13-5	P13-6	P13-7	P13-8	P13-9	P13-10	P13-11	P13-12	P13-13
N	180.850	176.205											
T	55.551	55.551											
Fila trasv 8	P14-1	P14-2	P14-3	P14-4	P14-5	P14-6	P14-7	P14-8	P14-9	P14-10	P14-11	P14-12	P14-13
N	177.133	172.488											
T	55.551	55.551											

La sommatoria delle azioni del primo allineamento è pari a 3039 kN, mentre quelle del secondo sono 2991 kN.

A queste sollecitazioni corrisponde un momento sul plinto di fondazione pari a 3039x1.5+3991x0.5=6055 kNm cui corrisponde una sollecitazione per unità di lunghezza pari a 6055/13=466 kNm

Si riporta di seguito il calcolo del momento resistente in una sezione armata co 1+1Ø20/20.



19.2. VERIFICA DEL MURO FRONTALE

AZIONI ALLA BASE DEL MURO FRONTALE **(CARICHI NOMINALI)**

SPALLA	P	V3=Ttrasv	V2=Tlong	T=Mtorc	M3=Mlong	M2=Mtrasv
SLE_R_1	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
G1-PP_TOT	3372.96				56.21	0.00
G2-PERMANENTI	670.53				234.69	0.00

Spinta delle terre M1	0.00		794.02		1392.18	0.00
Spinta delle terre M2						
E1-DISTORSIONI						
E2-RITIRO	234.24				81.99	
E3-TERMICA-U	413.26				144.64	
E4-CEDIMENTI	42.72				14.95	
Mobili _MaxN	1848.97				647.14	3832.89
Mobili_Max Mtr	846.52				296.28	4156.18
Mobili_rilevato	0.00				0.00	
Q3-FRENATURA	0.00		173.92		382.62	
Q4-CENTRIFUGA	0.00	0.00				0.00
Q5-VENTO-C	0.00	254.15				1092.62
Q5-VENTO-LONG						
Q5-VENTO-S	0.00	199.02				855.61
Q7-ATTRITO-P			0.00		0.00	
Q7-ATTRITO-Q			0.00		0.00	
SLVX_T+	0.00	0.00	1476.62		6675.59	0.00
SLVX_T-	0.00	0.00	-1476.62		-6675.59	0.00
SLVY_T+	0.00	1106.68	0.00		0.00	4822.17
SLVY_T-	0.00	-1106.68	0.00		0.00	-4822.17
SLVV_T+	675.59				100.19	
SLVV_T-	-675.59				-100.19	

Si riportano le azioni combinate alla base del muro frontale

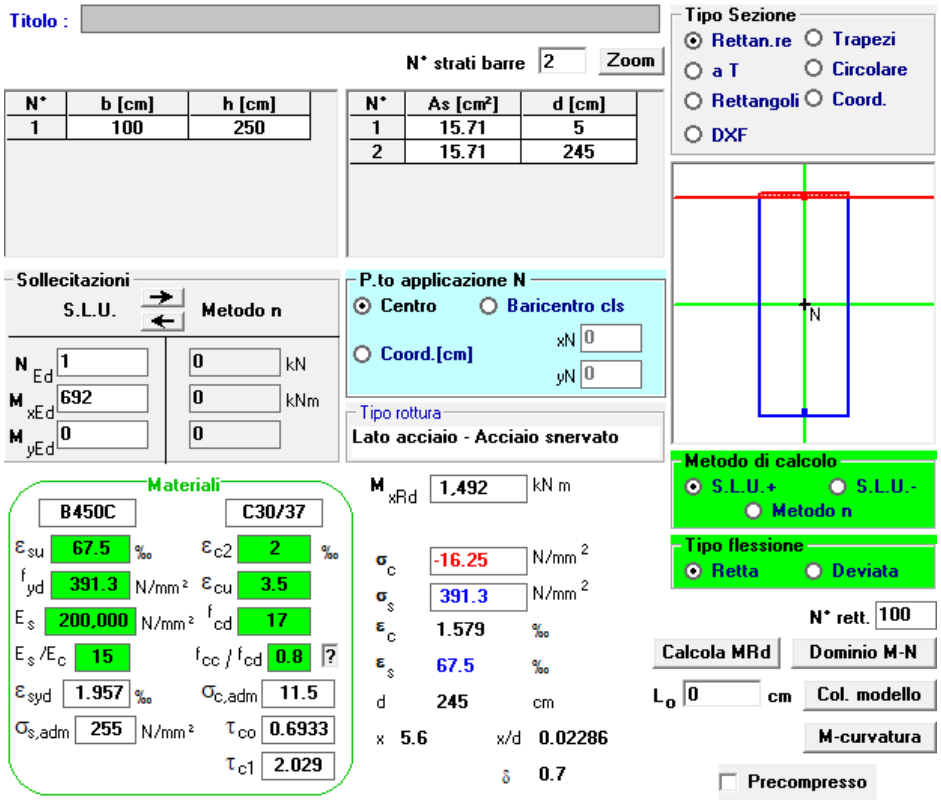
SPALLA **AZIONI ALLA BASE DEL MURO FRONTALE**

		P	V3=Ttrasv	V2=Tlong	T=Mtorc	M3=Mlong	M2=Mtrasv
		Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
SLS_R_P	SLS_characteristic combination	4320	0	794	0	1780	0
SLS_T		4734	0	794	0	1925	0
SLS_VL		4568	0	794	0	1867	0
SLS_R_VS		4568	199	794	0	1867	856
SLS_R_VC1		6417	254	794	0	2514	4926
SLS_R_VC2		5415	254	794	0	2163	5249
SLS_R_VC2		4568	254	794	0	1867	1093
SLS_R_1_1		6417	152	794	0	2514	4488
SLS_R_1_2		5415	152	794	0	2163	4812
SLS_R_1_3		4568	152	794	0	1867	656
SLS_R_2a_1		6417	152	968	0	2897	4488
SLS_R_2a_2		5415	152	968	0	2546	4812
SLS_R_2a_3		4568	152	968	0	2249	656
SLS_R_2b_1		6417	152	794	0	2514	4488
SLS_R_2b_2		5415	152	794	0	2163	4812
SLS_R_2b_3		4568	152	794	0	1867	656
SLS_F_P	SLS_frequent and quasi-permanent combination	4320	0	794	0	1780	0
SLS_F_VS		4527	40	794	0	1852	171
SLS_F_VC1		6417	51	794	0	2514	4051
SLS_F_VC2		5167	51	794	0	2076	4375

SLS_F_VC3		4527	51	794	0	1852	219
SLS_F_1_1		6376	51	794	0	2499	4051
SLS_F_1_2		5415	51	794	0	2163	4375
SLS_F_1_3		4527	51	794	0	1852	219
ULS_P1	ULS_STR (A1)	5723	0	1032	0	2351	0
ULS_P2		5723	0	1032	0	2351	0
ULS_T		6219	0	1032	0	2525	0
ULS_VL		6021	0	1032	0	2455	0
ULS_VS		6021	299	1032	0	2455	1283
ULS_VC1		7893	381	1032	0	3111	5520
ULS_VC2		6878	381	1032	0	2755	5847
ULS_VC3		6021	381	1032	0	2455	1639
ULS_1_1		8794	229	1032	0	3426	6733
ULS_1_2		7290	229	1032	0	2900	7218
ULS_1_3		6021	229	1032	0	2455	983
ULS_2a1		7685	229	1293	0	3612	4433
ULS_2a2		6782	229	1293	0	3296	4724
ULS_2a3		6021	229	1293	0	3029	983
ULS_2b1		7685	229	1032	0	3038	4433
ULS_2b2		6782	229	1032	0	2722	4724
ULS_2b3		6021	229	1032	0	2455	983
ULS_SL1	ULS SEISMIC	4730	332	2271	0	8558	1447
ULS_SL2		4324	-332	-683	0	-4853	-1447
ULS_ST1		4730	1107	1237	0	3885	4822
ULS_ST2		4324	-1107	351	0	-180	-4822
ULS_V1		5203	332	1237	0	3955	1447
ULS_V2		3852	-332	351	0	-251	-1447
ULS_G_P1	ULS_GEO (A2)	4320	0	0	0	388	0
ULS_G_P2		4320	0	0	0	388	0
ULS_G_T		4734	0	0	0	532	0
ULS_G_VL		4568	0	0	0	475	0
ULS_G_VS		4568	259	0	0	475	1112
ULS_G_VC1		6695	330	0	0	1219	5828
ULS_G_VC2		5542	330	0	0	815	6200
ULS_G_VC3		4568	330	0	0	475	1420
ULS_G_1_1		6695	198	0	0	1219	5260
ULS_G_1_2		5542	198	0	0	815	5632
ULS_G_1_3		4568	198	0	0	475	852
ULS_G_2a1		6695	198	200	0	1659	5260
ULS_G_2a2		5542	198	200	0	1255	5632
ULS_G_2a3		4568	198	200	0	915	852
ULS_G_2b1		6695	198	0	0	1219	5260
ULS_G_2b2		5542	198	0	0	815	5632
ULS_G_2b3		4568	198	0	0	475	852

Il momento ultimo massimo è pari a 8558 kNm su tutta la larghezza del muro cui corrisponde un momento specifico di 8558/12.36=692 kNm.

Si riporta di seguito il calcolo del momento resistente in una sezione armata co 1+1Ø20/20.



19.3. VERIFICA DEL PARAGHIAIA

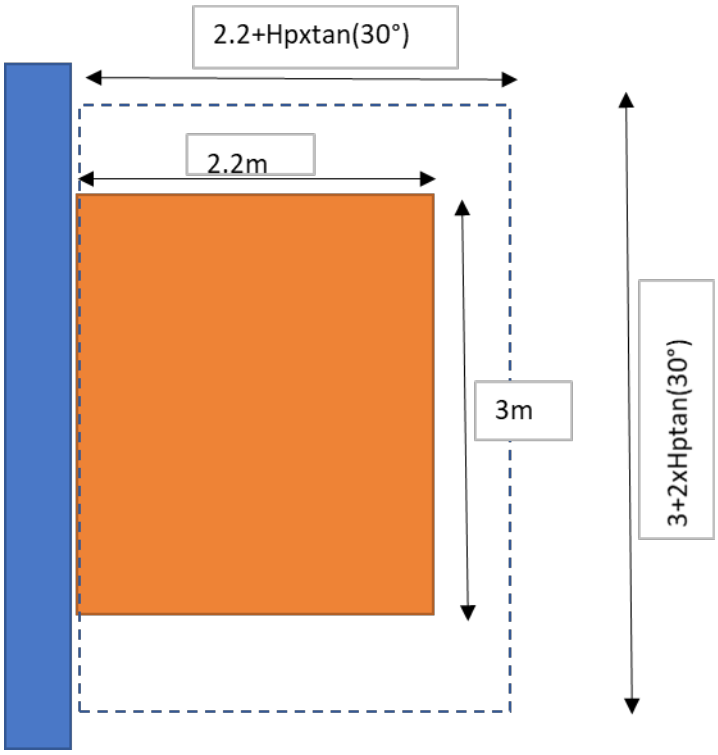
L'altezza massima del paraghiaia Hp è pari circa a3.29m, con uno spessore di 40cm.

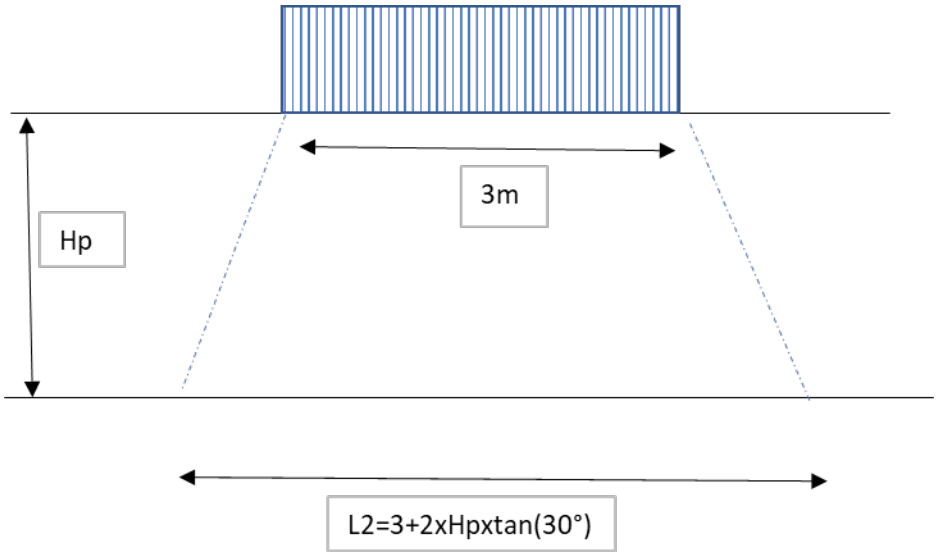
Le azioni applicate al paraghiaia sono le seguenti:

-peso proprio

-spinta terreno a riposo applicata ad 1/3 dell'altezza del paraghiaia

-spinta sovraccarico 20 kN/m² a tergo paraghiaia valore che corrisponde circa alla pressione che si ottiene ripartendo l'asse che resta sul rilevato pari a 300 kN sui di una superficie di lato pari a 3+2xHp tan(30°)=5.3m e 2.2+Hp tan(30°)=3.35 ipotizzando una diffusione a 30° all'interno del corpo del rilevato (rif.C5.1.3.3.5.1 circolare NTC).





Applicata a metà altezza del paraghiaia.

-azione di frenamento di 180 kN in orizzontale e un asse da 150 kN in verticale (rif.C5.1.3.3.5.2 circolare NTC)

La sezione resistente del paraghiaia alla base viene considerata larga 5.3m ipotizzando una larghezza ripartita a 45° (2.3+2xHp tan(45°))

Vengono considerate due combinazione di carico:

- Con il sovraccarico a tergo del paraghiaia
- Con l'azione di frenamento ed il carico di un asse agente sul paraghiaia

distanza assi	2.3	m
altezza paraghiaia Hp	3.29	m
Impronte diffusione carico (L2 L1) (m)	6.80	4.10
pressione equivalente carico	21.53	kN/m²
larghezza paraghiaia alla base	6.80	m
angolo attrito terreno riempimento	35	°
Coeff.spinta	0.426	

combinazione 1			N	M (kNm)		Mslu	Nslu
spinta terreno	313.8	kN		309.7	1.35	418.1	
Sovraccarico	205.3	KN		337.8	1.35	456.0	
Peso del paraghiaia e della mensola			223.7		1.00		223.7
totali						853.2	223.7

Combinazione 2				M (kNm)		Mslu	Nslu
Azione di frenamento	180	kN		592.2	1.35	799.47	
Asse sul paraghiaia			225		1.35		303.75
Momento carico eccentico sulla mensola sup				75.75	1.35	102.3	
Peso del paraghiaia e della mensola			223.7		1		223.7
totali						901.7	527.4

Comb1 M=874.1/6.8=128.5 kNm/m

N=223.7/6.8=32.9 kN/m

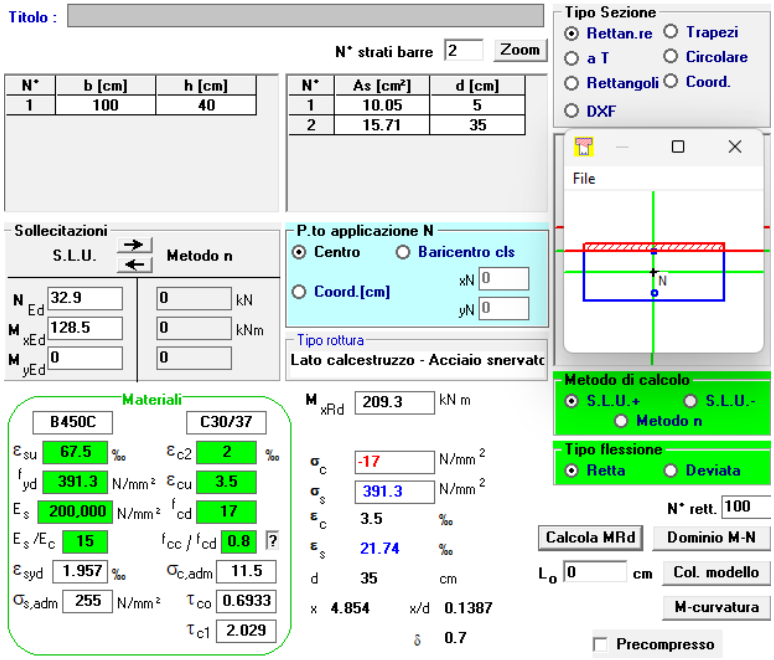
Comb2 M=901.7/6.8=132.6 kNm/m

N=527.4/6.8=77.55 kN/m

Il setto del paraghiaia è armato in modo simmetrico con 5Ø20/m all'interno e 5Ø16/m all'esterno.

Si riporta laverifica per la condizione più sfavorevole

Combinazione slu1



19.4. VERIFICA DEL MURO DI RISVOLTO

Per la verifica del muro di risvolto si adottano gli schemi a lastra incastrata su due lati soggetta a carico uniforme (sovraccarico) ed a carico con distribuzione triangolare (terreno) (rif. "Calcolo di lastre e piastre" R.Bares ed.clup).

In base alla geometria del muro si possono ottenere dei coefficienti moltiplicativi da applicare alle grandezze Carico x lunghezza².
Il carico viene valutato attraverso la ripartizione del carico tandem utilizzata per il dimensionamento del paraghiaia considerato affiancato al muro.

distanza assi	2.3	m	
altezza muro b	5.43	m	
Impronte diffusione carico (L2 L1) (m)	9.27		5.34
pressione equivalente carico	12.13	kN/m²	
pressione alla base terreno	103.17	kN/m²	
larghezza muro a	5.30	m	
angolo attrito terreno riempimento	35	°	
Coeff.spinta	0.426		
pressione spinta sovraccarico	5.173402	kN/m²	
pressione spinta terreno	43.99412	kN/m²	
Rapporto dimensionale a/b	0.976059		

	Sovraccarico		terreno	
Lato verticale				
fattore moltiplicativo	145.3	kNm²	1235.8	kNm²
Coefficiente di incastro	0.2949		0.0662	
Momento massimo di incastro superiore	42.9	kNm/m	81.8	kNm/m
Lato di base orizzontale				
fattore moltiplicativo	152.5	kNm²	1297.2	kNm²
Coefficiente di incastro	0.2949		0.1157	
Momento massimo di incastro alla base	45.0	kNm/m	150.1	kNm/m

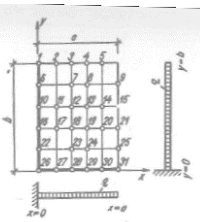
Tab. 1.41[1]

$\mu = 0{,}20$

$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{xa} = -\mu M_{ya}$

$M_{yb} = -\mu M_{xb}$



γ	0,125	0,25	0,375	0,5	0,75	1	f.m.
M_{x1}	−0,4925	−0,4752	−0,4565	−0,4296	−0,3513	−0,2949	
M_{x2}	−0,3135	−0,3078	−0,2895	−0,2552	−0,1692	−0,1046	
M_{x3}	−0,1792	−0,1728	−0,1550	−0,1216	−0,0529	−0,0146	
M_{x4}	−0,0768	−0,0753	−0,0605	−0,0340	−0,0105	+0,0268	
M_{x5}	−0,0192	−0,0176	−0,0085	+0,0068	+0,0288	+0,0324	
M_{x10}	−0,4992	−0,4815	−0,4286	−0,3596	−0,2342	−0,1724	
M_{x11}	−0,3200	−0,3008	−0,2532	−0,1980	−0,1103	−0,0643	
M_{x12}	−0,1792	−0,1616	−0,1252	−0,0876	−0,0345	−0,0097	qa^2
M_{x13}	−0,0768	−0,0673	−0,0427	−0,0212	+0,0041	+0,0132	
M_{x14}	−0,0192	−0,0128	−0,0014	+0,0072	+0,0140	+0,0141	
M_{x16}	−0,4925	−0,4320	−0,3400	−0,2580	−0,1468	−0,1033	
M_{x17}	−0,3135	−0,2560	−0,1884	−0,1336	−0,0670	−0,0384	
M_{x18}	−0,1728	−0,1296	−0,0855	−0,0548	−0,0213	−0,0069	
M_{x19}	−0,0768	−0,0465	−0,0228	−0,0108	−0,0002	+0,0032	
M_{x20}	−0,0192	−0,0032	+0,0050	+0,0064	+0,0046	+0,0023	
R_{x1}	+0,9728	+0,9060	+0,8722	+0,9194	+1,1050	+1,1828	
R_{x6}	+1,0101	+1,0552	+1,1020	+1,1140	+1,0433	+0,9335	
R_{x10}	+1,0020	+1,0156	+1,0120	+0,9548	+0,7567	+0,9548	
R_{x16}	+1,0032	+1,0028	+0,9170	+0,7796	+0,5217	+0,3699	qa
R_{x22}	+0,9649	+0,7328	+0,4700	+0,2844	+0,0988	+0,0548	
R_{x26}	+0,0321	+0,0100	−0,0414	−0,0802	−0,0930	−0,0887	

γ	0,125	0,25	0,375	0,5	0,75	1	f.m.
M_{y7}	−0,0006	−0,0020	−0,0031	−0,0028	+0,0001	+0,0023	
M_{y12}	−0,0006	−0,0018	−0,0020	−0,0004	+0,0034	+0,0032	
M_{y18}	−0,0005	−0,0010	0	+0,0014	+0,0005	−0,0069	
M_{y23}	−0,0003	+0,0002	−0,0003	−0,0035	−0,0176	−0,0384	
M_{y28}	−0,0023	−0,0086	−0,0168	−0,0296	−0,0623	−0,1033	
R_{y8}	−0,0003	−0,0007	+0,0002	+0,0032	+0,0106	+0,0141	
M_{y13}	−0,0002	−0,0004	+0,0018	+0,0063	+0,0139	+0,0132	
M_{y19}	−0,0002	+0,0006	+0,0036	+0,0065	+0,0042	−0,0097	qb^2
M_{y24}	+0,0001	+0,0015	+0,0007	−0,0051	−0,0296	−0,0643	
M_{y29}	−0,0043	−0,0158	−0,0307	−0,0541	−0,1104	−0,1724	
M_{y9}	0	+0,0005	+0,0037	+0,0105	+0,0257	+0,0324	
M_{y15}	0	+0,0010	+0,0060	+0,0145	+0,0279	+0,0268	
M_{y21}	+0,0001	+0,0024	+0,0078	+0,0122	+0,0077	−0,0146	
M_{y25}	+0,0004	+0,0030	+0,0012	−0,0088	−0,0501	−0,1046	
M_{y31}	−0,0083	−0,0304	−0,0589	−0,1051	−0,2076	−0,2949	
R_{y26}	+0,0041	+0,0025	−0,0155	−0,0401	−0,0698	−0,0887	
R_{y27}	−0,0062	−0,0058	−0,0080	+0,0011	+0,0333	+0,0548	
R_{y28}	+0,0503	+0,0998	+0,1135	+0,1576	+0,2595	+0,3699	
R_{y29}	+0,1060	+0,2009	+0,2213	+0,3024	+0,4574	+0,5948	qb
R_{y30}	+0,2029	+0,3764	+0,4296	+0,5696	+0,7928	+0,9335	
R_{y31}	+0,3120	+0,5716	+0,6709	+0,8739	+1,1288	+1,1828	

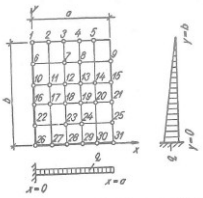
Tab. 1.97[1]

$\mu = 0{,}20$

$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{yb} = -\mu M_{xb}$

$M_{xa} = -\mu M_{ya}$



γ	0,125	0,25	0,375	0,5	0,75	1	f. m.
M_{x1}	−0,0448	−0,0688	−0,0818	−0,0884	−0,0826	−0,0662	
M_{x2}	−0,0384	−0,0660	−0,0676	−0,0668	−0,0478	−0,0291	
M_{x3}	−0,0256	−0,0416	−0,0469	−0,0400	−0,0190	−0,0056	
M_{x4}	−0,0128	−0,0256	−0,0263	−0,0184	−0,0014	+0,0059	
M_{x5}	−0,0064	−0,0112	−0,0107	−0,0052	+0,0050	+0,0077	
M_{x10}	−0,1985	−0,1905	−0,1657	−0,1336	−0,0816	+0,0518	
M_{x11}	−0,1280	−0,1184	−0,0946	−0,0696	−0,0346	−0,0173	
M_{x12}	−0,0704	−0,0624	−0,0441	−0,0276	−0,0082	−0,0004	
M_{x13}	−0,0320	−0,0240	−0,0128	−0,0036	+0,0041	+0,0059	
M_{x14}	−0,0064	−0,0048	+0,0014	+0,0052	+0,0064	+0,0054	qa^2
M_{x16}	−0,2943	−0,2400	−0,1750	−0,1236	−0,0640	−0,0368	
M_{x17}	−0,1855	−0,1360	−0,0868	−0,0540	−0,0215	−0,0092	
M_{x18}	−0,1024	−0,0640	−0,0320	−0,0148	−0,0018	+0,0015	
M_{x19}	−0,0448	−0,0176	−0,0014	+0,0044	+0,0053	+0,0041	
M_{x20}	−0,0064	+0,0032	+0,0085	+0,0084	+0,0051	+0,0028	
R_{x1}	+0,0600	+0,0304	+0,0107	+0,0332	+0,1298	+0,1917	
R_{x6}	+0,2017	+0,2228	+0,2508	+0,2804	+0,2755	+0,2481	
R_{x10}	+0,4008	+0,4105	+0,4138	+0,3906	+0,3070	+0,2364	
R_{x16}	+0,6040	+0,6050	+0,5462	+0,4622	+0,3176	+0,2289	qa
R_{x22}	+0,7710	+0,6900	+0,4042	+0,2826	+0,1590	+0,1047	
R_{x26}	+0,0448	−0,0336	+0,0117	−0,0158	−0,0259	−0,0224	

γ	0,125	0,25	0,375	0,5	0,75	1	f. m.
M_{y7}	−0,0001	−0,0007	+0,0012	−0,0010	+0,0004	+0,0019	
M_{y12}	−0,0002	−0,0007	+0,0003	+0,0010	+0,0044	+0,0064	
M_{y18}	−0,0003	−0,0002	−0,0012	+0,0032	+0,0060	+0,0062	
M_{y23}	−0,0002	+0,0006	−0,0014	+0,0012	−0,0019	−0,0073	
M_{y28}	−0,0021	−0,0069	+0,0119	−0,0193	−0,0352	−0,0515	
M_{y8}	−0,0001	−0,0005	−0,0004	+0,0007	+0,0039	+0,0059	
M_{y13}	−0,0001	−0,0001	+0,0013	+0,0041	+0,0093	+0,0112	
M_{y19}	−0,0001	+0,0009	+0,0037	+0,0067	+0,0096	+0,0078	qb^2
M_{y24}	+0,0001	+0,0017	+0,0028	+0,0018	−0,0050	−0,0148	
M_{y29}	−0,0038	−0,0121	−0,0202	−0,0318	−0,0548	−0,0759	
M_{y9}	−0,0001	−0,0004	+0,0002	+0,0026	+0,0087	+0,0118	
M_{y15}	0	+0,0006	+0,0034	+0,0079	+0,0155	+0,0172	
M_{y21}	+0,0001	+0,0022	+0,0067	+0,0109	+0,0132	+0,0084	
M_{y25}	+0,0004	+0,0032	+0,0043	+0,0017	−0,0108	−0,0268	
M_{y31}	−0,0072	−0,0221	−0,0354	−0,0546	−0,0896	−0,1157	
R_{y26}	+0,0056	+0,0084	+0,0044	−0,0079	−0,0194	−0,0224	
R_{y27}	−0,0008	+0,0133	+0,0309	+0,0573	+0,1105	+0,1598	
R_{y28}	+0,0510	+0,1020	+0,1232	+0,1665	+0,2399	+0,2991	
R_{y29}	+0,0996	+0,1780	+0,1911	+0,2446	+0,3236	+0,3794	qb
R_{y30}	+0,1819	+0,3009	+0,3079	+0,3698	+0,4489	+0,4909	
R_{y31}	+0,2706	+0,4232	+0,4185	+0,4827	+0,5505	+0,5586	

[1] Vedere nota a pag. 86.

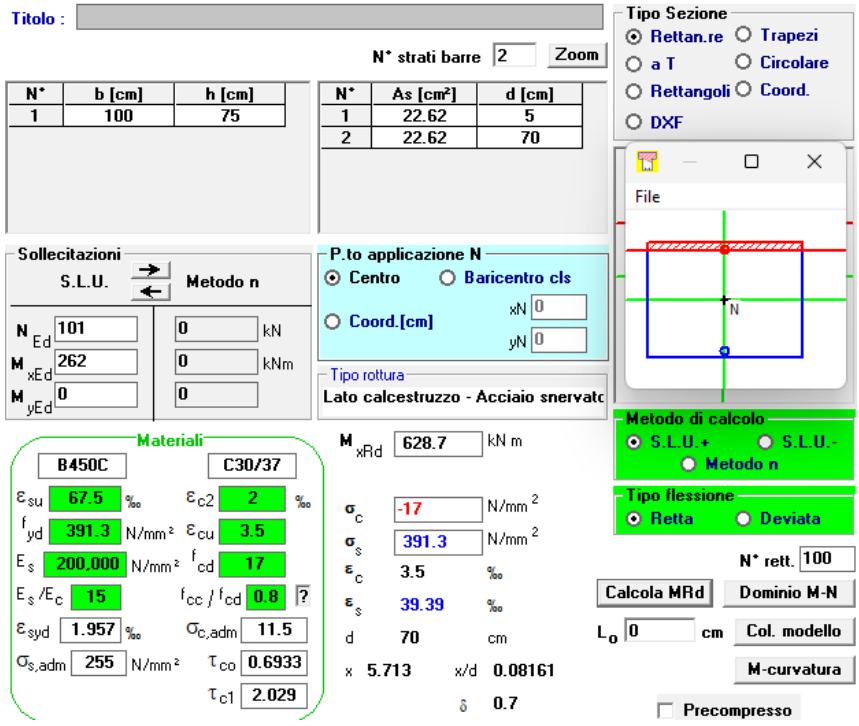
Lo spessore del muro è pari a 75cm.

Alla base viene considerato uno sforzo normale di 25x5.43x0.75=101 kN/m

Verifica del muro all'incastro di base

Mslu=1.3x82+1.5x43=171 kNm

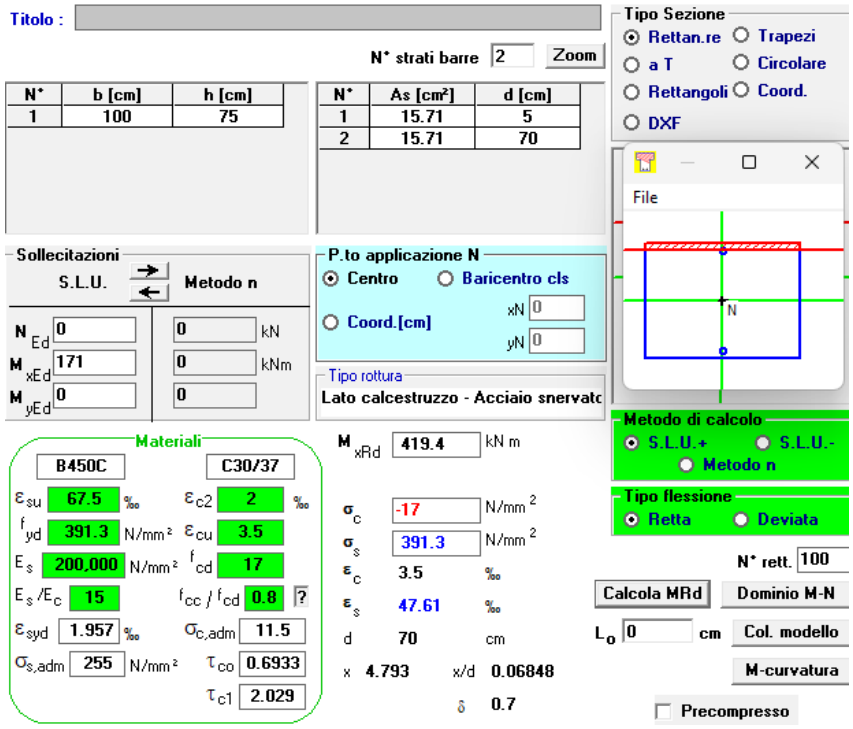
La sezione è armata con 5+5Ø24/m



Verifica del muro all'incastro con il muro frontale

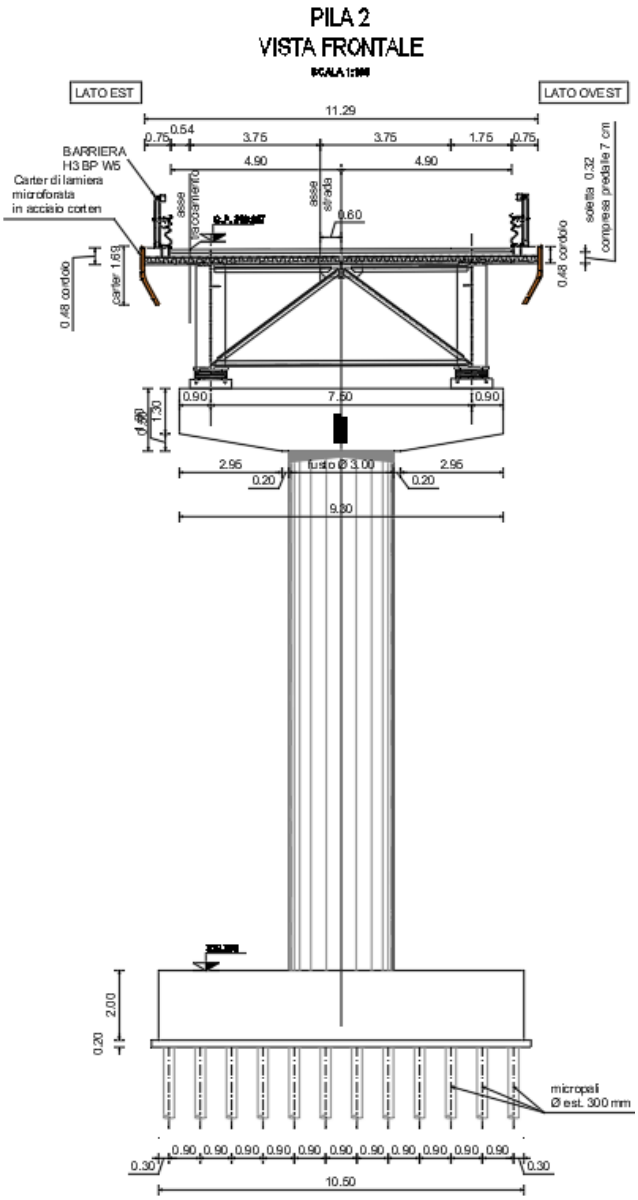
Mslu=1.3x150+1.5x45=262 kNm

La sezione è armata con 5+5Ø20/m



20. PILA

La pila è costituita da un fusto circolare di 3m di diametro, con altezza di 14,9m per la pila centrale, 9 m per p2 e 8,50 per p3, che sorregge un pulvino di sezione rettangolare di altezza variabile.



Il plinto ha una geometria rettangolare 7.8m x 10.5m di 2m di spessore fondata su 108 micropali Ø300.

Inerzia platea:

spessore=	2	m
Ntrasv =	12.00	
nlong =	9.00	

Dpalo =	0.30	m
int =	0.90	m
bordo =	0.30	m
Btrasv =	10.50	m
Blong =	7.80	m
ntot pali =	108.00	
Ppplinto =	4,095.00	kN
Pterra=	3,112.20	kN

Caratteristiche inerziali della palificata

Trasv			Di_trasv_^2		Long			Di_long^2	
			1,042.47	**mq**				**583.20**	**mq**
1	-4.95	m	24.50		1	-3.6	m	12.96	
2	-4.05	m	16.40		2	-2.7	m	7.29	
3	-3.15	m	9.92		3	-1.8	m	3.24	
4	-2.25	m	5.06		4	-0.9	m	0.81	
5	-1.35	m	1.82		5	0	m	0.00	
6	-0.45	m	0.20		6	0.9	m	0.81	
7	0.45	m	0.20		7	1.8	m	3.24	
8	1.35	m	1.82		8	2.7	m	7.29	
9	2.25	m	5.06		9	3.6	m	12.96	
10	3.15	m	9.92		10				
11	4.05	m	16.40		11				
12	4.95	m	24.50		12				

Si riportano le sollecitazioni alla base del fusto pila, ordinate secondo condizioni che massimizzano e minimizzano rispettivamente lo sforzo normale ed i momenti flessionali nelle direzioni trasversali e longitudinali essendo Mt= momento longitudinale
Mz= momento trasversale
Shear-y = taglio trasversale
Shear- z = taglio longitudinale

La dicitura delle condizioni di azioni è la seguenti

- g1 peso proprio delle strutture
- g2 carichi permanenti portati
- Cedimenti distorsioni di progetto
- Ritiro ritiro del calcestruzzo
- dt variazioni termiche differenziali: Acciaio-cls.
- Cedimenti cedimenti differenziali dei vincoli
- q1 : carichi mobili
- freno: azioni longitudinali di frenamento
- SISMA azione sismica
- vento azioni del vento

Si riportano di seguito le combinazioni di verifica adottate:

```
NAME=SLU1, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1.35, CBC, g2, 1.5, CBC, Ritiro, 1.2, CBC, cedimenti, 1.2
     CBC, vento, 0.9, CBC, dt1, 0.9, CBC, q1ecc, 1.35
NAME=SLU2, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1.35, CBC, g2, 1.5, CBC, Ritiro, 1.2, CBC, cedimenti, 1.2
     CBC, vento, 0.9, CBC, dt2, 0.9, CBC, q1ecc, 1.35
NAME=SLU3, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1.35, CBC, g2, 1.5, CBC, Ritiro, 1.2, CBC, cedimenti, 1.2
     CBC, vento, -0.9, CBC, dt1, 0.9, CBC, q1ecc, 1.35
NAME=SLU4, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1.35, CBC, g2, 1.5, CBC, Ritiro, 1.2, CBC, cedimenti, 1.2
     CBC, vento, -0.9, CBC, dt2, 0.9, CBC, q1ecc, 1.35
NAME=SLU5, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, vento, 0.9, CBC, dt1, 0.9, CBC, q1ecc, 1.35
NAME=SLU7, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, vento, -0.9, CBC, dt1, 0.9, CBC, q1ecc, 1.35
NAME=SLU8, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, vento, -0.9, CBC, dt2, 0.9, CBC, q1ecc, 1.35
NAME=SLU9, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1.35, CBC, g2, 1.5, CBC, Ritiro, 1.2, CBC, cedimenti, 1.2
     CBC, dt1, 0.9, CBC, q1max, 1.35, CBC, freno, 1.35
NAME=SLU10, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1.35, CBC, g2, 1.5, CBC, Ritiro, 1.2, CBC, cedimenti, 1.2
     CBC, dt2, 0.9, CBC, q1max, 1.35, CBC, freno, 1.35
NAME=SLU11, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, dt1, 0.9, CBC, q1max, 1.35, CBC, freno, 1.35
NAME=SLU12, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, dt2, 0.9, CBC, q1max, 1.35, CBC, freno, 1.35
NAME=SLU13, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1.35, CBC, g2, 1.5, CBC, Ritiro, 1.2, CBC, cedimenti, 1.2
     CBC, dt1, 1.5, CBC, q1max, 1.35
NAME=SLU14, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1.35, CBC, g2, 1.5, CBC, Ritiro, 1.2, CBC, cedimenti, 1.2
     CBC, dt2, 1.5, CBC, q1max, 1.35
NAME=SLU15, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, dt1, 1.5, CBC, q1max, 1.35
NAME=SLU16, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, dt2, 1.5, CBC, q1max, 1.35
NAME=SLU17, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1.35, CBC, g2, 1.5, CBC, Ritiro, 1.2, CBC, cedimenti, 1.2
     CBC, vento, 1.5
NAME=SLU18, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, vento, 1.5
NAME=SISMA1, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 1, CBC, sismay, 0.3, CBC, sismaz, 0.3
NAME=SISMA2, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
```

```
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 0.3, CBC, sismay, 1, CBC, sismaz, 0.3
NAME=SISMA3, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 0.3, CBC, sismay, 0.3, CBC, sismaz, 1
NAME=SISMA4, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, -1, CBC, sismay, 0.3, CBC, sismaz, 0.3
NAME=SISMA5, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 0.3, CBC, sismay, -1, CBC, sismaz, 0.3
NAME=SISMA6, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 0.3, CBC, sismay, 0.3, CBC, sismaz, -1
NAME=SISMA7, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 1, CBC, sismay, -0.3, CBC, sismaz, 0.3
NAME=SISMA8, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, -0.3, CBC, sismay, 1, CBC, sismaz, 0.3
NAME=SISMA9, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, -0.3, CBC, sismay, 0.3, CBC, sismaz, 1
NAME=SISMA10, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 1, CBC, sismay, 0.3, CBC, sismaz, -0.3
NAME=SISMA11, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 0.3, CBC, sismay, 1, CBC, sismaz, -0.3
NAME=SISMA12, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 0.3, CBC, sismay, 0.3, CBC, sismaz, -1
NAME=SISMA13, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, -1, CBC, sismay, -0.3, CBC, sismaz, -0.3
NAME=SISMA14, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, -0.3, CBC, sismay, -1, CBC, sismaz, -0.3
NAME=SISMA15, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, -0.3, CBC, sismay, -0.3, CBC, sismaz, -1
NAME=SISMA16, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 1, CBC, sismay, -0.3, CBC, sismaz, -0.3
NAME=SISMA17, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 0.3, CBC, sismay, -1, CBC, sismaz, -0.3
NAME=SISMA18, CONC, STRENGTH, 0, 0, , 0, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, sismax, 0.3, CBC, sismay, -0.3, CBC, sismaz, -1
NAME=SLE1_CAR, CONC, SERVICE, 0, 0, , 3, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, vento, 0.6, CBC, dt1, 0.6, CBC, q1max, 1
NAME=SLE2_CAR, CONC, SERVICE, 0, 0, , 3, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, vento, 0.6, CBC, dt2, 0.6, CBC, q1max, 1
NAME=SLE3_CAR, CONC, SERVICE, 0, 0, , 3, 0, 0
```

```
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, vento, -0.6, CBC, dt1, 0.6, CBC, q1max, 1
NAME=SLE4_CAR, CONC, SERVICE, 0, 0, , 3, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, g2, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1
     CBC, vento, -0.6, CBC, dt2, 0.6, CBC, q1max, 1
NAME=SLE1_FR, CONC, SERVICE, 0, 0, , 2, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1, CBC, dt1, 0.6
     MV, Massimo tandem, 0.75, MV, Massimo distribuito, 0.4, CBC, vento, 0.2
NAME=SLE2_FR, CONC, SERVICE, 0, 0, , 2, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1, CBC, dt1, 0.6
     MV, Massimo ecc tandem, 0.75, MV, Massimo ecc distribuiti, 0.4
     CBC, vento, 0.2
NAME=SLE3_FR, CONC, SERVICE, 0, 0, , 2, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1, CBC, dt2, 0.6
     MV, Massimo tandem, 0.75, MV, Massimo distribuito, 0.4, CBC, vento, 0.2
NAME=SLE4_FR, CONC, SERVICE, 0, 0, , 2, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1, CBC, dt2, 0.6
     MV, Massimo ecc tandem, 0.75, MV, Massimo ecc distribuiti, 0.4
     CBC, vento, 0.2
NAME=SLE1_QP, CONC, SERVICE, 0, 0, , 1, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1, CBC, dt1, 0.5
NAME=SLE2_QP, CONC, SERVICE, 0, 0, , 1, 0, 0
     CBC, g1, 1, CBC, Ritiro, 1, CBC, cedimenti, 1, CBC, dt2, 0.5
```

Elem	Load	Part	Component	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
610	SLU1(max)	I[521]	Axial	-10.400	716	2	3	33	11.944
610	SLU1(max)	I[521]	Moment-y	-13.134	671	31	81	516	17.446
610	SLU1(max)	I[521]	Moment-z	-14.702	636	5	6	77	21.361
610	SLU2(max)	I[521]	Axial	-10.368	716	2	3	30	11.944
610	SLU2(max)	I[521]	Moment-y	-13.102	671	31	81	514	17.446
610	SLU2(max)	I[521]	Moment-z	-14.671	636	4	6	74	21.361
610	SLU3(max)	I[521]	Axial	-10.399	-681	2	3	33	-12.209
610	SLU3(max)	I[521]	Moment-y	-13.133	-726	31	80	516	-6.707
610	SLU3(max)	I[521]	Moment-z	-14.702	-761	5	6	77	-2.792
610	SLU4(max)	I[521]	Axial	-10.368	-681	2	3	30	-12.209
610	SLU4(max)	I[521]	Moment-y	-13.102	-726	31	80	514	-6.707
610	SLU4(max)	I[521]	Moment-z	-14.670	-761	4	6	74	-2.792
610	SLU5(max)	I[521]	Axial	-7.330	716	2	3	31	11.877
610	SLU5(max)	I[521]	Moment-y	-10.026	671	30	81	506	17.380
610	SLU5(max)	I[521]	Moment-z	-11.632	637	4	6	74	21.295
610	SLU6(max)	I[521]	Axial	-7.299	716	2	3	28	11.877
610	SLU6(max)	I[521]	Moment-y	-9.994	671	30	81	503	17.380
610	SLU6(max)	I[521]	Moment-z	-11.601	637	4	6	72	21.295
610	SLU7(max)	I[521]	Axial	-7.330	-681	2	3	31	-12.276
610	SLU7(max)	I[521]	Moment-y	-10.026	-726	30	80	506	-6.773

610	SLU7(max)	I[521]	Moment-z	-11.632	-761	4	6	74	-2.858
610	SLU8(max)	I[521]	Axial	-7.298	-681	2	3	28	-12.276
610	SLU8(max)	I[521]	Moment-y	-9.994	-726	30	80	503	-6.773
610	SLU8(max)	I[521]	Moment-z	-11.601	-761	4	6	72	-2.858
610	SLU9(max)	I[521]	Axial	-10.327	13	208	2	3.476	-60
610	SLU9(max)	I[521]	Moment-y	-13.686	-20	243	59	4.066	3.963
610	SLU9(max)	I[521]	Moment-z	-14.633	-66	211	5	3.519	9.364
610	SLU10(max)	I[521]	Axial	-10.296	13	208	2	3.473	-60
610	SLU10(max)	I[521]	Moment-y	-13.654	-20	243	59	4.063	3.963
610	SLU10(max)	I[521]	Moment-z	-14.601	-66	211	5	3.516	9.364
610	SLU11(max)	I[521]	Axial	-7.257	13	208	2	3.473	-127
610	SLU11(max)	I[521]	Moment-y	-10.578	-20	243	59	4.055	3.897
610	SLU11(max)	I[521]	Moment-z	-11.563	-66	211	5	3.516	9.298
610	SLU12(max)	I[521]	Axial	-7.226	13	208	2	3.470	-127
610	SLU12(max)	I[521]	Moment-y	-10.546	-20	243	59	4.053	3.897
610	SLU12(max)	I[521]	Moment-z	-11.532	-66	210	5	3.513	9.298
610	SLU13(max)	I[521]	Axial	-10.337	13	2	2	38	-60
610	SLU13(max)	I[521]	Moment-y	-13.696	-20	38	59	629	3.963
610	SLU13(max)	I[521]	Moment-z	-14.643	-66	5	5	81	9.364
610	SLU14(max)	I[521]	Axial	-10.285	13	2	2	34	-60
610	SLU14(max)	I[521]	Moment-y	-13.644	-20	37	59	624	3.963
610	SLU14(max)	I[521]	Moment-z	-14.591	-66	5	5	77	9.364
610	SLU15(max)	I[521]	Axial	-7.268	13	2	2	35	-127
610	SLU15(max)	I[521]	Moment-y	-10.588	-20	37	59	618	3.897
610	SLU15(max)	I[521]	Moment-z	-11.573	-66	5	5	78	9.298
610	SLU16(max)	I[521]	Axial	-7.215	13	2	2	31	-127
610	SLU16(max)	I[521]	Moment-y	-10.536	-20	37	59	613	3.897
610	SLU16(max)	I[521]	Moment-z	-11.521	-66	4	5	74	9.298
610	SLU17(max)	I[521]	Axial	-10.697	1.164	1	1	9	20.326
610	SLU17(max)	I[521]	Moment-y	-10.926	1.164	3	1	57	20.326
610	SLU17(max)	I[521]	Moment-z	-10.697	1.164	1	1	9	20.326
610	SLU18(max)	I[521]	Axial	-7.627	1.164	0	0	6	20.260
610	SLU18(max)	I[521]	Moment-y	-7.818	1.164	3	0	46	20.260
610	SLU18(max)	I[521]	Moment-z	-7.627	1.164	0	0	6	20.260
610	SISMA1(max)	I[521]	Axial	-7.393	417	1.631	1	24.672	7.260
610	SISMA1(max)	I[521]	Moment-y	-7.583	417	1.633	1	24.713	7.260
610	SISMA1(max)	I[521]	Moment-z	-7.393	417	1.631	1	24.672	7.260
610	SISMA2(max)	I[521]	Axial	-7.403	1.392	490	3	7.406	23.891
610	SISMA2(max)	I[521]	Moment-y	-7.594	1.392	492	3	7.446	23.891
610	SISMA2(max)	I[521]	Moment-z	-7.403	1.392	490	3	7.406	23.891
610	SISMA3(max)	I[521]	Axial	-6.890	417	490	1	7.406	7.260
610	SISMA3(max)	I[521]	Moment-y	-7.081	417	492	1	7.447	7.260
610	SISMA3(max)	I[521]	Moment-z	-6.890	417	490	1	7.406	7.260

610	SISMA4(max)	I[521]	Axial	-7.422	417	-1.630	1	-24.660	7.260
610	SISMA4(max)	I[521]	Moment-y	-7.613	417	-1.628	1	-24.620	7.260
610	SISMA4(max)	I[521]	Moment-z	-7.422	417	-1.630	1	-24.660	7.260
610	SISMA5(max)	I[521]	Axial	-7.403	-1.394	490	-3	7.406	-23.626
610	SISMA5(max)	I[521]	Moment-y	-7.594	-1.394	492	-3	7.446	-23.626
610	SISMA5(max)	I[521]	Moment-z	-7.403	-1.394	490	-3	7.406	-23.626
610	SISMA6(max)	I[521]	Axial	-8.356	417	490	1	7.405	7.260
610	SISMA6(max)	I[521]	Moment-y	-8.547	417	492	1	7.446	7.260
610	SISMA6(max)	I[521]	Moment-z	-8.356	417	490	1	7.405	7.260
610	SISMA7(max)	I[521]	Axial	-7.393	-418	1.631	-1	24.672	-6.995
610	SISMA7(max)	I[521]	Moment-y	-7.583	-418	1.633	-1	24.713	-6.995
610	SISMA7(max)	I[521]	Moment-z	-7.393	-418	1.631	-1	24.672	-6.995
610	SISMA8(max)	I[521]	Axial	-7.412	1.392	-489	3	-7.394	23.891
610	SISMA8(max)	I[521]	Moment-y	-7.603	1.392	-486	3	-7.353	23.891
610	SISMA8(max)	I[521]	Moment-z	-7.412	1.392	-489	3	-7.394	23.891
610	SISMA9(max)	I[521]	Axial	-6.899	417	-489	1	-7.393	7.260
610	SISMA9(max)	I[521]	Moment-y	-7.090	417	-486	1	-7.353	7.260
610	SISMA9(max)	I[521]	Moment-z	-6.899	417	-489	1	-7.393	7.260
610	SISMA10(max)	I[521]	Axial	-7.832	417	1.631	1	24.672	7.260
610	SISMA10(max)	I[521]	Moment-y	-8.023	417	1.633	1	24.712	7.260
610	SISMA10(max)	I[521]	Moment-z	-7.832	417	1.631	1	24.672	7.260
610	SISMA11(max)	I[521]	Axial	-7.843	1.392	490	3	7.406	23.891
610	SISMA11(max)	I[521]	Moment-y	-8.034	1.392	492	3	7.446	23.891
610	SISMA11(max)	I[521]	Moment-z	-7.843	1.392	490	3	7.406	23.891
610	SISMA12(max)	I[521]	Axial	-8.356	417	490	1	7.405	7.260
610	SISMA12(max)	I[521]	Moment-y	-8.547	417	492	1	7.446	7.260
610	SISMA12(max)	I[521]	Moment-z	-8.356	417	490	1	7.405	7.260
610	SISMA13(max)	I[521]	Axial	-7.862	-418	-1.630	-1	-24.660	-6.995
610	SISMA13(max)	I[521]	Moment-y	-8.053	-418	-1.628	-1	-24.620	-6.995
610	SISMA13(max)	I[521]	Moment-z	-7.862	-418	-1.630	-1	-24.660	-6.995
610	SISMA14(max)	I[521]	Axial	-7.852	-1.394	-489	-3	-7.394	-23.626
610	SISMA14(max)	I[521]	Moment-y	-8.042	-1.394	-486	-3	-7.354	-23.626
610	SISMA14(max)	I[521]	Moment-z	-7.852	-1.394	-489	-3	-7.394	-23.626
610	SISMA15(max)	I[521]	Axial	-8.365	-418	-489	-1	-7.394	-6.995
610	SISMA15(max)	I[521]	Moment-y	-8.556	-418	-486	-1	-7.354	-6.995
610	SISMA15(max)	I[521]	Moment-z	-8.365	-418	-489	-1	-7.394	-6.995
610	SISMA16(max)	I[521]	Axial	-7.832	-418	1.631	-1	24.672	-6.995
610	SISMA16(max)	I[521]	Moment-y	-8.023	-418	1.633	-1	24.712	-6.995
610	SISMA16(max)	I[521]	Moment-z	-7.832	-418	1.631	-1	24.672	-6.995
610	SISMA17(max)	I[521]	Axial	-7.843	-1.394	490	-3	7.406	-23.626
610	SISMA17(max)	I[521]	Moment-y	-8.034	-1.394	492	-3	7.446	-23.626
610	SISMA17(max)	I[521]	Moment-z	-7.843	-1.394	490	-3	7.406	-23.626
610	SISMA18(max)	I[521]	Axial	-8.356	-418	490	-1	7.405	-6.995

610	SISMA18(max)	I[521]	Moment-y	-8.547	-418	492	-1	7.446	-6.995
610	SISMA18(max)	I[521]	Moment-z	-8.356	-418	490	-1	7.405	-6.995
610	SLE1_CAR(max)	I[521]	Axial	-7.352	476	2	2	27	7.992
610	SLE1_CAR(max)	I[521]	Moment-y	-9.861	451	28	44	469	10.972
610	SLE1_CAR(max)	I[521]	Moment-z	-10.542	417	4	4	59	14.973
610	SLE2_CAR(max)	I[521]	Axial	-7.331	476	2	2	25	7.992
610	SLE2_CAR(max)	I[521]	Moment-y	-9.840	451	28	44	467	10.972
610	SLE2_CAR(max)	I[521]	Moment-z	-10.521	417	3	4	57	14.973
610	SLE3_CAR(max)	I[521]	Axial	-7.352	-456	2	1	27	-8.110
610	SLE3_CAR(max)	I[521]	Moment-y	-9.861	-481	28	44	469	-5.130
610	SLE3_CAR(max)	I[521]	Moment-z	-10.541	-515	4	4	59	-1.129
610	SLE4_CAR(max)	I[521]	Axial	-7.331	-456	2	1	25	-8.110
610	SLE4_CAR(max)	I[521]	Moment-y	-9.840	-481	28	44	467	-5.130
610	SLE4_CAR(max)	I[521]	Moment-z	-10.521	-515	3	4	57	-1.129
610	SLE1_FR(max)	I[521]	Axial	-4.966	160	1	1	19	2.582
610	SLE1_FR(max)	I[521]	Moment-y	-6.412	147	17	24	276	4.184
610	SLE1_FR(max)	I[521]	Moment-z	-6.608	130	3	2	43	6.040
610	SLE2_FR(max)	I[521]	Axial	-4.994	162	1	2	16	2.553
610	SLE2_FR(max)	I[521]	Moment-y	-6.200	144	14	32	232	4.704
610	SLE2_FR(max)	I[521]	Moment-z	-6.635	131	2	3	41	6.009
610	SLE3_FR(max)	I[521]	Axial	-4.945	160	1	1	17	2.582
610	SLE3_FR(max)	I[521]	Moment-y	-6.391	147	16	24	274	4.184
610	SLE3_FR(max)	I[521]	Moment-z	-6.587	130	2	2	41	6.040
610	SLE4_FR(max)	I[521]	Axial	-4.973	162	1	2	14	2.553
610	SLE4_FR(max)	I[521]	Moment-y	-6.179	144	14	32	230	4.704
610	SLE4_FR(max)	I[521]	Moment-z	-6.614	131	2	3	39	6.009
610	SLE1_QP(max)	I[521]	Axial	-5.116	0	0	0	3	0
610	SLE1_QP(max)	I[521]	Moment-y	-5.307	0	3	0	44	0
610	SLE1_QP(max)	I[521]	Moment-z	-5.116	0	0	0	3	0
610	SLE2_QP(max)	I[521]	Axial	-5.099	0	0	0	2	0
610	SLE2_QP(max)	I[521]	Moment-y	-5.290	0	3	0	42	0
610	SLE2_QP(max)	I[521]	Moment-z	-5.099	0	0	0	2	0
610	SLU1(min)	I[521]	Axial	-14.988	634	3	2	50	21.325
610	SLU1(min)	I[521]	Moment-y	-13.028	673	-28	-76	-474	17.170
610	SLU1(min)	I[521]	Moment-z	-10.535	715	-2	-3	-33	11.901
610	SLU2(min)	I[521]	Axial	-14.957	634	3	2	48	21.325
610	SLU2(min)	I[521]	Moment-y	-12.996	673	-29	-76	-477	17.170
610	SLU2(min)	I[521]	Moment-z	-10.504	715	-2	-3	-36	11.901
610	SLU3(min)	I[521]	Axial	-14.988	-763	3	1	50	-2.828
610	SLU3(min)	I[521]	Moment-y	-13.027	-725	-28	-76	-474	-6.983
610	SLU3(min)	I[521]	Moment-z	-10.535	-683	-2	-4	-33	-12.252
610	SLU4(min)	I[521]	Axial	-14.957	-763	3	1	48	-2.828
610	SLU4(min)	I[521]	Moment-y	-12.996	-725	-29	-76	-477	-6.983

610	SLU4(min)	I[521]	Moment-z	-10.504	-683	-2	-4	-36	-12.252
610	SLU5(min)	I[521]	Axial	-11.881	635	2	2	40	21.259
610	SLU5(min)	I[521]	Moment-y	-9.938	673	-28	-76	-472	17.104
610	SLU5(min)	I[521]	Moment-z	-7.445	715	-2	-3	-31	11.834
610	SLU6(min)	I[521]	Axial	-11.849	635	2	2	37	21.259
610	SLU6(min)	I[521]	Moment-y	-9.906	673	-28	-76	-475	17.104
610	SLU6(min)	I[521]	Moment-z	-7.414	715	-2	-3	-34	11.834
610	SLU7(min)	I[521]	Axial	-11.880	-763	2	1	40	-2.894
610	SLU7(min)	I[521]	Moment-y	-9.938	-725	-28	-76	-472	-7.049
610	SLU7(min)	I[521]	Moment-z	-7.445	-682	-2	-4	-31	-12.318
610	SLU8(min)	I[521]	Axial	-11.849	-763	2	1	37	-2.894
610	SLU8(min)	I[521]	Moment-y	-9.906	-725	-28	-76	-475	-7.049
610	SLU8(min)	I[521]	Moment-z	-7.414	-682	-2	-4	-34	-12.319
610	SLU9(min)	I[521]	Axial	-15.987	-47	210	-3	3.500	6.781
610	SLU9(min)	I[521]	Moment-y	-13.532	-19	172	-59	2.865	3.829
610	SLU9(min)	I[521]	Moment-z	-11.531	33	205	-8	3.417	-2.650
610	SLU10(min)	I[521]	Axial	-15.956	-47	209	-3	3.498	6.781
610	SLU10(min)	I[521]	Moment-y	-13.500	-19	171	-59	2.862	3.829
610	SLU10(min)	I[521]	Moment-z	-11.499	33	204	-8	3.414	-2.650
610	SLU11(min)	I[521]	Axial	-12.879	-47	209	-3	3.490	6.715
610	SLU11(min)	I[521]	Moment-y	-10.442	-19	172	-59	2.867	3.763
610	SLU11(min)	I[521]	Moment-z	-8.441	33	205	-8	3.418	-2.716
610	SLU12(min)	I[521]	Axial	-12.848	-47	209	-3	3.487	6.715
610	SLU12(min)	I[521]	Moment-y	-10.411	-19	172	-59	2.864	3.763
610	SLU12(min)	I[521]	Moment-z	-8.409	33	205	-8	3.416	-2.716
610	SLU13(min)	I[521]	Axial	-15.997	-47	4	-3	63	6.781
610	SLU13(min)	I[521]	Moment-y	-13.542	-19	-34	-59	-573	3.829
610	SLU13(min)	I[521]	Moment-z	-11.541	33	-1	-8	-21	-2.650
610	SLU14(min)	I[521]	Axial	-15.945	-47	3	-3	58	6.781
610	SLU14(min)	I[521]	Moment-y	-13.490	-19	-35	-59	-577	3.829
610	SLU14(min)	I[521]	Moment-z	-11.489	33	-2	-8	-25	-2.650
610	SLU15(min)	I[521]	Axial	-12.890	-47	3	-3	52	6.715
610	SLU15(min)	I[521]	Moment-y	-10.452	-19	-34	-59	-571	3.763
610	SLU15(min)	I[521]	Moment-z	-8.451	33	-1	-8	-19	-2.716
610	SLU16(min)	I[521]	Axial	-12.837	-47	3	-3	47	6.715
610	SLU16(min)	I[521]	Moment-y	-10.400	-19	-34	-59	-575	3.763
610	SLU16(min)	I[521]	Moment-z	-8.399	33	-1	-8	-24	-2.716
610	SLU17(min)	I[521]	Axial	-10.926	1.164	3	1	57	20.326
610	SLU17(min)	I[521]	Moment-y	-10.819	1.164	-1	1	-18	20.326
610	SLU17(min)	I[521]	Moment-z	-10.819	1.164	-1	1	-18	20.326
610	SLU18(min)	I[521]	Axial	-7.818	1.164	3	0	46	20.260
610	SLU18(min)	I[521]	Moment-y	-7.729	1.164	-1	0	-16	20.260
610	SLU18(min)	I[521]	Moment-z	-7.729	1.164	-1	0	-16	20.260

610	SISMA1(min)	I[521]	Axial	-7.583	417	1.633	1	24.713	7.260
610	SISMA1(min)	I[521]	Moment-y	-7.494	417	1.630	1	24.650	7.260
610	SISMA1(min)	I[521]	Moment-z	-7.494	417	1.630	1	24.650	7.260
610	SISMA2(min)	I[521]	Axial	-7.594	1.392	492	3	7.446	23.891
610	SISMA2(min)	I[521]	Moment-y	-7.504	1.392	488	3	7.384	23.891
610	SISMA2(min)	I[521]	Moment-z	-7.504	1.392	488	3	7.384	23.891
610	SISMA3(min)	I[521]	Axial	-7.081	417	492	1	7.447	7.260
610	SISMA3(min)	I[521]	Moment-y	-6.991	417	488	1	7.384	7.260
610	SISMA3(min)	I[521]	Moment-z	-6.991	417	488	1	7.384	7.260
610	SISMA4(min)	I[521]	Axial	-7.613	417	-1.628	1	-24.620	7.260
610	SISMA4(min)	I[521]	Moment-y	-7.524	417	-1.632	1	-24.682	7.260
610	SISMA4(min)	I[521]	Moment-z	-7.524	417	-1.632	1	-24.682	7.260
610	SISMA5(min)	I[521]	Axial	-7.594	-1.394	492	-3	7.446	-23.626
610	SISMA5(min)	I[521]	Moment-y	-7.504	-1.394	488	-3	7.384	-23.626
610	SISMA5(min)	I[521]	Moment-z	-7.504	-1.394	488	-3	7.384	-23.626
610	SISMA6(min)	I[521]	Axial	-8.547	417	492	1	7.446	7.260
610	SISMA6(min)	I[521]	Moment-y	-8.457	417	488	1	7.384	7.260
610	SISMA6(min)	I[521]	Moment-z	-8.457	417	488	1	7.384	7.260
610	SISMA7(min)	I[521]	Axial	-7.583	-418	1.633	-1	24.713	-6.995
610	SISMA7(min)	I[521]	Moment-y	-7.494	-418	1.630	-1	24.650	-6.995
610	SISMA7(min)	I[521]	Moment-z	-7.494	-418	1.630	-1	24.650	-6.995
610	SISMA8(min)	I[521]	Axial	-7.603	1.392	-486	3	-7.353	23.891
610	SISMA8(min)	I[521]	Moment-y	-7.513	1.392	-490	3	-7.416	23.891
610	SISMA8(min)	I[521]	Moment-z	-7.513	1.392	-490	3	-7.416	23.891
610	SISMA9(min)	I[521]	Axial	-7.090	417	-486	1	-7.353	7.260
610	SISMA9(min)	I[521]	Moment-y	-7.000	417	-490	1	-7.415	7.260
610	SISMA9(min)	I[521]	Moment-z	-7.000	417	-490	1	-7.415	7.260
610	SISMA10(min)	I[521]	Axial	-8.023	417	1.633	1	24.712	7.260
610	SISMA10(min)	I[521]	Moment-y	-7.934	417	1.630	1	24.650	7.260
610	SISMA10(min)	I[521]	Moment-z	-7.934	417	1.630	1	24.650	7.260
610	SISMA11(min)	I[521]	Axial	-8.034	1.392	492	3	7.446	23.891
610	SISMA11(min)	I[521]	Moment-y	-7.944	1.392	488	3	7.384	23.891
610	SISMA11(min)	I[521]	Moment-z	-7.944	1.392	488	3	7.384	23.891
610	SISMA12(min)	I[521]	Axial	-8.547	417	492	1	7.446	7.260
610	SISMA12(min)	I[521]	Moment-y	-8.457	417	488	1	7.384	7.260
610	SISMA12(min)	I[521]	Moment-z	-8.457	417	488	1	7.384	7.260
610	SISMA13(min)	I[521]	Axial	-8.053	-418	-1.628	-1	-24.620	-6.995
610	SISMA13(min)	I[521]	Moment-y	-7.963	-418	-1.632	-1	-24.682	-6.995
610	SISMA13(min)	I[521]	Moment-z	-7.963	-418	-1.632	-1	-24.682	-6.995
610	SISMA14(min)	I[521]	Axial	-8.042	-1.394	-486	-3	-7.354	-23.626
610	SISMA14(min)	I[521]	Moment-y	-7.953	-1.394	-490	-3	-7.416	-23.626
610	SISMA14(min)	I[521]	Moment-z	-7.953	-1.394	-490	-3	-7.416	-23.626
610	SISMA15(min)	I[521]	Axial	-8.556	-418	-486	-1	-7.354	-6.995

610	SISMA15(min)	I[521]	Moment-y	-8.466	-418	-490	-1	-7.416	-6.995
610	SISMA15(min)	I[521]	Moment-z	-8.466	-418	-490	-1	-7.416	-6.995
610	SISMA16(min)	I[521]	Axial	-8.023	-418	1.633	-1	24.712	-6.995
610	SISMA16(min)	I[521]	Moment-y	-7.934	-418	1.630	-1	24.650	-6.995
610	SISMA16(min)	I[521]	Moment-z	-7.934	-418	1.630	-1	24.650	-6.995

Le azioni in testa ai pali sono valutate per ogni combinazione secondo la seguente formulazione:

$Npalo = N/(num\ pali) + (Mt_{trasv}/W_{trasv}) + (Ml_{long}/W)$

Lo sforzo di taglio viene ripartito tra tutti i pali.

Casi	*Tipo*	*Nmax*	*Mtrasv*	*Mlong*	*Ttrasv*	*Tlong*	*Npalo*	*Npalo min*
		[kN]	*[kNm]*	*[kNm]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	[kN]
1	**SLU1(max)-Axial**	-17.607	13.376	37	716	2	-227	-99
2	**SLU1(max)-Moment-y**	-20.341	18.788	578	671	31	-281	-96
3	**SLU1(max)-Moment-z**	-21.909	22.633	86	636	5	-311	-95
4	**SLU2(max)-Axial**	-17.575	13.376	34	716	2	-226	-99
5	**SLU2(max)-Moment-y**	-20.309	18.788	575	671	31	-281	-95
6	**SLU2(max)-Moment-z**	-21.878	22.633	83	636	4	-311	-95
7	**SLU3(max)-Axial**	-17.607	13.572	37	-681	2	-228	-98
8	**SLU3(max)-Moment-y**	-20.341	8.160	578	-726	31	-231	-146
9	**SLU3(max)-Moment-z**	-21.909	4.315	86	-761	5	-224	-182
10	**SLU4(max)-Axial**	-17.575	13.572	34	-681	2	-227	-98
11	**SLU4(max)-Moment-y**	-20.309	8.160	575	-726	31	-230	-146
12	**SLU4(max)-Moment-z**	-21.878	4.315	83	-761	4	-224	-182
13	**SLU5(max)-Axial**	-14.537	13.310	34	716	2	-198	-71
14	**SLU5(max)-Moment-y**	-17.233	18.722	566	671	30	-252	-67
15	**SLU5(max)-Moment-z**	-18.839	22.568	83	637	4	-282	-67
16	**SLU6(max)-Axial**	-14.506	13.310	31	716	2	-198	-71
17	**SLU6(max)-Moment-y**	-17.202	18.722	563	671	30	-252	-67
18	**SLU6(max)-Moment-z**	-18.808	22.568	80	637	4	-282	-66
19	**SLU7(max)-Axial**	-14.537	13.638	34	-681	2	-200	-70
20	**SLU7(max)-Moment-y**	-17.233	8.226	566	-726	30	-202	-117
21	**SLU7(max)-Moment-z**	-18.839	4.380	83	-761	4	-196	-153
22	**SLU8(max)-Axial**	-14.506	13.638	31	-681	2	-199	-69
23	**SLU8(max)-Moment-y**	-17.202	8.226	563	-726	30	-202	-117
24	**SLU8(max)-Moment-z**	-18.808	4.380	80	-761	4	-195	-153
25	**SLU9(max)-Axial**	-17.534	87	3.892	13	208	-187	-138
26	**SLU9(max)-Moment-y**	-20.893	4.003	4.553	-20	243	-241	-146
27	**SLU9(max)-Moment-z**	-21.840	9.496	3.940	-66	211	-272	-133
28	**SLU10(max)-Axial**	-17.503	87	3.889	13	208	-186	-138

29	**SLU10(max)-Moment-y**	-20.861	4.003	4.550	-20	243	-240	-146
30	**SLU10(max)-Moment-z**	-21.808	9.496	3.937	-66	211	-271	-133
31	**SLU11(max)-Axial**	-14.464	154	3.889	13	208	-159	-109
32	**SLU11(max)-Moment-y**	-17.785	3.936	4.541	-20	243	-211	-118
33	**SLU11(max)-Moment-z**	-18.770	9.430	3.937	-66	211	-243	-105
34	**SLU12(max)-Axial**	-14.433	154	3.886	13	208	-158	-109
35	**SLU12(max)-Moment-y**	-17.754	3.936	4.538	-20	243	-211	-118
36	**SLU12(max)-Moment-z**	-18.739	9.430	3.934	-66	210	-243	-104
37	**SLU13(max)-Axial**	-17.544	87	43	13	2	-163	-162
38	**SLU13(max)-Moment-y**	-20.903	4.003	704	-20	38	-217	-170
39	**SLU13(max)-Moment-z**	-21.850	9.496	91	-66	5	-248	-157
40	**SLU14(max)-Axial**	-17.492	87	38	13	2	-163	-161
41	**SLU14(max)-Moment-y**	-20.851	4.003	699	-20	37	-216	-170
42	**SLU14(max)-Moment-z**	-21.798	9.496	86	-66	5	-247	-156
43	**SLU15(max)-Axial**	-14.475	154	40	13	2	-135	-133
44	**SLU15(max)-Moment-y**	-17.795	3.936	692	-20	37	-188	-142
45	**SLU15(max)-Moment-z**	-18.780	9.430	88	-66	5	-219	-129
46	**SLU16(max)-Axial**	-14.423	154	35	13	2	-134	-133
47	**SLU16(max)-Moment-y**	-17.743	3.936	687	-20	37	-187	-141
48	**SLU16(max)-Moment-z**	-18.728	9.430	83	-66	4	-219	-128
49	**SLU17(max)-Axial**	-17.904	22.654	10	1.164	1	-273	-58
50	**SLU17(max)-Moment-y**	-18.133	22.654	64	1.164	3	-276	-60
51	**SLU17(max)-Moment-z**	-17.904	22.654	10	1.164	1	-273	-58
52	**SLU18(max)-Axial**	-14.835	22.588	7	1.164	0	-245	-30
53	**SLU18(max)-Moment-y**	-15.025	22.588	52	1.164	3	-247	-32
54	**SLU18(max)-Moment-z**	-14.835	22.588	7	1.164	0	-245	-30
55	**SISMA1(max)-Axial**	-14.600	8.095	27.934	417	1.631	-346	76
56	**SISMA1(max)-Moment-y**	-14.791	8.095	27.980	417	1.633	-348	74
57	**SISMA1(max)-Moment-z**	-14.600	8.095	27.934	417	1.631	-346	76
58	**SISMA2(max)-Axial**	-14.610	26.676	8.385	1.392	490	-314	43
59	**SISMA2(max)-Moment-y**	-14.801	26.676	8.430	1.392	492	-316	42
60	**SISMA2(max)-Moment-z**	-14.610	26.676	8.385	1.392	490	-314	43
61	**SISMA3(max)-Axial**	-14.097	8.095	8.385	417	490	-221	-40
62	**SISMA3(max)-Moment-y**	-14.288	8.095	8.431	417	492	-223	-42
63	**SISMA3(max)-Moment-z**	-14.097	8.095	8.385	417	490	-221	-40
64	**SISMA4(max)-Axial**	-14.630	8.095	27.921	417	-1.630	-346	75
65	**SISMA4(max)-Moment-y**	-14.820	8.095	27.875	417	-1.628	-348	73
66	**SISMA4(max)-Moment-z**	-14.630	8.095	27.921	417	-1.630	-346	75
67	**SISMA5(max)-Axial**	-14.610	26.413	8.385	-1.394	490	-312	42
68	**SISMA5(max)-Moment-y**	-14.801	26.413	8.430	-1.394	492	-315	40
69	**SISMA5(max)-Moment-z**	-14.610	26.413	8.385	-1.394	490	-312	42
70	**SISMA6(max)-Axial**	-15.563	8.095	8.384	417	490	-234	-54
71	**SISMA6(max)-Moment-y**	-15.754	8.095	8.430	417	492	-236	-55

72	**SISMA6(max)-Moment-z**	-15.563	8.095	8.384	417	490	-234	-54
73	**SISMA7(max)-Axial**	-14.600	7.832	27.934	-418	1.631	-345	74
74	**SISMA7(max)-Moment-y**	-14.791	7.832	27.980	-418	1.633	-347	73
75	**SISMA7(max)-Moment-z**	-14.600	7.832	27.934	-418	1.631	-345	74
76	**SISMA8(max)-Axial**	-14.619	26.676	8.371	1.392	-489	-314	43
77	**SISMA8(max)-Moment-y**	-14.810	26.676	8.326	1.392	-486	-315	41
78	**SISMA8(max)-Moment-z**	-14.619	26.676	8.371	1.392	-489	-314	43
79	**SISMA9(max)-Axial**	-14.106	8.095	8.371	417	-489	-221	-41
80	**SISMA9(max)-Moment-y**	-14.297	8.095	8.326	417	-486	-222	-43
81	**SISMA9(max)-Moment-z**	-14.106	8.095	8.371	417	-489	-221	-41
82	**SISMA10(max)-Axial**	-15.040	8.095	27.934	417	1.631	-350	72
83	**SISMA10(max)-Moment-y**	-15.230	8.095	27.979	417	1.633	-352	70
84	**SISMA10(max)-Moment-z**	-15.040	8.095	27.934	417	1.631	-350	72
85	**SISMA11(max)-Axial**	-15.050	26.676	8.385	1.392	490	-318	39
86	**SISMA11(max)-Moment-y**	-15.241	26.676	8.430	1.392	492	-320	38
87	**SISMA11(max)-Moment-z**	-15.050	26.676	8.385	1.392	490	-318	39
88	**SISMA12(max)-Axial**	-15.563	8.095	8.384	417	490	-234	-54
89	**SISMA12(max)-Moment-y**	-15.754	8.095	8.430	417	492	-236	-55
90	**SISMA12(max)-Moment-z**	-15.563	8.095	8.384	417	490	-234	-54
91	**SISMA13(max)-Axial**	-15.069	7.832	27.921	-418	-1.630	-349	70
92	**SISMA13(max)-Moment-y**	-15.260	7.832	27.876	-418	-1.628	-351	68
93	**SISMA13(max)-Moment-z**	-15.069	7.832	27.921	-418	-1.630	-349	70
94	**SISMA14(max)-Axial**	-15.059	26.413	8.372	-1.394	-489	-317	38
95	**SISMA14(max)-Moment-y**	-15.250	26.413	8.326	-1.394	-486	-318	36
96	**SISMA14(max)-Moment-z**	-15.059	26.413	8.372	-1.394	-489	-317	38
97	**SISMA15(max)-Axial**	-15.572	7.832	8.372	-418	-489	-233	-55
98	**SISMA15(max)-Moment-y**	-15.763	7.832	8.327	-418	-486	-235	-57
99	**SISMA15(max)-Moment-z**	-15.572	7.832	8.372	-418	-489	-233	-55
100	**SISMA16(max)-Axial**	-15.040	7.832	27.934	-418	1.631	-349	70
101	**SISMA16(max)-Moment-y**	-15.230	7.832	27.979	-418	1.633	-351	69
102	**SISMA16(max)-Moment-z**	-15.040	7.832	27.934	-418	1.631	-349	70
103	**SISMA17(max)-Axial**	-15.050	26.413	8.385	-1.394	490	-317	38
104	**SISMA17(max)-Moment-y**	-15.241	26.413	8.430	-1.394	492	-319	36
105	**SISMA17(max)-Moment-z**	-15.050	26.413	8.385	-1.394	490	-317	38
106	**SISMA18(max)-Axial**	-15.563	7.832	8.384	-418	490	-233	-55
107	**SISMA18(max)-Moment-y**	-15.754	7.832	8.430	-418	492	-235	-57
108	**SISMA18(max)-Moment-z**	-15.563	7.832	8.384	-418	490	-233	-55
109	**SLE1_CAR(max)-Axial**	-14.559	8.943	30	476	2	-177	-92
110	**SLE1_CAR(max)-Moment-y**	-17.068	11.874	525	451	28	-218	-98
111	**SLE1_CAR(max)-Moment-z**	-17.749	15.807	66	417	4	-240	-89
112	**SLE2_CAR(max)-Axial**	-14.538	8.943	28	476	2	-177	-92
113	**SLE2_CAR(max)-Moment-y**	-17.048	11.874	523	451	28	-217	-98
114	**SLE2_CAR(max)-**	-17.728	15.807	64	417	3	-240	-89

	Moment-z							
115	**SLE3_CAR(max)-Axial**	-14.559	9.022	30	-456	2	-178	-92
116	**SLE3_CAR(max)-Moment-y**	-17.068	6.091	525	-481	28	-190	-126
117	**SLE3_CAR(max)-Moment-z**	-17.749	2.159	66	-515	4	-175	-154
118	**SLE4_CAR(max)-Axial**	-14.538	9.022	28	-456	2	-178	-92
119	**SLE4_CAR(max)-Moment-y**	-17.047	6.091	523	-481	28	-190	-126
120	**SLE4_CAR(max)-Moment-z**	-17.728	2.159	64	-515	3	-175	-154
121	**SLE1_FR(max)-Axial**	-12.173	2.903	21	160	1	-127	-99
122	**SLE1_FR(max)-Moment-y**	-13.619	4.479	309	147	17	-149	-103
123	**SLE1_FR(max)-Moment-z**	-13.815	6.300	48	130	3	-158	-98
124	**SLE2_FR(max)-Axial**	-12.201	2.877	18	162	1	-127	-99
125	**SLE2_FR(max)-Moment-y**	-13.407	4.993	260	144	14	-149	-99
126	**SLE2_FR(max)-Moment-z**	-13.842	6.271	46	131	2	-158	-98
127	**SLE3_FR(max)-Axial**	-12.152	2.903	19	160	1	-126	-99
128	**SLE3_FR(max)-Moment-y**	-13.598	4.479	307	147	16	-149	-103
129	**SLE3_FR(max)-Moment-z**	-13.794	6.300	46	130	2	-158	-98
130	**SLE4_FR(max)-Axial**	-12.180	2.877	16	162	1	-127	-99
131	**SLE4_FR(max)-Moment-y**	-13.386	4.993	258	144	14	-149	-99
132	**SLE4_FR(max)-Moment-z**	-13.821	6.271	44	131	2	-158	-98
133	**SLE1_QP(max)-Axial**	-12.323	0	4	0	0	-114	-114
134	**SLE1_QP(max)-Moment-y**	-12.514	0	49	0	3	-116	-116
135	**SLE1_QP(max)-Moment-z**	-12.323	0	4	0	0	-114	-114
136	**SLE2_QP(max)-Axial**	-12.306	0	2	0	0	-114	-114
137	**SLE2_QP(max)-Moment-y**	-12.497	0	47	0	3	-116	-115
138	**SLE2_QP(max)-Moment-z**	-12.306	0	2	0	0	-114	-114
139	**SLU1(min)-Axial**	-22.196	22.594	57	634	3	-313	-98
140	**SLU1(min)-Moment-y**	-20.235	18.516	531	673	-28	-279	-96
141	**SLU1(min)-Moment-z**	-17.742	13.331	37	715	-2	-228	-101
142	**SLU2(min)-Axial**	-22.164	22.594	53	634	3	-313	-98
143	**SLU2(min)-Moment-y**	-20.203	18.516	534	673	-29	-278	-96
144	**SLU2(min)-Moment-z**	-17.711	13.331	40	715	-2	-228	-100
145	**SLU3(min)-Axial**	-22.195	4.354	57	-763	3	-227	-184
146	**SLU3(min)-Moment-y**	-20.235	8.432	531	-725	-28	-231	-144
147	**SLU3(min)-Moment-z**	-17.742	13.617	37	-683	-2	-229	-99
148	**SLU4(min)-Axial**	-22.164	4.354	53	-763	3	-226	-184
149	**SLU4(min)-Moment-y**	-20.203	8.432	534	-725	-29	-230	-144
150	**SLU4(min)-Moment-z**	-17.711	13.617	40	-683	-2	-229	-99
151	**SLU5(min)-Axial**	-19.088	22.528	45	635	2	-284	-69
152	**SLU5(min)-Moment-y**	-17.145	18.450	529	673	-28	-250	-68
153	**SLU5(min)-Moment-z**	-14.652	13.265	35	715	-2	-199	-72
154	**SLU6(min)-Axial**	-19.056	22.528	41	635	2	-284	-69
155	**SLU6(min)-Moment-y**	-17.114	18.450	532	673	-28	-249	-68
156	**SLU6(min)-Moment-z**	-14.621	13.265	38	715	-2	-199	-72

157	**SLU7(min)-Axial**	-19.088	4.420	45	-763	2	-198	-155
158	**SLU7(min)-Moment-y**	-17.145	8.498	529	-725	-28	-202	-115
159	**SLU7(min)-Moment-z**	-14.652	13.683	35	-682	-2	-201	-70
160	**SLU8(min)-Axial**	-19.056	4.420	41	-763	2	-198	-155
161	**SLU8(min)-Moment-y**	-17.113	8.498	532	-725	-28	-202	-115
162	**SLU8(min)-Moment-z**	-14.621	13.683	38	-682	-2	-201	-70
163	**SLU9(min)-Axial**	-23.194	6.876	3.919	-47	210	-272	-158
164	**SLU9(min)-Moment-y**	-20.739	3.868	3.208	-19	172	-230	-154
165	**SLU9(min)-Moment-z**	-18.738	2.716	3.826	33	205	-210	-137
166	**SLU10(min)-Axial**	-23.163	6.876	3.916	-47	209	-271	-158
167	**SLU10(min)-Moment-y**	-20.708	3.868	3.205	-19	171	-230	-154
168	**SLU10(min)-Moment-z**	-18.707	2.716	3.823	33	204	-210	-137
169	**SLU11(min)-Axial**	-20.086	6.809	3.907	-47	209	-242	-130
170	**SLU11(min)-Moment-y**	-17.649	3.801	3.210	-19	172	-201	-126
171	**SLU11(min)-Moment-z**	-15.648	2.783	3.828	33	205	-182	-108
172	**SLU12(min)-Axial**	-20.055	6.809	3.904	-47	209	-242	-129
173	**SLU12(min)-Moment-y**	-17.618	3.801	3.207	-19	172	-201	-125
174	**SLU12(min)-Moment-z**	-15.617	2.783	3.825	33	205	-181	-108
175	**SLU13(min)-Axial**	-23.205	6.876	70	-47	4	-248	-182
176	**SLU13(min)-Moment-y**	-20.749	3.868	641	-19	-34	-214	-170
177	**SLU13(min)-Moment-z**	-18.748	2.716	23	33	-1	-187	-161
178	**SLU14(min)-Axial**	-23.152	6.876	65	-47	3	-247	-181
179	**SLU14(min)-Moment-y**	-20.697	3.868	646	-19	-35	-214	-169
180	**SLU14(min)-Moment-z**	-18.696	2.716	28	33	-2	-186	-160
181	**SLU15(min)-Axial**	-20.097	6.809	58	-47	3	-219	-153
182	**SLU15(min)-Moment-y**	-17.659	3.801	639	-19	-34	-186	-142
183	**SLU15(min)-Moment-z**	-15.658	2.783	22	33	-1	-158	-132
184	**SLU16(min)-Axial**	-20.045	6.809	53	-47	3	-218	-153
185	**SLU16(min)-Moment-y**	-17.607	3.801	644	-19	-34	-185	-141
186	**SLU16(min)-Moment-z**	-15.606	2.783	27	33	-1	-158	-131
187	**SLU17(min)-Axial**	-18.133	22.654	64	1.164	3	-276	-60
188	**SLU17(min)-Moment-y**	-18.026	22.654	20	1.164	-1	-275	-59
189	**SLU17(min)-Moment-z**	-18.026	22.654	20	1.164	-1	-275	-59
190	**SLU18(min)-Axial**	-15.025	22.588	52	1.164	3	-247	-32
191	**SLU18(min)-Moment-y**	-14.936	22.588	18	1.164	-1	-246	-31
192	**SLU18(min)-Moment-z**	-14.936	22.588	18	1.164	-1	-246	-31
193	**SISMA1(min)-Axial**	-14.791	8.095	27.980	417	1.633	-348	74
194	**SISMA1(min)-Moment-y**	-14.701	8.095	27.910	417	1.630	-347	75
195	**SISMA1(min)-Moment-z**	-14.701	8.095	27.910	417	1.630	-347	75
196	**SISMA2(min)-Axial**	-14.801	26.676	8.430	1.392	492	-316	42
197	**SISMA2(min)-Moment-y**	-14.712	26.676	8.361	1.392	488	-314	42
198	**SISMA2(min)-Moment-z**	-14.712	26.676	8.361	1.392	488	-314	42
199	**SISMA3(min)-Axial**	-14.288	8.095	8.431	417	492	-223	-42

200	**SISMA3(min)-Moment-y**	-14.199	8.095	8.361	417	488	-222	-41
201	**SISMA3(min)-Moment-z**	-14.199	8.095	8.361	417	488	-222	-41
202	**SISMA4(min)-Axial**	-14.820	8.095	27.875	417	-1.628	-348	73
203	**SISMA4(min)-Moment-y**	-14.731	8.095	27.945	417	-1.632	-347	75
204	**SISMA4(min)-Moment-z**	-14.731	8.095	27.945	417	-1.632	-347	75
205	**SISMA5(min)-Axial**	-14.801	26.413	8.430	-1.394	492	-315	40
206	**SISMA5(min)-Moment-y**	-14.712	26.413	8.361	-1.394	488	-313	41
207	**SISMA5(min)-Moment-z**	-14.712	26.413	8.361	-1.394	488	-313	41
208	**SISMA6(min)-Axial**	-15.754	8.095	8.430	417	492	-236	-55
209	**SISMA6(min)-Moment-y**	-15.664	8.095	8.360	417	488	-235	-55
210	**SISMA6(min)-Moment-z**	-15.664	8.095	8.360	417	488	-235	-55
211	**SISMA7(min)-Axial**	-14.791	7.832	27.980	-418	1.633	-347	73
212	**SISMA7(min)-Moment-y**	-14.701	7.832	27.910	-418	1.630	-346	73
213	**SISMA7(min)-Moment-z**	-14.701	7.832	27.910	-418	1.630	-346	73
214	**SISMA8(min)-Axial**	-14.810	26.676	8.326	1.392	-486	-315	41
215	**SISMA8(min)-Moment-y**	-14.721	26.676	8.396	1.392	-490	-315	42
216	**SISMA8(min)-Moment-z**	-14.721	26.676	8.396	1.392	-490	-315	42
217	**SISMA9(min)-Axial**	-14.297	8.095	8.326	417	-486	-222	-43
218	**SISMA9(min)-Moment-y**	-14.208	8.095	8.395	417	-490	-222	-41
219	**SISMA9(min)-Moment-z**	-14.208	8.095	8.395	417	-490	-222	-41
220	**SISMA10(min)-Axial**	-15.230	8.095	27.979	417	1.633	-352	70
221	**SISMA10(min)-Moment-y**	-15.141	8.095	27.910	417	1.630	-351	71
222	**SISMA10(min)-Moment-z**	-15.141	8.095	27.910	417	1.630	-351	71
223	**SISMA11(min)-Axial**	-15.241	26.676	8.430	1.392	492	-320	38
224	**SISMA11(min)-Moment-y**	-15.151	26.676	8.360	1.392	488	-319	38
225	**SISMA11(min)-Moment-z**	-15.151	26.676	8.360	1.392	488	-319	38
226	**SISMA12(min)-Axial**	-15.754	8.095	8.430	417	492	-236	-55
227	**SISMA12(min)-Moment-y**	-15.664	8.095	8.360	417	488	-235	-55
228	**SISMA12(min)-Moment-z**	-15.664	8.095	8.360	417	488	-235	-55
229	**SISMA13(min)-Axial**	-15.260	7.832	27.876	-418	-1.628	-351	68
230	**SISMA13(min)-Moment-y**	-15.171	7.832	27.945	-418	-1.632	-350	69
231	**SISMA13(min)-Moment-z**	-15.171	7.832	27.945	-418	-1.632	-350	69
232	**SISMA14(min)-Axial**	-15.250	26.413	8.326	-1.394	-486	-318	36
233	**SISMA14(min)-Moment-y**	-15.160	26.413	8.396	-1.394	-490	-318	37
234	**SISMA14(min)-Moment-z**	-15.160	26.413	8.396	-1.394	-490	-318	37
235	**SISMA15(min)-Axial**	-15.763	7.832	8.327	-418	-486	-235	-57
236	**SISMA15(min)-Moment-y**	-15.673	7.832	8.396	-418	-490	-234	-56
237	**SISMA15(min)-Moment-z**	-15.673	7.832	8.396	-418	-490	-234	-56
238	**SISMA16(min)-Axial**	-15.230	7.832	27.979	-418	1.633	-351	69
239	**SISMA16(min)-Moment-y**	-15.141	7.832	27.910	-418	1.630	-350	69
240	**SISMA16(min)-Moment-z**	-15.141	7.832	27.910	-418	1.630	-350	69

Per le verifiche dei pali si rimanda alla relazione di calcolo delle fondazioni.

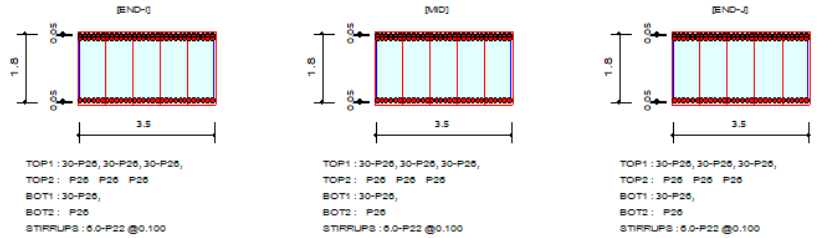
20.1. PULVINO

L'armatura prevista per il pulvino è costituita da 3 strati di ferri Ø26 con staffe a sei braccia Ø22.

1. Design Information

Design Code	:	Eurocode2-2:05
Unit System	:	kN, m
Material Data	:	fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Beam Span	:	0.1 m
Section Property	:	pulv_350x130_Per verfiche (No : 51)

2. Section Diagram



3. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
Negative Moment (M_Ed)	20529.46	20304.09	19853.33
(-) Load Combination No.	16-MY	16-MY	16-MY
Factored Strength (M_Rd)	28745.71	28745.71	28745.71
Check Ratio (M_Ed/M_Rd)	0.7142	0.7063	0.6907
Positive Moment (M_Ed)	0.00	0.00	0.00
(+) Load Combination No.	16+FZ	16+FZ	16+FZ
Factored Strength (M_Rd)	10548.84	10548.84	10548.84
Check Ratio (M_Ed/M_Rd)	0.0000	0.0000	0.0000
Using Rebar Top (As_top)	0.0478	0.0478	0.0478
Using Rebar Bot (As_bot)	0.0159	0.0159	0.0159

4. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	27-FZ	27-FZ	27-FZ
Factored Shear Force (V_Ed)	9024.01	9024.01	9024.01
Shear Strength by Conc.(V_Rdc)	2769.62	2769.62	2769.62
Shear Strength by Rebar.(V_Rds)	13650.26	13650.26	13650.26
Using Shear Reinf. (Asw)	0.0000	0.0000	0.0000
Using Stirrups Spacing	6.0-P22 @0.100	6.0-P22 @0.100	6.0-P22 @0.100
Check Ratio	0.6611	0.6611	0.6611

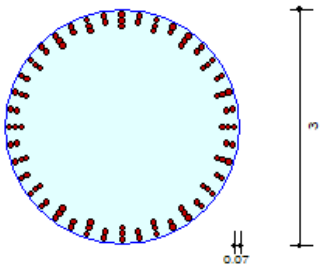
20.2. FUSTO PILA

1. Design Condition

Design Code Eurocode2-2:05
Unit System kN, m
Member Number 610 (PM), 610 (Shear)
Material Data fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Column Height 2.0875 m
Section Property pila (No : 60)
Rebar Pattern

	Pos 1	Pos 2	Pos 3
Layer 1	40-P26	--	--
Layer 2	40-P26	--	--
Layer 3	20-P26	--	--

Total Rebar Area Ast = 0.0531 m^2 (Rhost = 0.0075)



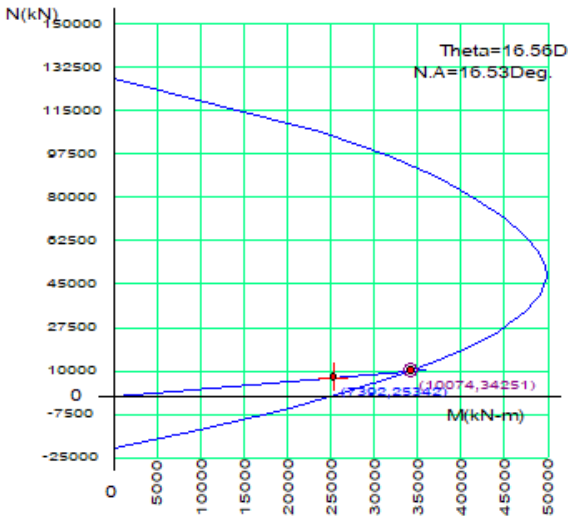
2. Applied Loads

Load Combination 33+FZ AT (I) Point
N_Ed = 7391.66 kN, M_Edy = 24294.1, M_Edz = 7211.72, M_Ed = 25341.9 kN-m

3. Axial Forces and Moments Resistance Check

Concentric Max. Axial Load	N_Rdmax	= 1.3e+05 kN	
Axial Load Ratio	N_Ed/N_Rd	= 7391.66 / 10074.4	= 0.734 < 1.000 ..... O.K
Moment Ratio	M_Edy/M_Rdy	= 24294.1 / 32829.8	= 0.740 < 1.000 ..... O.K
	M_Edz/M_Rdz	= 7211.72 / 9762.34	= 0.739 < 1.000 ..... O.K
	M_Ed/M_Rd	= 25341.9 / 34250.6	= 0.740 < 1.000 ..... O.K

4. P-M Interaction Diagram



N_Rd(kN)	M_Rd(kN-m)
128115.16	0.00
96987.44	31664.15
79333.24	41979.60
64458.39	47405.06
52818.71	49784.10
44505.85	49622.81
37984.50	48499.18
32108.48	46749.71
25703.51	44108.76
17847.98	39775.21
7731.33	32346.98
-5313.15	19674.97
-20778.26	0.00

5. Shear Force Resistance Check

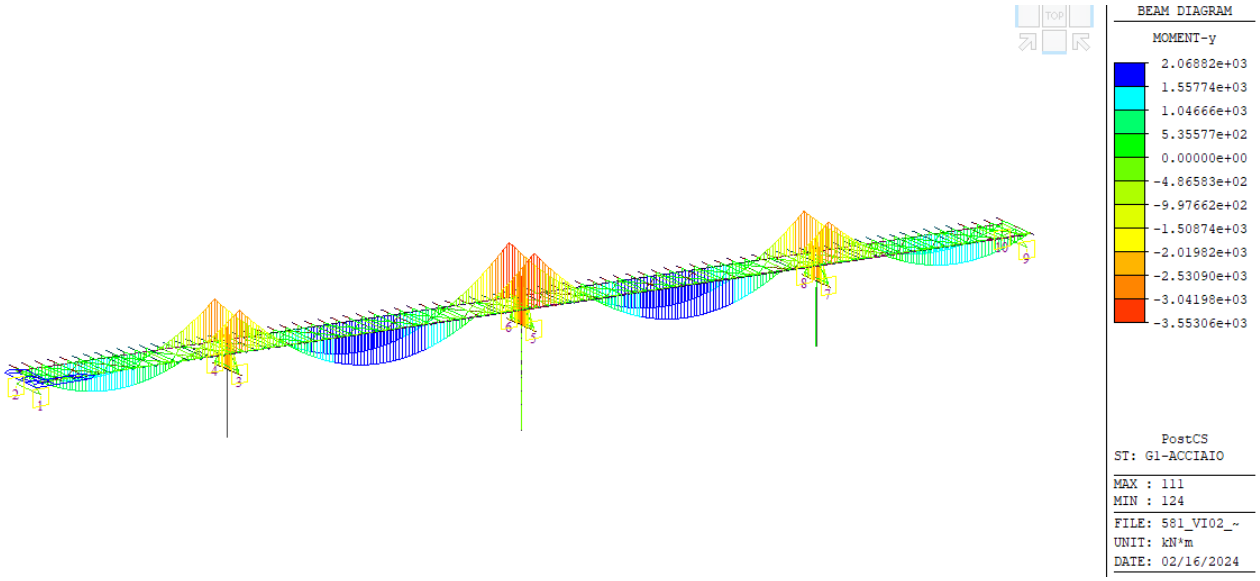
Applied Shear Resistance	V_Ed	= 1661.00 kN (Load Combination 39+FZ)
Shear Strength by Conc	V_Rdc	= 2687.19 kN
Shear Resistance by Rebar	V_Rds	= 1795.96 kN (2.0-P18 @0.200)
Shear Ratio	V_Ed/V_Rd	= 1661.00 / 2687.19 = 0.618 < 1.000 ..... O.K

21. ACCETTABILITA' DEI RISULTATI (CAP.10.2 NTC2018)

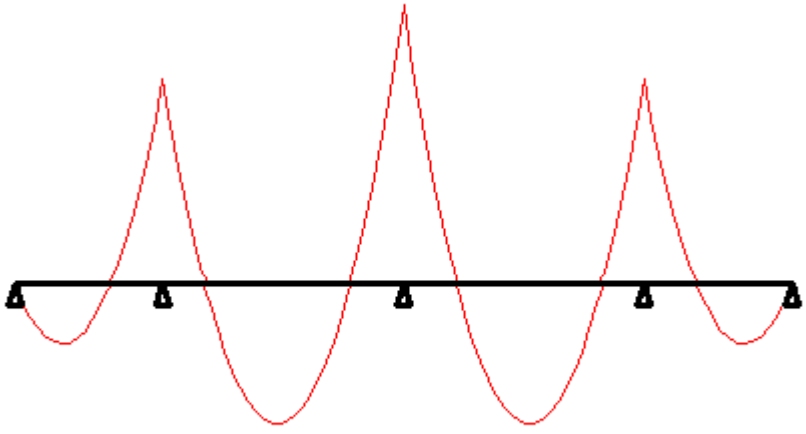
Verifica dei risultati

Nel corso della progettazione sono state effettuate continue validazioni dei valori delle sollecitazioni, nei diversi elementi strutturali, emersi dal calcolo e delle verifiche condotte dal post processore del programma MIDAS GEN 2020 ver.3.2: tali calcolazioni di controllo sono state condotte con metodi consolidati della scienza delle costruzioni o con l'ausilio di altri software o fogli di calcolo.

E' possibile fare un confronto con le sollecitazioni indotte da una carico permanente, considerando infatti la condizione di carico della struttura metallica ad esempio si ha il seguente diagramma di sollecitazioni.



Considerando in modo semplificato (programma "trave continua" P.Gelfi) uno schema a trave continua con la medesima sezione si ha, a parità di carico:



M min	0		-2,804		-3,820		-2,804		0
M max		823.8		1,921		1,921		823.8	
R max	159.6		717.0		842.5		717.0		159.6
R min	159.6		717.0		842.5		717.0		159.6

La distribuzione dei momenti flettenti è congruente con quello che si ottiene con il modello di calcolo adottato per il dimensionamento della struttura.

Giudizio motivato di accettabilità

Dalle verifiche effettuate e sopra descritte appare evidente l'accettabilità dei risultati ottenuti, in quanto i valori qui determinati risultano sovrapponibili a quelli emersi dal calcolo effettuato con l'ausilio del software.