



Città metropolitana
di Venezia

Servizio tecnico per la valutazione preliminare ai sensi del capitolo 5 delle “Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti” di alcuni manufatti di competenza della Città’ Metropolitana di Venezia e redazione dell’eventuale progetto di fattibilità tecnica ed economica. Area Nord. Codice CIG 9041138719

VERIFICHE LIVELLO 4 – PONTE 03 – CITTANOVA - SAN DONA’ DI PIAVE – CAORLE - – SP54 – ID opera 40

Numero Ponte	03
Frazione/Località	Cittanova - San Dona di Piave - Caorle
SP Numero	54
ID Opera	40
Longitudine	12,6563545
Latitudine	45,6362093

Codice Documento: 21173P2114A

	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	MAGGIO 2025	EMISSIONE	SGN	SC	SC
B					
C					
D					
E					

INDICE

INDICE	1
1 PREMESSA.....	6
2 VALUTAZIONE ACCURATA DELL'OPERA DI LIVELLO 4	7
3 DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	8
4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	14
5 DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE A SUPPORTO.....	15
6 ANALISI STORICO-CRITICA DEL MANUFATTO	17
7 SINTESI DELLE ISPEZIONI PRECEDENTI.....	18
7.1 Pile e pali di fondazione	18
7.2 Giunti	18
7.3 Spalle	20
7.4 Travi principali su Impalcato.....	21
7.5 Traversi su impalcato.....	22
7.6 Soletta	24
8 CAMPAGNA DELLE INDAGINI IN SITU	24
8.1 Indagini geometriche.....	26
8.2 Indagini sui materiali	40
8.3 Caratterizzazione sismica del sito	44
8.4 Livello di conoscenza assunto	45
9 MATERIALI	46
9.1 Informazioni da fonti storiche	46
9.2 Risultati delle indagini in situ	46
9.2.1 Calcestruzzo – Strutture in Elevazione	46
9.2.2 Calcestruzzo – Strutture Impalcato	47
9.2.3 Acciaio d'armatura	48
10 ANALISI DEI CARICHI.....	48
10.1 Pesi permanenti strutturali – G1.....	48
10.2 Pesi permanenti non strutturali – G2 Barriere Laterali.....	49
10.3 Pesi permanenti non strutturali – G2 Pavimentazione stradale	49
10.4 Azioni Variabili da Traffico	51

10.4.1	Carichi per Verifica di Adeguatezza - NTC2018.....	51
10.4.1.1	Carichi Mobili.....	51
10.4.1.2	Azione variabile del vento – q5	64
10.4.1.3	Azione di frenamento – q3	65
10.4.2	Carichi per Verifica di Operatività (tref=30 anni) - NTC2018	66
10.4.3	Carichi per Verifica di Transitabilità (tref=5 anni) - NTC2018	66
10.4.4	Carichi per Verifica di Transitabilità (tref=5 anni) – Codice della Strada – Mezzi pesanti (44t) 67	
10.4.4.1	Carichi Mobili.....	67
10.4.5	Carichi per Verifica di Transitabilità (tref=5 anni) – Codice della Strada – Mezzi intermedi(26t).....	74
10.4.5.1	Carichi Mobili.....	74
10.5	Azione Sismica	79
10.5.1	Sito di riferimento.....	79
10.5.2	Vita nominale di progetto	81
10.5.3	Classe d'uso	81
10.5.4	Periodo di riferimento dell'azione sismica	82
10.5.5	Fattore di Comportamento	82
10.5.6	Spettri di risposta elastici e di Progetto	83
11	COMBINAZIONI DI CARICO E COEFFICIENTI SU CARICHI E MATERIALI.....	85
11.1	Coefficienti sui carichi da NTC18	86
11.2	Coefficienti sui carichi e materiali secondo Linee Guida.....	87
11.3	Combinazioni Verifiche di Adeguatezza – NTC18.....	89
11.4	Combinazioni Verifiche di Operatività – NTC18	91
11.5	Combinazioni Verifiche di Transitabilità CdS – Mezzi Pesanti (44t).....	93
11.6	Combinazioni Verifiche di Transitabilità CdS – Mezzi Intermedi (26t).....	93
12	MODELLAZIONE E CRITERI DI VERIFICA.....	94
12.1	Tipo di analisi svolta.....	94
12.2	Modello Tridimensionale mediante FEM	94
12.3	Modi naturali di vibrare della struttura	97
13	SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE	98
13.1	Sollecitazioni per Pesi Propri e Permanenti Portati	98
13.1.1	Peso Proprio Modellato.....	98
13.1.2	Permanenti Portati (pacchetti stradali)	100

13.1.3	Permanenti Portati (parapetti).....	103
13.2	Sollecitazioni per Carichi da Traffico – Adeguatezza ed Operatività.....	105
13.2.1	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T1.....	106
13.2.2	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T2.....	107
13.2.3	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T3.....	109
13.2.4	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T4.....	111
13.2.5	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T5.....	113
13.2.6	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T6.....	115
13.2.7	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T71.....	117
13.2.8	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T72.....	118
13.2.9	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T81.....	119
13.2.10	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T82.....	120
13.2.11	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T9.....	121
13.2.12	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-q3 (frenata/accelerazione)...	122
13.2.13	Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-q5 (vento).....	125
13.3	Sollecitazioni per Carichi da Traffico – Transitabilità CdS – Mezzi Pesanti (44t) ..	129
13.3.1	Schema traffico CdS MP-T1	130
13.3.2	Schema traffico CdS MP-T2	131
13.3.3	Schema traffico CdS MP-T3	133
13.3.4	Schema traffico CdS MP-T72	135
13.3.5	Schema traffico CdS MP-T82	136
13.3.6	Schema traffico CdS MP-T9	137
13.4	Sollecitazioni per Carichi da Traffico - Transitabilità CdS – Mezzi Intermedi (26t)	139
13.4.1	Schema traffico CdS MI-T1.....	140
13.4.2	Schema traffico CdS MI-T2.....	141
13.4.3	Schema traffico CdS MI-T3.....	143
13.4.4	Schema traffico CdS MI-T9.....	145
13.5	Sollecitazioni per Carichi Sismici	147
13.5.1	Condizione Sisma SLV X.....	147
13.5.2	Condizione Sisma SLV Y	150
14	VERIFICHE DI LIVELLO 4 – DEFINIZIONE DELLE SEZIONI DI VERIFICA, GEOMETRIA ED ARMATURE PRESENTI	153
14.1	Individuazione degli Elementi.....	154
14.2	Sezioni di Verifica e Armature degli Elementi.....	155

15	VERIFICHE DI ADEGUATEZZA	165
15.1	Sollecitazioni di Calcolo	166
15.2	Resistenze delle Sezioni in Esame	168
15.2.1	Calcolo dei Momenti Resistenti.....	168
15.2.1.1	Impalcato	168
15.2.1.2	Spalle/Pile Combinazioni Statiche	175
15.2.1.3	Spalle/Pile Combinazioni Sismiche	177
15.2.2	Calcolo dei Tagli Resistenti.....	179
15.2.2.1	Impalcato	179
15.2.2.2	Spalle/Pile	196
15.3	Verifiche di Resistenza - Adeguatezza.....	197
16	VERIFICHE DI OPERATIVITA'	199
16.1	Sollecitazioni di Calcolo	200
16.2	Resistenze delle Sezioni in Esame	202
16.2.1	Calcolo dei Momenti Resistenti.....	202
16.2.1.1	Impalcato	202
16.2.1.2	Spalle/Pile Combinazioni Statiche	205
16.2.2	Calcolo dei Tagli Resistenti.....	206
16.2.2.1	Impalcato	206
16.2.2.2	Spalle/Pile Combinazioni Statiche	219
16.3	Verifiche di Resistenza - Operatività	220
17	VERIFICHE DI TRANSITABILITA' CdS – MEZZI PESANTI (44t).....	222
17.1	Sollecitazioni di Calcolo	223
17.2	Resistenze delle Sezioni in Esame	225
17.2.1	Calcolo dei Momenti Resistenti.....	225
17.2.1.1	Impalcato	225
17.2.1.2	Spalle/Pile Combinazioni Statiche	228
17.2.2	Calcolo dei Tagli Resistenti.....	229
17.2.2.1	Impalcato	229
17.2.2.2	Spalle/Pile Combinazioni Statiche	235
17.3	Verifiche di Resistenza – Transitabilità da CdS – Mezzi pesanti (44t).....	236
18	VERIFICHE DI TRANSITABILITA' CdS – MEZZI INTERMEDI (26t)	238
18.1	Sollecitazioni di Calcolo	239

18.2	Resistenze delle Sezioni in Esame	241
18.2.1	Calcolo dei Momenti Resistenti.....	241
18.2.1.1	Impalcato.....	241
18.2.1.2	Spalle/Pile Combinazioni Statiche	241
18.2.2	Calcolo dei Tagli Resistenti.....	242
18.2.2.1	Impalcato.....	242
18.2.2.2	Spalle/Pile Combinazioni Statiche	248
18.3	Verifiche di Resistenza – Transitabilità da CdS – Mezzi intermedi (26t)	249
19	CONCLUSIONI	250
19.1	Risultato della Verifica di Livello 4.....	250
	GIUDIZIO MOTIVATO E ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	254
	Controllo delle Masse da Peso Proprio e Permanente Portato (G1 e G2)	254
	Confronto Reazioni Globali dovute a carico da traffico – Norma n. 384 del 1962	256
	Confronto Reazioni Globali dovute a carico da traffico – NTC18.....	258
	Percentuale di Massa Eccitata in condizioni dinamiche.....	260
	SOFTWARE DI CALCOLO, CONVENZIONI E DEFINIZIONI	261
	Metodo di calcolo	261
	Descrizione del software	261
	Tipi di analisi	262
	L'analisi statica lineare	262
	L'analisi dinamica.....	263
	La risposta allo spettro e le tecniche di combinazione	264
	L'analisi non lineare in controllo di forze.....	265
	L'analisi non lineare in controllo di spostamento (Path-Following).....	266
	Convenzioni di segno.....	266
	Sistemi di coordinate.....	266
	Elementi beam	267
	Elementi plate	267

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la **valutazione accurata dell'opera, di Livello 4**, condotta secondo quanto riportato nelle "Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti" pubblicate il 01/07/2022 dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

L'opera oggetto di valutazione è il ponte in Provincia di Venezia avente i seguenti identificativi:

Frazione/Località	Cittanova
SP Numero	54
SP Denominazione	San Donà di Piave – Caorle
ID Opera	40
Denominazione Ponte (Attraversamento di)	Canale Ramo
Anno di Costruzione	1964
Longitudine	12,6563545
Latitudine	45,6362093

Conformemente a quanto prescritto dalle "LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI" a seguito della valutazione preliminare dell'opera di Livello 3 è emersa la necessità di procedere ad approfondimenti mediante l'esecuzione di verifiche accurate di Livello 4 di cui al presente elaborato.

Il fine ultimo delle attuali analisi è la verifica del carico ammissibile per il transito sul ponte.

2 VALUTAZIONE ACCURATA DELL'OPERA DI LIVELLO 4

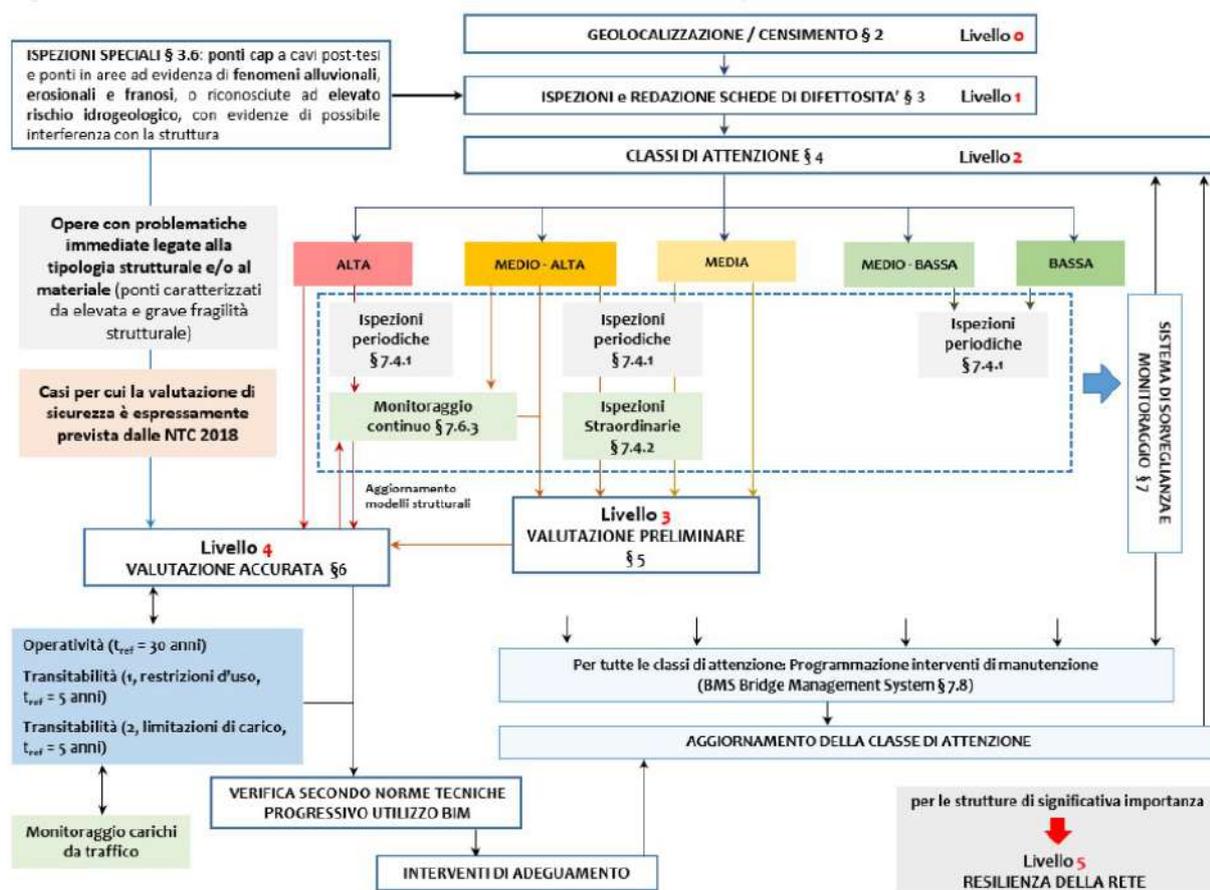


FIGURA 2-1: QUADRO ESPLICATIVO DELLA VALUTAZIONE DELL'OPERA SECONDO LE ATTUALI LINEE GUIDA PONTI

La valutazione di Livello 4 si è resa necessaria a seguito dei risultati ottenuti dalle verifiche preliminari di Livello 3.

Le attuali Linee Guida forniscono le seguenti definizioni in termini di verifica dei manufatti esistenti:

- 1) **ADEGUATO**, un ponte esistente per cui siano soddisfatte le verifiche eseguite secondo le Norme Tecniche utilizzando i carichi e i fattori parziali in esse previsti. La sola variazione in diminuzione ammessa è quella del fattore parziale relativo ai carichi permanenti, qualora se ne verifichino le ipotesi come previsto nel § 8.5.5 delle Norme Tecniche.
- 2) **OPERATIVO**, un ponte per cui siano soddisfatte le verifiche eseguite utilizzando i principi esposti nelle Norme Tecniche ma facendo riferimento nella valutazione dei fattori parziali relativi ai carichi e ai materiali ad un tempo di riferimento ridotto. Il valore del tempo di riferimento, t_{ref} , convenzionalmente assunto a livello indicativo nelle presenti Linee Guida è pari a 30 anni. Nel calcolo del fattore parziale relativo ai carichi permanenti è ovviamente ancora possibile prevedere la diminuzione come previsto nel § 8.5.5 delle Norme Tecniche, qualora se ne verifichino le ipotesi. Occorre, quindi, segnalare il ponte e gli esiti delle verifiche in banche dati istituzionali regionali e nazionali.
- 3) **TRANSITABILE**, un ponte per cui siano soddisfatte le verifiche eseguite su un orizzonte temporale ridotto, entro il quale si progettino e realizzino lavori di adeguamento o operatività, adottando i provvedimenti: (a) "limitazione dei carichi consentiti" o (b) "restrizione d'uso del ponte". La programmazione temporale dettagliata (crono programma) dei lavori occorre sia nota e trasferita a banche dati istituzionali regionali e nazionali. Nella valutazione dei fattori parziali relativi ai carichi e ai materiali si adotta quindi un tempo di riferimento ridotto che nelle presenti Linee Guida è assunto non maggiore di $t_{ref} = 5$ anni. Nel calcolo del fattore parziale relativo ai carichi permanenti è ovviamente ancora possibile prevedere la diminuzione come previsto nel § 8.5.5 delle Norme Tecniche, qualora se ne verifichino le ipotesi.

Per tutti i livelli di analisi, le valutazioni sono condotte coerentemente con l'approccio agli stati limite con l'uso dei coefficienti parziali previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni. Il livello di sicurezza è quantificato, assumendo per ogni livello di analisi il tempo di riferimento e i carichi da traffico

previsti per esso, attraverso i parametri di verifica ζE e ζV ,i definiti nel capitolo 8.3 delle Norme Tecniche.

La valutazione di livello 4 si è concentrata sulle travi principali d'impalcato, sui traversi intermedi, sulle solette d'impalcato, pile e spalle.

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Di seguito si riporta un estratto aereo fotografico che evidenzia l'ubicazione dell'opera nel contesto territoriale nel quale è inserita:

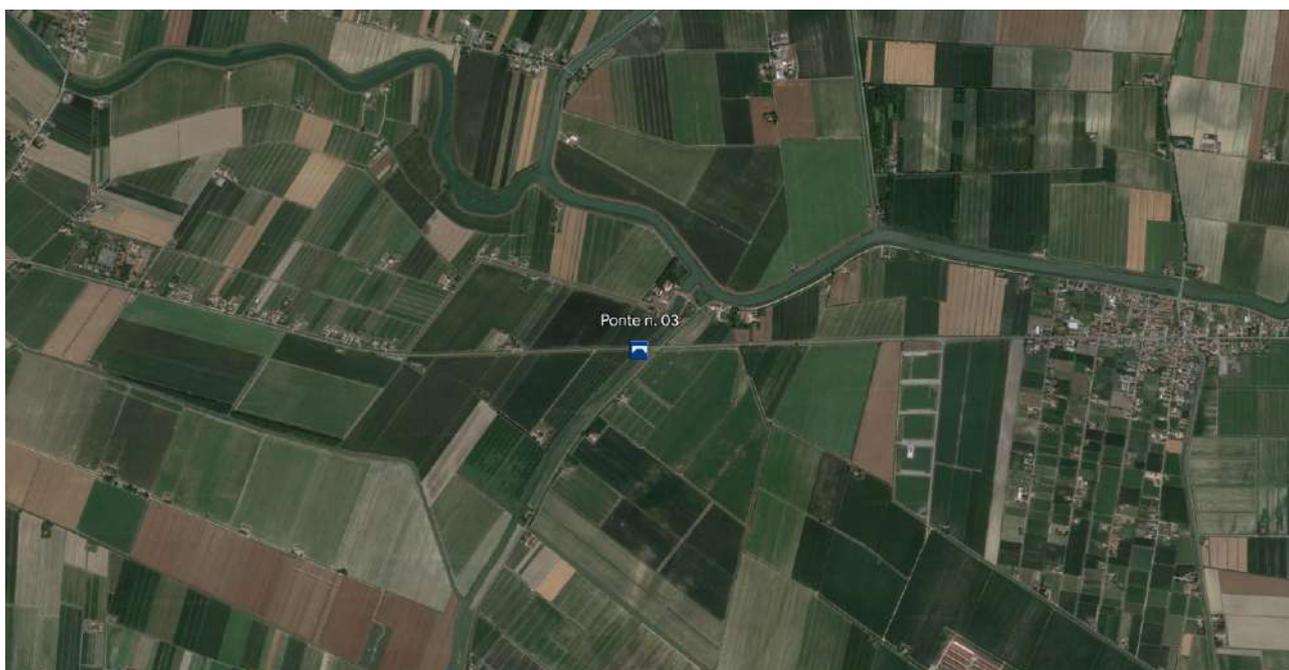


FIGURA 3-1: ORTOFOTO DI INQUADRAMENTO



FIGURA 3-2: VISTA PROSPETTO MANUFATTO



FIGURA 3-3: PILE E TRAVERSI IMPALCATO



FIGURA 3-4: PARAPETTI MANUFATTO



FIGURA 3-5: AMMALORAMENTI DIFFUSI DEGLI ELEMENTI IN CALCESTRUZZO



FIGURA 3-6: VISTA PIANO CARRABILE DEL MANUFATTO

Il ponte in esame presenta dunque le seguenti caratteristiche tecniche e dimensionali:

Tipologia costruttiva Impalcato	Calcestruzzo armato
Tipologia costruttiva pile e spalle	Calcestruzzo armato
Numero Campate	3
Luce campate (1, 2, 3, ecc.) [metri]	9.375, 33.25, 9.375
Schema statico impalcato	Trave Continua
Larghezza complessiva impalcato [metri]	10.77
Larghezza carrabile [metri]	10.26

L'opera presenta un sistema costruttivo in calcestruzzo armato e si compone di n. 3 campate a luce variabile, disposte con schema statico a quattro appoggi; le pile sono realizzate mediante due colonne circolari collegate da un traverso sommitale mentre le spalle sono costituite da semplici travi contro terra.

L'impalcato risulta composto da n. 2 travi principali di sezione variabile, pari a circa 180x190 in corrispondenza degli appoggi su pile mentre sulle spalle presenta una sezione pari a circa 180x123; la sezione presente nella campata centrale, è costituita da una base di 180 cm ed un'altezza pari a 140 cm. Le travi principali sono caratterizzate da una sezione cava, dove il fondo misura uno spessore pari a circa 22 cm mentre le due pareti verticali presentano uno spessore pari a circa 28 cm. A passo costante pari a 475 cm sono presenti dei traversi, ad altezza variabile, di larghezza sempre pari a 25 cm; infine, a completamento dell'impalcato, è presente una soletta di spessore pari a 16 cm, dotata di ringrossi nei primi 70 cm in avvicinamento alle travi principali ed ai traversi, che ne portano lo spessore a 25 cm.

Le due pile, composte ciascuna da due pilastri a sezione circolare di diametro 100 cm, hanno un'altezza dai plinti di fondazione pari a 450 cm (informazione pervenuta dai progetti dell'epoca ma non confermata in situ); le pile, e con molta probabilità anche le spalle, poggiano su fondazioni profonde a quanto si deduce dagli estratti del progetto dell'epoca, anche se non risulta nota la lunghezza ed il numero di pali utilizzati.

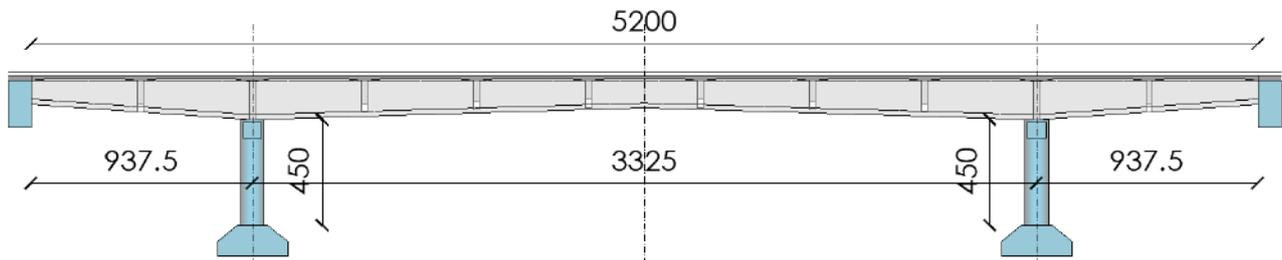


FIGURA 3-7: SEZIONE LONGITUDINALE DELL'IMPALCATO

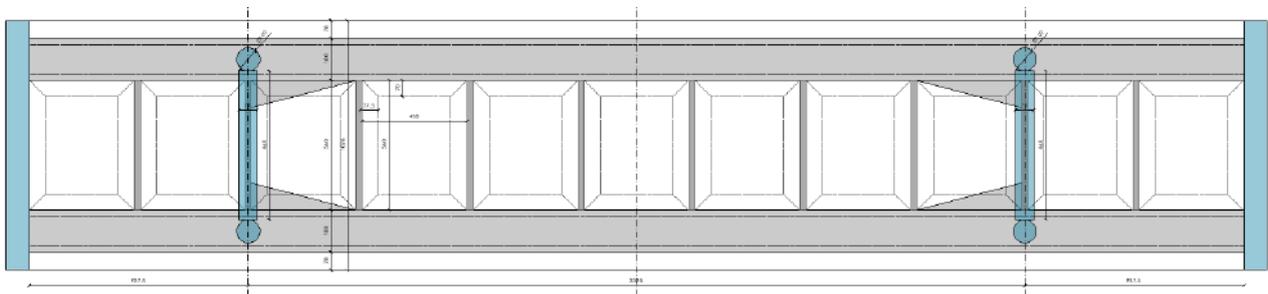


FIGURA 3-8: VISTA INTRADOSSO DELL'IMPALCATO

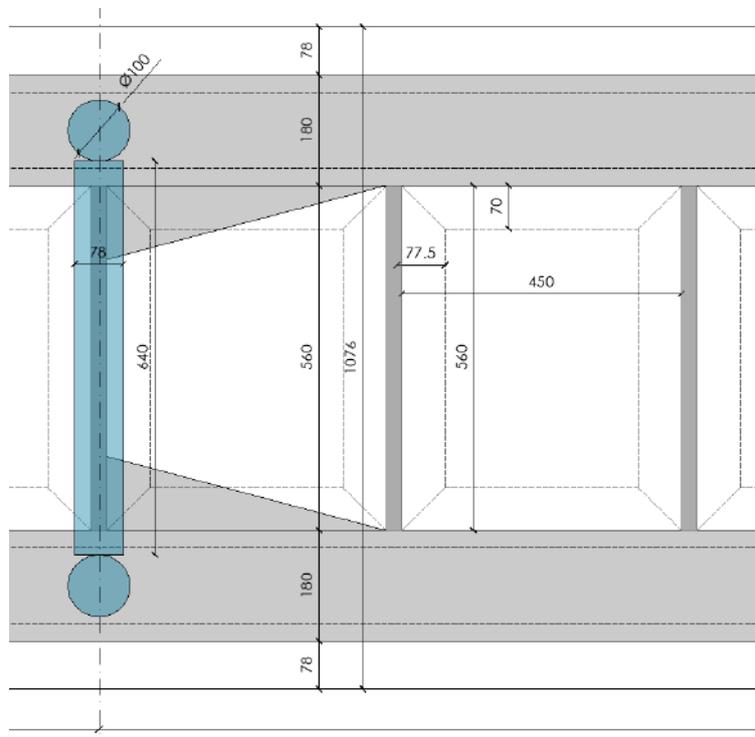


FIGURA 3-9: VISTA DI DETTAGLIO INTRADOSSO DELL'IMPALCATO

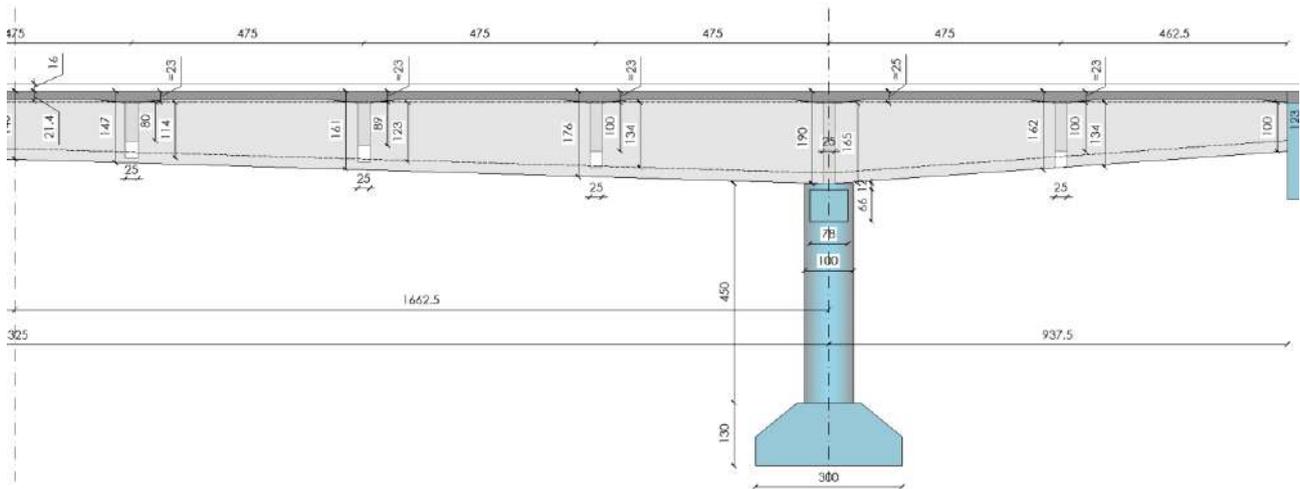


FIGURA 3-10: VISTA DI DETTAGLIO SEZIONE LONGITUDINALE

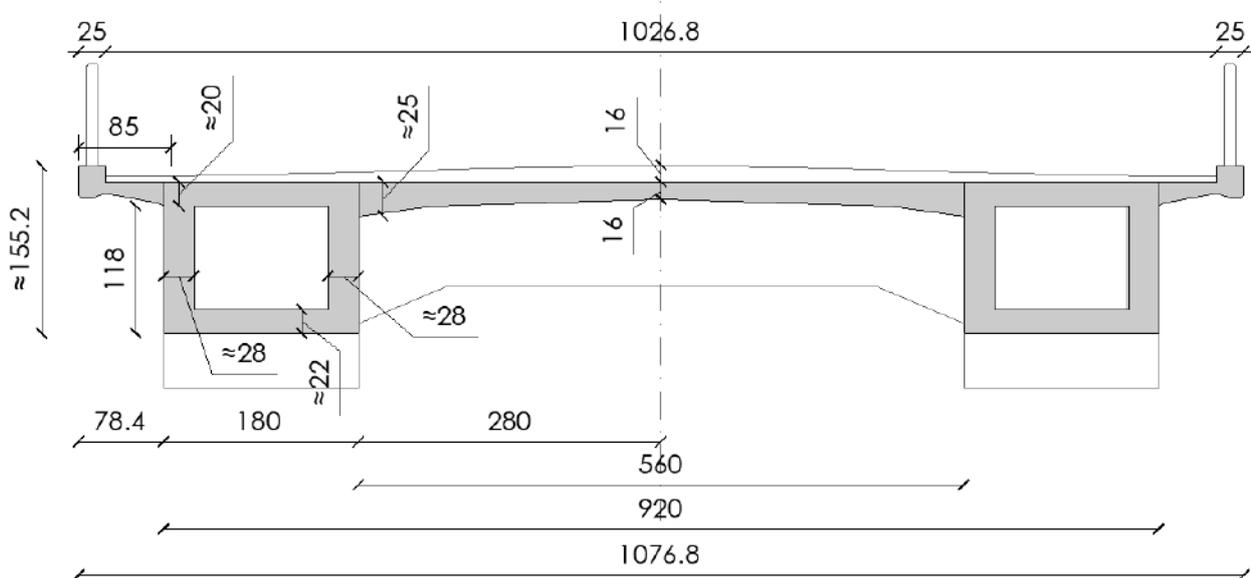


FIGURA 3-11: SEZIONE TRASVERSALE DELL'IMPALCATO IN MEZZERIA DELLA CAMPATA CENTRALE

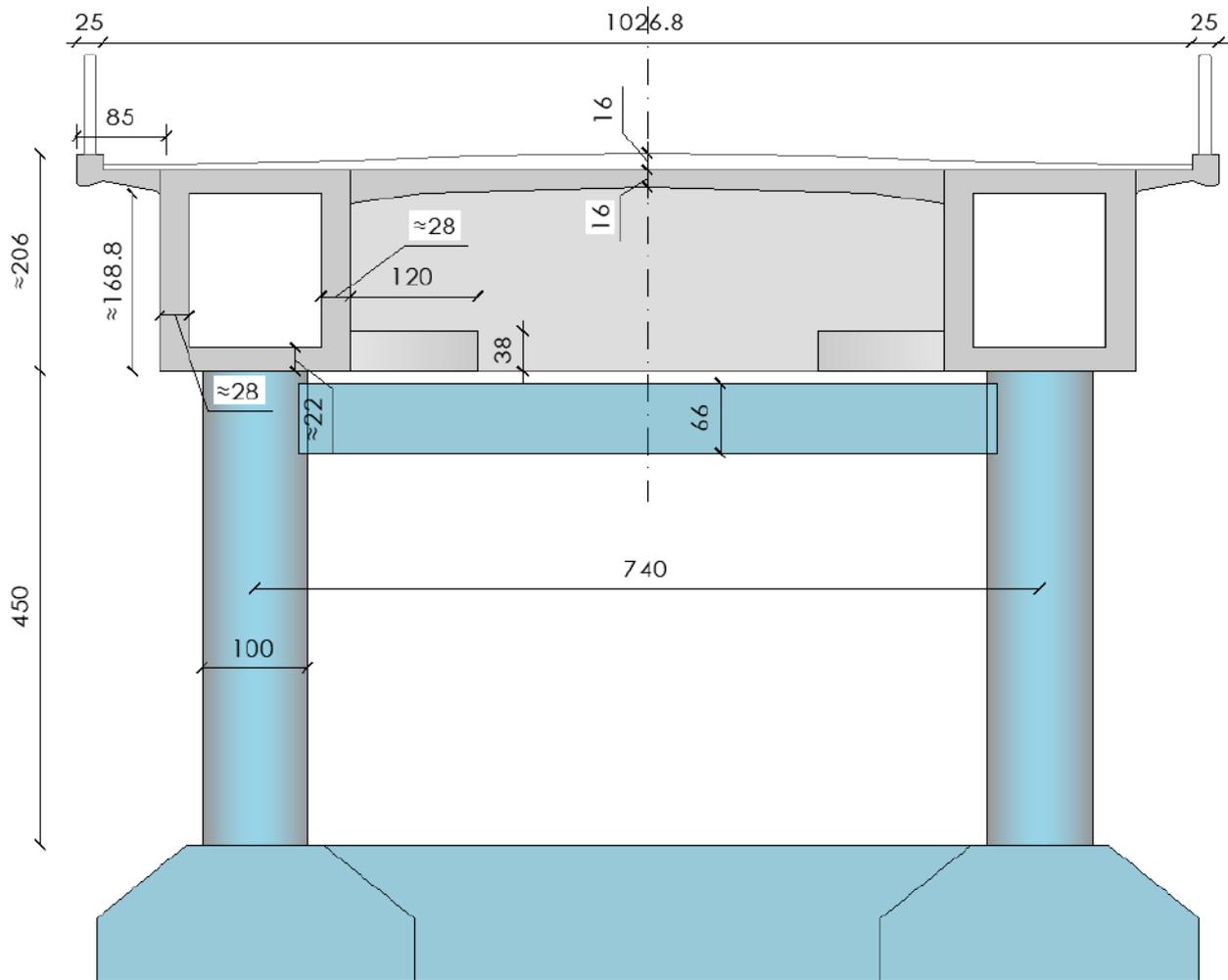


FIGURA 3-12: SEZIONE TRASVERSALE DELL'IMPALCATO IN APPOGGIO PILA

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si elencano le Normative di riferimento per l'analisi dei carichi e le verifiche delle singole componenti strutturali:

- D.M. del 17-01-2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" [NTC18];
- CIRCOLARE n.7 del 21-01-2019 "Istruzioni per l'applicazione dello "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" [CIR7];
- 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 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];

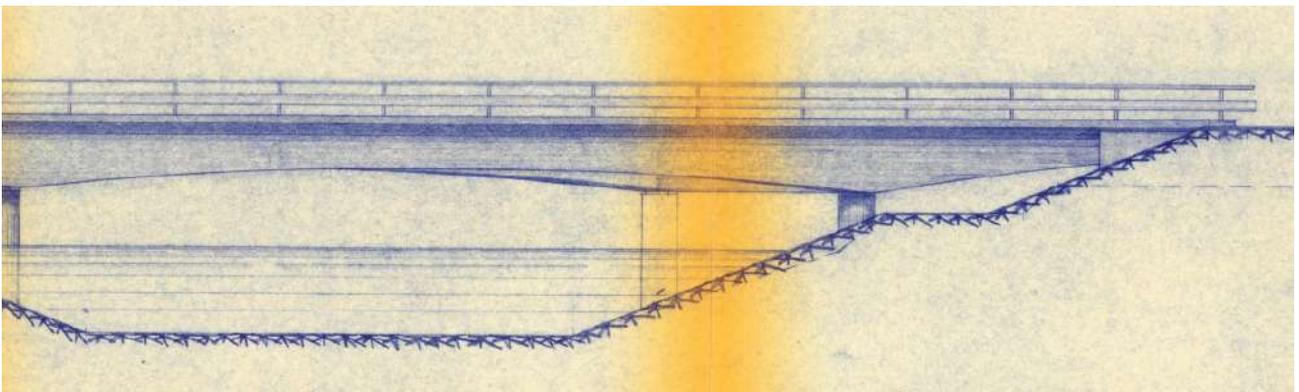
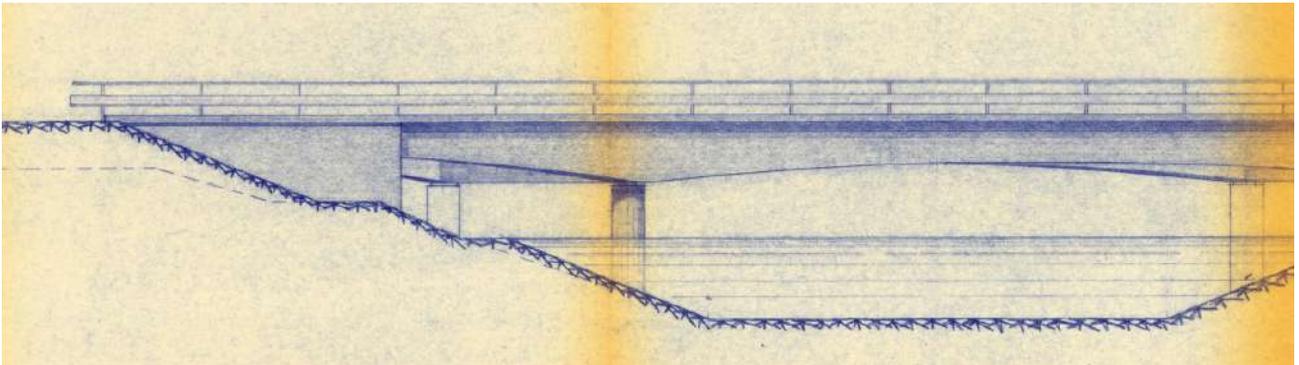
- UNI EN1993-1-9 "Progettazione delle strutture in acciaio: fatica" [EC3-1-9];
- UNI EN1993-2 "Progettazione delle strutture in acciaio: Ponti di acciaio" [EC3-1-8];
- UNI EN1994-1-1 "Progettazione delle strutture in composte acciaio-calcestruzzo: progettazione dei collegamenti" [EC4-1-1];
- D.M. del 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".

5 DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE A SUPPORTO

Per il ponte oggetto di analisi, la documentazione dell'epoca è risultata essere parzialmente inesatta per quanto riguarda la sezione trasversale dell'impalcato; la luce delle campate e la larghezza del piano viabile sono risultate attendibili, così come la rappresentazione schematica delle pile, ma le incongruenze fanno dedurre che siano state fatte delle varianti in corso d'opera mai depositate.

Si è fatto dunque riferimento ai documenti di ispezione redatti in epoca recente

- "Ispezione visiva primaria – Ponte al km 5+960 della S.P. 54 – Città Metropolitana di Venezia" redatto dalla ditta 4 EMME Service S.p.a. nel giugno 2019;
- "Relazione di ispezione" redatto dalla ditta Franchetti-Bridge diagnostic and predictive maintenance nel Novembre 2022.



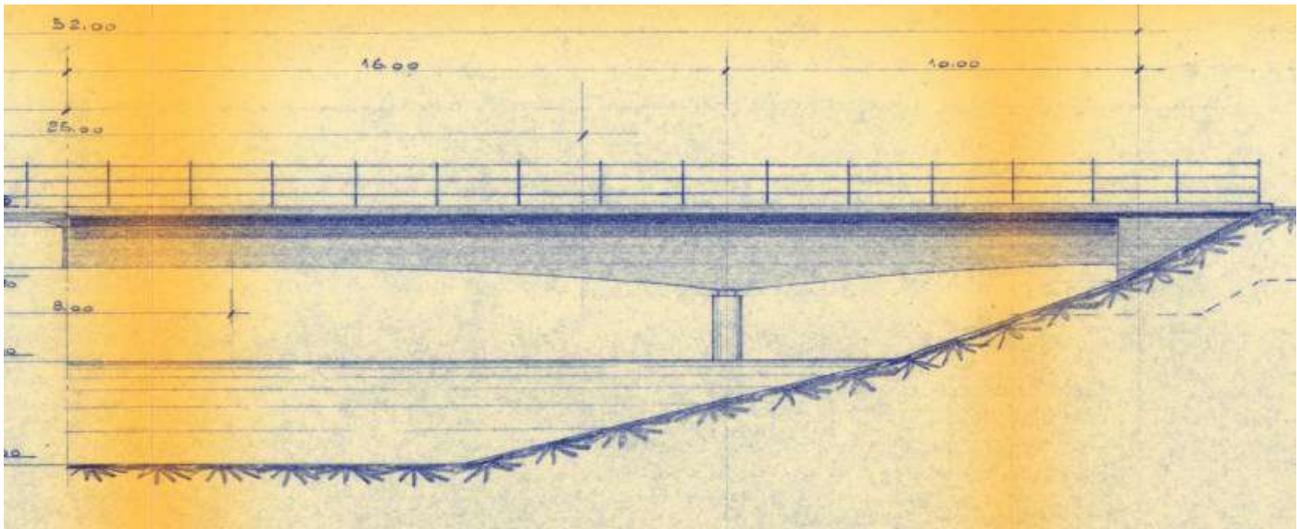


FIGURA 5-1: PROSPETTO LONGITUDINALE COERENTE – PROGETTO DELL'EPOCA

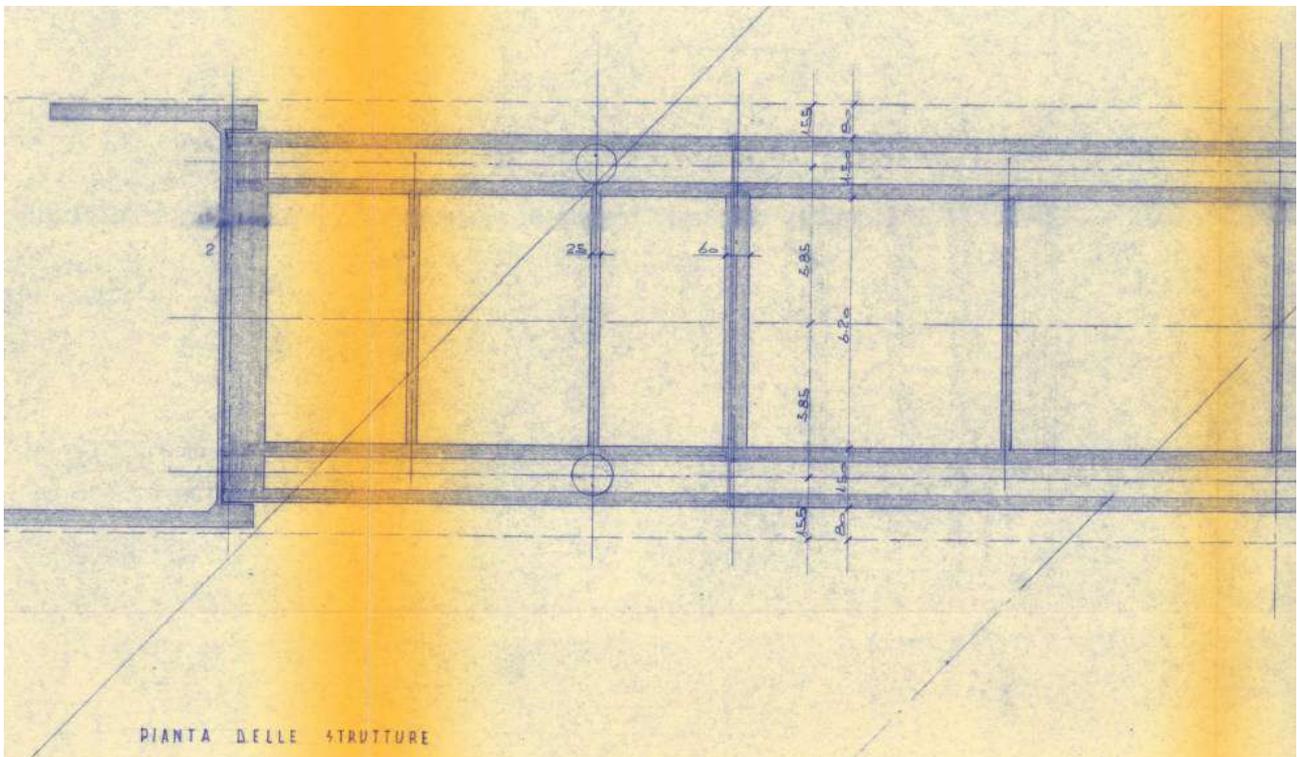


FIGURA 5-2: PIANTE IMPALCATO APPARENTEMENTE COERENTE (TRAVERSI ERRATI) – PROGETTO DELL'EPOCA

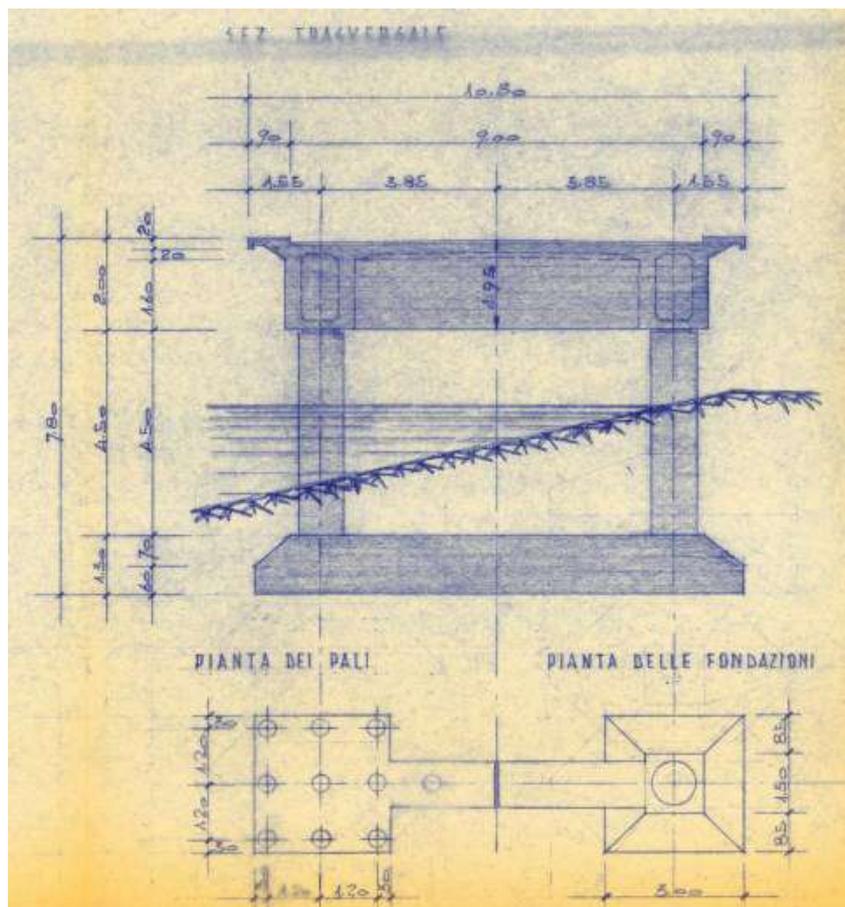


FIGURA 5-3: PILE E SEZIONE TRASVERSALE PARZIALMENTE COERENTI – PROGETTO DELL'EPOCA

6 ANALISI STORICO-CRITICA DEL MANUFATTO

SCHEDA DELL'OPERA

COSTRUZIONE	
Impresa esecutrice	ND
Committente	ND
Progettista	ND
Ing. Capo	Dott. Ing. Ferruccio Lombardo
Direttore dei lavori	ND
Collaudatore	ND
Inizio lavori	Stimato 1964-1965
Fine lavori	Stimato 1965-1966

Non essendo stato possibile reperire documentazione storica esaustiva relativa ai progetti dell'epoca, non è possibile costruire una scheda dell'opera che identifichi le principali figure implicate nella progettazione, DL e collaudo, né meno le date esatte di inizio e fine lavori; l'unica data nota è il 10 Novembre 1964, nella quale è stata trasmessa dall'Ingegnere capo la richiesta di nulla osta al Consorzio di Bonifica per la realizzazione dell'opera.

Non sono documentati, o rilevabili da ispezione visiva, interventi che abbiano comportato modifiche di rilievo al manufatto in esame nel corso degli anni.

7 SINTESI DELLE ISPEZIONI PRECEDENTI

Dalle verifiche di Livello 1 eseguite nell'anno 2022, e dal report di ispezione effettuato nell'anno 2019, si sono riscontrate molteplici criticità in termini di degrado e cattiva conservazione del manufatto in esame.

Si riportano di seguito i punti più significativi; per la trattazione completa si faccia riferimento alla documentazione di cui sopra.

7.1 Pile e pali di fondazione



Foto 7: sui pilastri delle pile sono presenti macchie di umidità.

7.2 Giunti



Foto 8: *in corrispondenza dei giunti sulle spalle, il tampono è deformato.*



Foto 9: *entrambi i giunti sono privi di scossalina.*

7.3 Spalle



Foto 1: alla base e sui pilastri di entrambe le spalle si riscontrano macchie di umidità.



Foto 2: su tutta la superficie delle spalle, specialmente ai bordi, il calcestruzzo risulta dilavato.



Foto 3: sulle facciate laterali di entrambe le spalle si riscontrano vespai con inerti in vista.



Foto 4: all'intradosso dei pulvini delle spalle, specialmente di quella di monte, ed in alcuni punti verso i bordi delle stesse, vi è distacco del copriferro.



Foto 5: ove presente distacco del copriferro sulle spalle, le armature affioranti si presentano corrose con riduzione di sezione resistente.



Foto 6: in corrispondenza della spalla di monte, il rilevato risulta completamente dilavato.

7.4 Travi principali su Impalcato



Foto 10: in punti sparsi dell'intradosso delle travi a cassone sono presenti macchie di umidità.



Foto 11: sulle facciate esterne di entrambe le travi longitudinali, in corrispondenza degli appoggi e degli scarichi, il calcestruzzo si presenta dilavato.



Foto 12: su buona parte della superficie di entrambe le travi longitudinali si presentano vespai con inerti in vista.



Foto 13: all'intradosso delle travi a cassone, specialmente verso gli appoggi sulle spalle, vi è distacco del copriferro.



Foto 14: ove presente distacco del copriferro sulle travi a cassone, le armature affioranti sono corrose con riduzione di sezione resistente.



Foto 15: in punti sparsi di entrambe le travi longitudinali, soprattutto verso gli appoggi sulle spalle e sulla facciata sinistra della trave sinistra, le staffe sono scoperte e corrose con sezione resistente intaccata.

7.5 Traversi su impalcato



Foto 16: in punti sparsi di tutti i traversi di campata si rilevano delle macchie di umidità.



Foto 17: in piccoli punti sparsi degli spigoli dei traversi di campata vi è distacco del copriferro.



Foto 18: ove presente distacco del copriferro sui traversi di campata, l'armatura risulta ossidata.



Foto 19: alla base di tutti i traversi di testata, specialmente sul traverso di valle, si notano macchie di umidità.



Foto 20: sulle facciate laterali dei traversi di testata il calcestruzzo è fortemente dilavato.



Foto 21: in punti sparsi verso la base dei traversi di testata sono presenti vespai con inerti in vista.



Foto 22: in alcuni punti sparsi dei traversi di testata vi è distacco del copriferro.



Foto 23: ove presente distacco del copriferro sui traversi di testata, l'armatura è corrosa con riduzione di sezione resistente.



Foto 24: il traverso di testata sulla spalla di valle presenta due fessure diagonali a tutta altezza, poste rispettivamente sotto le due travi a cassone ed orientate dall'interno verso l'esterno.

7.6 Soletta



Foto 28: più zone all'intradosso della soletta presentano macchie di umidità.



Foto 29: sulle facciate laterali della soletta il calcestruzzo risulta dilavato.



Foto 30: in alcuni punti all'intradosso della soletta vi è distacco del copriferro.



Foto 31: ove presente distacco all'intradosso della soletta, le armature affioranti risultano corrose con sezione resistente ridotta.

8 CAMPAGNA DELLE INDAGINI IN SITU

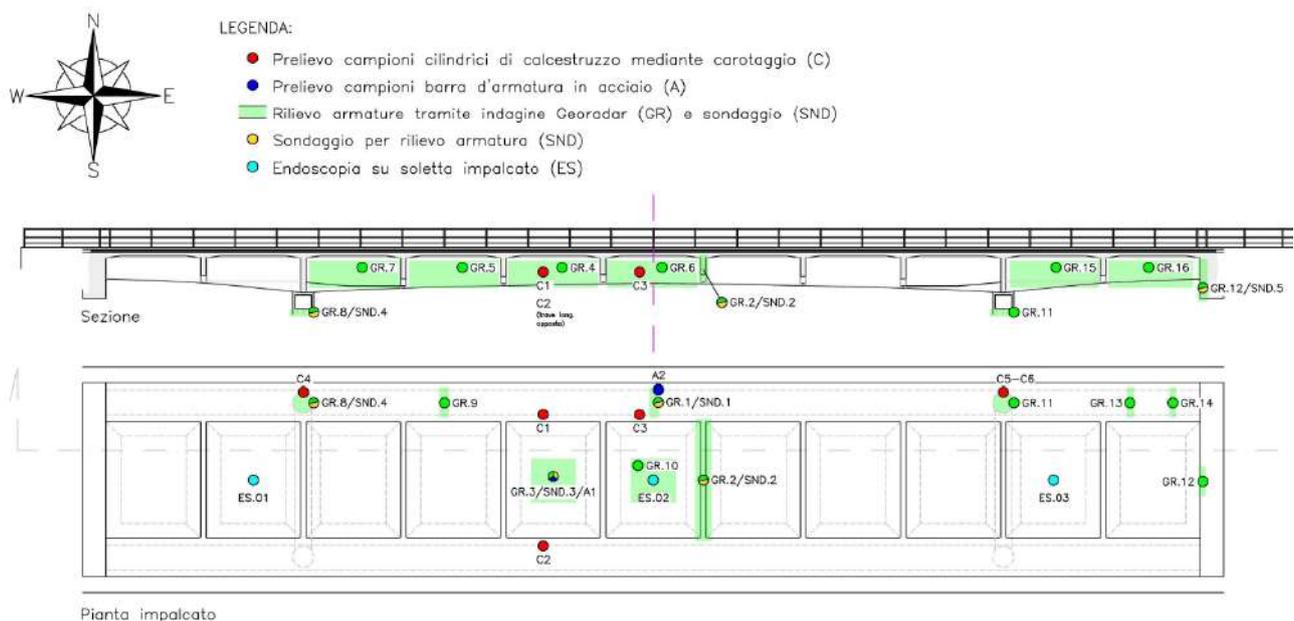
Le prove in situ eseguite contestualmente alla presente analisi sono state affidate alla ditta "Geoconsult" e condotte nel mese di luglio 2024.

Le prove eseguite hanno avuto carattere distruttivo (carotaggi e prelievi di barre di armatura) e sono state compendiate da altre di caratteristiche totalmente non distruttive (prove pacometriche, sclerometriche e vickers), oltre ad indagini di carattere geometrico ed endoscopico. Si è inoltre contestualmente condotta la caratterizzazione dinamica del sito mediante prova HVSR.

In relazione agli scopi della campagna diagnostica sono state eseguite le seguenti prove al fine di raggiungere un livello di conoscenza LC2.

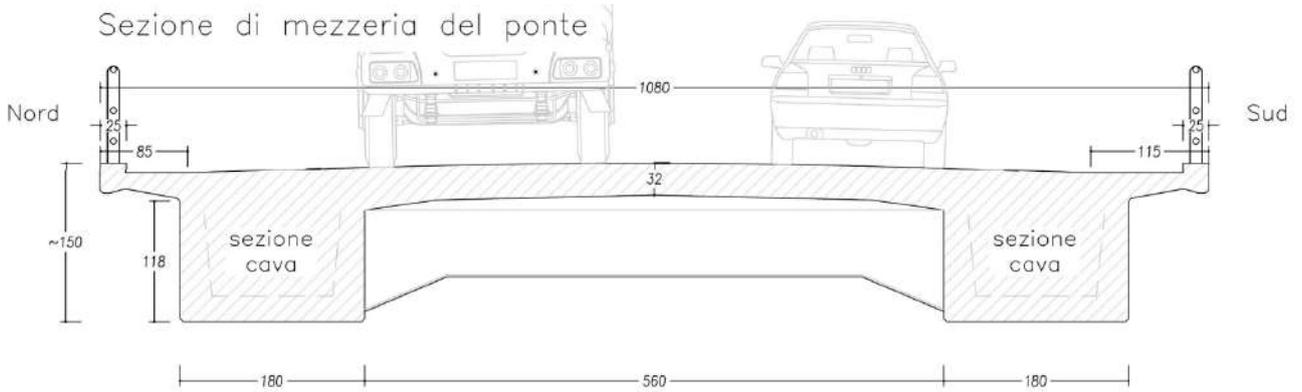
Di seguito l'elenco delle indagini effettuate:

- Rilievo geometrico dimensionale di impalcato, pile e spalle
- 16 rilievi pacometrici su elementi in c.a.
- 3 endoscopie per il rilievo dello spessore di asfalto sulla carreggiata stradale
- 5 carotaggi Ø100 mm e successive prove di compressione in laboratorio
- 5 prove di carbonatazione su provini in c.a.
- 3 indagini SonReb su elementi in c.a.
- 2 prelievi di barre d'armatura e successive prove di trazione in laboratorio
- Prova HVRS per caratterizzazione dinamica del sito

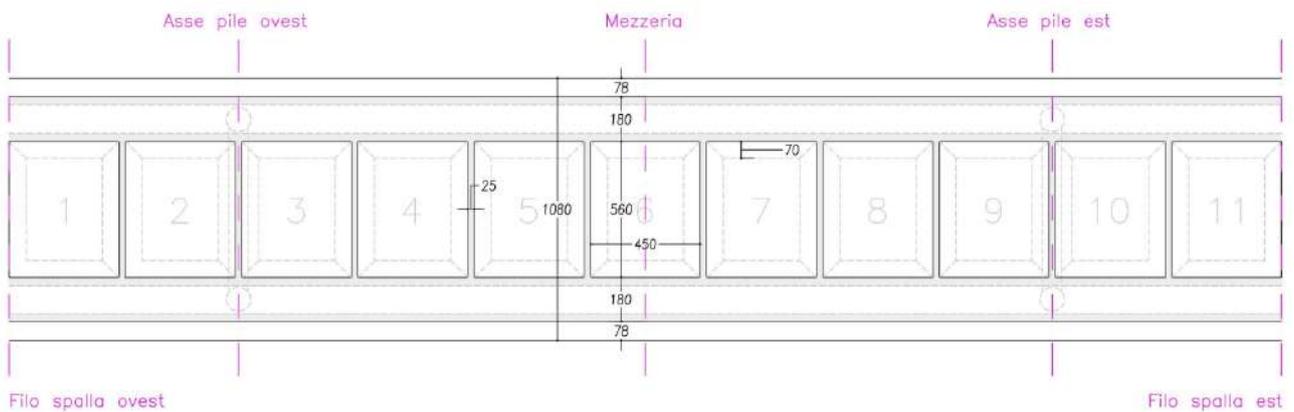
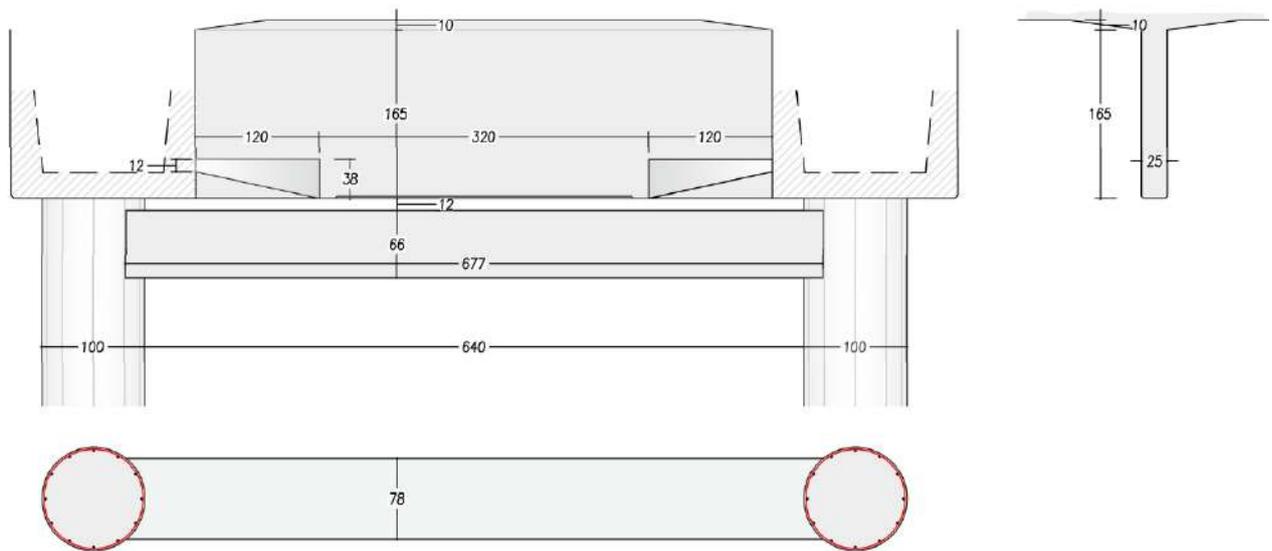


8.1 Indagini geometriche

Rilievi geometrici



Sezione asse pile



Rilievi pacchetti stradali



Elemento: **IMPALCATO**

Strato	Descrizione	Spessore [cm]
1	Conglomerato bituminoso	16,0
2	Soletta in calcestruzzo armato	15,0
Spessore totale:		31,0 cm

Elemento: **IMPALCATO**

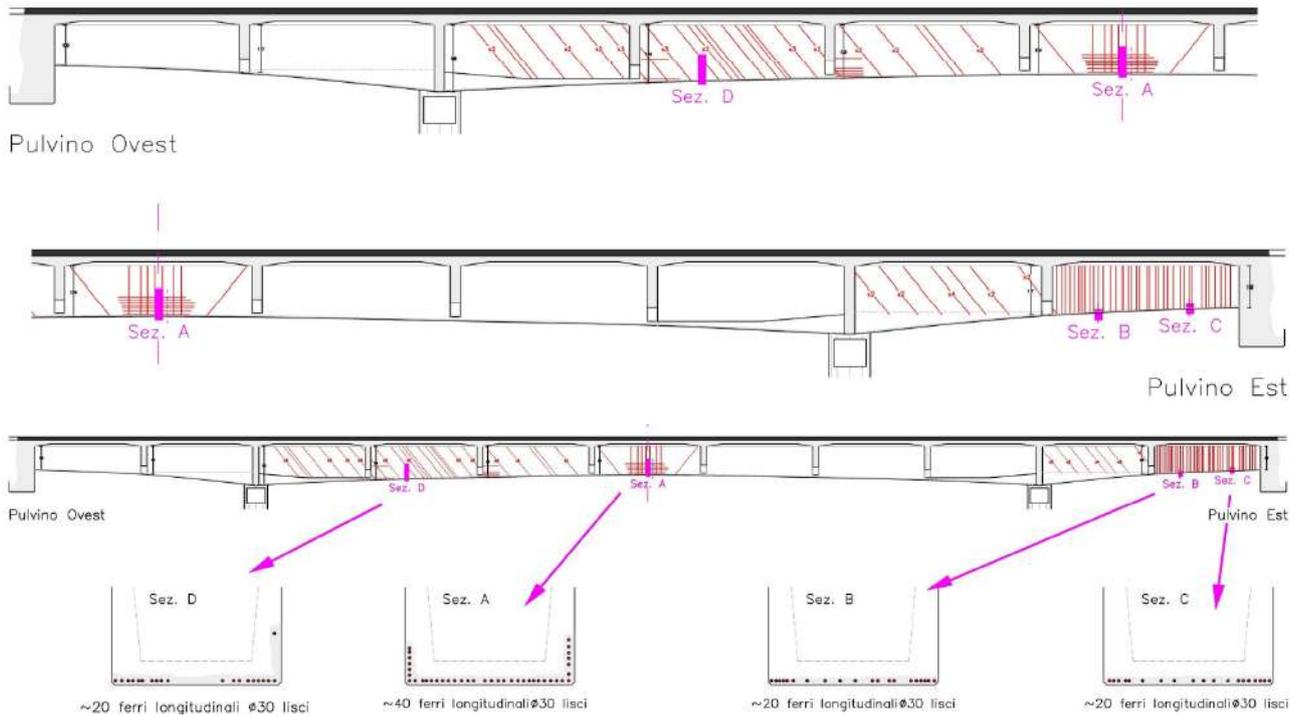
Strato	Descrizione	Spessore [cm]
1	Conglomerato bituminoso	16,0
2	Soletta in calcestruzzo armato	16,0
Spessore totale:		32,0 cm

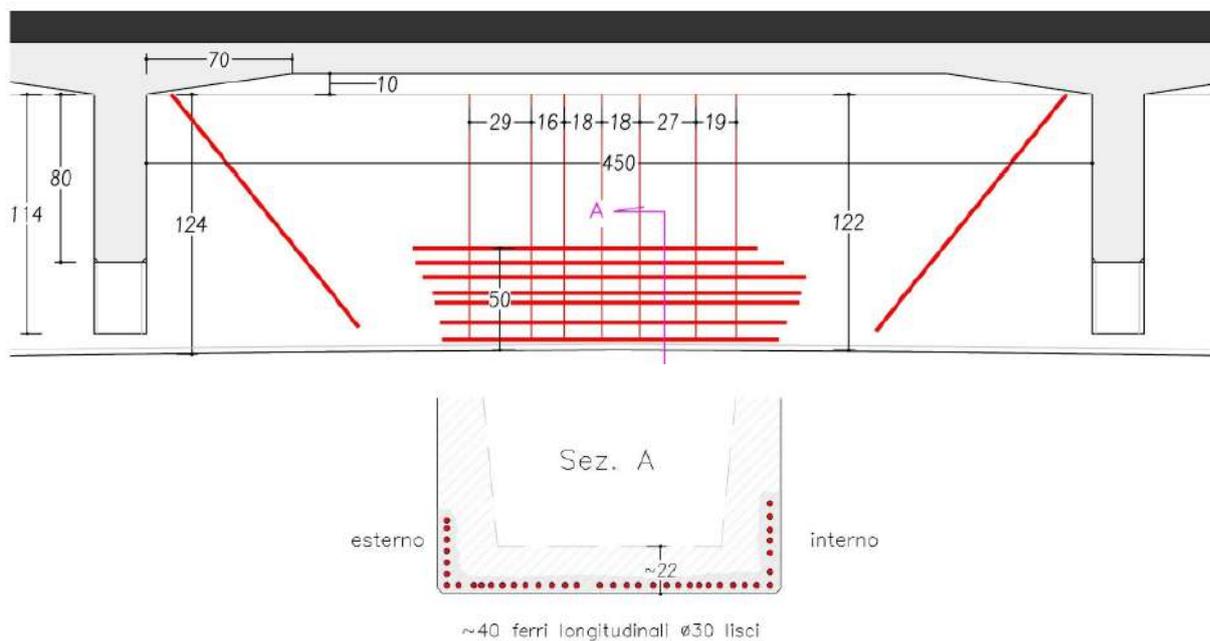
Elemento: **IMPALCATO**

Strato	Descrizione	Spessore [cm]
1	Conglomerato bituminoso	17,0
2	Soletta in calcestruzzo armato	17,0
Spessore totale:		34,0 cm

Rilievi pacometrici

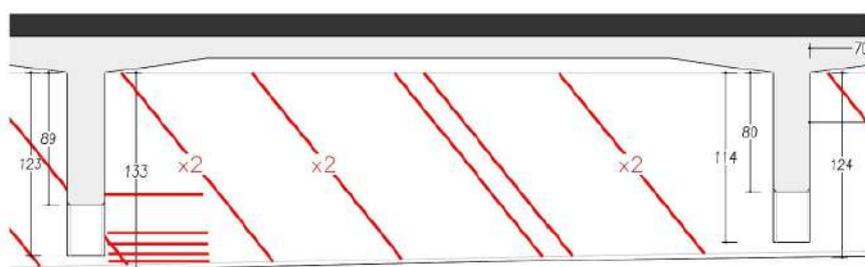
TRAVI IMPALCATO





Elemento: TRAVE LONGITUDINALE, SEZIONE DI MEZZERIA DEL PONTE

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L	Vario, 15+25
Longitudinale	30 L	-

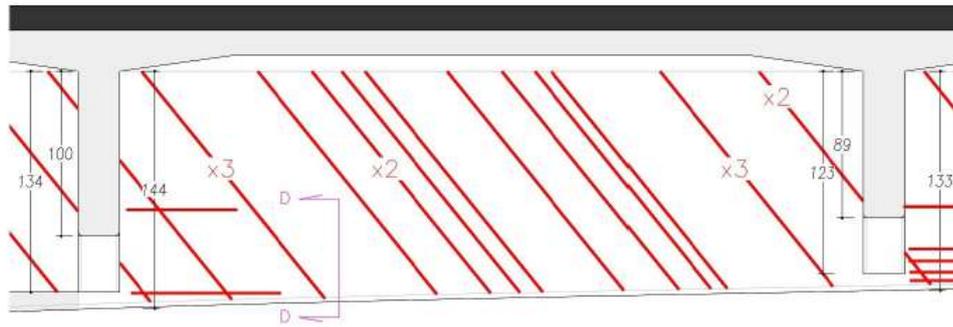


Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L	10+20
Diagonale	30 L	-
Longitudinale	30 L	-

GR.05

SPERIMENTATORE: ing. Orlando Giovanni



Sez. D



~20 ferri longitudinali Ø30 lisci

Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

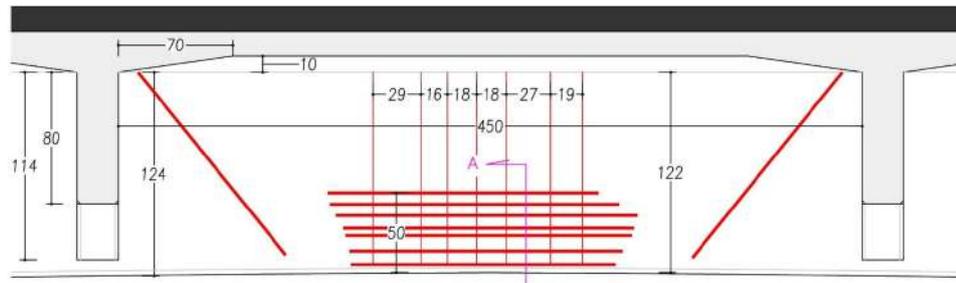
Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L.	10+20
Diagonale	30 L.	
Longitudinale	30 L.	

GR.06

SPERIMENTATORE: ing. Orlando Giovanni

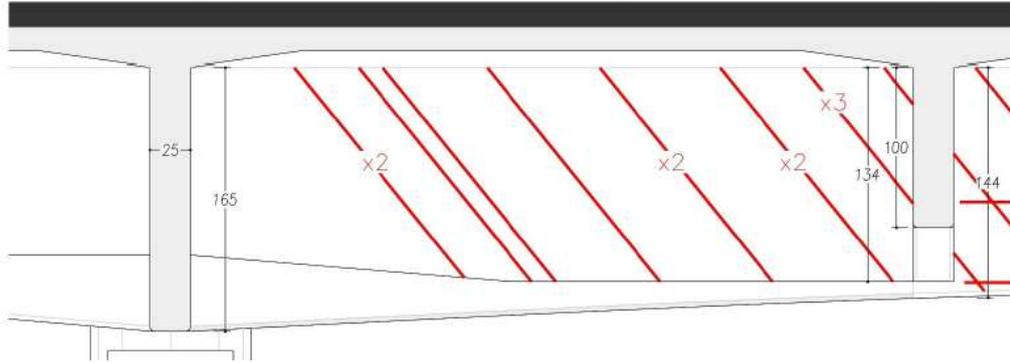
DATA: 29/07/2024

ALTEZZA DA P.C. -



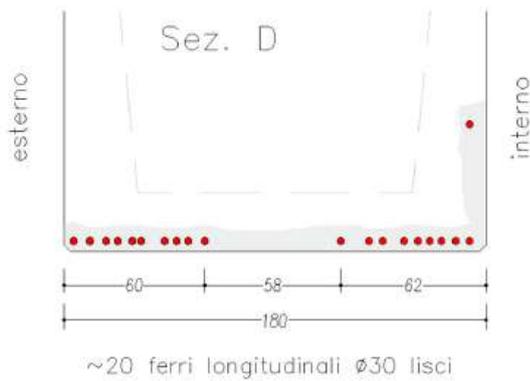
Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L.	10+20
Diagonale	30 L.	
Longitudinale	30 L.	



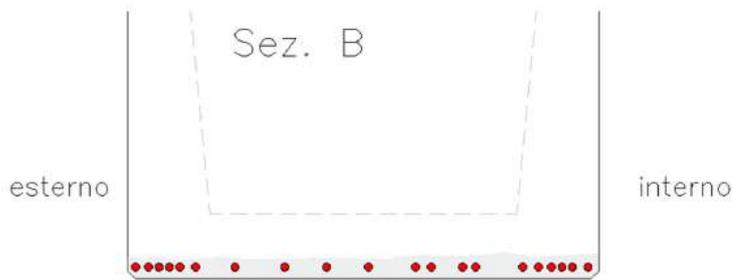
Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L.	10+20
Diagonale	30 L.	
Longitudinale	30 L.	-



Elemento: INTRADOSSO TRAVE LONGITUDINALE

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L.	Vario
Longitudinale	30 L.	-



~20 ferri longitudinali $\varnothing 30$ lisci

Elemento: INTRADOSSO TRAVE LONGITUDINALE

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L	Vario
Longitudinale	30 L	-



~20 ferri longitudinali $\varnothing 30$ lisci

Elemento: INTRADOSSO TRAVE LONGITUDINALE

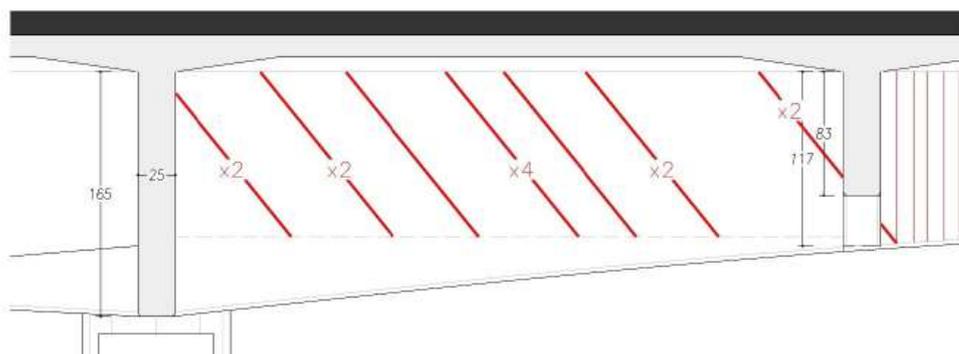
Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L	Vario
Longitudinale	30 L	-

GR.15

SPERIMENTATORE: ing. Orlando Giovanni

DATA: 30/07/2024

AL



Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

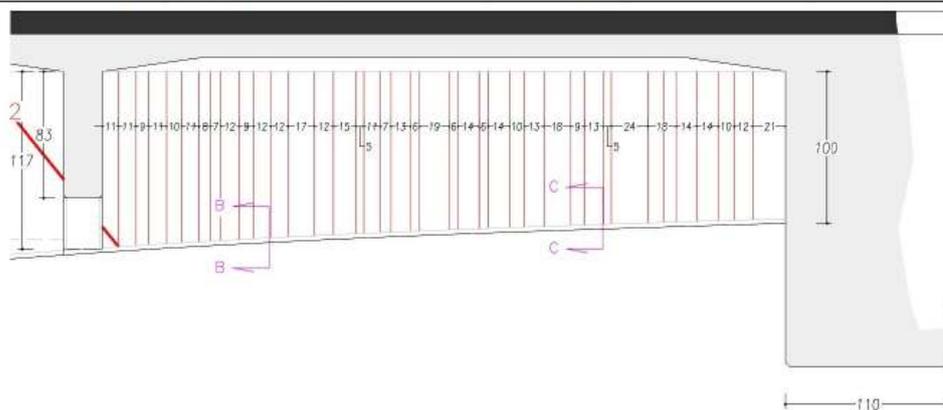
Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L.	10÷20
Diagonale	30 L.	
Longitudinale	30 L.	-

GR.16

SPERIMENTATORE: ing. Orlando Giovanni

DATA: 30/07/2024

ALTEZ

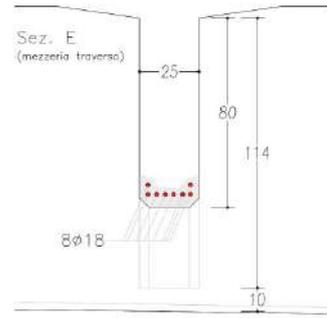
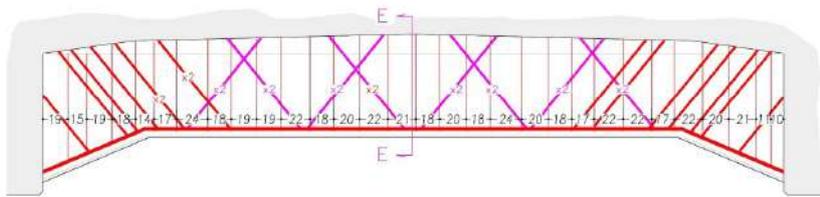


Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L.	Vario, 10÷20
Longitudinale	30 L.	-

TRAVERSI

GR.02 SPERIMENTATORE: Ing. Orlando Giovanni DATA: 29/07/2024 ALTEZZA DA P.C. -

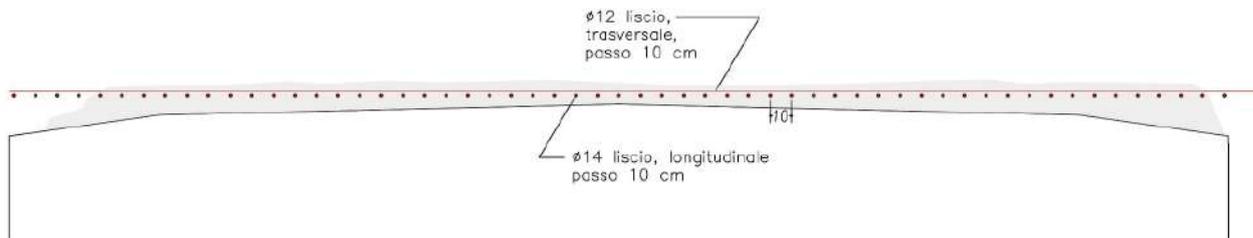


Elemento: TRAVERSO

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L	Vario, 15+25
Diagonale	18 L	-
Longitudinale	18 L	-

SOLETTE

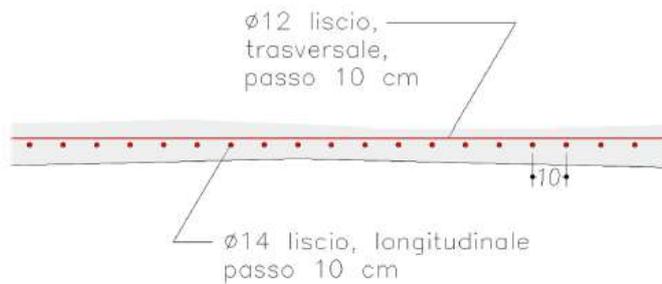
GR.03 SPERIMENTATORE: Ing. Orlando Giovanni DATA: 29/07/2024 ALTEZZA DA P.C. -



Elemento: SOLETTA

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Trasversale	12 L	Vedi schema
Longitudinale	14 L	-

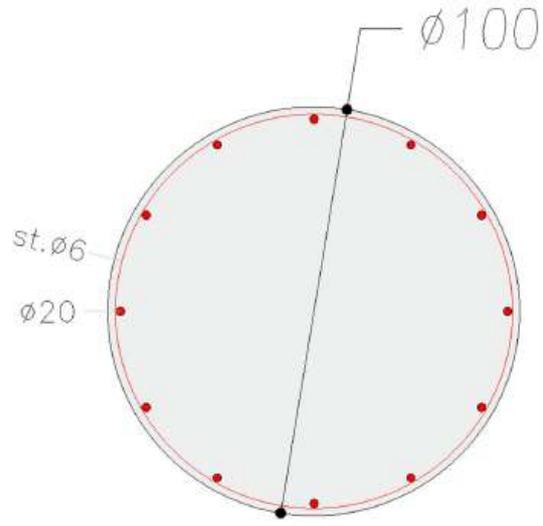
GR.10 SPERIMENTATORE: Ing. Orlando Giovanni DATA: 29/07/2024 ALTEZZA



Elemento: SOLETTA		
Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Trasversale	12 L	12÷14
Longitudinale	14 L	12÷14

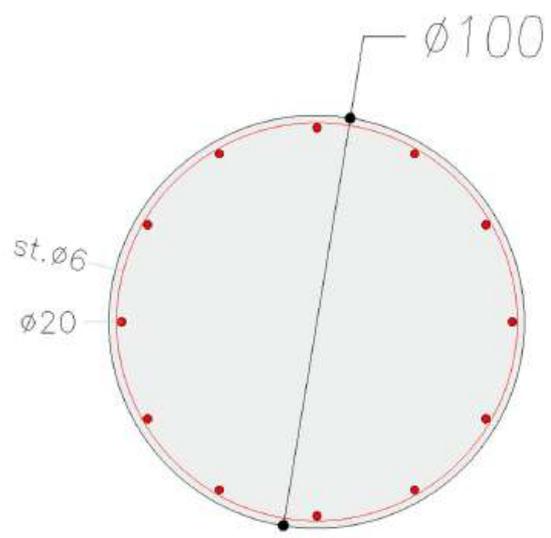
PILE

GR.08 | SPERIMENTATORE: ing. Orlando Giovanni | DATA: 29/07/2024 | ALTEZZA DA P.C.



Elemento: PILA IN ALVEO		
Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	6 L	10
Longitudinale	20 L	-

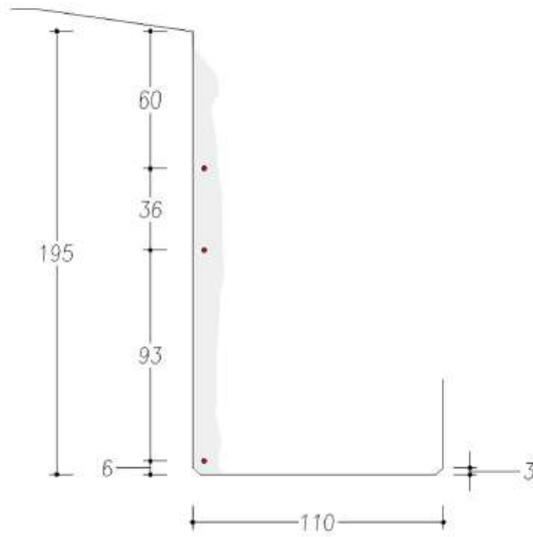
GR.11 | SPERIMENTATORE: ing. Orlando Giovanni | DATA: 29/07/2024 | ALTEZZA DA P.C.



Elemento: PILA IN ALVEO		
Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	6 L	10
Longitudinale	20 L	-

SPALLE

GR.12 | **SPERIMENTATORE:** ing. Orlando Giovanni



Elemento: PULVINO SPALLA EST

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L	20
Longitudinale	18 L	-

Il presente paragrafo è un riassunto di indagini che si trovano in forma estesa nell'elaborato "L07R02_788_ID40 Cittanova" redatto dalla ditta Geoconsult.

BARRE D'ARMATURA

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1493/2024	DEL: 13/09/2024	Pagina 3 di 3
------------------------------------	-----------------	---------------

PROVA DI TRAZIONE E PIEGA DEI TONDI IN ACCIAIO PER C.A.

IDENTIFICAZIONE DEI PROVINI	VERBALE DI PRELIEVO	ZONA/FORNITURA DI PRELIEVO
A1	ACC-01	ferro longitudinale soletta
A2	ACC-01	staffa trave a cassone longitudinale

RIFERIMENTI	Legge n° 1086 del 05/11/1971	D.M. 17/01/2018	Circ. n° 7 del 21/01/2019
-------------	------------------------------	-----------------	---------------------------

RISULTATI DELLE PROVE											
N°	Sigla Provino	Diametro nominale	Sezione effettiva	Tens. di snervamento	Tens. di rottura	f_t/f_y	f_y/f_{ynom}	All.to %	Diametro mandrino	Esito Pieg./Rad. ²⁾	Data di prova
		\varnothing_{nom} [mm]	A_{eq} [mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]			$A_{gt}^{1)}$ [%]	$\varnothing_{mandrino}$ [mm]		
1	A1	14	151,4	407,3	547,6	1,34	/	18,0	/	/	11/09/24
2	A2	8	49,7	404,6	538,4	1,33	/	11,3	/	/	11/09/24

Note:

¹⁾ A_{gt} : allungamento percentuale totale alla forza massima;²⁾ Esito: SC=senza formazione di cricche, CC=con formazione di cricche.

ANALISI SON-REB IN SITU

INDAGINE SCLEROMETRICA

SPECIFICHE DI PROVA **STRUMENTAZIONE:** Sclerometro Schmidt OS8000 **TARATURA:** Preliminare alle prove su incudine con indice di rimbalzo di riferimento
ISTRUZIONE DI LAVORO: matr. SL01-002-0300 **NORME:** UNI EN 12504-2:2012
IDL-10

TABELLA DELLE MISURE

SPERIMENTATORE:		geom. Federico Visentin										DATA:	30/07/2024
PROVA	ELEMENTO	ALTEZZA DA P.C. [cm]	INDICI DI RIMBALZO OTTENUTI ¹⁾									INDICE DI RIMBALZO IR ²⁾	
			1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°		
IS.01	Trave longitudinale (pos. C1)	-	37	38	41	43	46	45	44	47	41	43	
IS.02	Trave longitudinale (pos. C2)	-	37	43	47	44	45	46	45	43	37	44	
IS.03	Trave longitudinale (pos. C3)	-	47	41	46	48	48	48	42	42	47	47	

Note:

- ¹⁾ Le misure riportate sono depurate dall'errore dovuto all'inclinazione dello strumento;
- ²⁾ L'indice di rimbalzo di riferimento è calcolato come la mediana dei singoli indici di rimbalzo ottenuti sull'area di prova.

INDAGINE ULTRASONICA

SPECIFICHE DI PROVA **STRUMENTAZIONE:** ACS Low frequency ultrasonic tester UK1401 **TARATURA:** Preliminare all'esecuzione delle prove su barra in PVC
ISTRUZIONE DI LAVORO: SN 5173352 **NORME:** UNI EN 12504-4:2005
IDL-79

TABELLA DELLE MISURE

SPERIMENTATORE:		geom. Federico Visentin				DATA:	30/07/2024
PROVA	ELEMENTO	ALTEZZA DA P.C. [cm]	DISTANZA [mm]	TEMPO [µs]	VELOCITÀ V [m/s]		
IU.1	Trave longitudinale (pos. C1)	-	150	41,0	3.660		
IU.2	Trave longitudinale (pos. C2)	-	150	39,5	3.798		
IU.3	Trave longitudinale (pos. C3)	-	150	37,0	4.057		

INDAGINI SONREB

TABELLA RIEPILOGATIVA

SPERIMENTATORE: geom. Federico Visentin		DATA: 30/07/2023			
PROVA	ELEMENTO	ALTEZZA DA P.C. [cm]	V [m/s]	IR [ad]	R _c ¹⁾ [MPa]
SR.01	Trave longitudinale (pos. C1)	-	3.660	43	27,3
SR.02	Trave longitudinale (pos. C2)	-	3.798	44	31,2
SR.03	Trave longitudinale (pos. C3)	-	4.057	47	45,7

Note:

¹⁾ Valore ottenuto dalla prova a compressione del provino cilindrico in calcestruzzo prelevato in situ nello stesso punto di indagine indiretta con metodologia SonReb.

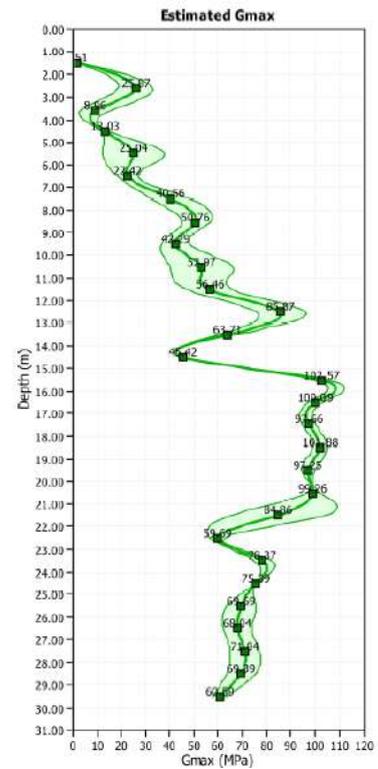
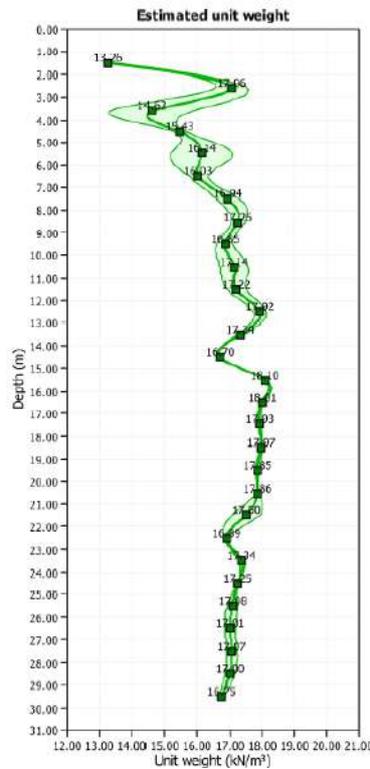
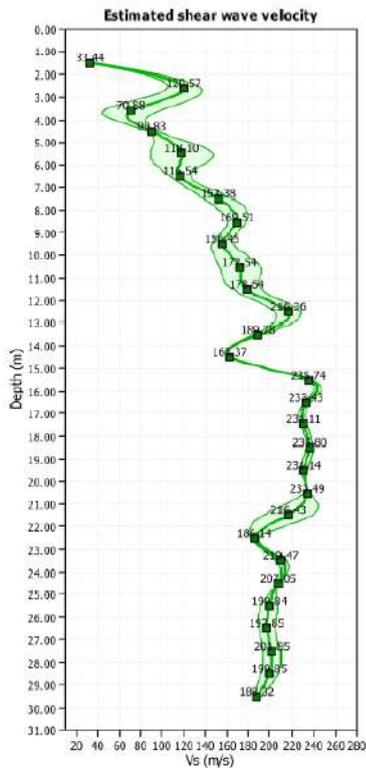
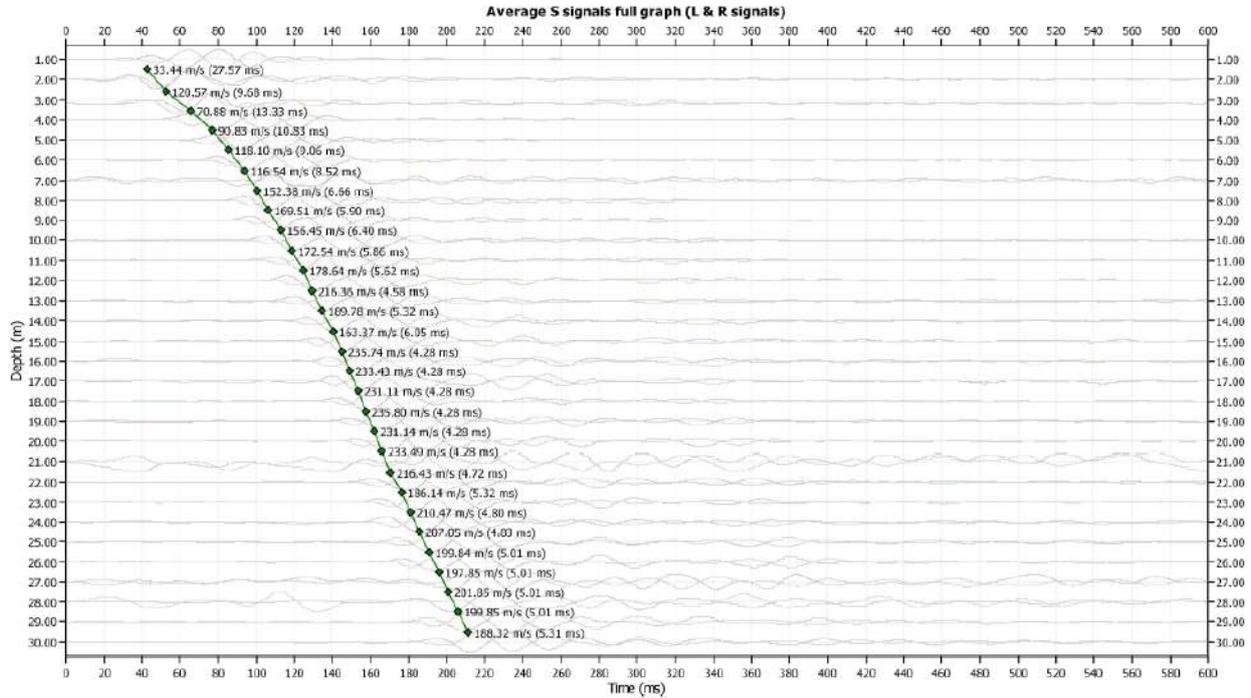
Il presente paragrafo è un riassunto di indagini che si trovano in forma estesa nell'elaborato "CRT 1493-2024-signed-signed - ID40" redatto dalla ditta Geoconsult.

8.3 Caratterizzazione sismica del sito

Secondo indagini HVSR condotte sul sito in oggetto si sono rilevate le seguenti caratteristiche dinamiche del suolo:

Project:

Borehole ID: SP54-ID040



CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA

PONTI ESISTENTI – AREA NORD CIG 9041138719
 Verifiche livello 4 – Ponte 03 – Cittanova - San Donà di Piave - Caorle – SP54 – ID Opera 40

ELAB.: 21173P2114A

Rev. A - Pag. 44 di 270

SP54-ID040

Pick points information

1st Calculation point

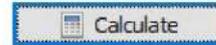
Signal depth: 1.010 m

Time: 43.00 ms

2nd Calculation point

Signal depth: 30.010 m

Time: 213.40 ms



Estimated Vs: 169.26 m/s

Delta t: 170.40 ms

Categoria di sottosuolo: **D**

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

8.4 Livello di conoscenza assunto

Per i materiali e geometrie esistenti, dalle prove effettuate e dalla documentazione storica a disposizione, si ritiene di aver raggiunto un livello di conoscenza pari ad LC2, e dunque di poter applicare un fattore di confidenza FC pari a 1.20.

Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

9 MATERIALI

9.1 Informazioni da fonti storiche

Dalla documentazione dell'epoca non è stato possibile dedurre alcuna informazione diretta in merito ai materiali adottati.

9.2 Risultati delle indagini in situ

9.2.1 Calcestruzzo – Strutture in Elevazione

Le caratteristiche dei materiali vengono distinte tra verifiche di Adeguatezza ed Operatività/Transitabilità dal momento che varia il coefficiente di sicurezza del materiale; una miglior definizione di tali coefficienti verrà esplicitata al paragrafo 11.2 del presente elaborato.

Calcestruzzo Pile e Spalle - ADEGUATEZZA		
Livello di conoscenza	LC	2
Fattore di Confidenza	FC	1.2
Coefficiente Parziale di sicurezza - γ_c	1.5	[-]
Resistenza a compressione MEDIA da prove - f_{cm}	48.70	[MPa]
Resistenza a compressione CARATTERISTICA da prove - $f_{ck, is}$	42.00	[MPa]
$f_d = \min \left(\frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}; \frac{f_k}{FC} \right)$		
$f_{cd,1} = f_{cm}/(FC \cdot \gamma_c)$	27.06	[MPa]
$f_{cd,2} = f_{ck, is}/FC$	35.00	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo - f_{cd}	27.06	[MPa]
Peso Specifico	25	[kN/m ³]
Resistenza a compressione equivalente - R_{ck}	59	[MPa]
Modulo elastico istantaneo - E_{cm}	35654	[MPa]

Calcestruzzo Pile e Spalle - OPERATIVITA'=TRANSITABILITA'		
Livello di conoscenza	LC	2
Fattore di Confidenza	FC	1.2
Coefficiente Parziale di sicurezza - γ_c	1.26	[-]
Resistenza a compressione MEDIA da prove - f_{cm}	48.70	[MPa]
Resistenza a compressione CARATTERISTICA da prove - $f_{ck, is}$	42.00	[MPa]
$f_d = \min \left(\frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}; \frac{f_k}{FC} \right)$		
$f_{cd,1} = f_{cm}/(FC \cdot \gamma_c)$	32.21	[MPa]
$f_{cd,2} = f_{ck, is}/FC$	35.00	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo - f_{cd}	32.21	[MPa]
Peso Specifico	25	[kN/m ³]
Resistenza a compressione equivalente - R_{ck}	59	[MPa]
Modulo elastico istantaneo - E_{cm}	35654	[MPa]

9.2.2 Calcestruzzo – Strutture Impalcato

Le caratteristiche dei materiali vengono distinte tra verifiche di Adeguatezza ed Operatività/Transitabilità dal momento che varia il coefficiente di sicurezza del materiale; una miglior definizione di tali coefficienti verrà esplicitata al paragrafo 11.2 del presente elaborato.

Calcestruzzo Travi - ADEGUATEZZA		
Livello di conoscenza	LC	2
Fattore di Confidenza	FC	1.2
Coefficiente Parziale di sicurezza - γ_c	1.5	[-]
Resistenza a compressione MEDIA da prove - f_{cm}	29.30	[MPa]
Resistenza a compressione CARATTERISTICA da prove - $f_{ck, is}$	22.00	[MPa]

$$f_d = \min \left(\frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}; \frac{f_k}{FC} \right)$$

$f_{cd,1} = f_{cm}/(FC \cdot \gamma_M)$	16.28	[MPa]
$f_{cd,2} = f_{ck, is}/FC$	18.33	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo - f_{cd}	16.28	[MPa]
Peso Specifico	25	[kN/m ³]
Resistenza a compressione equivalente - R_{ck}	35	[MPa]
Modulo elastico istantaneo - E_{cm}	30589	[MPa]

Calcestruzzo Travi - OPERATIVITA'=TRANSITABILITA'		
Livello di conoscenza	LC	2
Fattore di Confidenza	FC	1.2
Coefficiente Parziale di sicurezza - γ_c	1.26	[-]
Resistenza a compressione MEDIA da prove - f_{cm}	29.30	[MPa]
Resistenza a compressione CARATTERISTICA da prove - $f_{ck, is}$	22.00	[MPa]

$$f_d = \min \left(\frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}; \frac{f_k}{FC} \right)$$

$f_{cd,1} = f_{cm}/(FC \cdot \gamma_M)$	19.38	[MPa]
$f_{cd,2} = f_{ck, is}/FC$	18.33	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo - f_{cd}	18.33	[MPa]
Peso Specifico	25	[kN/m ³]
Resistenza a compressione equivalente - R_{ck}	35	[MPa]
Modulo elastico istantaneo - E_{cm}	30589	[MPa]

9.2.3 Acciaio d'armatura

Le caratteristiche dei materiali vengono distinte tra verifiche di Adeguatezza ed Operatività/Transitabilità dal momento che varia il coefficiente di sicurezza del materiale; una miglior definizione di tali coefficienti verrà esplicitata al paragrafo 11.2 del presente elaborato.

Acciaio per barre d'armatura - ADEGUATEZZA		
Livello di conoscenza	LC	2
Fattore di Confidenza	FC	1.2
Coefficiente Parziale di sicurezza - γ_s	1.15	[-]
Resistenza a snervamento MEDIA da prove - f_{ym}	405.95	[MPa]
Resistenza a snervamento CARATTERISTICA da prove - $f_{yk, is}$	401.36	[MPa]

$$f_d = \min \left(\frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}; \frac{f_k}{FC} \right)$$

$f_{yd,1} = f_{cm}/(FC \cdot \gamma_M)$	294.17	[MPa]
$f_{yd,2} = f_{ck, is}/FC$	334.47	[MPa]
Resistenza di calcolo a snervamento dell'acciaio - f_{yd}	294.17	[MPa]
Peso Specifico	78.5	[kN/m ³]
Tensione caratteristica di snervamento equivalente - f_{yk}	338	[MPa]
Modulo elastico istantaneo - E_s	210000	[MPa]

Acciaio per barre d'armatura - OPERATIVITA'=TRANSITABILITA'		
Livello di conoscenza	LC	2
Fattore di Confidenza	FC	1.2
Coefficiente Parziale di sicurezza - γ_s	1.1	[-]
Resistenza a snervamento MEDIA da prove - f_{ym}	405.95	[MPa]
Resistenza a snervamento CARATTERISTICA da prove - $f_{yk, is}$	401.36	[MPa]

$$f_d = \min \left(\frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}; \frac{f_k}{FC} \right)$$

$f_{yd,1} = f_{cm}/(FC \cdot \gamma_M)$	307.54	[MPa]
$f_{yd,2} = f_{ck, is}/FC$	334.47	[MPa]
Resistenza di calcolo a snervamento dell'acciaio - f_{yd}	307.54	[MPa]
Peso Specifico	78.5	[kN/m ³]
Tensione caratteristica di snervamento equivalente - f_{yk}	338	[MPa]
Modulo elastico istantaneo - E_s	210000	[MPa]

10 ANALISI DEI CARICHI

Dalla documentazione dell'epoca non è stato possibile dedurre alcuna informazione in merito ai materiali adottati. Dall'estratto delle quantità si possono individuare le proporzioni per il calce-struzzo utilizzato, ma non la classe di cemento impiegata, mentre nessuna indicazione è stata reperita per l'armatura.

10.1 Pesì permanenti strutturali – G1

Per i pesi calcolati in automatico si utilizza il peso specifico del calcestruzzo pari a $\gamma_{ca} = 25 \text{ kN/m}^3$.

Impalcato						
Tipologia di carico	Elementi	Peso Totale [kg]	Spessore [m]	Lineare [kg/m]	Distribuito [kg/m ²]	
Permanente strutturale (G1)	Peso Travi cave - B=180 Hm=158		1.4304	3576		
	Peso soletta - smedio=16 cm		0.16	-	400.0	
	Peso traverso 1 - B=25 H=134		0.335	837.5		
	Peso traverso 2 - B=25 H=165		0.4125	1031.25		
	Peso traverso 3 - B=25 H=134		0.335	837.5		
	Peso traverso 4 - B=25 H=123		0.3075	768.75		
	Peso traverso 5 - B=25 H=114		0.285	712.5		
	Laterale: peso cordolo - B=25 H=15		-	0.0375	93.75	-
	Pilastro Pila - D=100 H=450		0.785398	1963.495		
	Traverso Pila - B=78 H=66 L=640		0.5148	1287		

10.2 Pesì permanenti non strutturali – G2 Barriere Lateralì

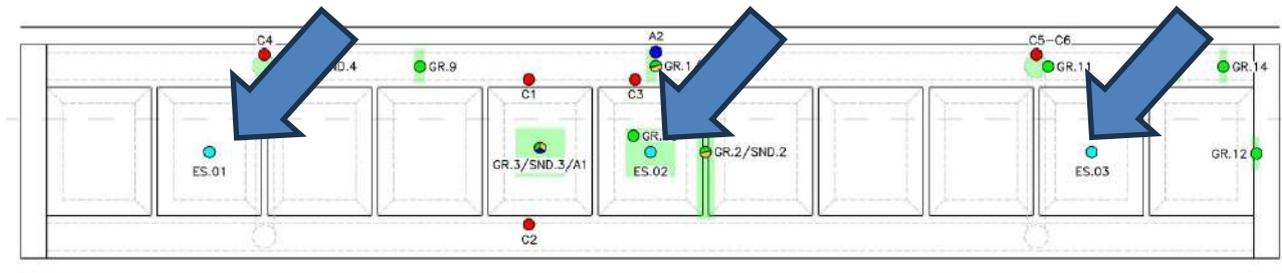
Le barriere laterali sono costituite elementi tubolari in acciaio correnti lungo tutto lo sviluppo dell'impalcato. Il peso di tali manufatti viene stimato in 50 kg/m.



FIGURA 10-1: GUARDRAIL ESISTENTE

10.3 Pesì permanenti non strutturali – G2 Pavimentazione stradale

Le indagini hanno interessato anche la misurazione del pacchetto stradale con lo scopo di accertare lo spessore effettivo della pavimentazione stradale presente allo stato attuale. Purtroppo non è stato possibile indagare sia in mezzzeria che lateralmente, pertanto il dato rilevato costituisce una stima dello spessore medio presente.



Pianta impalcato

FIGURA 10-2: INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE

Tipologia di carico	Elementi	Peso Totale	Spessore	Lineare	Distribuito
		[kg]	[m]	[kg/m]	[kg/m ²]
Permanente non strutt (G2)	Pavimentazione - smedio=16 cm	-	-	-	320.0

*indagini pacchetto eseguite sempre nello stesso punto della sezione trasversale quindi impossibile determinare il reale spessore medio

10.4 Azioni Variabili da Traffico

10.4.1 Carichi per Verifica di Adeguatezza - NTC2018

10.4.1.1 Carichi Mobili

La normativa attualmente vigente NTC 2018 definisce il numero delle corsie convenzionali in base alla larghezza della carreggiata e successivamente su ogni corsia vengono applicati le tipologie di carico definite dalla norma. Le tipologie di carico vengono analizzate singolarmente e combinate opportunamente al fine di ricercare le massime (o minime) sollecitazioni sulle membrature.

Vista la larghezza carrabile attualmente disponibile, è possibile pertanto posizionare fino a tre corsie convenzionali di traffico e nel caso in esame si ha:

- Larghezza della superficie carrabile: $w = 10.15 \text{ m}$
- Numero di corsie convenzionali: $nl = 3$
- Larghezza di una corsia convenzionale: $Lc = 3 \text{ m}$
- Larghezza della zona rimanente: $Lr = 1.15 \text{ m}$

Si riporta graficamente lo schema di carico adottato:

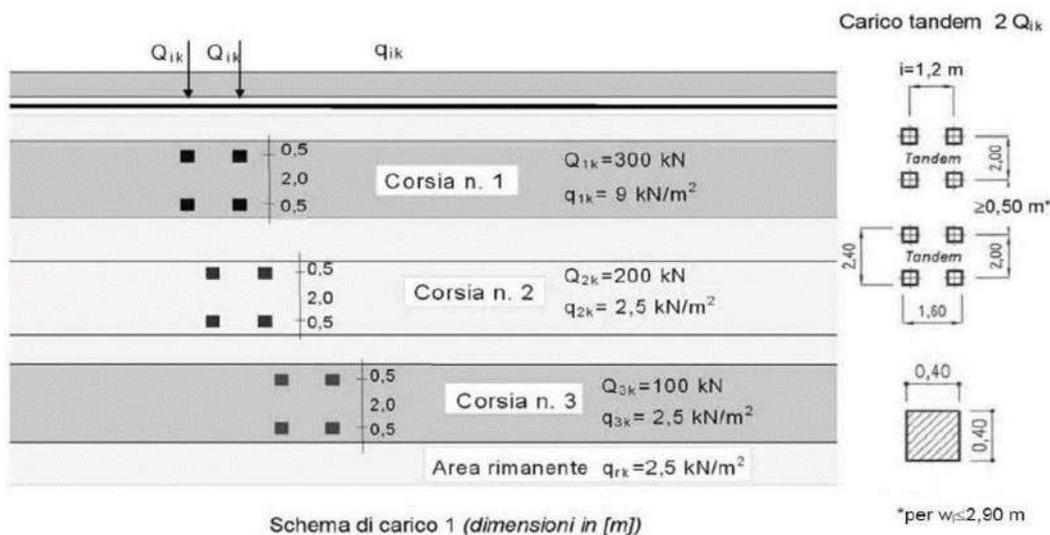


FIGURA 10-3: SCHEMI DI CARICO DA NTC 2018

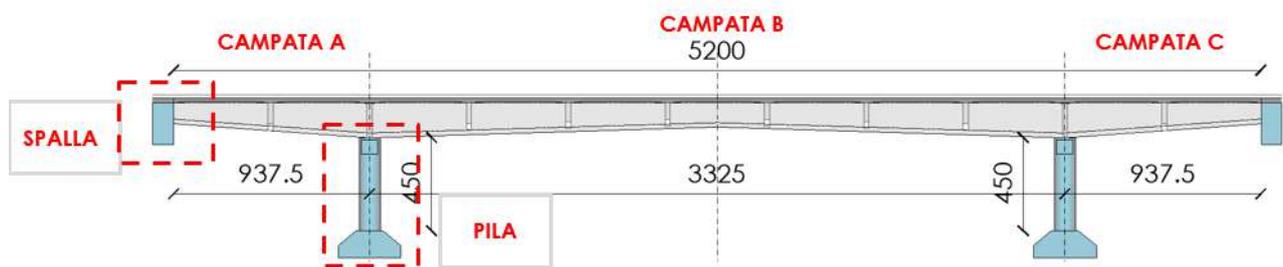
Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

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

FIGURA 10-4: CARICHI CONVENZIONALI SECONDO NTC18

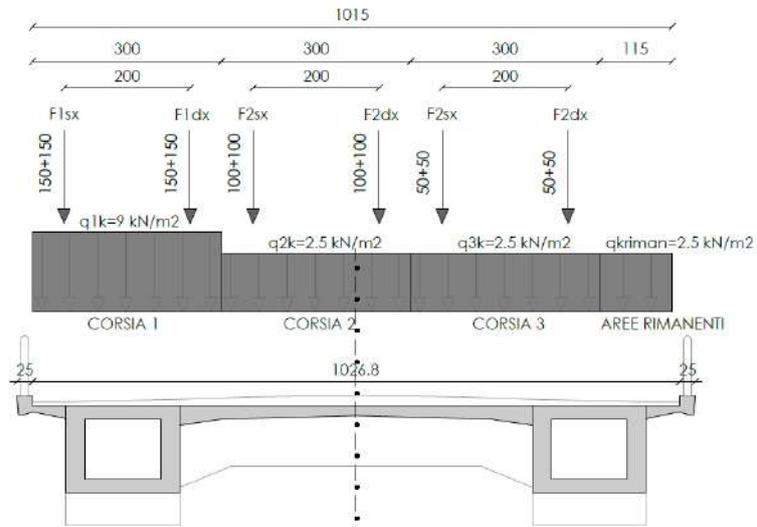
Le condizioni di carico adottate sono volte a massimizzare i seguenti meccanismi:

NTC18-T1	Traffico: Massimizzazione M+ campata B
NTC18-T2	Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B
NTC18-T3	Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B
NTC18-T4	Traffico: Massimizzazione N Spalla
NTC18-T5	Traffico: Massimizzazione M+ campata A
NTC18-T6	Traffico: Massimizzazione V campata B
NTC18-T71	Traffico: Massimizzazione M/V trasverso 5
NTC18-T72	Traffico: Massimizzazione M trasverso 5
NTC18-T81	Traffico: Massimizzazione M/V trasverso 3
NTC18-T82	Traffico: Massimizzazione M trasverso 3
NTC18-T9	Traffico: Massimizzazione M/V soletta

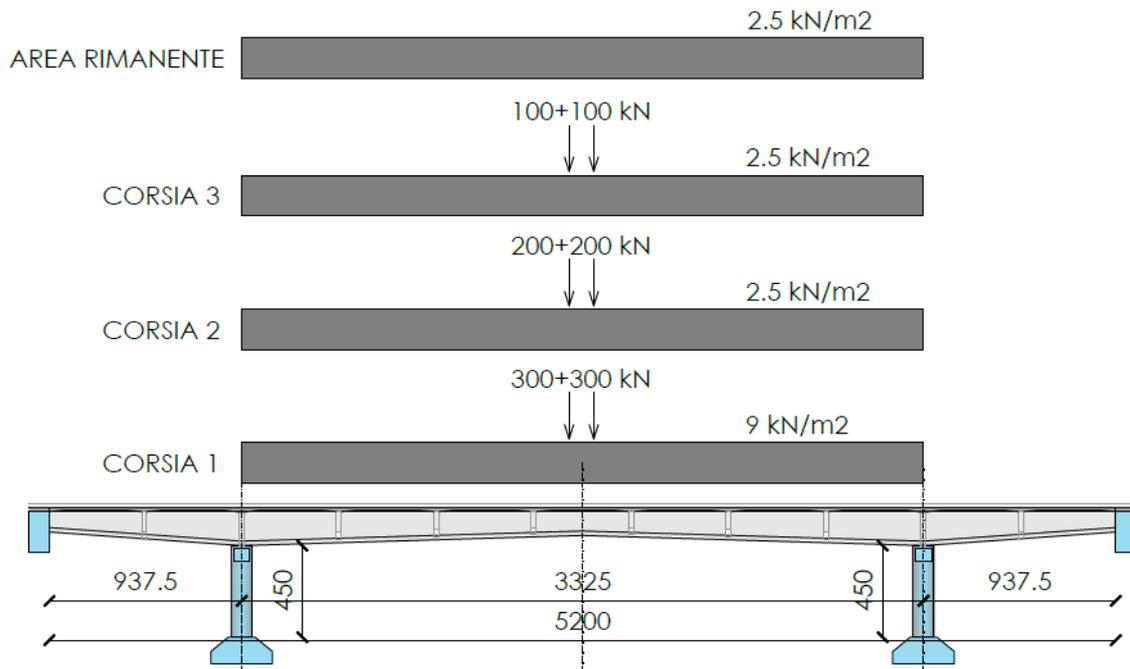


Le posizioni dei carichi mobili per ottenere le massime sollecitazioni sono riportate nelle figure seguenti.

SCHEMA NTC18-T1 Massimizzazione M+ campata B

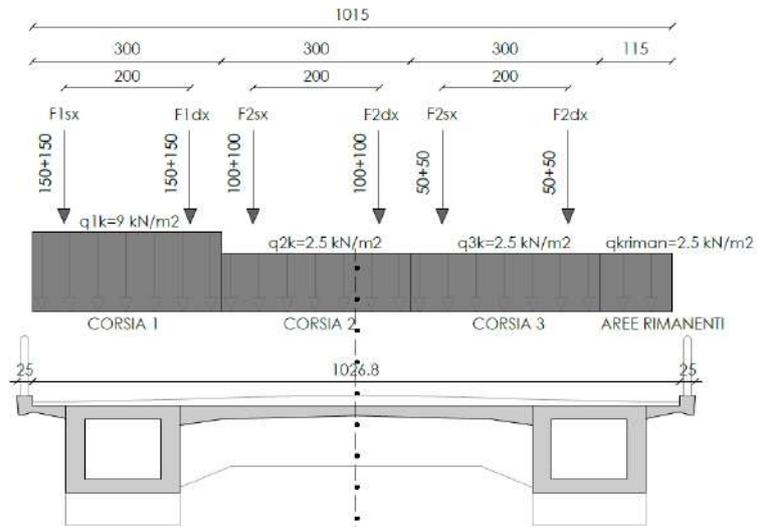


SEZIONE TRASVERSALE

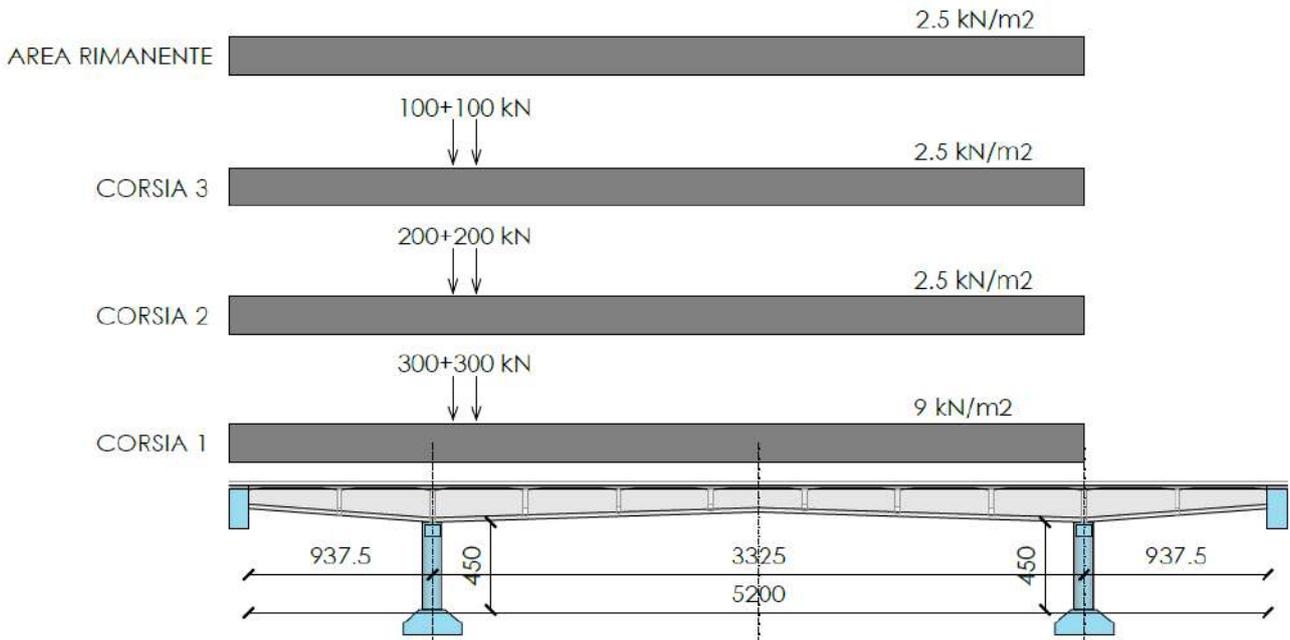


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T2 Massimizzazione V appoggio B

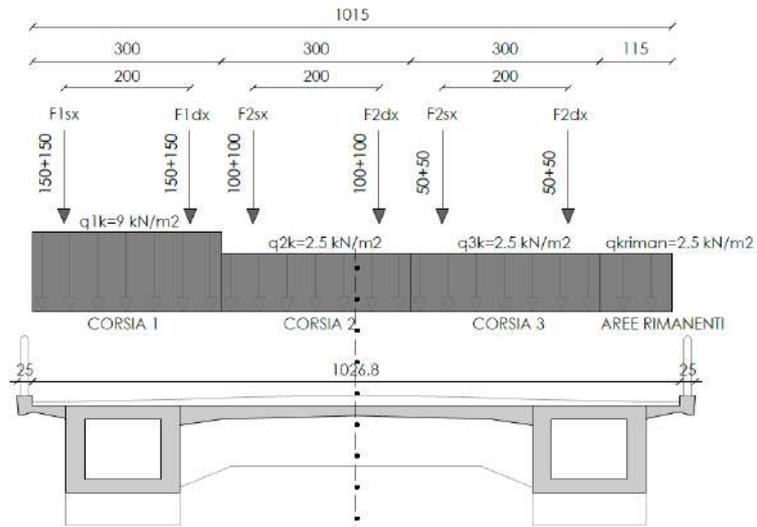


SEZIONE TRASVERSALE

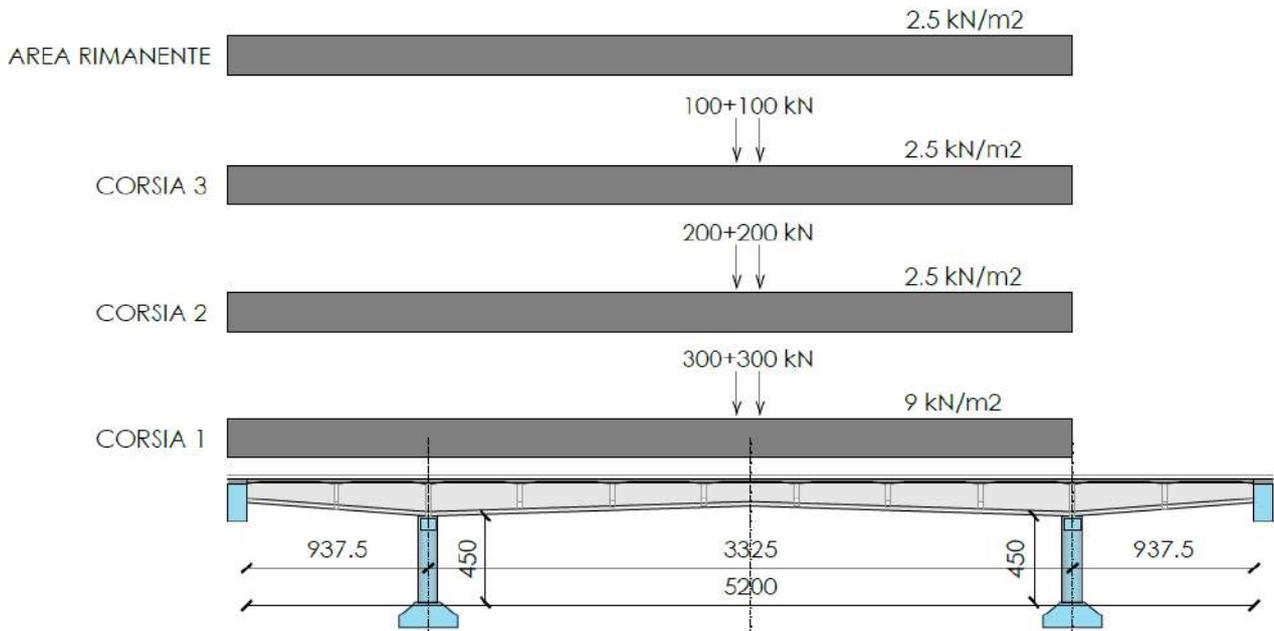


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T3 Massimizzazione M- appoggio campata B

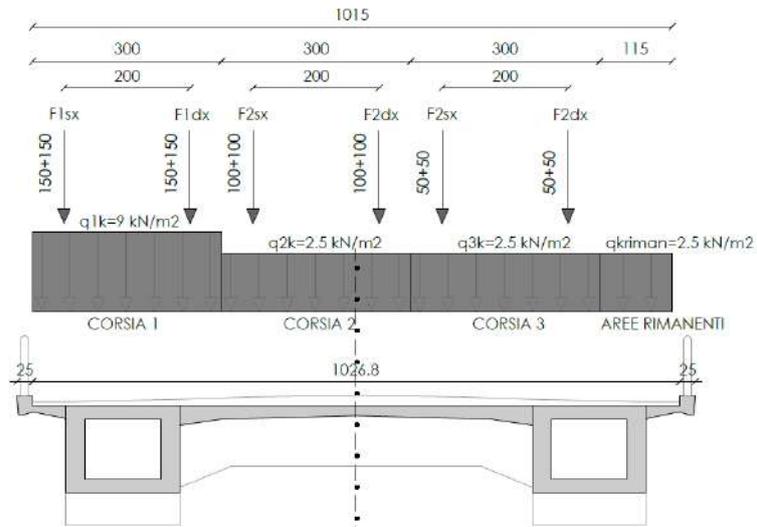


SEZIONE TRASVERSALE

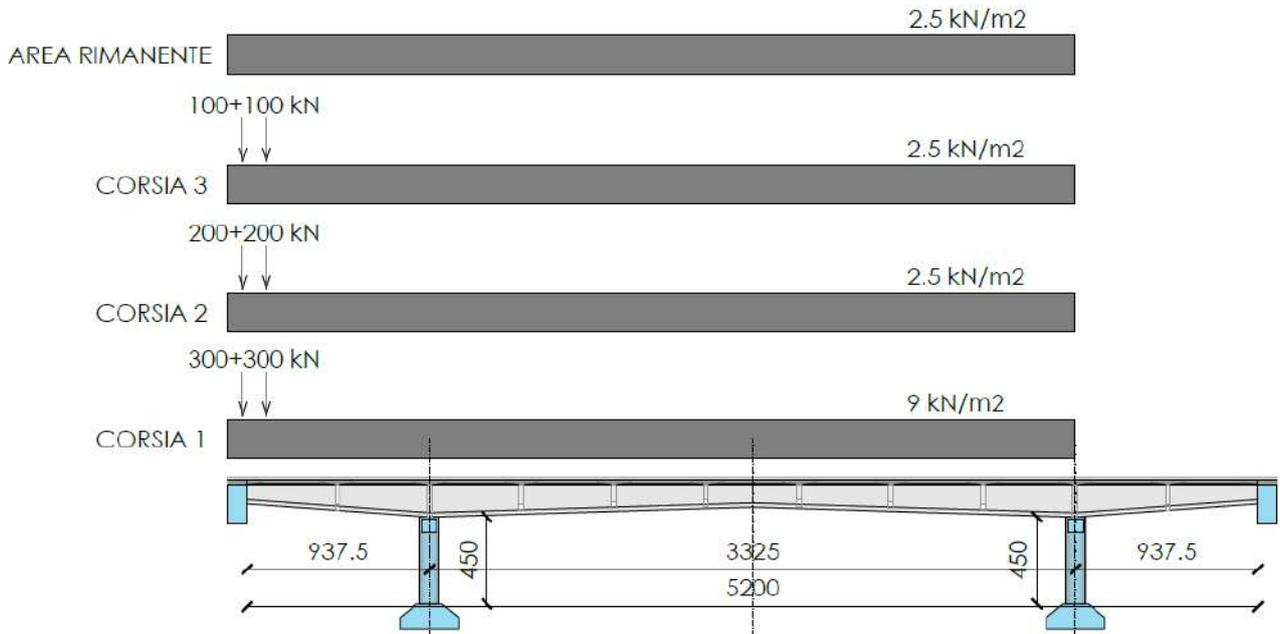


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T4 Massimizzazione N Spalla

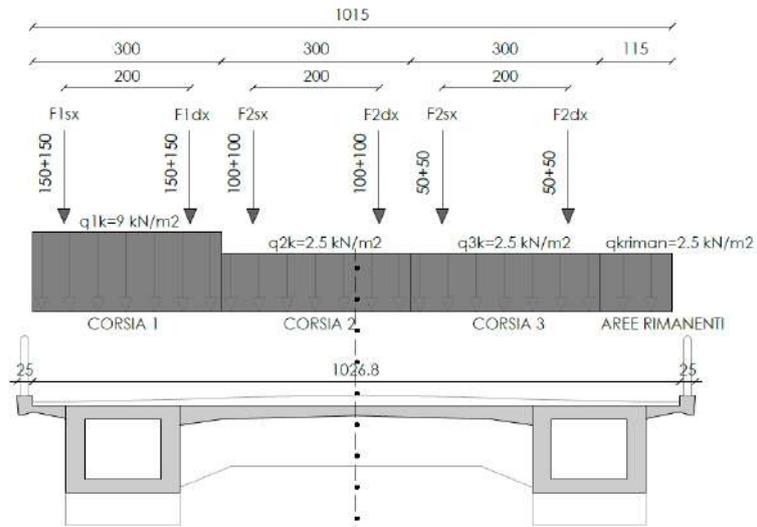


SEZIONE TRASVERSALE

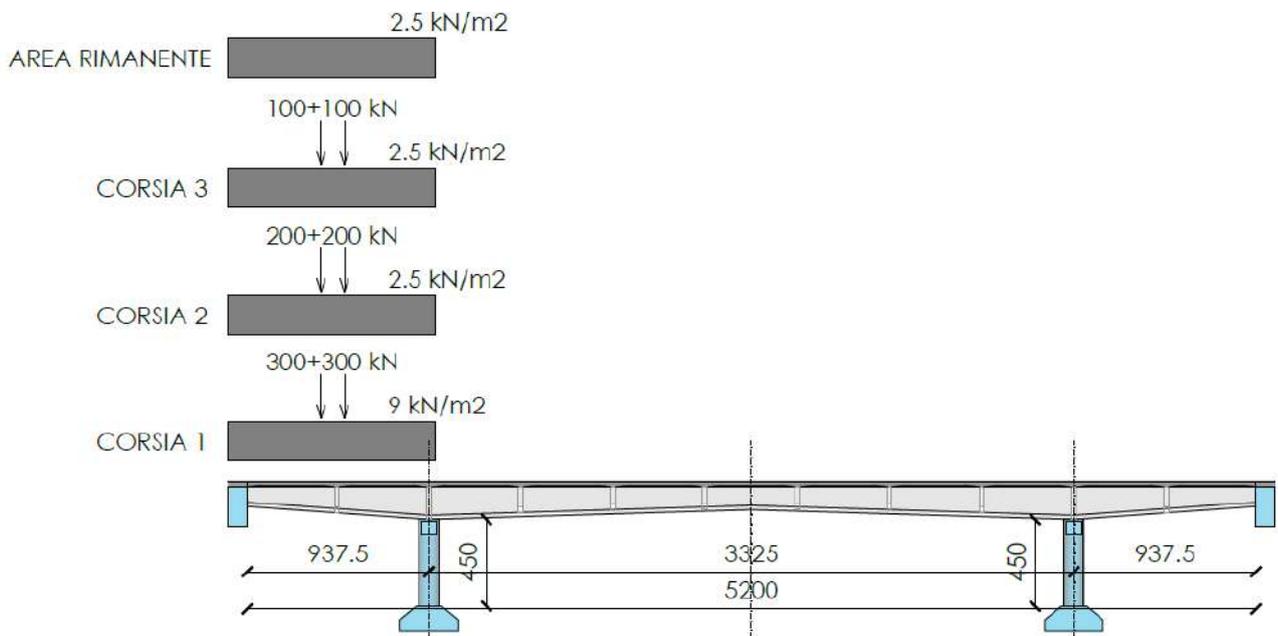


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T5 Massimizzazione M+ campata A

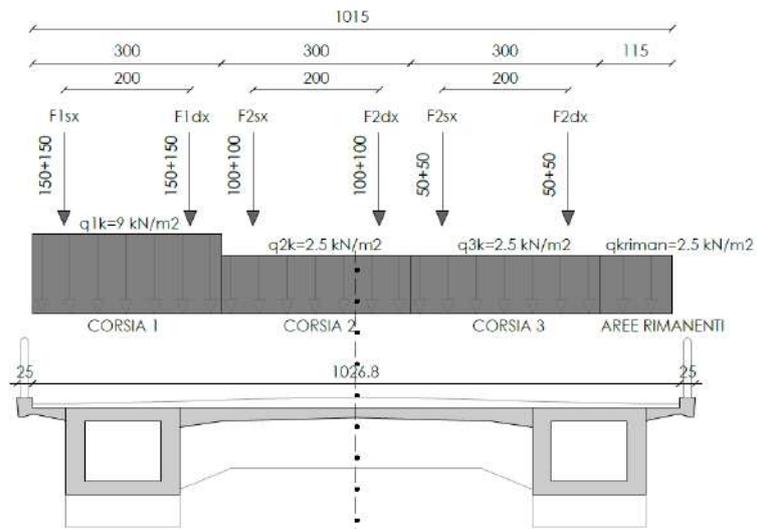


SEZIONE TRASVERSALE

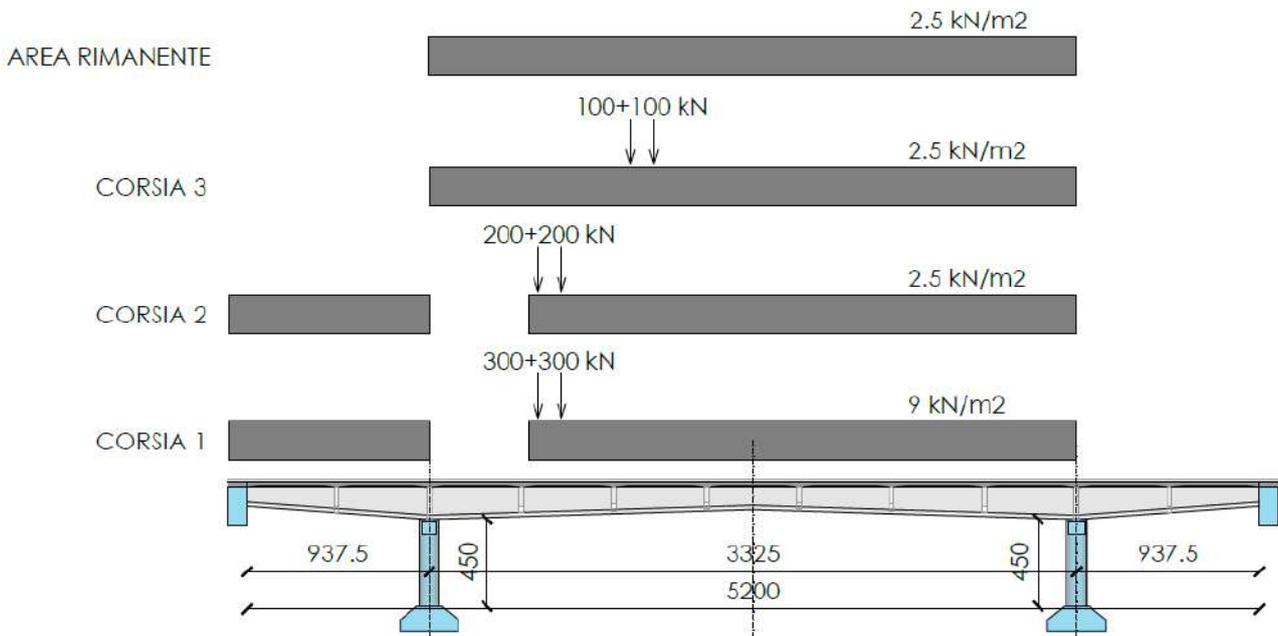


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T6 Massimizzazione V campata B

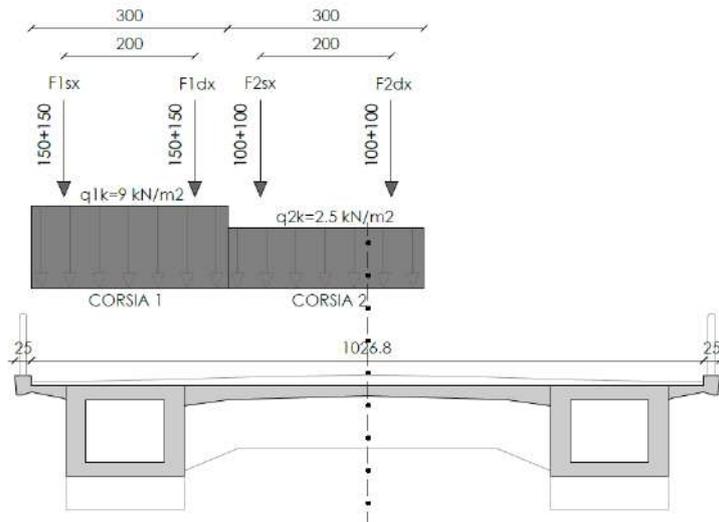


SEZIONE TRASVERSALE

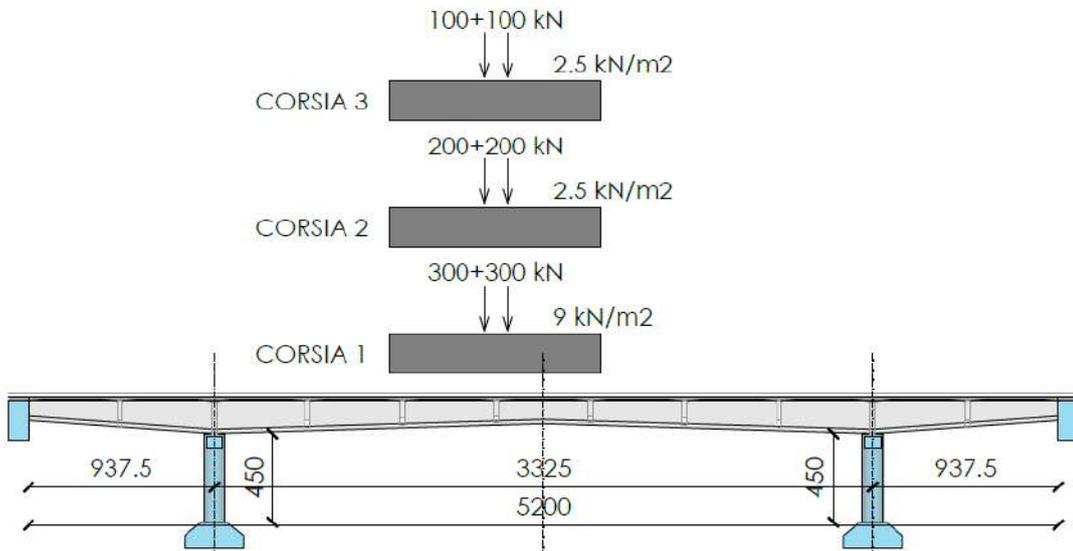


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T71 Massimizzazione M/V traverso 5

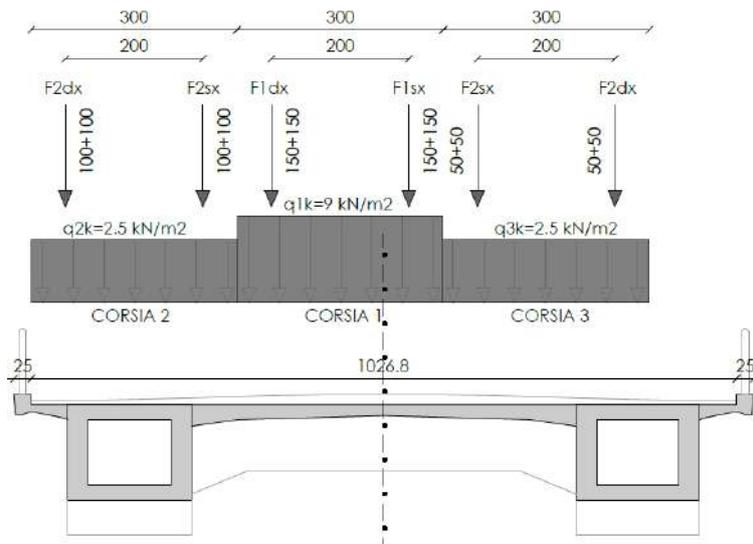


SEZIONE TRASVERSALE

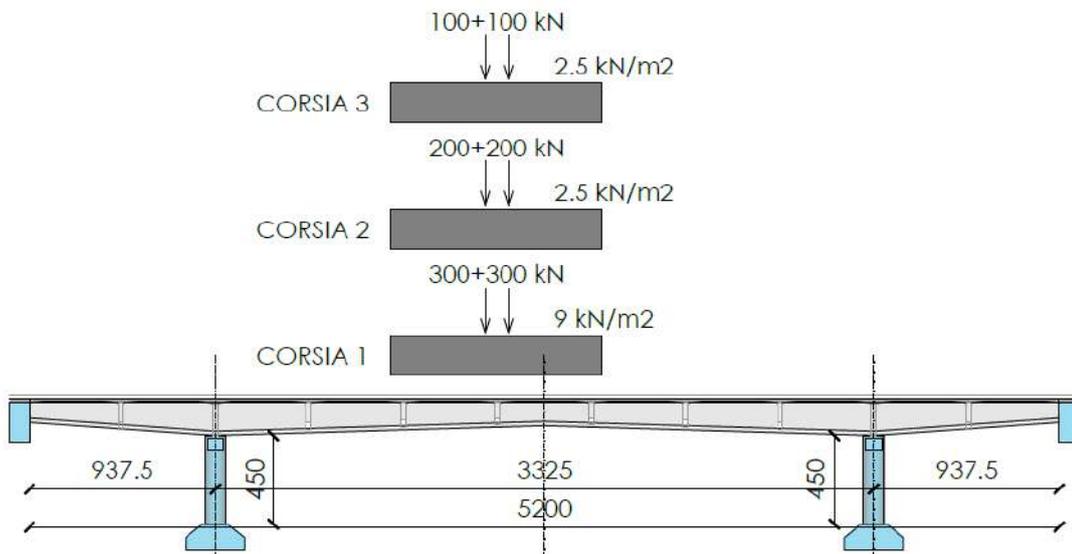


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T72 Massimizzazione M trasverso 5

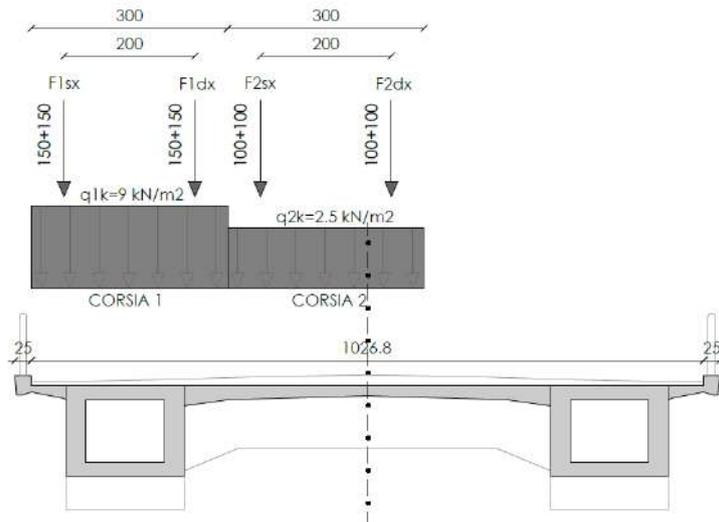


SEZIONE TRASVERSALE

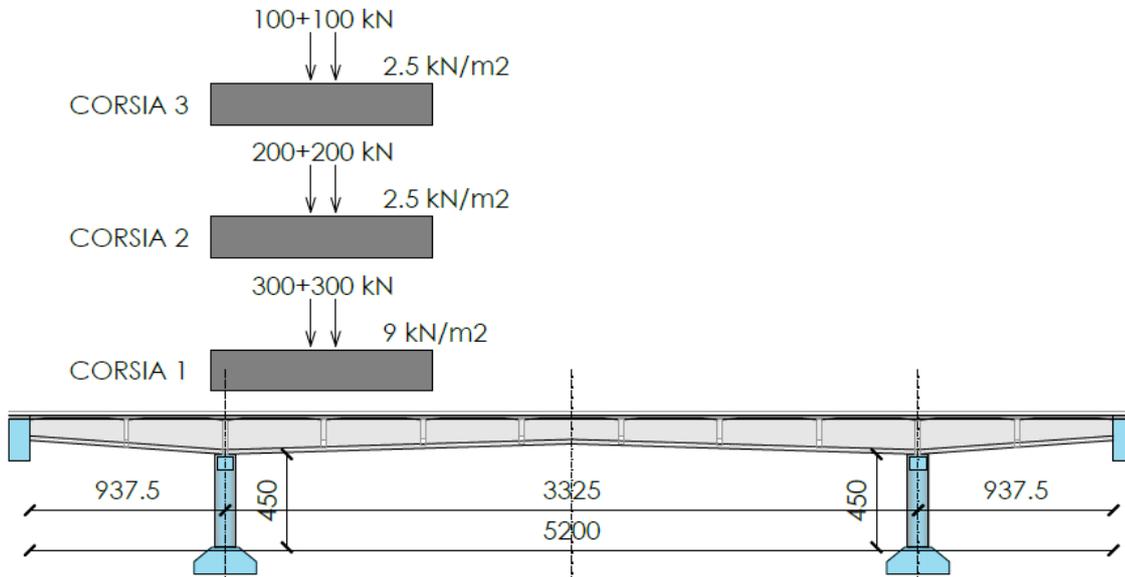


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T81 Massimizzazione M/V traverso 3

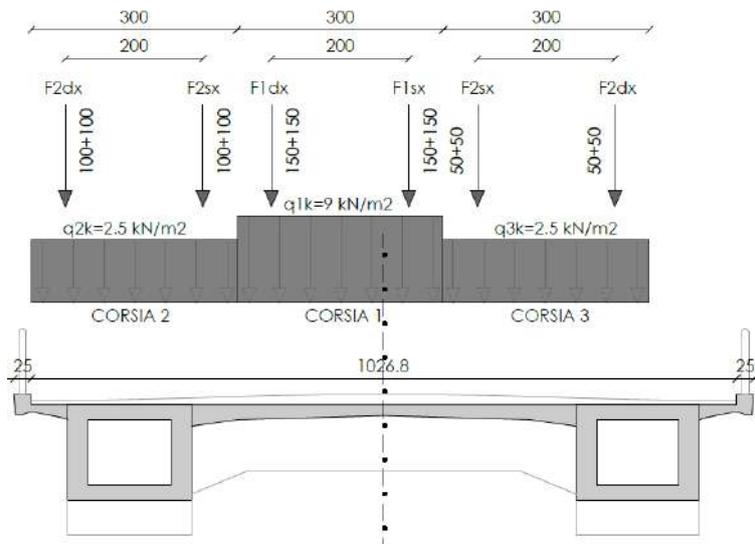


SEZIONE TRASVERSALE

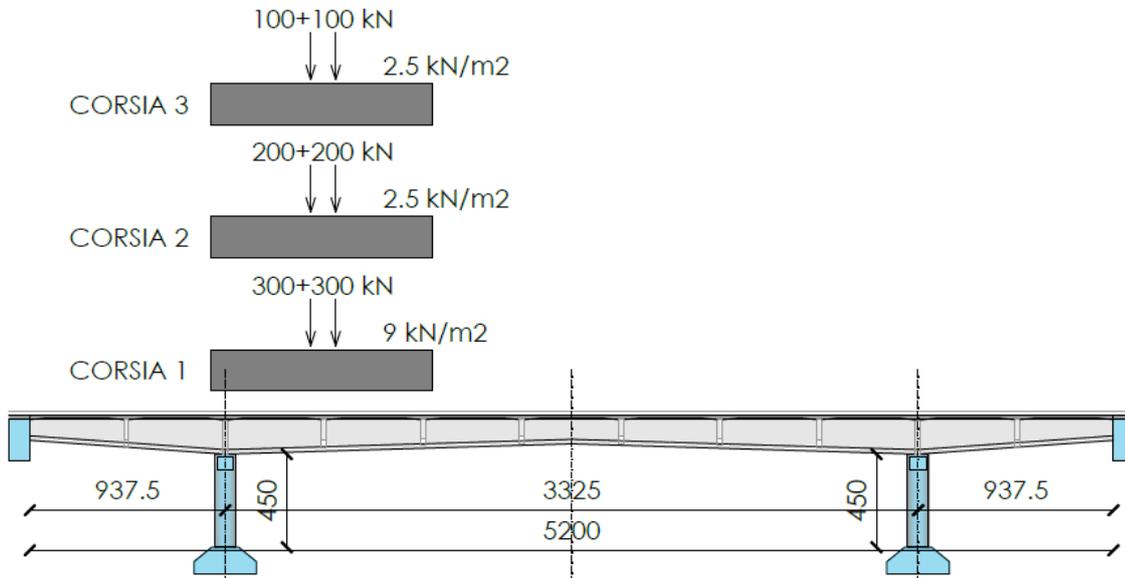


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T82 Massimizzazione M trasverso 3

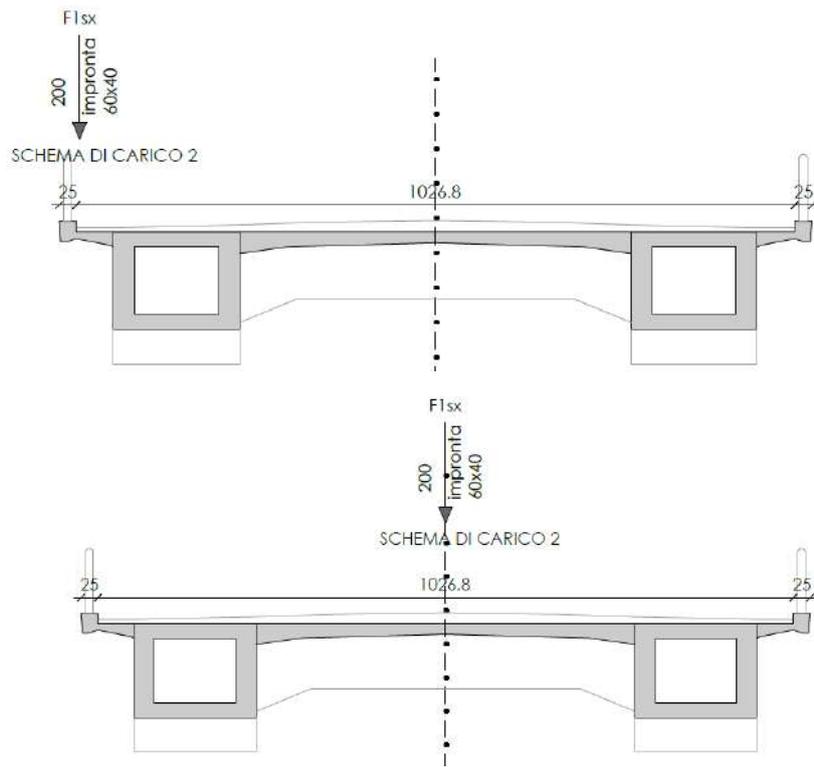


SEZIONE TRASVERSALE

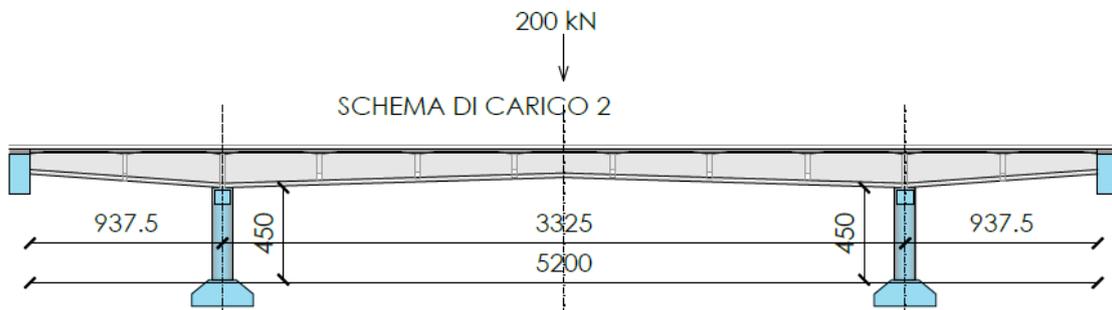


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA NTC18-T9 Massimizzazione M/V soletta



SEZIONE TRASVERSALE



PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

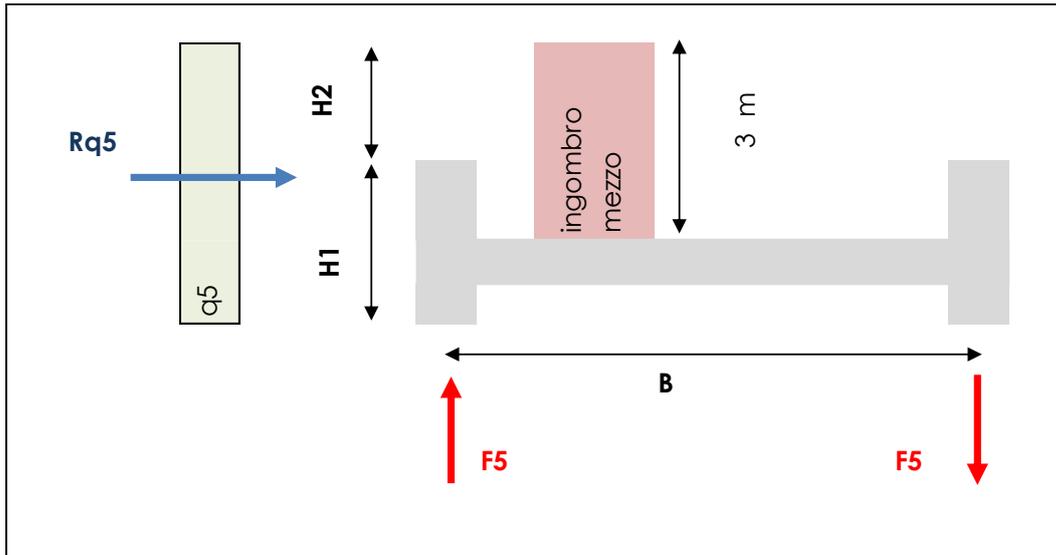
10.4.1.2 Azione variabile del vento – q5

Le azioni del vento sono valutate considerando la pressione cinetica di riferimento da applicarsi alla sagoma trasversale del ponte tenendo conto dell'ingombro dei carichi da traffico presenti (3.0 m da piano stradale).

Si considera il seguente periodo di ritorno (nel caso in cui le verifiche lo richiedessero):

TR = 50 anni (cr = 1.0) → verifiche secondo NTC18.

Considerando una velocità di riferimento (con TR = 50 anni) pari a $v_{b,0} = 25$ m/s (zona 1), si ottiene:
 $q_r = 0.5 \cdot \rho \cdot v_r^2 = 0.391$ kN/m² ($\rho = 1.25$ kg/m³)



CALCOLO FORZE GENERATE DA CARICO VENTO

q5	100 daN/m ² /m	: carico vento
H1	1.4 m	: altezza impalcato
H2	3 m	
B	7 m	: larghezza impalcato
Rq5	440 daN/m	: risultante delle forze vento orizzontali
b,Rq5	1.5 m	: braccio di Rq5 rispetto al baricentro impalcato
MRq5	660 daNm/m	: momento torcente generato da Rq5
F5	94.29 daN/m	: forze equivalenti al momento torcente MRq5

Forza che verrà utilizzata prevalentemente per determinare le sollecitazioni su pile e spalle.

10.4.1.3 Azione di frenamento – q3

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

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

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.

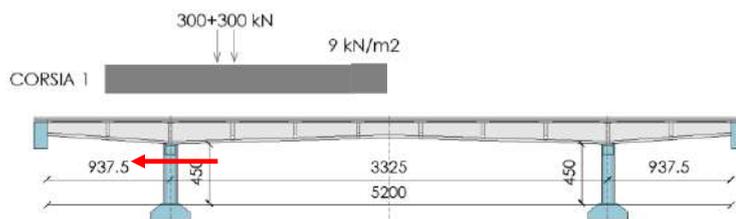
CALCOLO CARICO FRENATA PER PILE - q3p

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

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

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.

COMBINAZIONE CONSIDERATA



Q1k	300 kN			
q1k	9 kN/m	q3p,tot =	417.551 kN	
L	21.315 m	q3p,pila max =	417.551 kN	= 19,6 kN/m lineare di impalcato applicato ai 21.315 m indicati in disegno
w1	3 m			

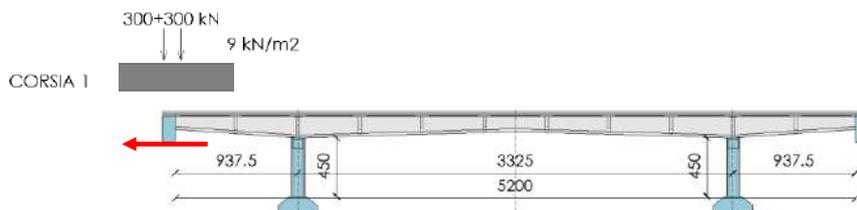
CALCOLO CARICO FRENATA PER SPALLE - q3s

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

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

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.

COMBINAZIONE CONSIDERATA



Q1k	300 kN			
q1k	9 kN/m	q3s,tot =	372.663 kN	
L	4.69 m	q3s,spalla =	372.663 kN	= 79,5 kN/m lineare di impalcato applicato ai 4.69 m indicati in disegno
w1	3 m			

Forza che verrà utilizzata prevalentemente per determinare le sollecitazioni su pile e spalle.

10.4.2 Carichi per Verifica di Operatività (tref=30 anni) - NTC2018

Le distribuzioni dei carichi da traffico previste per le verifiche di Operatività sono i medesimi già trattati per le verifiche di Adeguatezza; l'unica differenza tra i livelli si trova a livello di coefficienti adottati nelle combinazioni di carico, i quali saranno opportunamente trattati al capitolo 11 del presente elaborato.

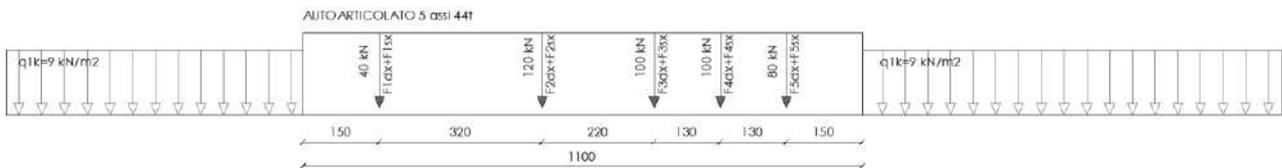
10.4.3 Carichi per Verifica di Transitabilità (tref=5 anni) - NTC2018

I carichi per verifiche di Transitabilità da NTC non vengono trattati nel presente documento in quanto tale criterio prevedrebbe di mettere in atto sistemi e presidi tali da ridurre il numero di corsie di calcolo secondo le Norme Tecniche ma si ritiene che tale riduzione non risulti significativa ai fini del calcolo in quanto di entità estremamente ridotta rispetto alle tre corsie dotate di carico veicolare tandem e distribuito.

10.4.4 Carichi per Verifica di Transitabilità (tref=5 anni) – Codice della Strada – Mezzi pesanti (44t)

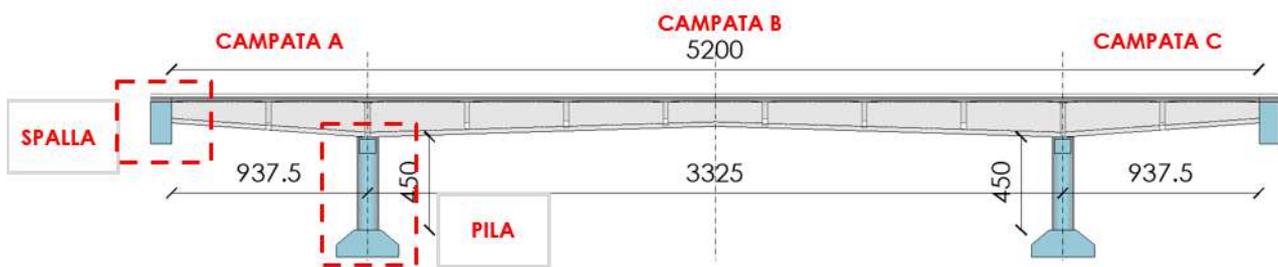
10.4.4.1 Carichi Mobili

Le Linee Guida danno una definizione di Mezzi Pesanti (44t) mediante la seguente stilata di carichi, applicata per ciascuna corsia di marcia ed anche con contemporaneità.



Le condizioni di carico adottate sono volte a massimizzare i seguenti meccanismi:

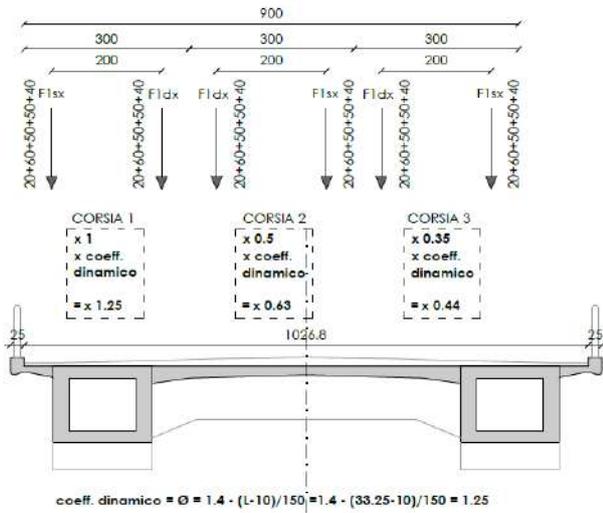
- CdSMP-T1 *Traffico: Massimizzazione M+ campata B*
- CdSMP-T2 *Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B*
- CdSMP-T3 *Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B*
- CdSMP-T72 *Traffico: Massimizzazione M traverso 5*
- CdSMP-T82 *Traffico: Massimizzazione M traverso 3*
- CdSMP-T9 *Traffico: Massimizzazione M/V soletta*



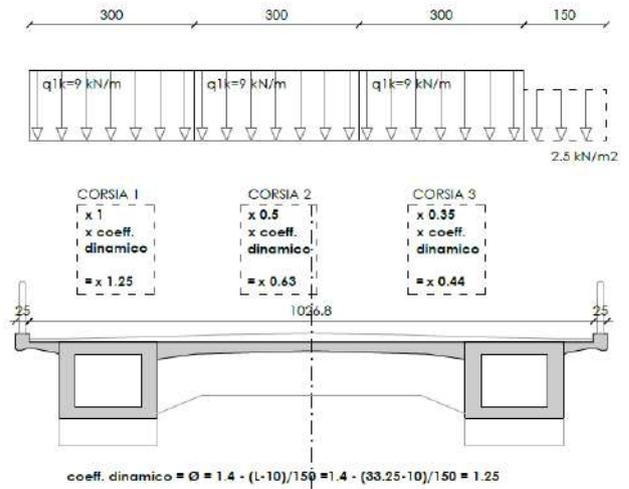
Le posizioni dei carichi mobili per ottenere le massime sollecitazioni sono riportate nelle figure seguenti.

SCHEMA CdSMP-T1 Massimizzazione M+ campata B

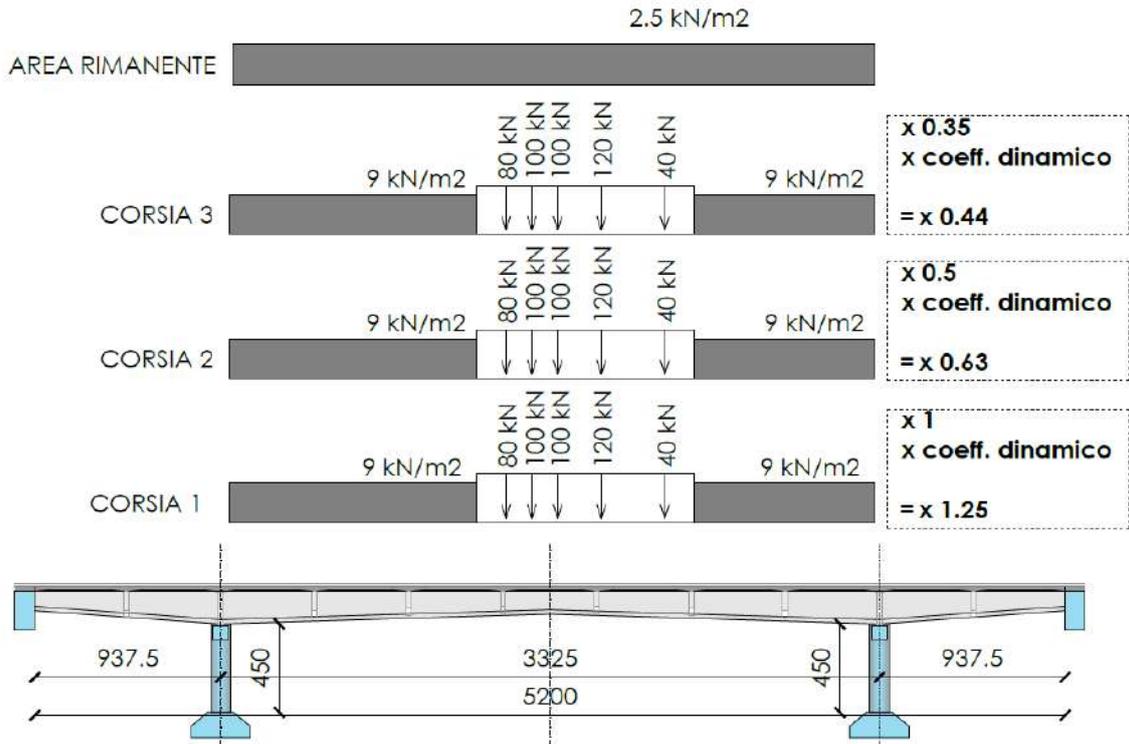
sezione su impronta del mezzo



sezione fuori da impronta del mezzo



SEZIONE TRASVERSALE



PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA
DI VENEZIA

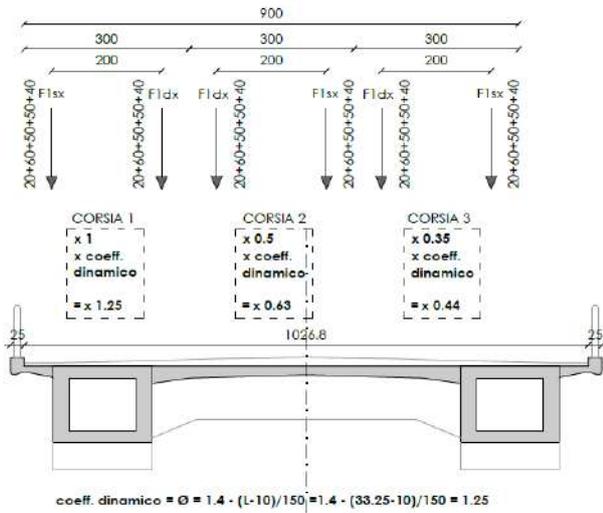
PONTI ESISTENTI – AREA NORD CIG 9041138719
Verifiche livello 4 – Ponte 03 – Cittanova - San Donà di Piave - Caorle
– SP54 – ID Opera 40

ELAB.: 21173P2114A

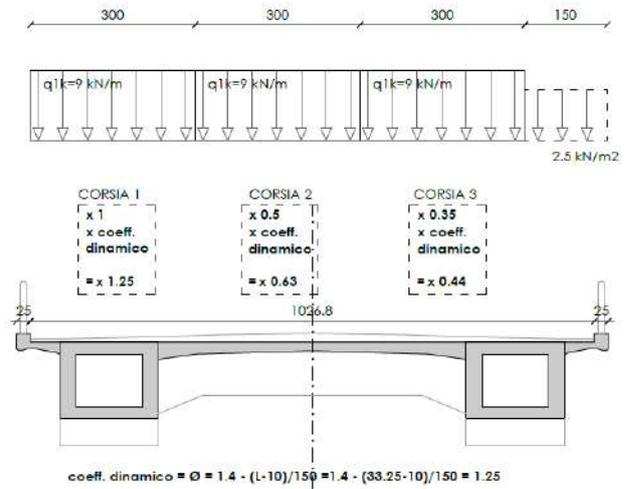
Rev. A - Pag. 68 di 270

SCHEMA CdSMP-T2 Massimizzazione V appoggio campata B

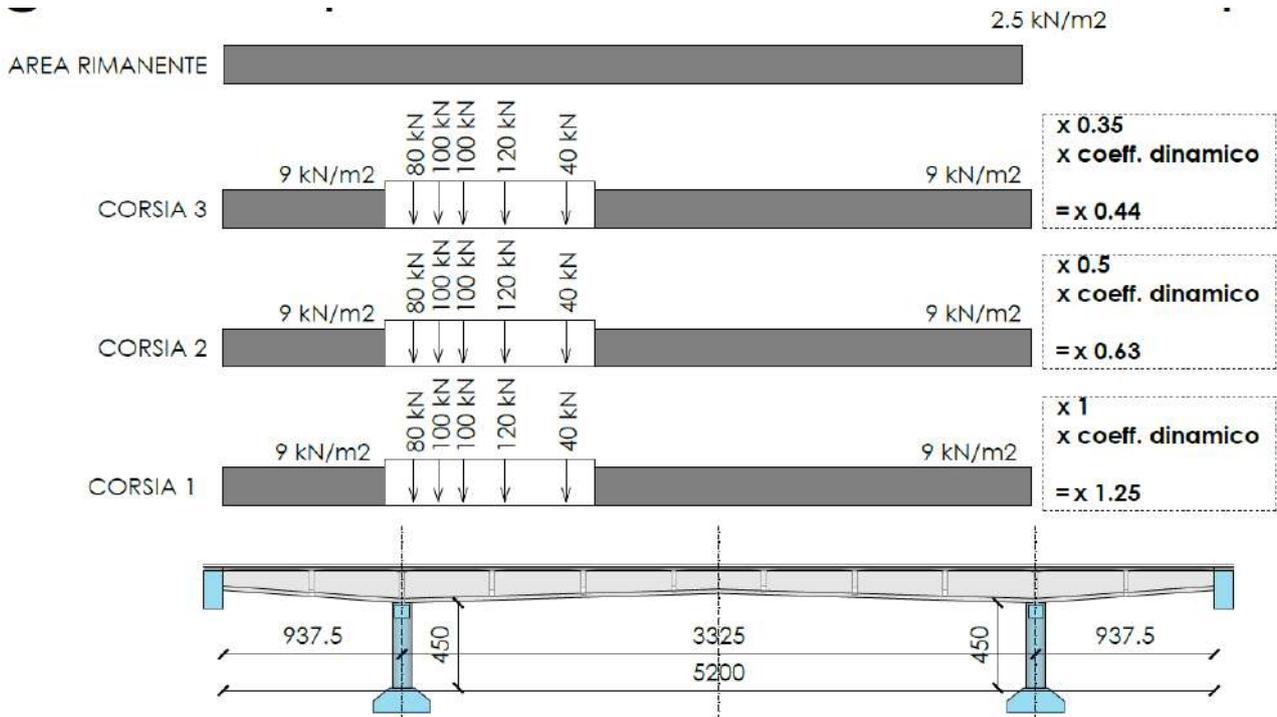
sezione su impronta del mezzo



sezione fuori da impronta del mezzo



SEZIONE TRASVERSALE



PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA
DI VENEZIA

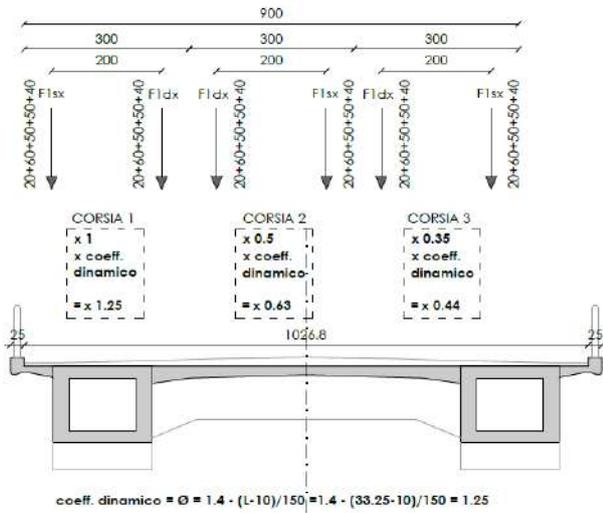
PONTI ESISTENTI – AREA NORD CIG 9041138719
Verifiche livello 4 – Ponte 03 – Cittanova - San Donà di Piave - Caorle
– SP54 – ID Opera 40

ELAB.: 21173P2114A

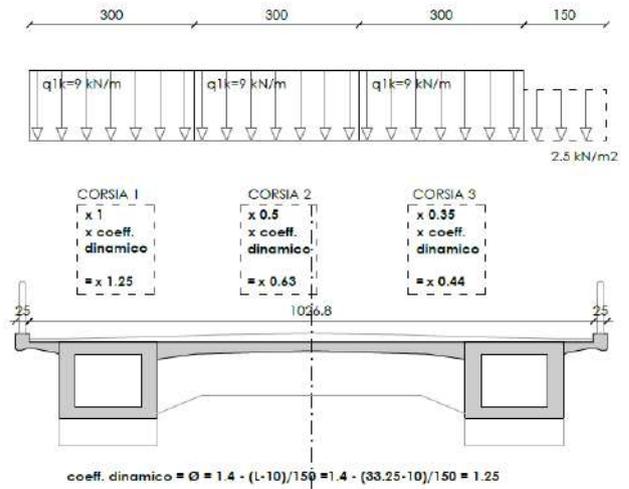
Rev. A - Pag. 69 di 270

SCHEMA CdSMP-T3 Massimizzazione M- appoggio campata B

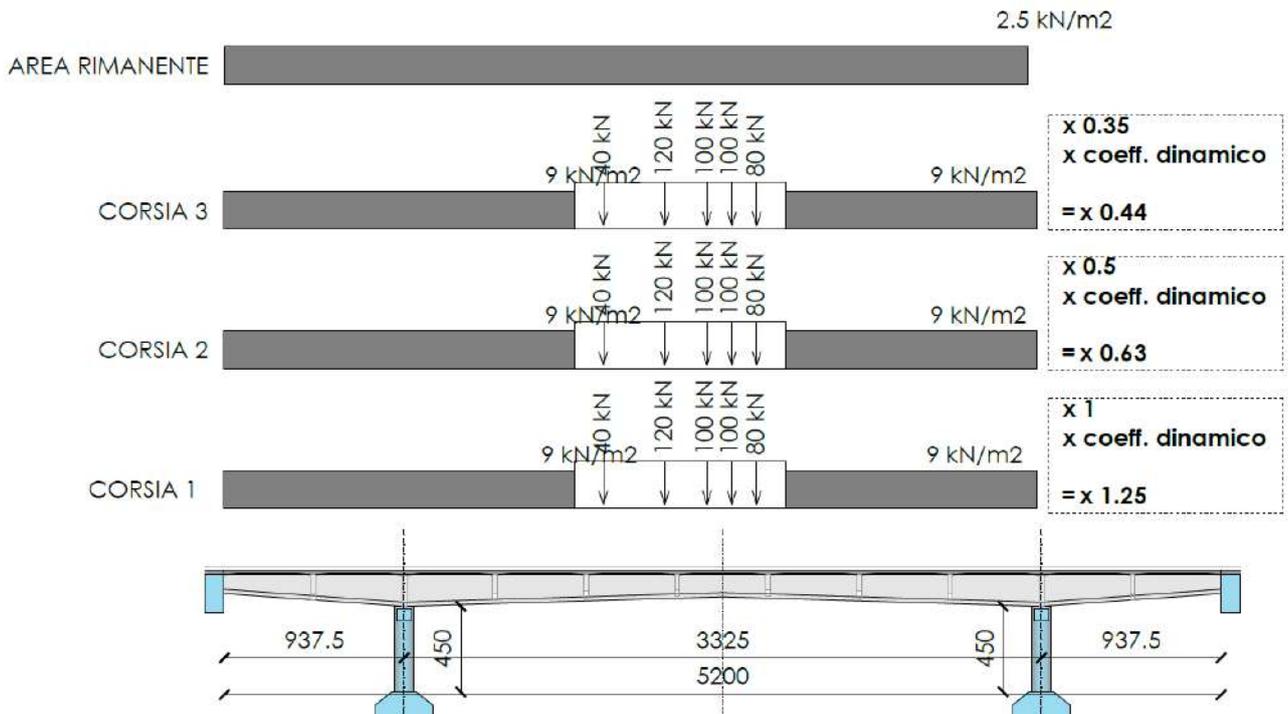
sezione su impronta del mezzo



sezione fuori da impronta del mezzo



SEZIONE TRASVERSALE



PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA

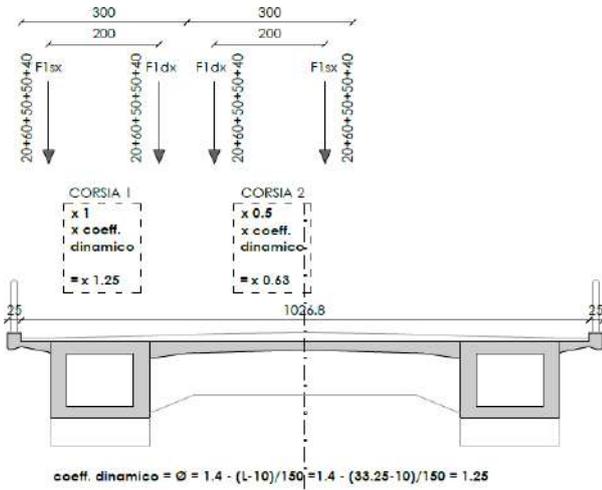
PONTI ESISTENTI – AREA NORD CIG 9041138719
Verifiche livello 4 – Ponte 03 – Cittanova - San Donà di Piave - Caorle – SP54 – ID Opera 40

ELAB.: 21173P2114A

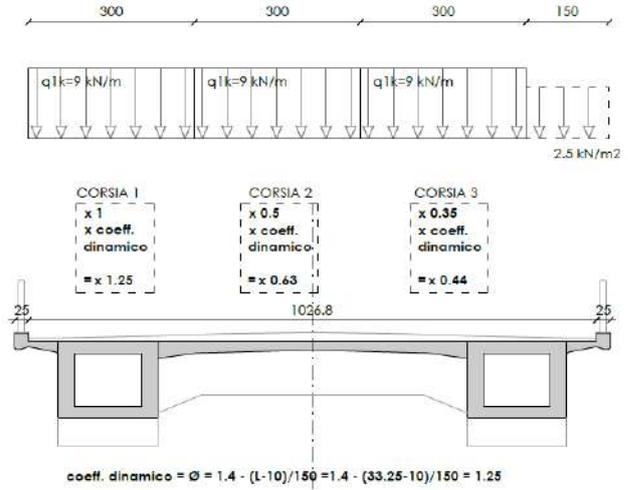
Rev. A - Pag. 70 di 270

SCHEMA CdSMP-T72 Massimizzazione M traverso 5

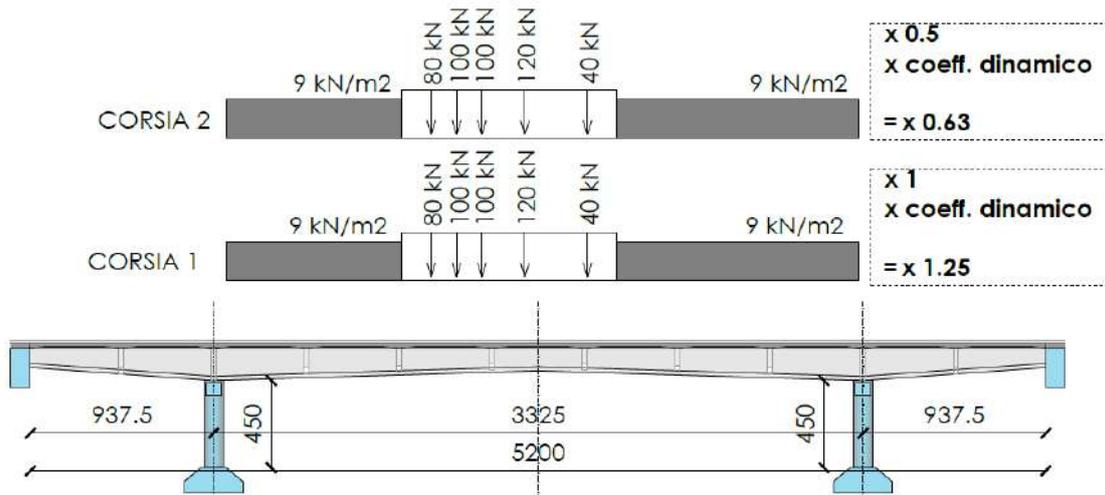
sezione su impronta del mezzo



sezione fuori da impronta del mezzo



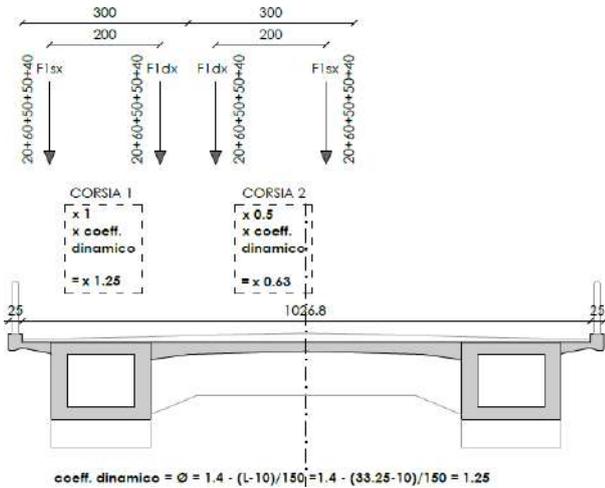
SEZIONE TRASVERSALE



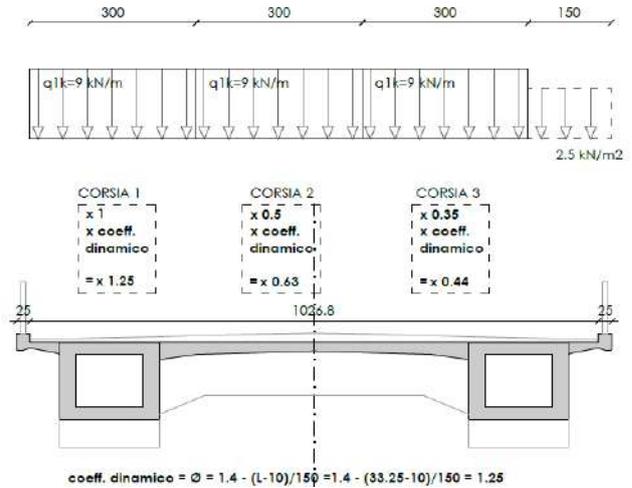
PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA CdSMP-T82 Massimizzazione M traverso 3

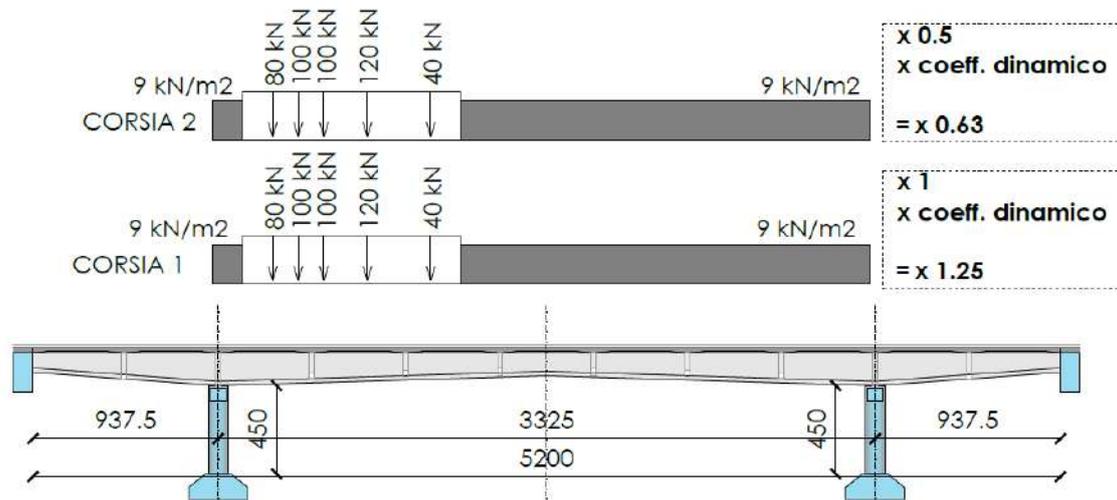
sezione su impronta del mezzo



sezione fuori da impronta del mezzo

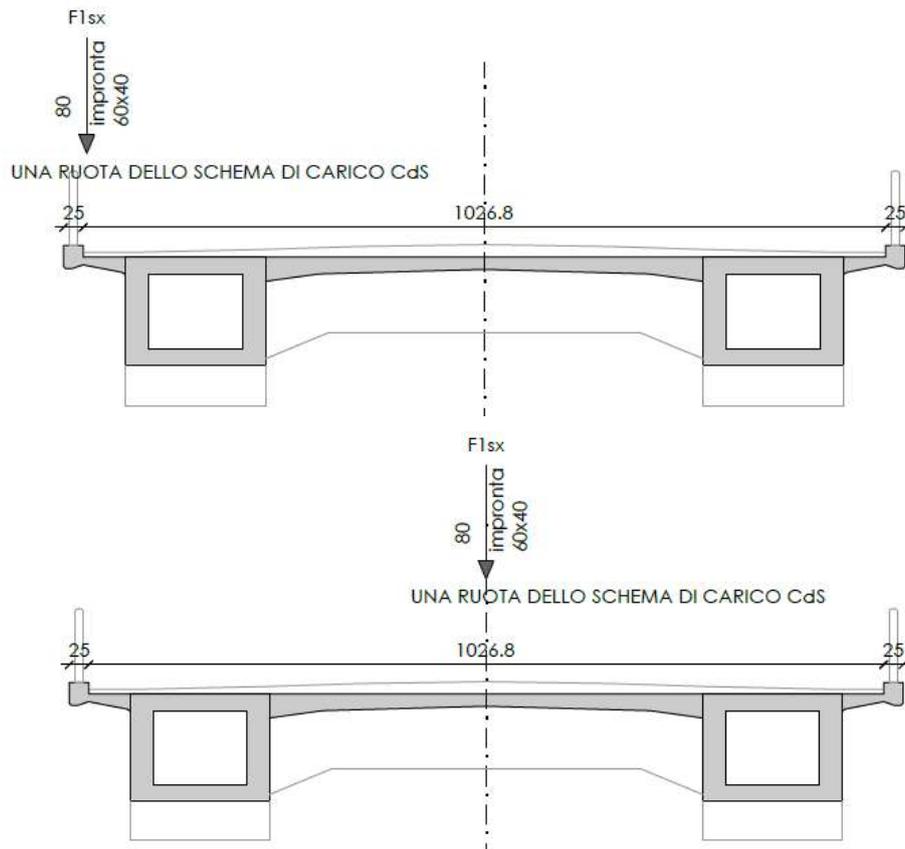


SEZIONE TRASVERSALE

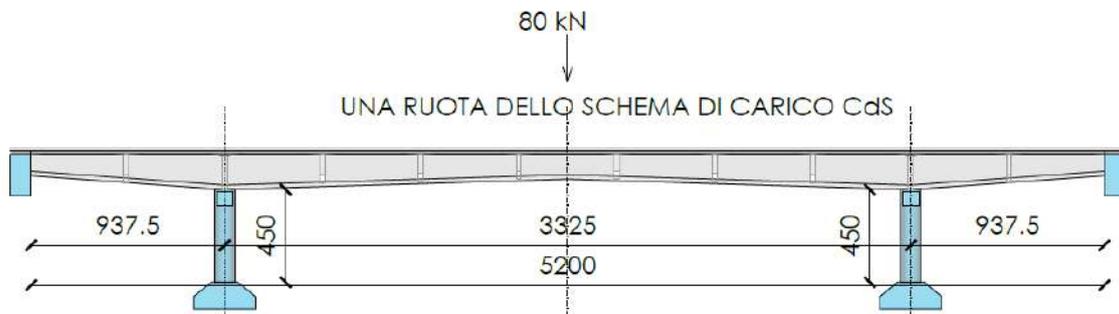


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA CdSMP-T9 Massimizzazione M/V soletta



SEZIONE TRASVERSALE

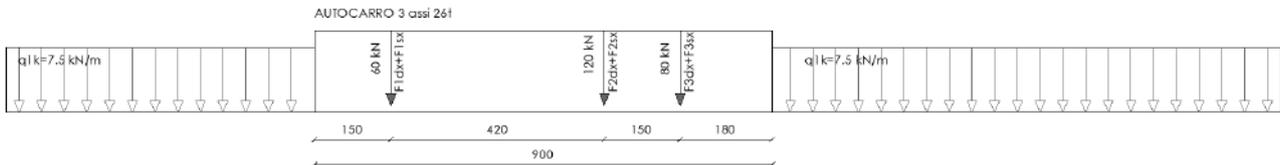


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

10.4.5 Carichi per Verifica di Transitabilità (tref=5 anni) – Codice della Strada – Mezzi intermedi(26t)

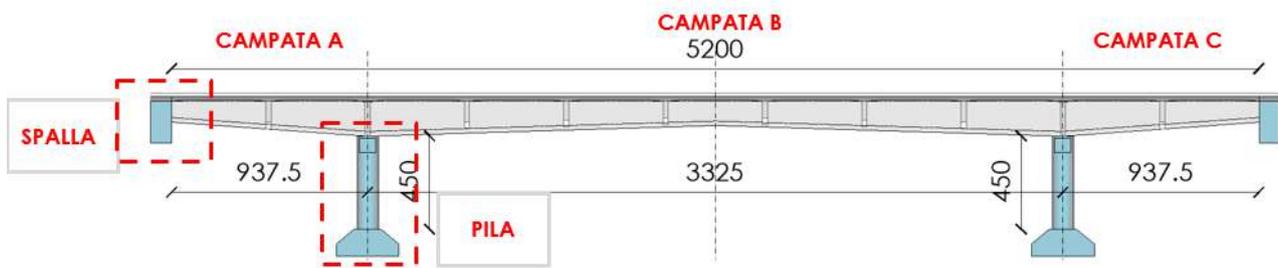
10.4.5.1 Carichi Mobili

Le Linee Guida danno una definizione di Mezzi Intermedi (26t) mediante la seguente stilata di carichi, applicata per ciascuna corsia di marcia ed anche con contemporaneità.



Le condizioni di carico adottate sono volte a massimizzare i seguenti meccanismi:

- CdSMP-T1 *Traffico: Massimizzazione M+ campata B*
- CdSMP-T2 *Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B*
- CdSMP-T3 *Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B*
- CdSMP-T9 *Traffico: Massimizzazione M/V soletta*

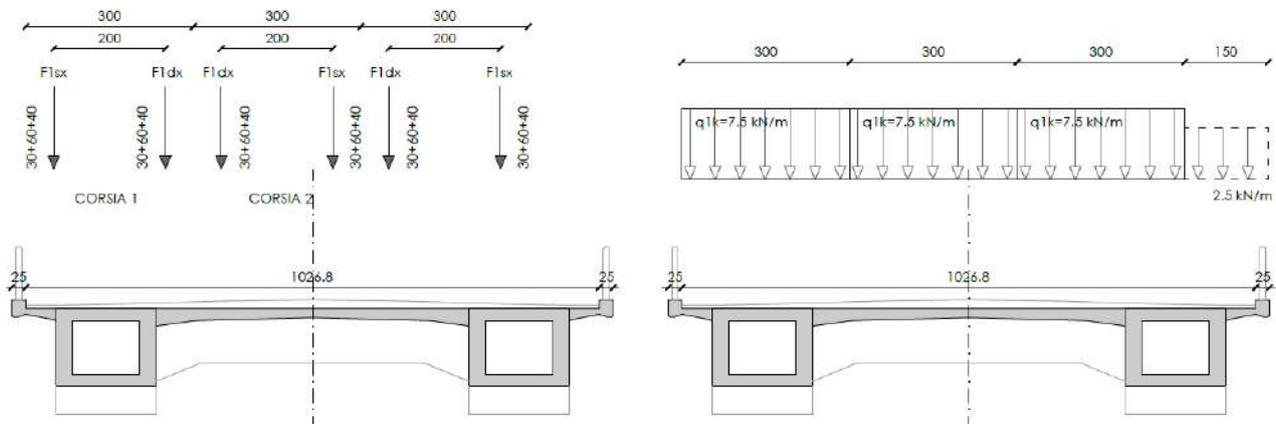


Le posizioni dei carichi mobili per ottenere le massime sollecitazioni sono riportate nelle figure seguenti.

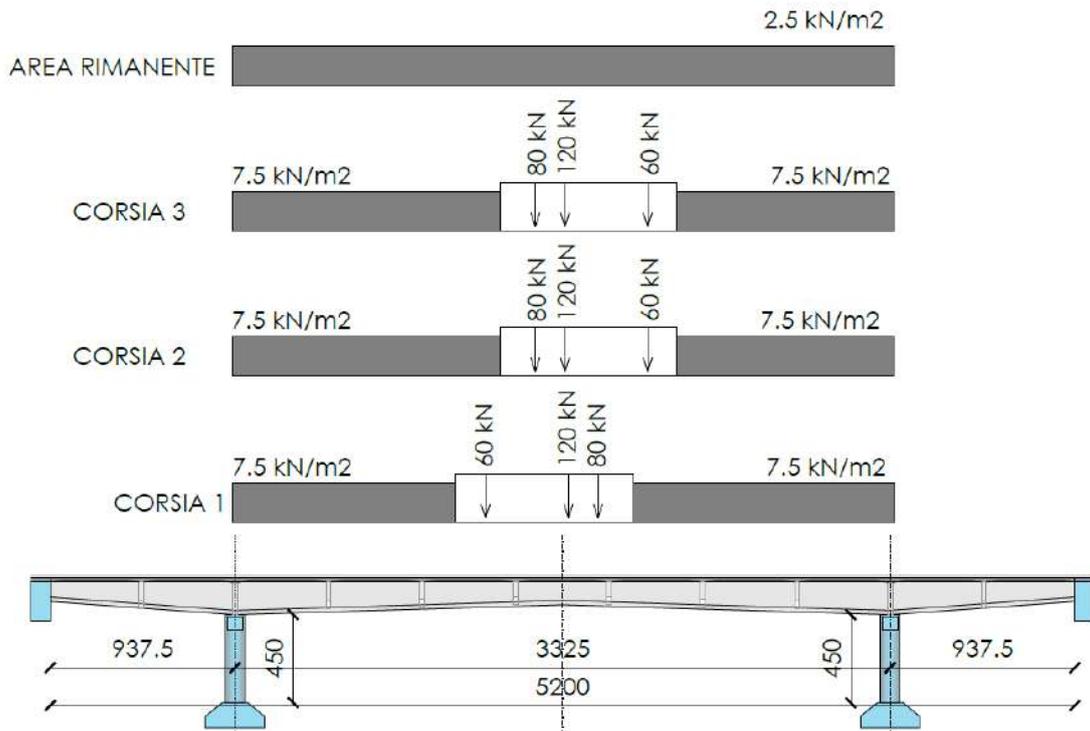
SCHEMA CdSMP-T1 Massimizzazione M+ campata B

sezione su impronta del mezzo

sezione fuori da impronta del mezzo



SEZIONE TRASVERSALE

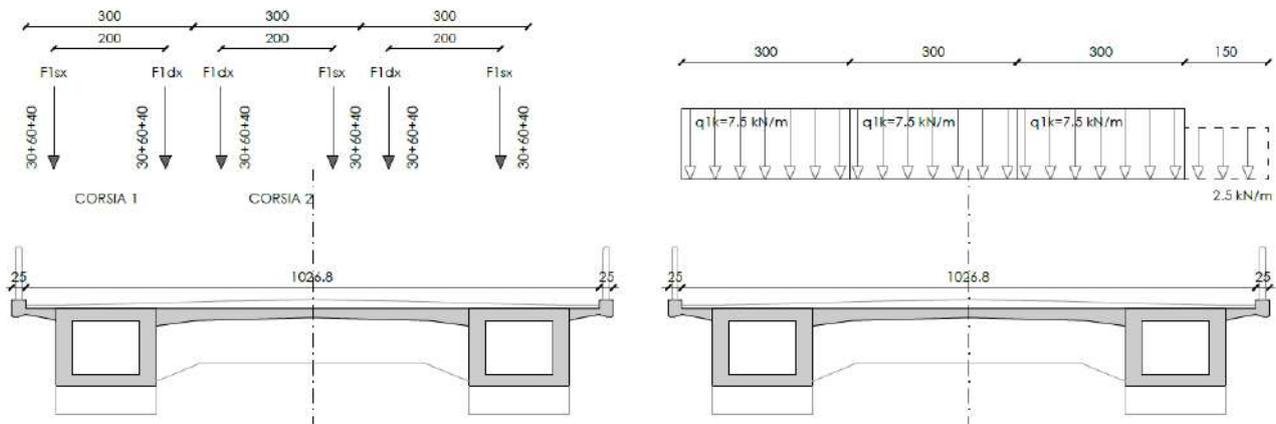


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

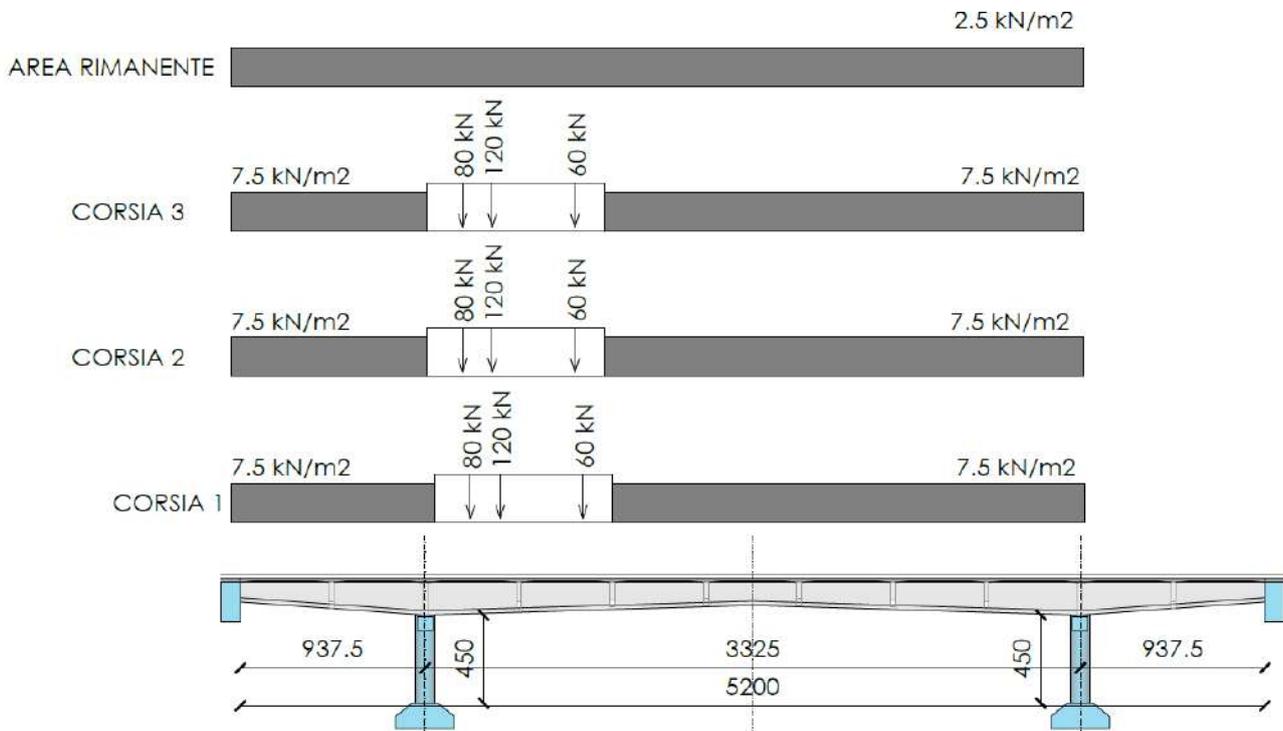
SCHEMA CdSMP-T2 Massimizzazione V appoggio campata B

sezione su impronta del mezzo

sezione fuori da impronta del mezzo



SEZIONE TRASVERSALE

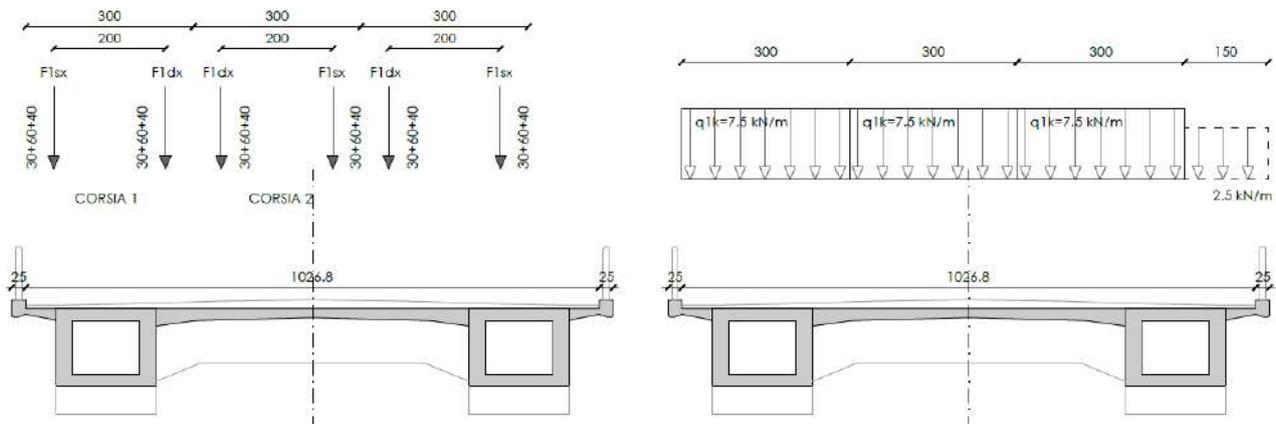


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

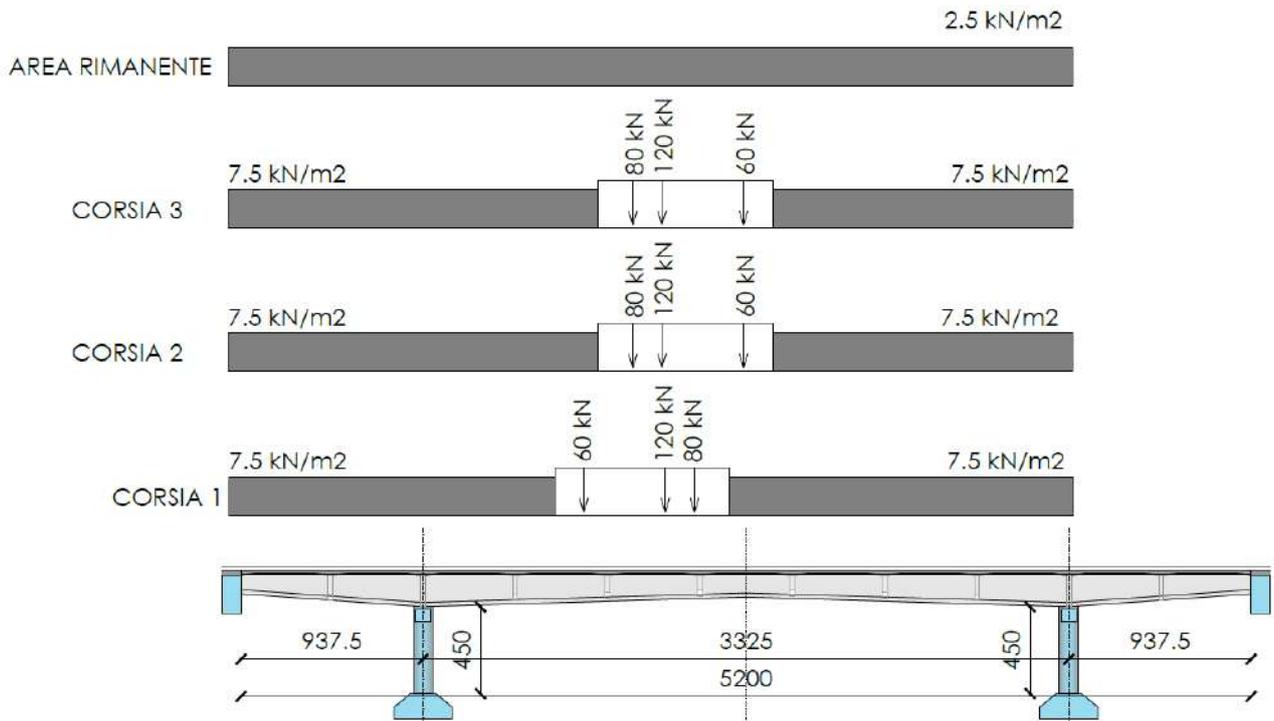
SCHEMA CdSMP-T3 Massimizzazione M- appoggio campata B

sezione su impronta del mezzo

sezione fuori da impronta del mezzo

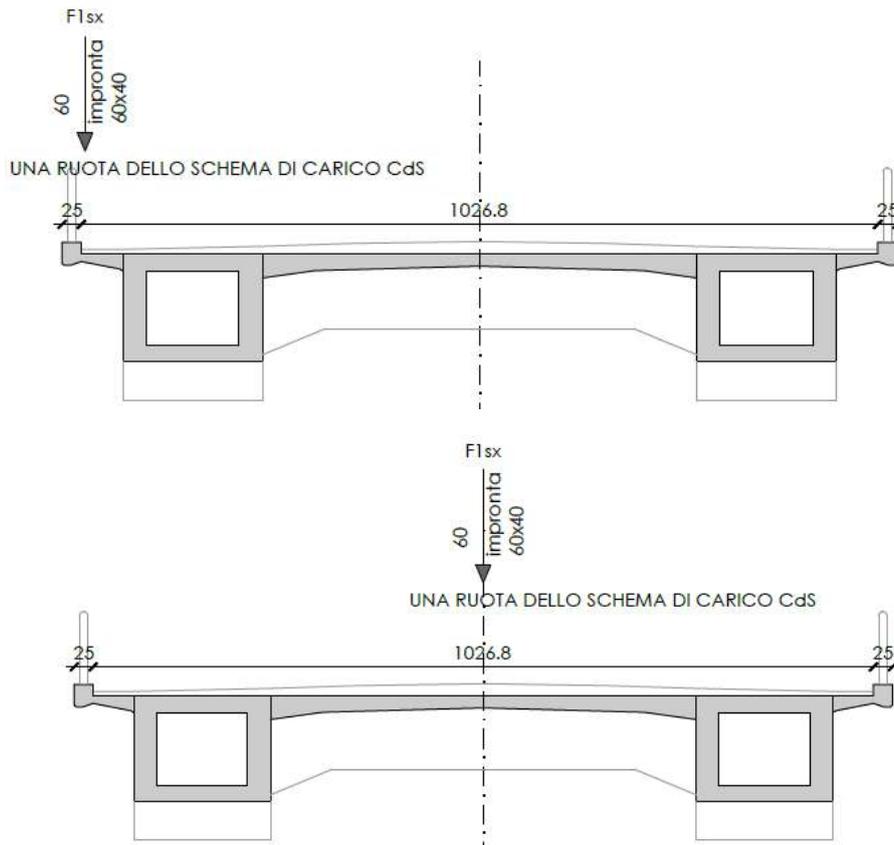


SEZIONE TRASVERSALE

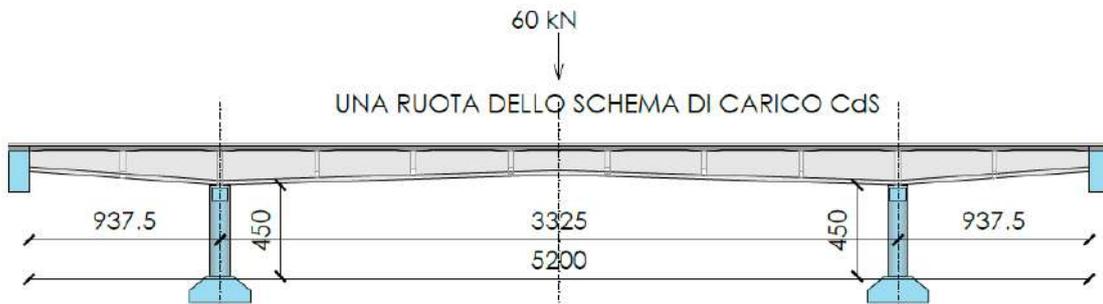


PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

SCHEMA CdSMP-T9 Massimizzazione M/V soletta



SEZIONE TRASVERSALE



PROSPETTO LONGITUDINALE IMPALCATO

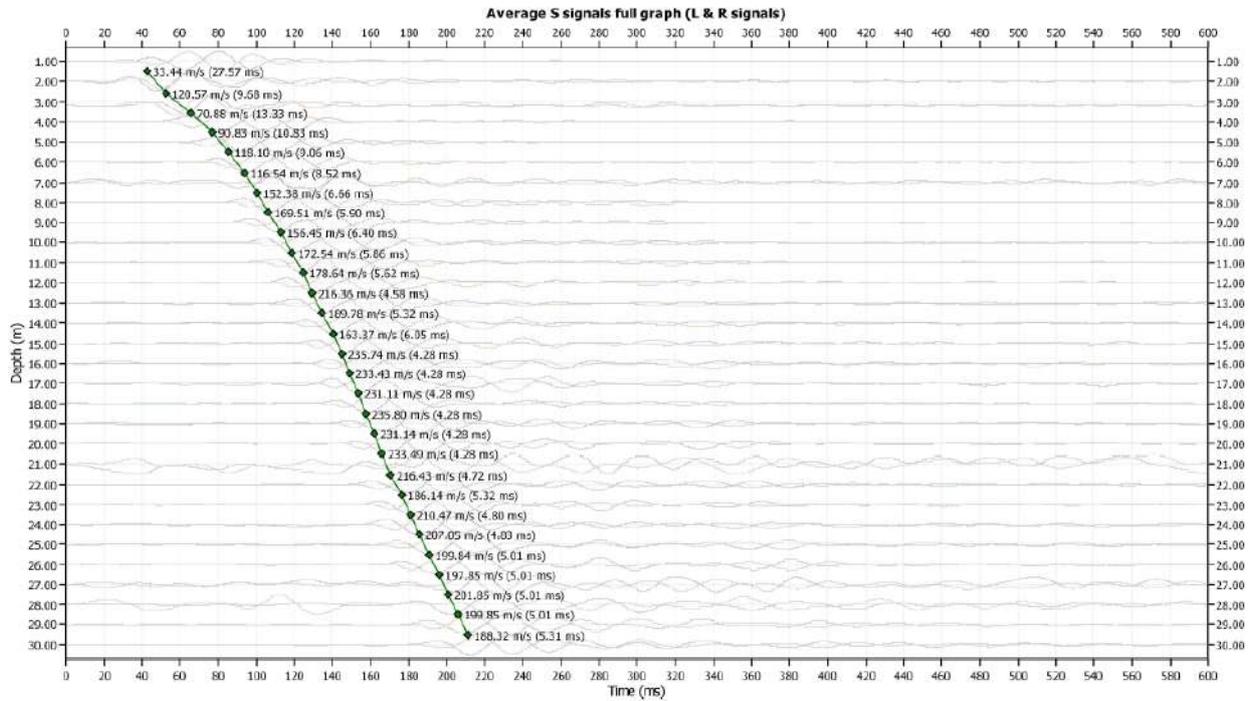
10.5 Azione Sismica

10.5.1 Sito di riferimento

Secondo indagini HVSR condotte sul sito in oggetto si sono rilevate le seguenti caratteristiche dinamiche del suolo:

Project:

Borehole ID: SP54-ID040

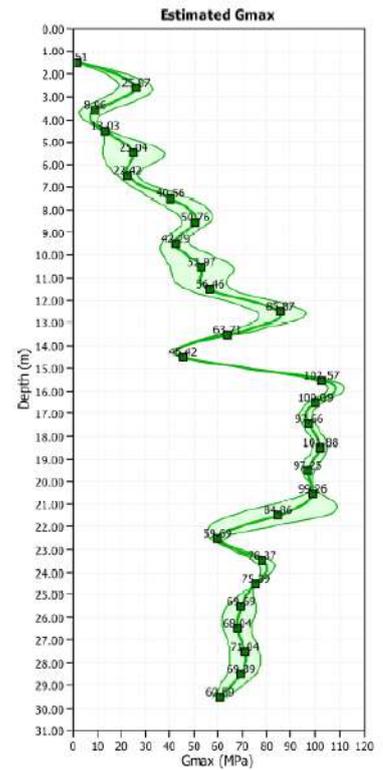
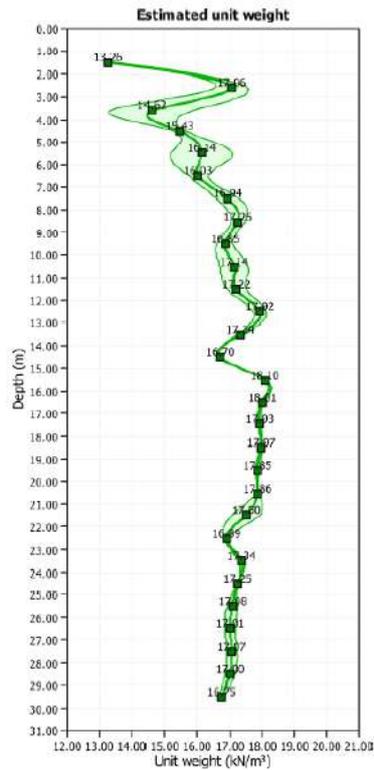
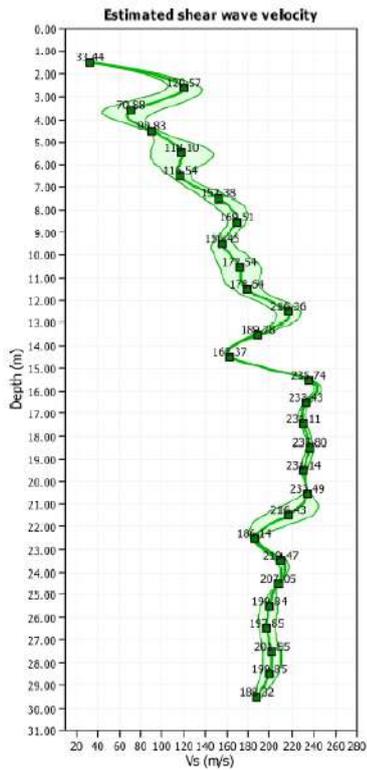


CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA
DI VENEZIA

PONTI ESISTENTI – AREA NORD CIG 9041138719
Verifiche livello 4 – Ponte 03 – Cittanova - San Donà di Piave - Caorle
– SP54 – ID Opera 40

ELAB.: 21173P2114A

Rev. A - Pag. 79 di 270



SP54-ID040

Pick points information

1st Calculation point

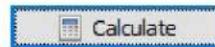
Signal depth: 1.010 m

Time: 43.00 ms

2nd Calculation point

Signal depth: 30.010 m

Time: 213.40 ms



Estimated Vs: 169.26 m/s

Delta t: 170.40 ms

Categoria di sottosuolo: **D**

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

10.5.2 Vita nominale di progetto

Secondo il D.M. 17/01/18 la struttura rientra nella tipologia di costruzione n. 2 con livelli di prestazione ordinari. Tali costruzioni hanno una vita nominale di progetto **VN = 50 anni**.

Tabella 2.4.1 – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

10.5.3 Classe d'uso

Trattandosi di una costruzione in cui si prevedono affollamenti significativi, l'edificio rientra nella **IV classe d'uso (CU = 2)**.

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

10.5.4 Periodo di riferimento dell'azione sismica

Secondo quanto prescritto dalle NTC, la vita di riferimento viene calcolata come prodotto della vita nominale (VN) e del coefficiente d'uso (CU), legato alla classe d'uso.

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 2 = 100 \text{ anni.}$$

Noti tutti i dati necessari per la definizione della pericolosità sismica, ivi comprese anche le probabilità di superamento, è possibile determinare i periodi di ritorno per gli stati limite di riferimento, utilizzando l'espressione seguente:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Di seguito si riportano le probabilità di superamento per gli stati limite di esercizio e ultimi.

Stati Limite	P_{VR}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

10.5.5 Fattore di Comportamento

Si adotta per la struttura in esame un comportamento non dissipativo con **fattore di comportamento pari a q=1.5**.

10.5.6 Spettri di risposta elastici e di Progetto

Si riportano gli spettri elastici in accelerazione i quali tengono conto, oltre che della località, anche della tipologia di terreno e delle caratteristiche topografiche del sito, ma per essere applicati alla struttura saranno trasformati in spettri di progetto, i quali terranno conto della tipologia strutturale, del fattore di struttura, della regolarità in pianta ed in altezza.

Si riportano nel seguito gli spettri impiegati:

<u>10.5.6.1.1.1 Categoria Suolo</u>	<u>10.5.6.1.1.2 D</u>
<u>10.5.6.1.1.3 Categoria Topografica</u>	<u>10.5.6.1.1.4 T1</u>
<u>10.5.6.1.1.5 Classe d'Uso</u>	<u>10.5.6.1.1.6 IV</u>
<u>10.5.6.1.1.7 Vita Nominale - Vn</u>	<u>10.5.6.1.1.8 50 anni</u>
<u>10.5.6.1.1.9 Periodo di Riferimento – Vr</u>	<u>10.5.6.1.1.10 100 anni</u>
<u>10.5.6.1.1.11 Classe di Duttilità della Struttura</u>	<u>10.5.6.1.1.12 Non dissipativa</u>
<u>10.5.6.1.1.13 Fattore di Comportamento (SLV) *</u>	<u>10.5.6.1.1.14 1,5</u>

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0.039	2.565	0.263
SLD	101	0.048	2.517	0.307
SLV	949	0.110	2.605	0.403
SLC	1950	0.137	2.653	0.427

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV**

Risposta sismica

Categoria di sottosuolo **D**

$S_s =$ **1.800**

$C_c =$ **1.969**

Categoria topografica **T1**

$h/H =$ **1.000**

$S_T =$ **1.000**

(h =quota sito, H =altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) **28.19**

$\eta =$ **0.550**

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_e **1.5**

Regol. in altezza **sì**

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q_v **1.5**

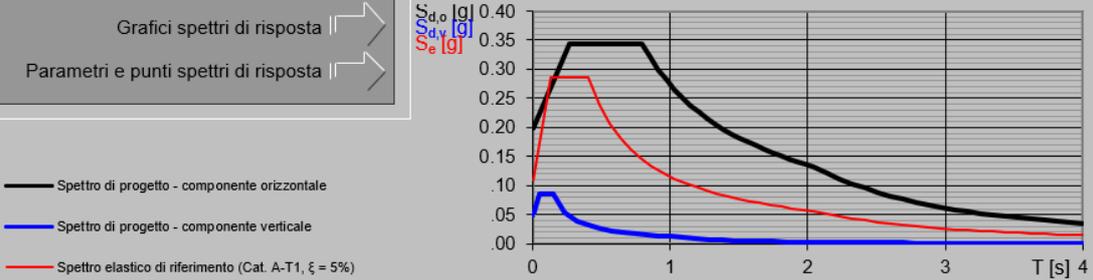
$\eta =$ **0.667**

Elaborazioni

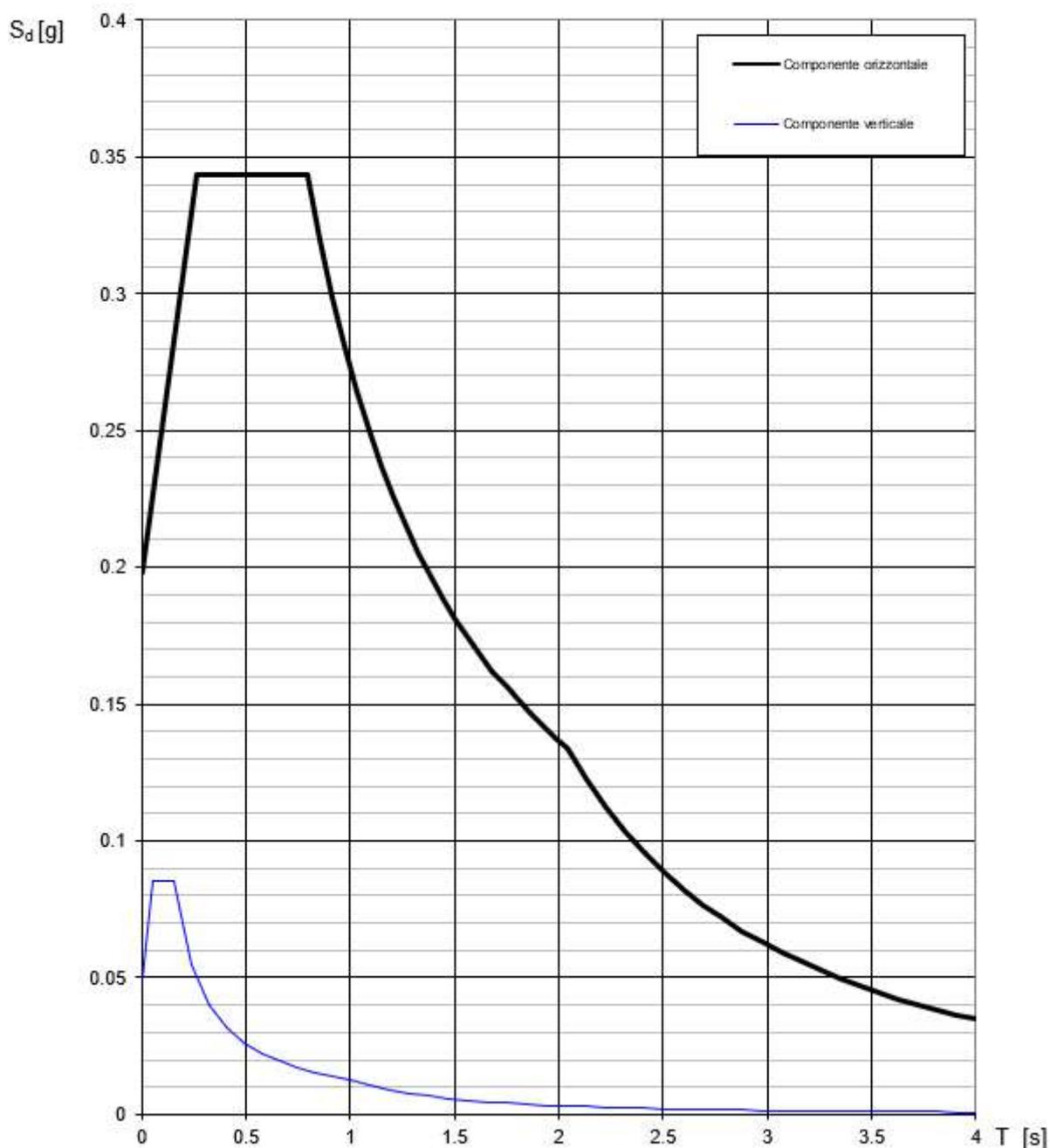
Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



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



11 COMBINAZIONI DI CARICO E COEFFICIENTI SU CARICHI E MATERIALI

Il metodo utilizzato per la verifica degli elementi strutturali è il metodo semiprobabilistico agli stati limite, secondo quanto espresso nelle NTC18 al §2.5.3.

Combinazione agli SLU:

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

Combinazione rara agli SLE:

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

Combinazione frequente agli SLE:

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

Combinazione quasi permanente agli SLE:

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

Combinazione per azione sismica:

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

11.1 Coefficienti sui carichi da NTC18

I coefficienti di combinazione sono espressi al cap. 5 delle NTC18 e riportati nelle seguenti tabelle:

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

		Coefficiente	EQU ¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g ₁ e g ₃	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ²⁾ g ₂	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qe}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{d1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ³⁾	1,00 ⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

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

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

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

⁴⁾ 1,20 per effetti locali

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combinazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Per le opere di luce maggiore di 300 m è possibile modificare i coefficienti indicati in tabella previa autorizzazione del Servizio tecnico centrale del Consiglio superiore dei lavori pubblici, sentito lo stesso Consiglio.

11.2 Coefficienti sui carichi e materiali secondo Linee Guida

Le linee guida definiscono una serie di coefficienti che hanno dipendenza con la tipologia di controllo effettuato relativamente ai carichi permanenti e permanenti non strutturali, e dipendenza dalla tipologia di controllo dei mezzi che hanno accesso al transito sul manufatto relativamente ai carichi da traffico per le verifiche di transitabilità.

Per il caso in esame si ritiene, a seguito di opportune valutazioni, di adottare i criteri per quanto riguarda i carichi:

Operatività e Transitabilità NTC

CONTROLLO ACCURATO: per i carichi permanenti ($\gamma_G=1.16$)

CONTROLLO STANDARD: per i carichi permanenti portati ($\gamma_G=1.26$)

TRAFFICO: per i carichi da traffico secondo NTC ($\gamma_q=1.2$)

Transitabilità da Codice della Strada

CONTROLLO ACCURATO: per i carichi permanenti ($\gamma_G=1.16$)

CONTROLLO STANDARD: per i carichi permanenti portati ($\gamma_G=1.26$)

CdS LIVELLO 1: per i carichi da traffico nelle verifiche di transitabilità da Codice della Strada ($\gamma_{CdS}=1.6$)

Per quanto riguarda invece i coefficienti riduttivi per i materiali:

Operatività e Transitabilità

CALCESTRUZZO: $\gamma_c=1.26$

BARRE D'ARMATURA: $\gamma_C=1.1$

CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA
DI VENEZIA

ELAB.: 21173P2114A

PONTI ESISTENTI – AREA NORD CIG 9041138719
Verifiche livello 4 – Ponte 03 – Cittanova - San Donà di Piave - Caorle
– SP54 – ID Opera 40

Rev. A - Pag. 88 di 270

Si riporta di seguito la nomenclatura dei carichi e le combinazioni per le due Normative in esame.

G	DL	<i>Peso proprio delle strutture modellate</i>
	DL non mod	<i>Peso propri delle strutture non modellate</i>
	G2 manto	<i>Finiture del piano stradale</i>
	G2 cordoli	<i>Peso proprio cordoli e barriera stradale</i>

11.3 Combinazioni Verifiche di Adeguatezza – NTC18

Q	NTC18-q5 orizz	<i>Carichi da vento verticali agenti sull'impalcato</i>
	NTC18-q5 vertic	<i>Carichi da vento orizzontali agenti sull'impalcato</i>
q1 Traffico	NTC18-q3	<i>Carichi da accelerazione/frenata</i>
	NTC18-T1	<i>Traffico: Massimizzazione M+ campata B</i>
	NTC18-T2	<i>Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B</i>
	NTC18-T3	<i>Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B</i>
	NTC18-T4	<i>Traffico: Massimizzazione N Spalla</i>
	NTC18-T5	<i>Traffico: Massimizzazione M+ campata A</i>
	NTC18-T6	<i>Traffico: Massimizzazione V campata B</i>
	NTC18-T71	<i>Traffico: Massimizzazione M/V traverso 5</i>
	NTC18-T72	<i>Traffico: Massimizzazione M traverso 5</i>
	NTC18-T81	<i>Traffico: Massimizzazione M/V traverso 3</i>
	NTC18-T82	<i>Traffico: Massimizzazione M traverso 3</i>
	NTC18-T9	<i>Traffico: Massimizzazione M/V soletta</i>
	NTC18-T10	<i>Traffico: Massimizzazione M/V Pile e Spalle</i>
NTC18-T11	<i>Traffico: Massimizzazione M/V Pile e Spalle</i>	

	DL	G2	T1 (UDL)	T1 (tandem)	T2 (UDL)	T2 (tandem)	T3 (UDL)	T3 (tandem)	T4 (UDL)	T4 (tandem)
	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.
SLU 1	1.25	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0
SLU 2	1.25	1.35	0	0	1.35	1.35	0	0	0	0
SLU 3	1.25	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	0	0
SLU 4	1.25	1.35	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35
SLU 5	1.25	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 6	1.25	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 71	1.25	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 72	1.25	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 81	1.25	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 82	1.25	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 9	1.25	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 10	1.25	1.35	0	0	0	0	1.0125	1.0125	0	0
SLU 11	1.25	1.35	0	0	0	0	1.0125	1.0125	0	0

		T5 (UDL)	T5 (tandem)	T6 (UDL)	T6 (tandem)	T7 (UDL)	T7 (tandem)	T8 (UDL)	T8 (tandem)	T9 (tandem)
		coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.
SLU 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 5	5	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0
SLU 6	6	0	0	1.35	1.35	0	0	0	0	0
SLU 71	71	0	0	0	0	1.35	1.35	0	0	0
SLU 72	72	0	0	0	0	1.35	1.35	0	0	0
SLU 81	81	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35	0
SLU 82	82	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35	0
SLU 9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35
SLU 10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		q3	q5	EX	EY
		coeff.	coeff.		
SLU 1	1	0	0	/	/
SLU 2	2	0	0	/	/
SLU 3	3	0	0	/	/
SLU 4	4	0	0	/	/
SLU 5	5	0	0	/	/
SLU 6	6	0	0	/	/
SLU 71	71	0	0	/	/
SLU 72	72	0	0	/	/
SLU 81	81	0	0	/	/
SLU 82	82	0	0	/	/
SLU 9	9	0	0	/	/
SLU 10	10	0	1.5	/	/
SLU 11	11	1.35	0	/	/

Sisma applicato mediante dinamica modale utilizzando le otto classiche combinazioni X ed Y (100%:30%, -100%:30%, -100%:-30, 100%:-30%, 30%:100%, -30%:100%, -30%:-100%, 30%:-100%).

		DL	G2	TRAFFICO	q3	q5	EX	EY
		coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.		
SLV 1	1	1	1	0	0	0	1	0.3
SLV 2	2	1	1	0	0	0	1	-0.3
SLV 3	3	1	1	0	0	0	-1	0.3
SLV 4	4	1	1	0	0	0	-1	-0.3
SLV 5	5	1	1	0	0	0	0.3	1
SLV 6	6	1	1	0	0	0	-0.3	1
SLV 7	7	1	1	0	0	0	0.3	-1
SLV 8	8	1	1	0	0	0	-0.3	-1

I carichi da traffico sono stati posti con coefficiente nullo in combinazione sismica, in accordo con il capitolo 5.1.3.12 delle NTC18.

11.4 Combinazioni Verifiche di Operatività – NTC18

Q	NTC18-q5 orizz	Carichi da vento verticali agenti sull'impalcato
	NTC18-q5 vertic	Carichi da vento orizzontali agenti sull'impalcato
q1 Traffico	NTC18-q3	Carichi da accelerazione/frenata
	NTC18-T1	Traffico: Massimizzazione M+ campata B
	NTC18-T2	Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B
	NTC18-T3	Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B
	NTC18-T4	Traffico: Massimizzazione N Spalla
	NTC18-T5	Traffico: Massimizzazione M+ campata A
	NTC18-T6	Traffico: Massimizzazione V campata B
	NTC18-T71	Traffico: Massimizzazione M/V trasverso 5
	NTC18-T72	Traffico: Massimizzazione M trasverso 5
	NTC18-T81	Traffico: Massimizzazione M/V trasverso 3
	NTC18-T82	Traffico: Massimizzazione M trasverso 3
NTC18-T9	Traffico: Massimizzazione M/V soletta	
NTC18-T10	Traffico: Massimizzazione M/V Pile e Spalle	
NTC18-T11	Traffico: Massimizzazione M/V Pile e Spalle	

	DL	G2	T1 (UDL)	T1 (tandem)	T2 (UDL)	T2 (tandem)	T3 (UDL)	T3 (tandem)	T4 (UDL)	T4 (tandem)
	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.
SLU 1	1.16	1.26	1.2	1.2	0	0	0	0	0	0
SLU 2	1.16	1.26	0	0	1.2	1.2	0	0	0	0
SLU 3	1.16	1.26	0	0	0	0	1.2	1.2	0	0
SLU 4	1.16	1.26	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2
SLU 71	1.16	1.26	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 72	1.16	1.26	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 82	1.16	1.26	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 9	1.16	1.26	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 10	1.16	1.26	0	0	0	0	0.9	0.9	0	0
SLU 11	1.16	1.26	0	0	0	0	0.9	0.9	0	0

	T5 (UDL)	T5 (tandem)	T6 (UDL)	T6 (tandem)	T7 (UDL)	T7 (tandem)	T8 (UDL)	T8 (tandem)	T9 (tandem)
	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.
SLU 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 71	0	0	0	0	1.2	1.2	0	0	0
SLU 72	0	0	0	0	1.2	1.2	0	0	0
SLU 82	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2	0
SLU 9	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2
SLU 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		q3	q5	EX	EY
		coeff. coeff.			
SLU	1	0	0	/	/
SLU	2	0	0	/	/
SLU	3	0	0	/	/
SLU	4	0	0	/	/
SLU	71	0	0	/	/
SLU	72	0	0	/	/
SLU	82	0	0	/	/
SLU	9	0	0	/	/
SLU	10	0	1.5	/	/
SLU	11	1.2	0	/	/

11.5 Combinazioni Verifiche di Transitabilità CdS – Mezzi Pesanti (44t)

q1
Traffico

CdSMP-T1 *Traffico: Massimizzazione M+ campata B*
 CdSMP-T2 *Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B*
 CdSMP-T3 *Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B*
 CdSMP-T72 *Traffico: Massimizzazione M traverso 5*
 CdSMP-T82 *Traffico: Massimizzazione M traverso 3*
 CdSMP-T9 *Traffico: Massimizzazione M/V soletta*

	DL	G2	T1 (UDL)	T1 (tandem)	T2 (UDL)	T2 (tandem)	T3 (UDL)	T3 (tandem)	T7 (UDL)	T7 (tandem)
	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.
SLU 1	1.16	1.26	1.6	1.6	0	0	0	0	0	0
SLU 2	1.16	1.26	0	0	1.6	1.6	0	0	0	0
SLU 3	1.16	1.26	0	0	0	0	1.6	1.6	0	0
SLU 72	1.16	1.26	0	0	0	0	0	0	1.6	1.6
SLU 82	1.16	1.26	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 9	1.16	1.26	0	0	0	0	0	0	0	0

	T8 (UDL)	T8 (tandem)	T9 (tandem)	EX	EY
	coeff.	coeff.	coeff.		
SLU 1	0	0	0	/	/
SLU 2	0	0	0	/	/
SLU 3	0	0	0	/	/
SLU 72	0	0	0	/	/
SLU 82	1.6	1.6	0	/	/
SLU 9	0	0	1.6	/	/

11.6 Combinazioni Verifiche di Transitabilità CdS – Mezzi Intermedi (26t)

q1
Traffico

CdSMP-T1 *Traffico: Massimizzazione M+ campata B*
 CdSMP-T2 *Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B*
 CdSMP-T3 *Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B*
 CdSMP-T9 *Traffico: Massimizzazione M/V soletta*

	DL	G2	T1 (UDL)	T1 (tandem)	T2 (UDL)	T2 (tandem)	T3 (UDL)	T3 (tandem)	T9 (tandem)
	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.
SLU 1	1.16	1.26	1.6	1.6	0	0	0	0	0
SLU 2	1.16	1.26	0	0	1.6	1.6	0	0	0
SLU 3	1.16	1.26	0	0	0	0	1.6	1.6	0
SLU 9	1.16	1.26	0	0	0	0	0	0	1.6

		EX	EY
SLU	1	/	/
SLU	2	/	/
SLU	3	/	/
SLU	9	/	/

12 MODELLAZIONE E CRITERI DI VERIFICA

12.1 Tipo di analisi svolta

Le analisi sono svolte sia per gli impalcati sia per le pile. Il presente studio verifica la resistenza della struttura ai carichi statici dovuti al traffico veicolare ed al sisma.

Le analisi strutturali utilizzate per lo studio dell'opera sono di tipo elastiche lineari statiche e dinamiche spettrali a spettro di risposta (fino ad eccitare almeno l'85% della massa in entrambe le direzioni orizzontali).

Per quanto riguarda le analisi sismiche, in accordo a §C8.8 di CNTC18 e §7.9 di NTC18, si utilizza in prima istanza un'analisi lineare dinamica a spettro di risposta con un fattore di comportamento pari a $q = 1.5$ in entrambe le direzioni longitudinale e trasversale.

I metodi di verifica saranno condotti in accordo a §7.9 di NTC18.

12.2 Modello Tridimensionale mediante FEM

L'impalcato è modellato a graticcio, con travi principali modellate a beam mediante sezioni rettangolari cave ad altezza variabile e soletta collaborante sempre mediante elementi bidimensionali della larghezza di 1 m, i quali approssimano l'effetto di ripartizione trasversale dato dalla soletta oltre che la rigidità della stessa. A favorire inoltre la collaborazione trasversale sono anche i traversi, modellati con sezione a "T", in collaborazione quindi con la soletta soprastante.

Le pile sono modellate con telai composti da beam, con geometria aderente a quanto riportato nei progetti dell'epoca e dedotto da rilievo in situ, mentre le spalle sono modellate come dei vincoli in semplice appoggio vista la scarsa conoscenza delle stesse. Non essendo stati riscontrati elementi di appoggio, le travi principali sono state semplicemente connesse alle pile ed alle spalle mediante vincoli rigidi in grado di bloccare le traslazioni ma mantenere libere le rotazioni.

Le fondazioni profonde non sono state modellate in quanto non sono noti i parametri del terreno sottostante, ma ciò è influente nel presente contesto in quanto i vincoli ad incastro posti alla base risultano sufficienti a permettere l'estrazione delle sollecitazioni taglianti e verticali sul terreno, da mettere poi a confronto come richiesto dalla linea guida.

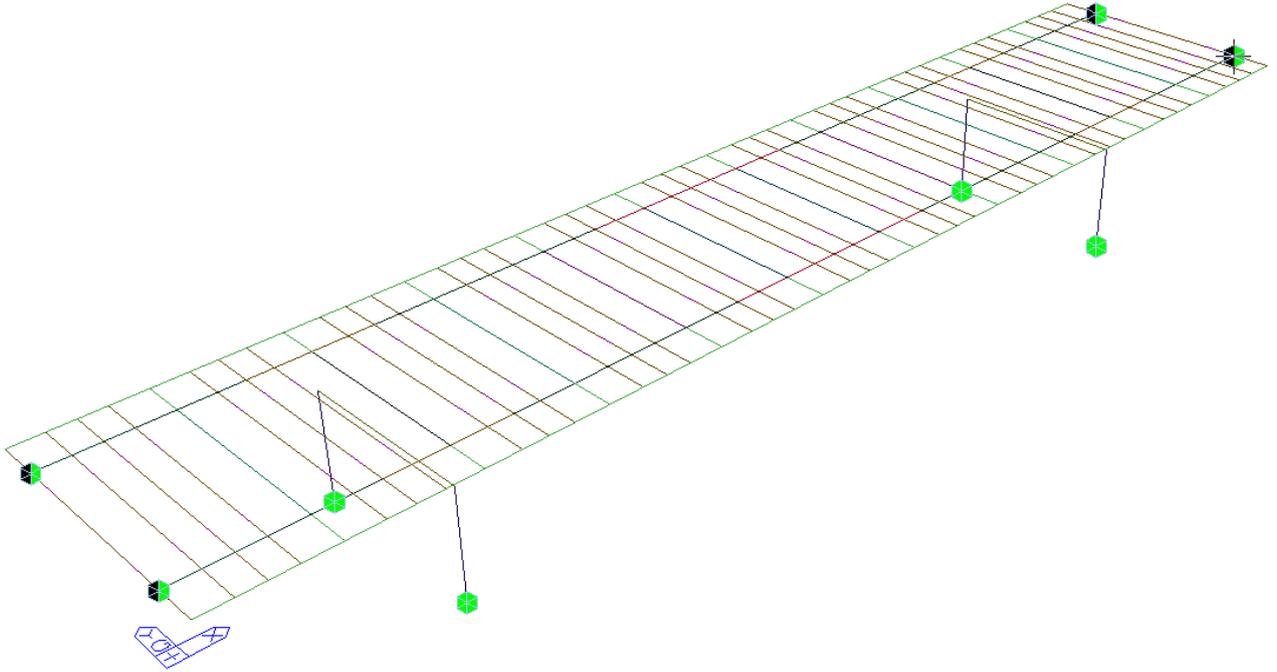


FIGURA 12-1: MODELLO FEM TRIDIMENSIONALE – VISTA SUPERIORE

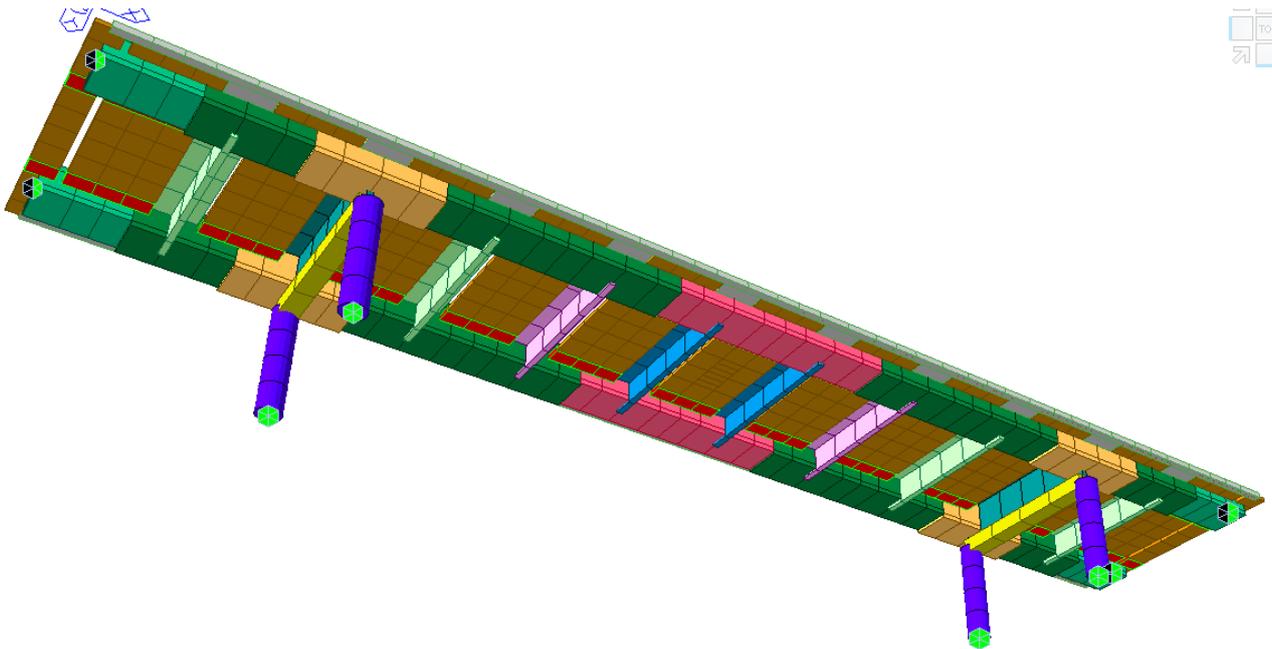


FIGURA 12-2: MODELLO FEM TRIDIMENSIONALE - VISTA INFERIORE

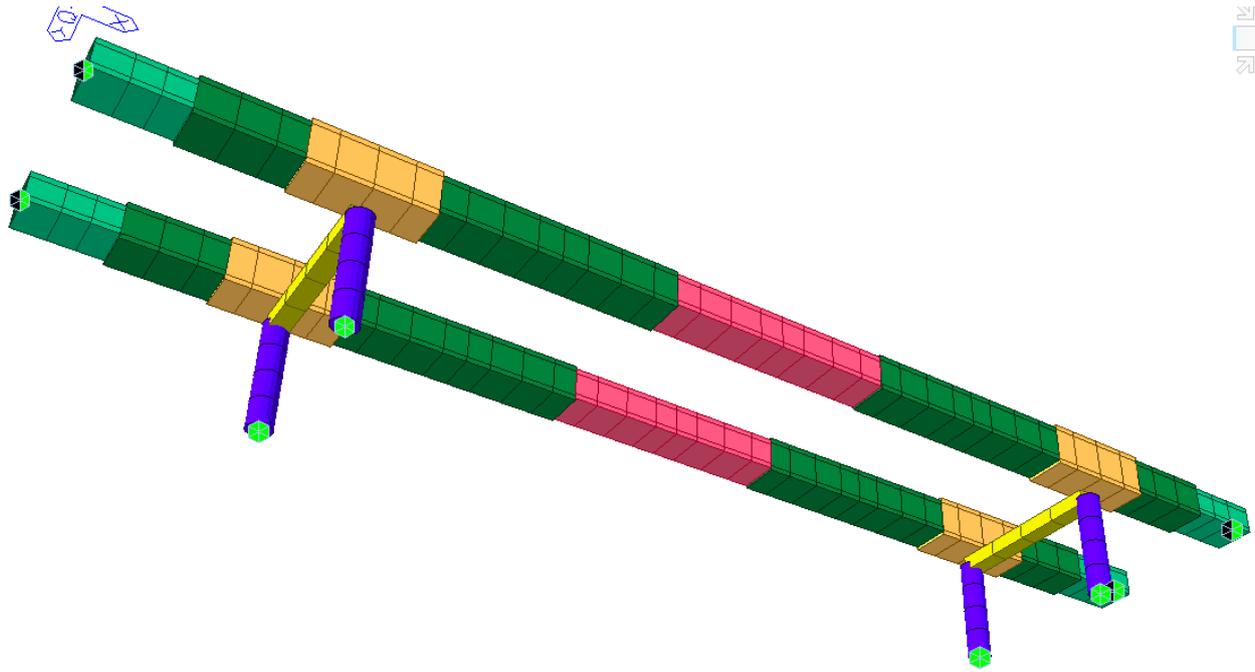


FIGURA 12-3: MODELLO FEM TRIDIMENSIONALE – STRUTTURE PRINCIPALI

12.3 Modi naturali di vibrare della struttura

Mode	Frequency (cycle/sec)	Period (sec)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-Y MASS(%)	ROTN-X MASS(%)	ROTN-Y MASS(%)
1	4.3225	0.2313	0	77.6211	3.2712	0
2	8.6675	0.1154	0	0	0	0
3	13.6288	0.0734	0	13.0459	1.1929	0
4	19.7377	0.0507	0	0	0	0
5	23.0808	0.0433	85.7373	0	0	2.148
6	27.2674	0.0367	0	2.8006	0.0068	0
			85.7373	93.47		

Si riportano le viste deformate della struttura relativamente ai n. 2 modi principali individuati dalla tabella di output sopra riportata.

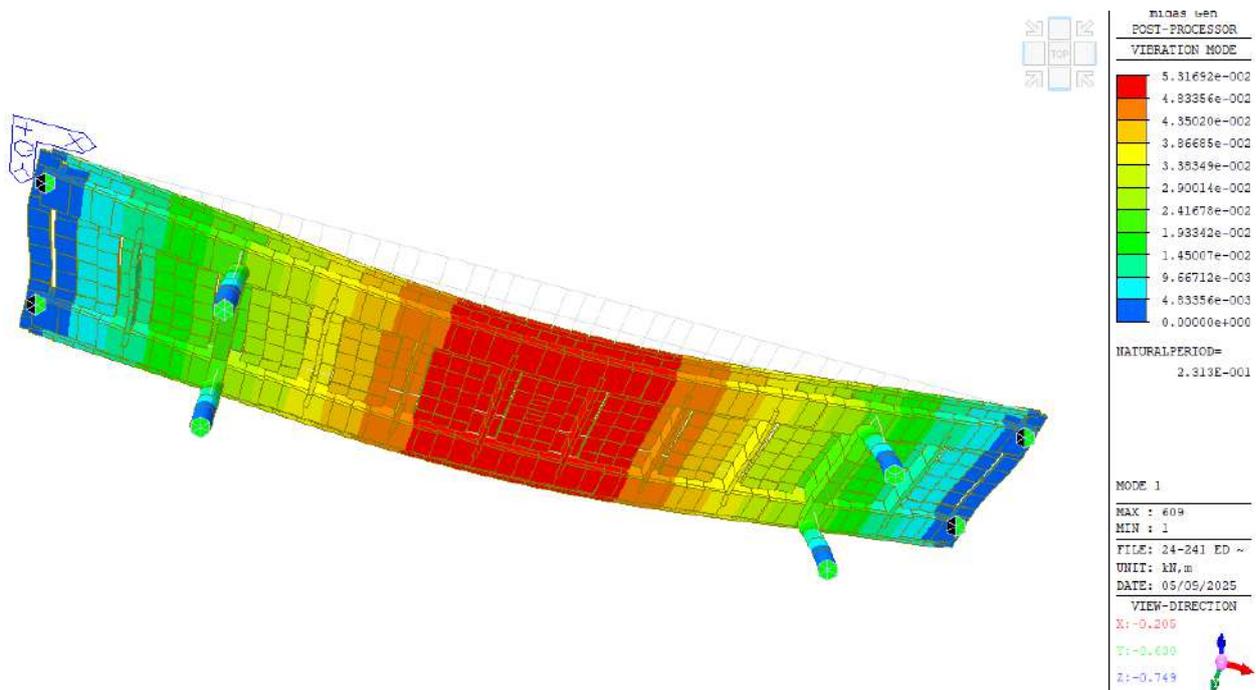


FIGURA 12-4: MODO PRINCIPALE DI VIBRARE N. 1

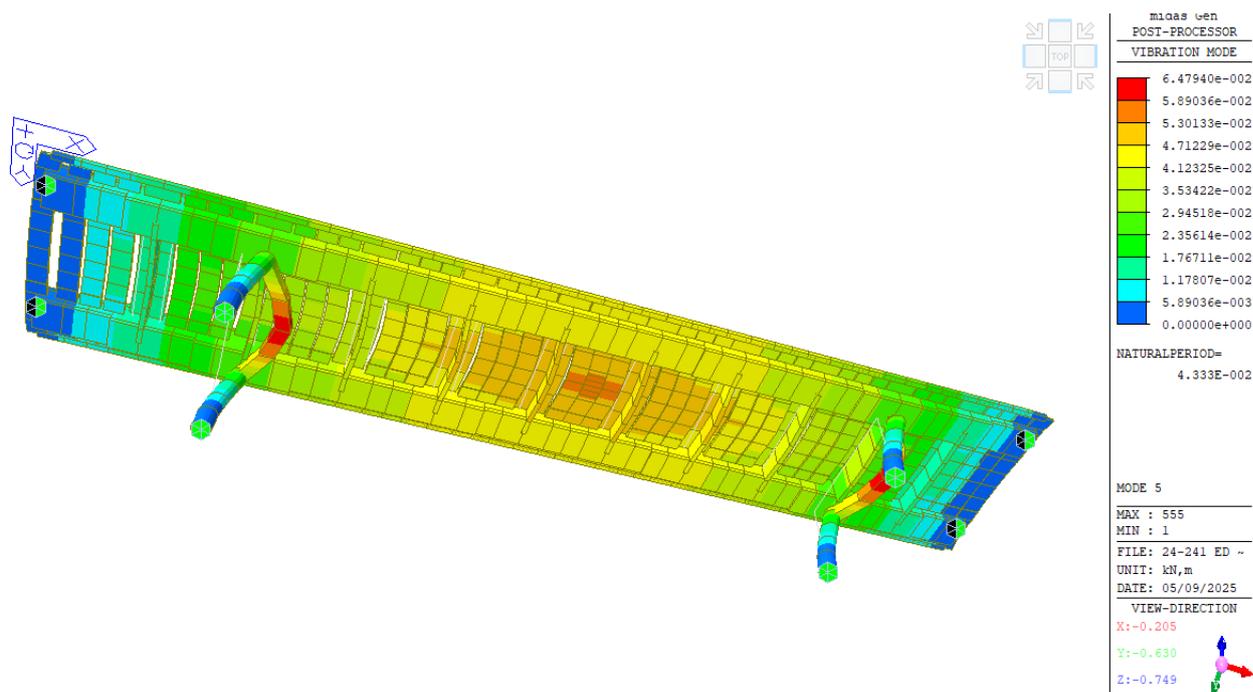


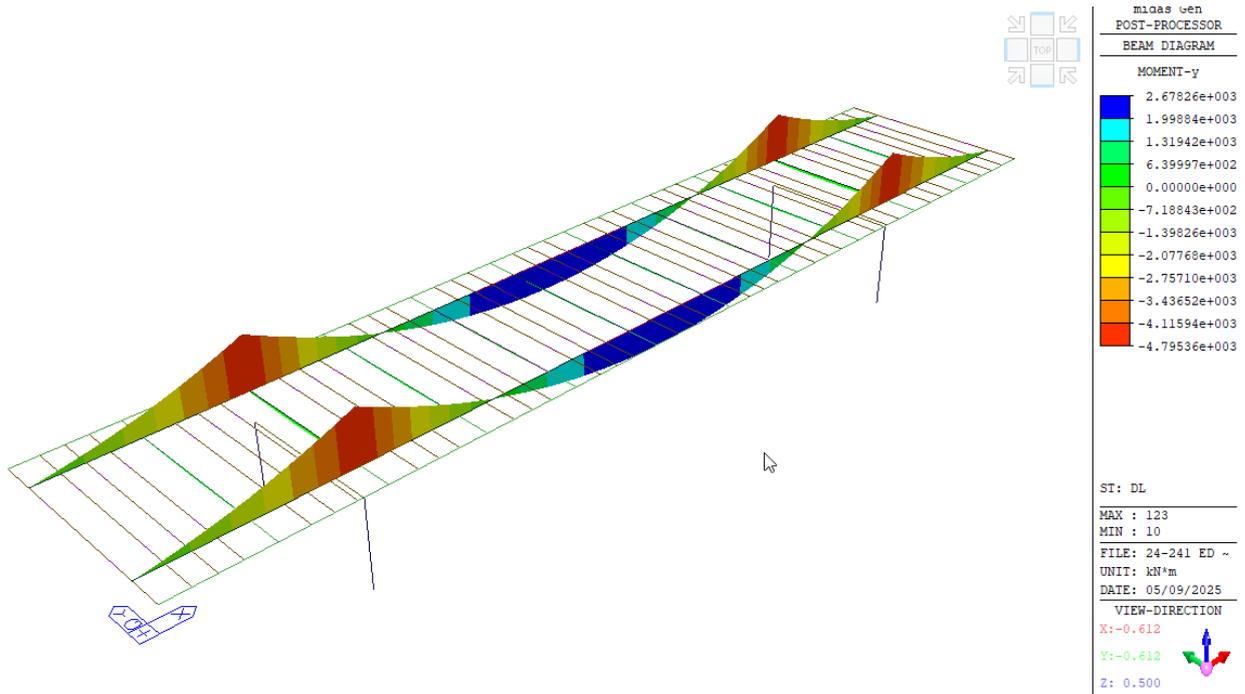
FIGURA 12-5: MODO PRINCIPALE DI VIBRARE N. 5

13 SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE

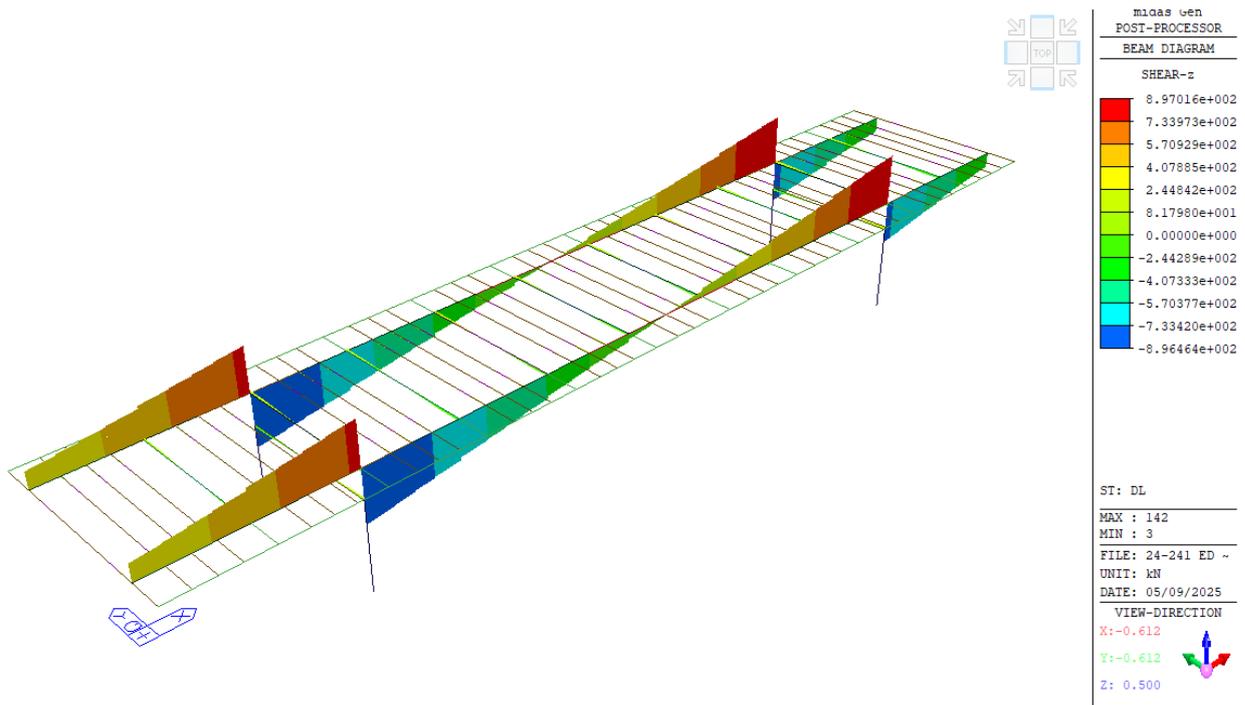
13.1 Sollecitazioni per Pesi Propri e Permanenti Portati

Si riportano i valori di sollecitazione flessionali e taglianti, per gli elementi trave e traverso, e gli sforzi normali per quanto riguarda pile e spalle:

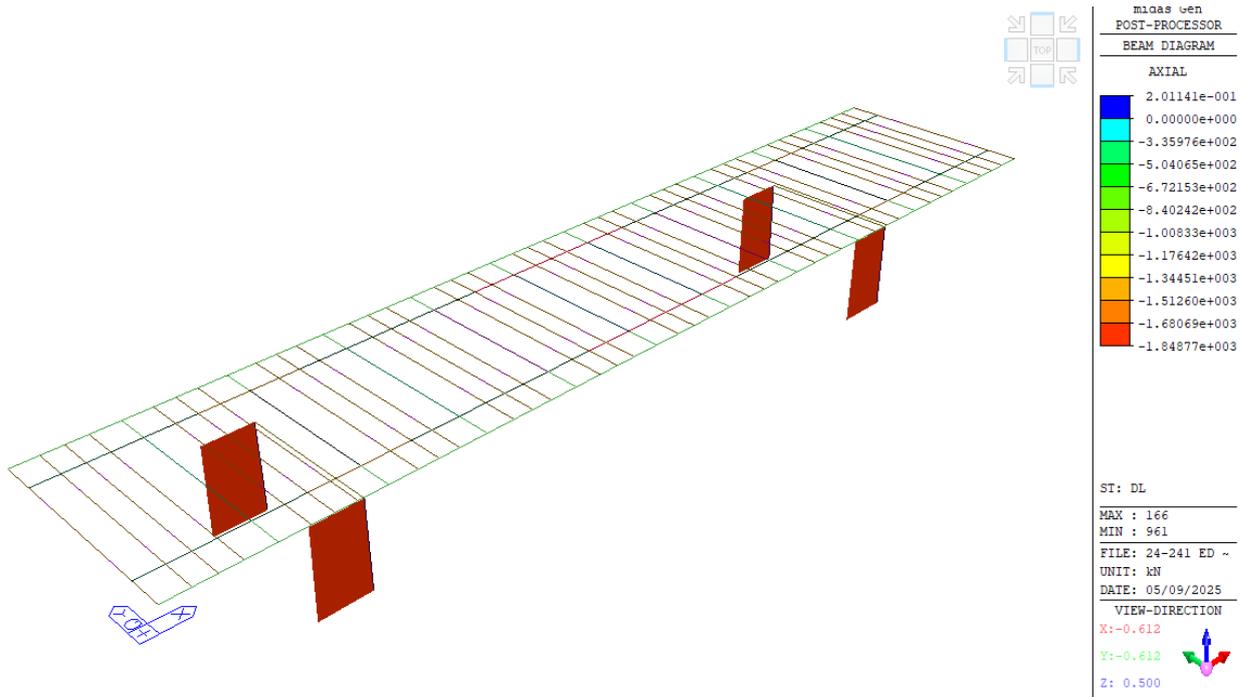
13.1.1 Peso Proprio Modellato



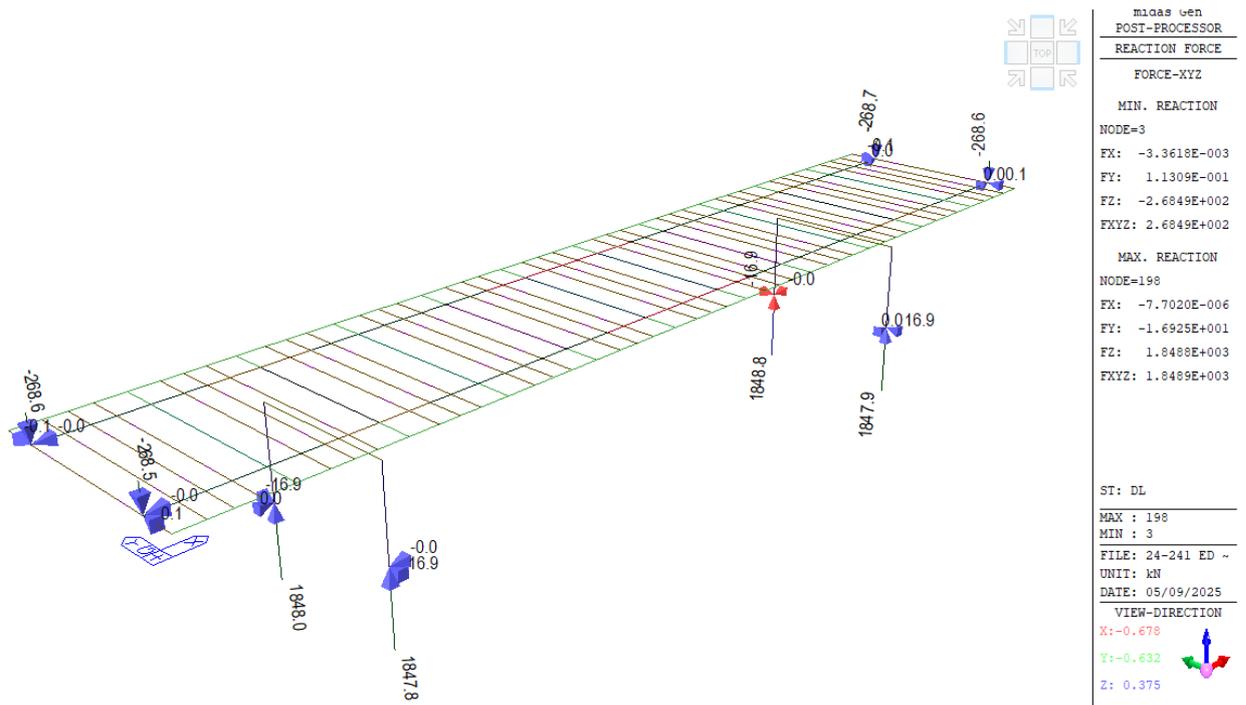
My Impalcato



Fz Impalcato

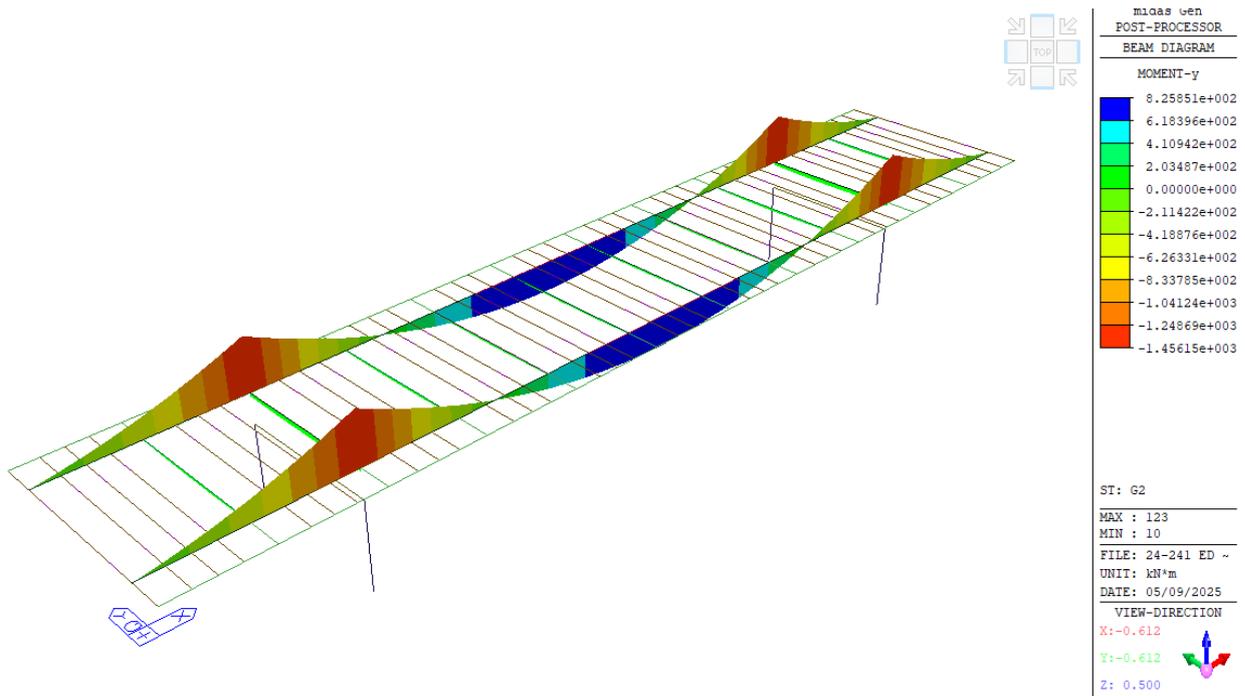


N Pile

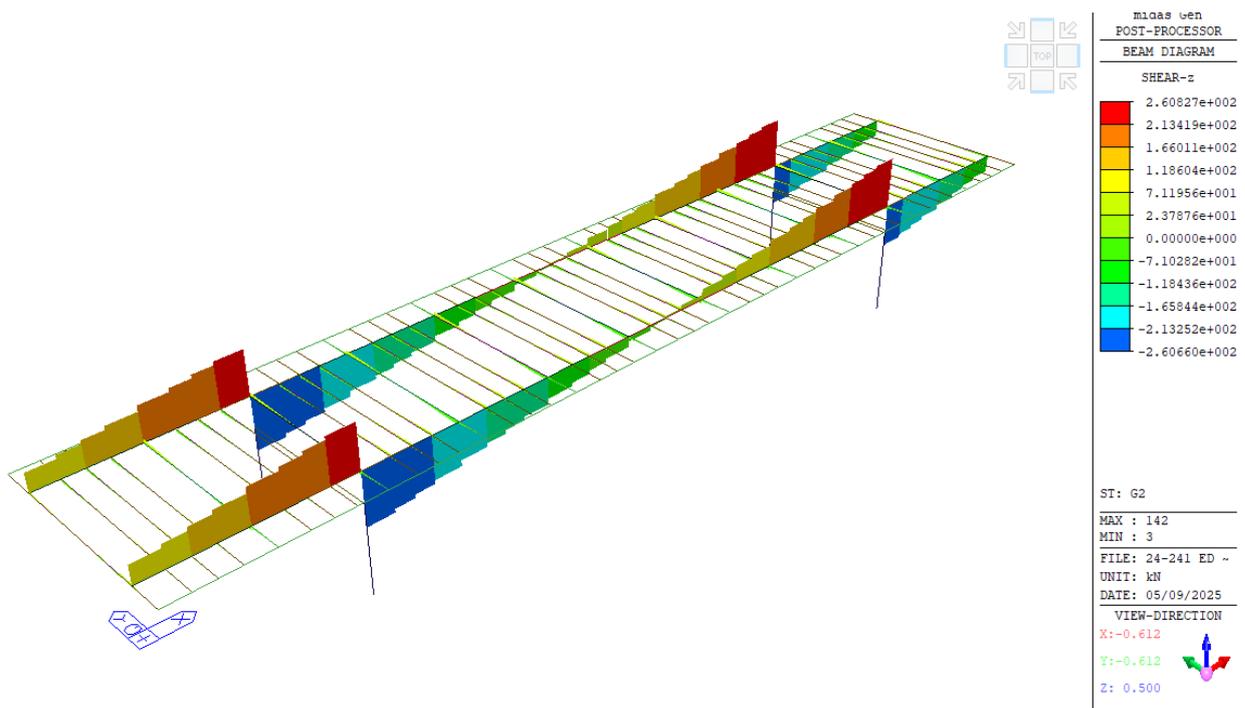


Rz Pile/Spalle

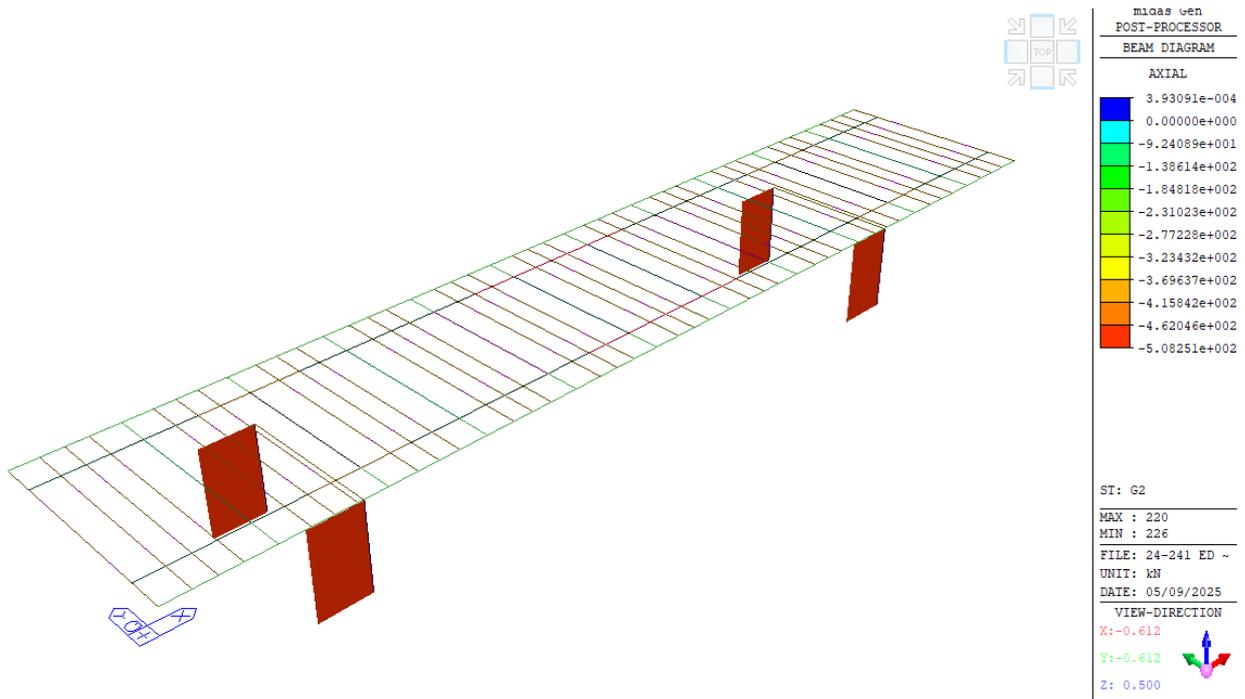
13.1.2 Permanenti Portati (pacchetti stradali)



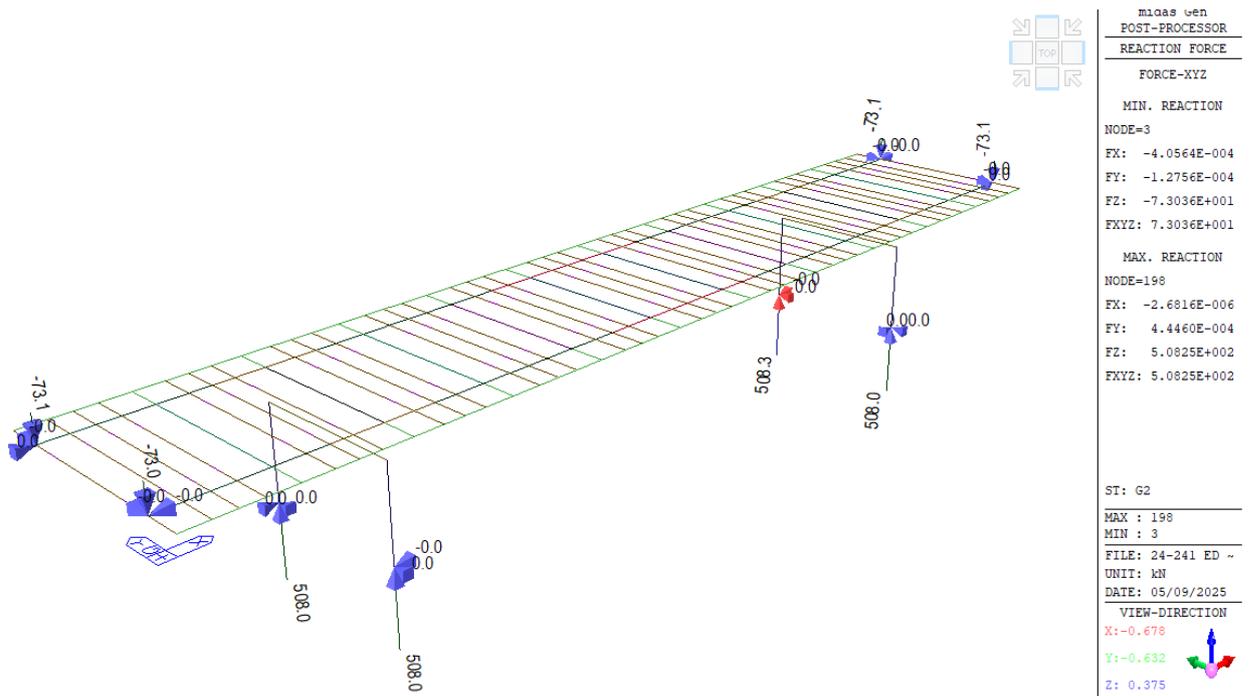
My Impalcato



Fz Impalcato

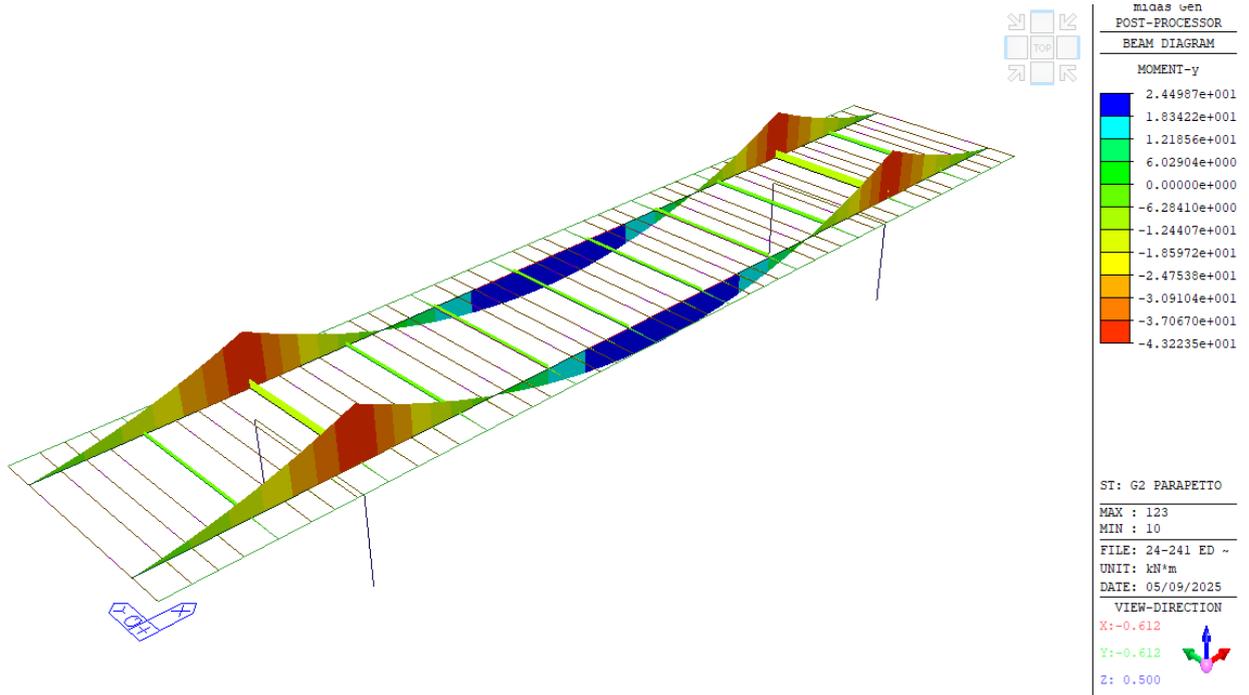


N Pile

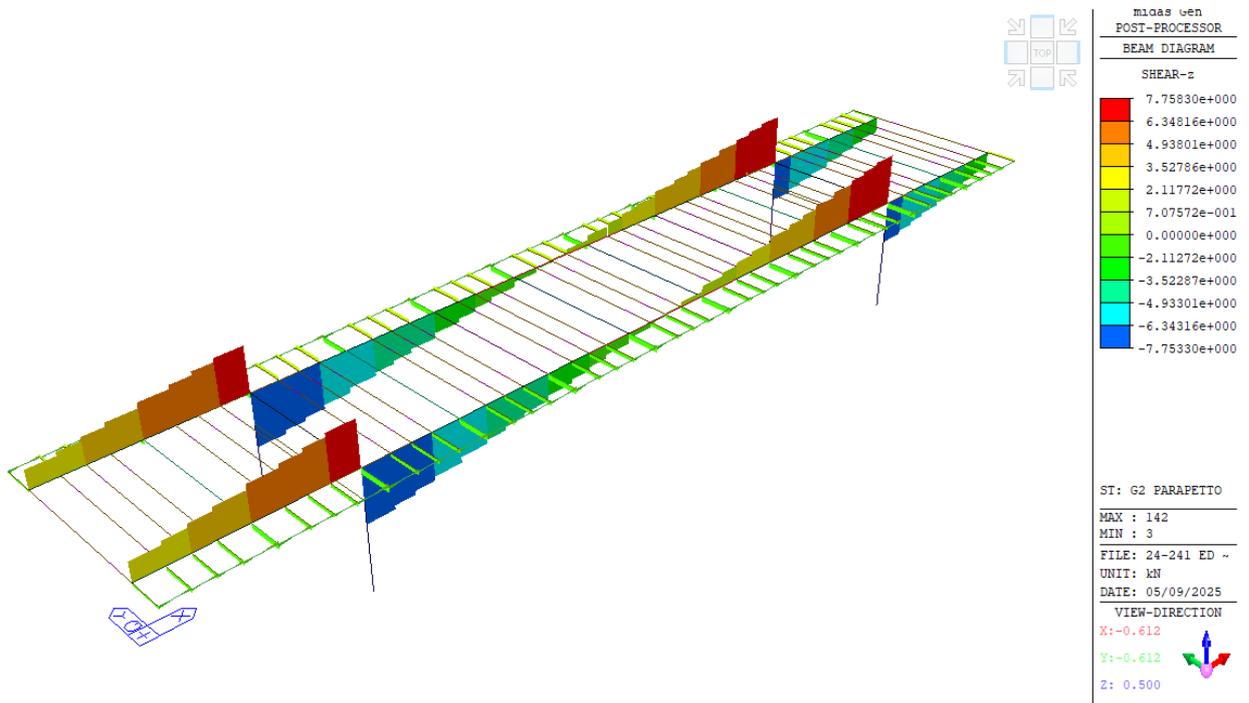


Rz Pile/Spalle

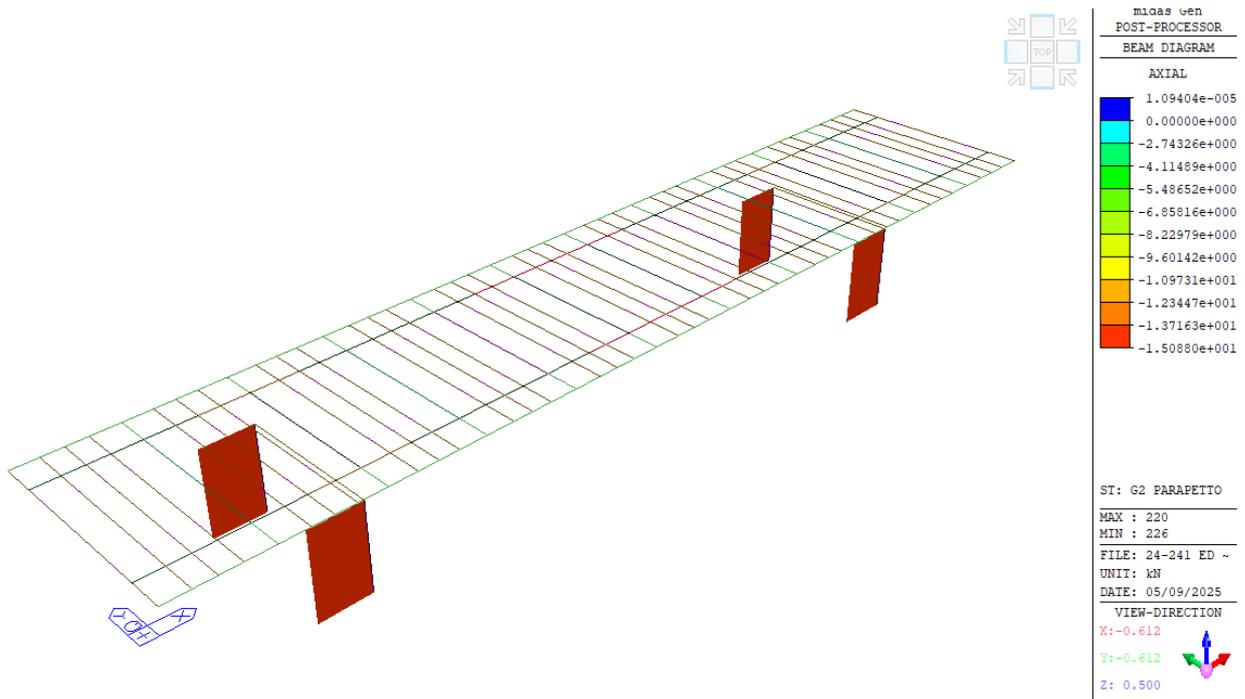
13.1.3 Permanenti Portati (parapetti)



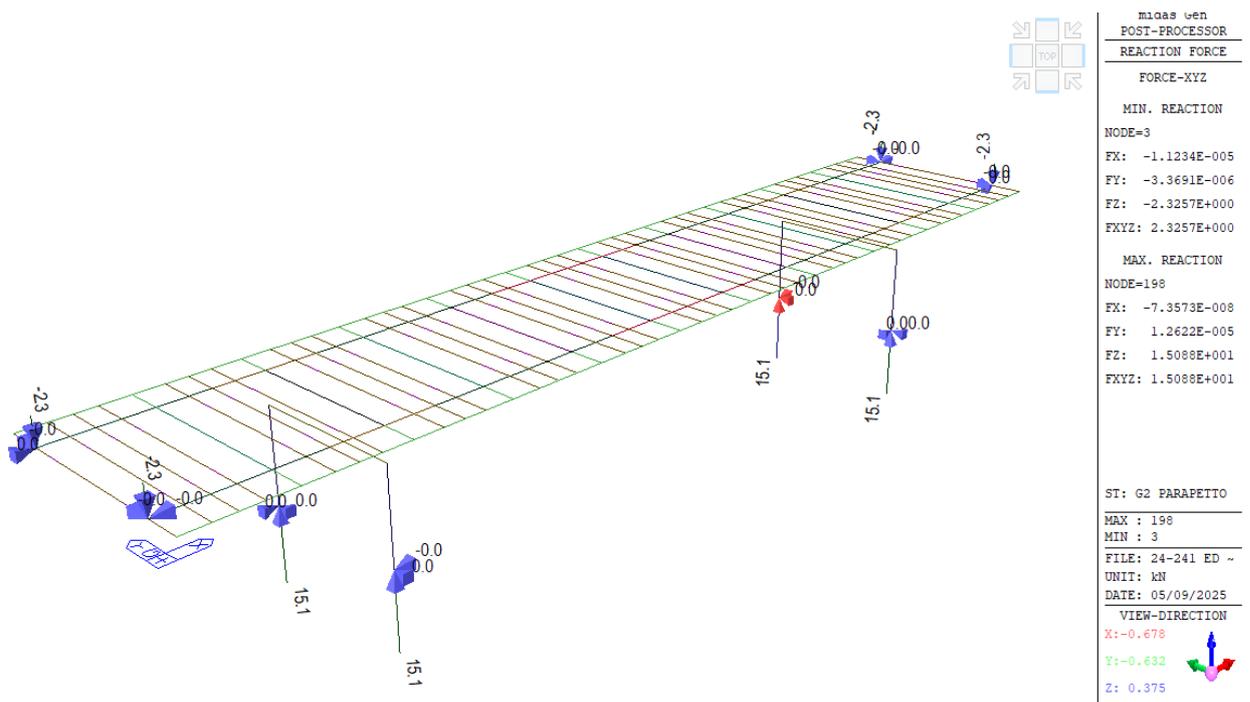
My Impalcato



Fz Impalcato



N Pile



Rz Pile/Spalle

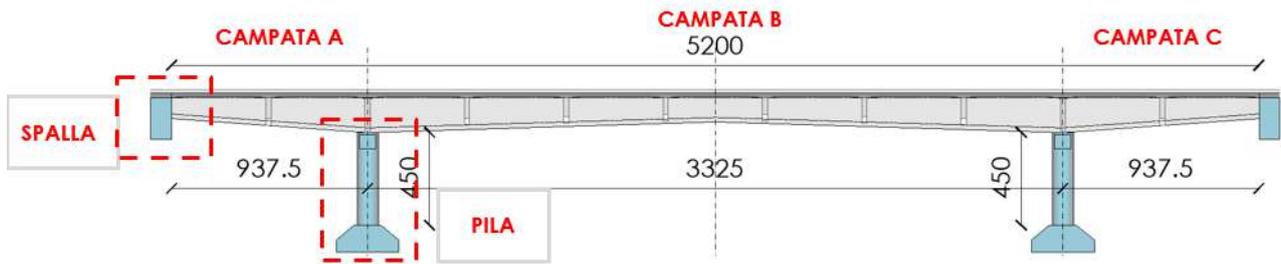
13.2 Sollecitazioni per Carichi da Traffico – Adeguatezza ed Operatività

Si riportano i valori di sollecitazione flessionali e taglianti, per gli elementi trave e traverso, e gli sforzi normali, tagli e momenti flettenti per quanto riguarda pile.

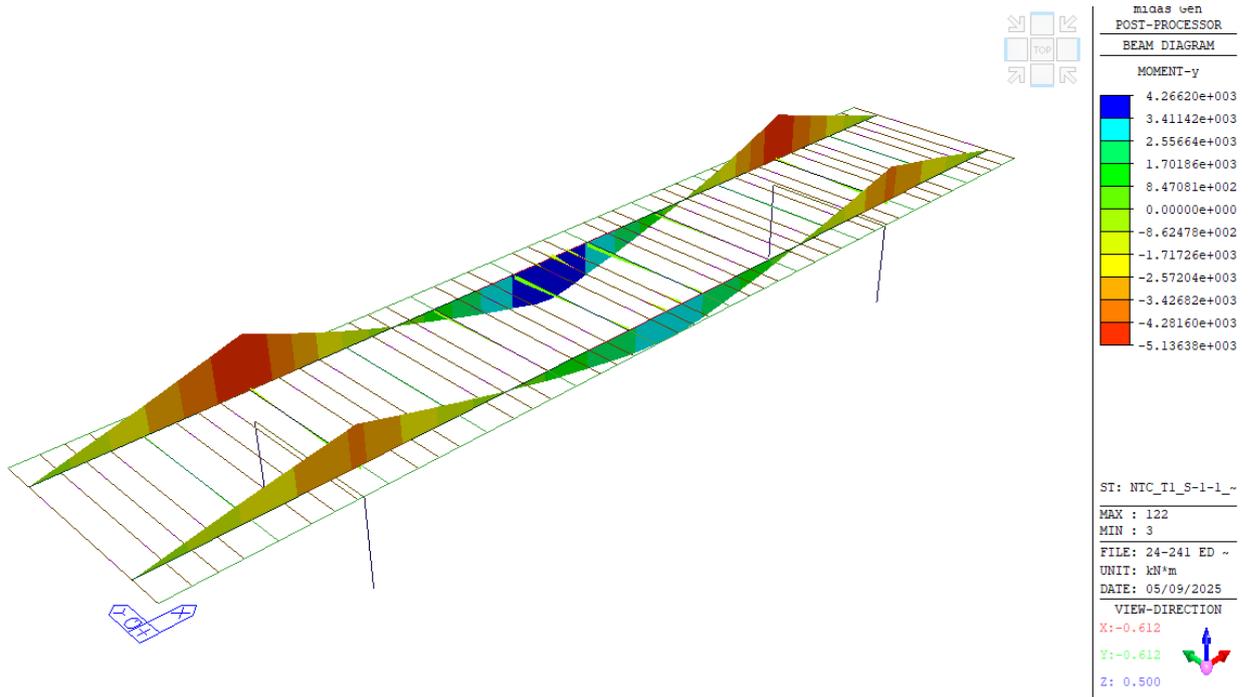
Trattando un numero considerevole di schemi di traffico, onde evitare di riportare informazioni poco rilevanti, per ciascuno schema verranno riportati graficamente i soli parametri di sollecitazione più significativi ai fini della massimizzazione in oggetto.

Le denominazioni degli schemi di carico sono state riportate al capitolo 10.4 del presente elaborato.

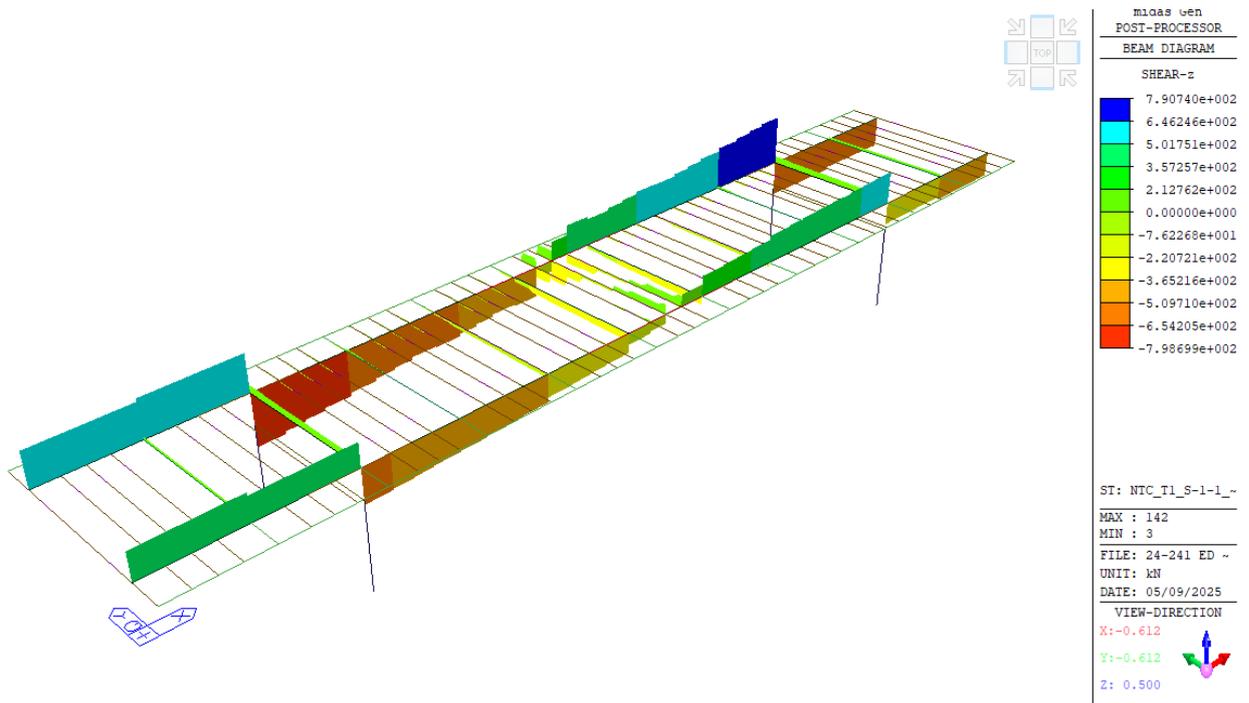
NTC18-T1	Traffico: Massimizzazione M+ campata B
NTC18-T2	Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B
NTC18-T3	Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B
NTC18-T4	Traffico: Massimizzazione N Spalla
NTC18-T5	Traffico: Massimizzazione M+ campata A
NTC18-T6	Traffico: Massimizzazione V campata B
NTC18-T71	Traffico: Massimizzazione M/V traverso 5
NTC18-T72	Traffico: Massimizzazione M traverso 5
NTC18-T81	Traffico: Massimizzazione M/V traverso 3
NTC18-T82	Traffico: Massimizzazione M traverso 3
NTC18-T9	Traffico: Massimizzazione M/V soletta



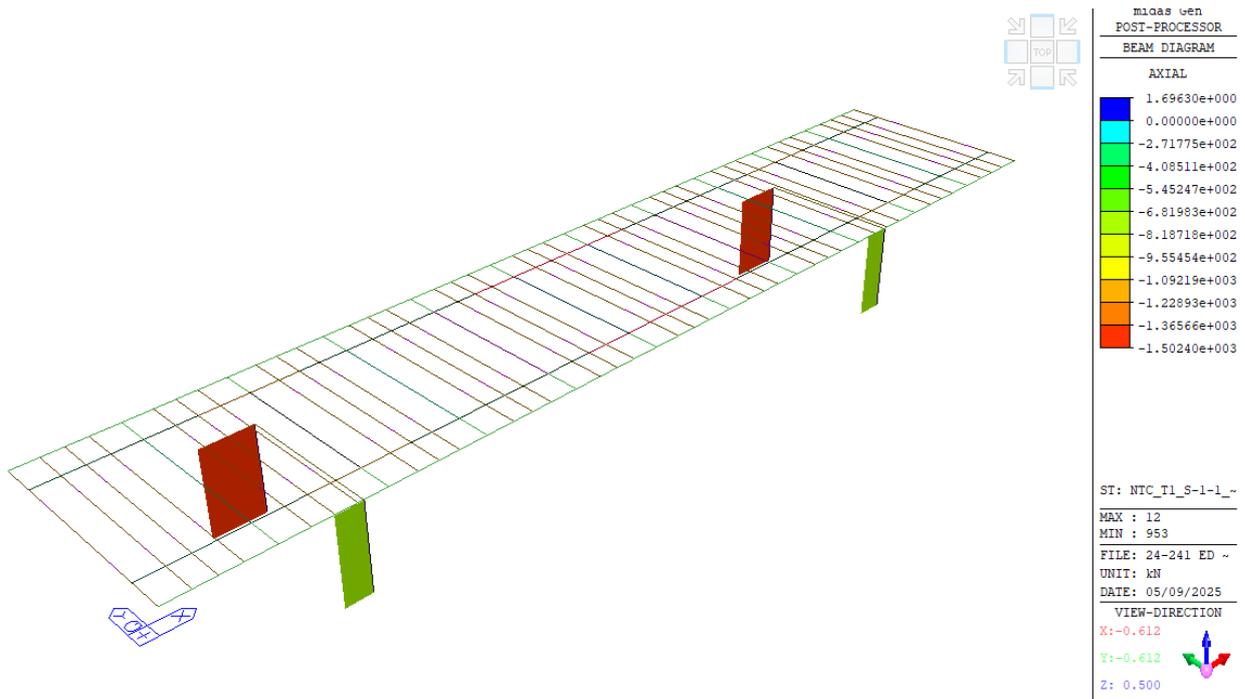
13.2.1 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T1



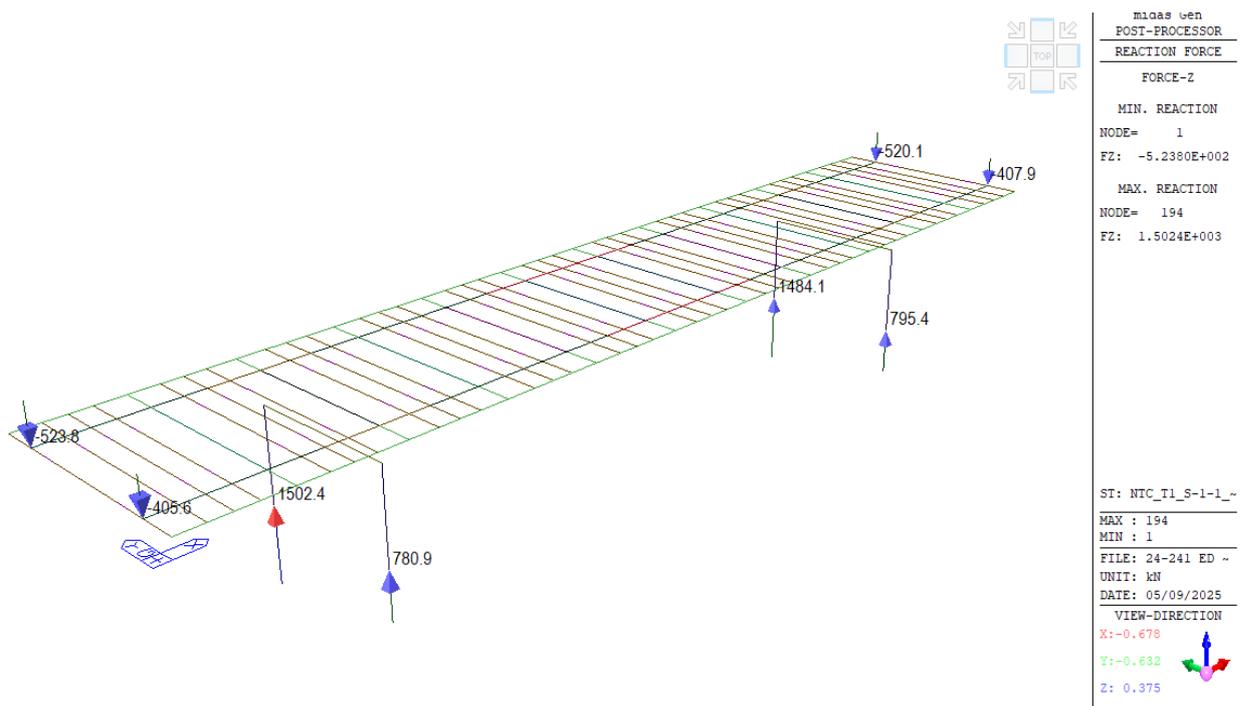
My Impalcato



Fz Impalcato

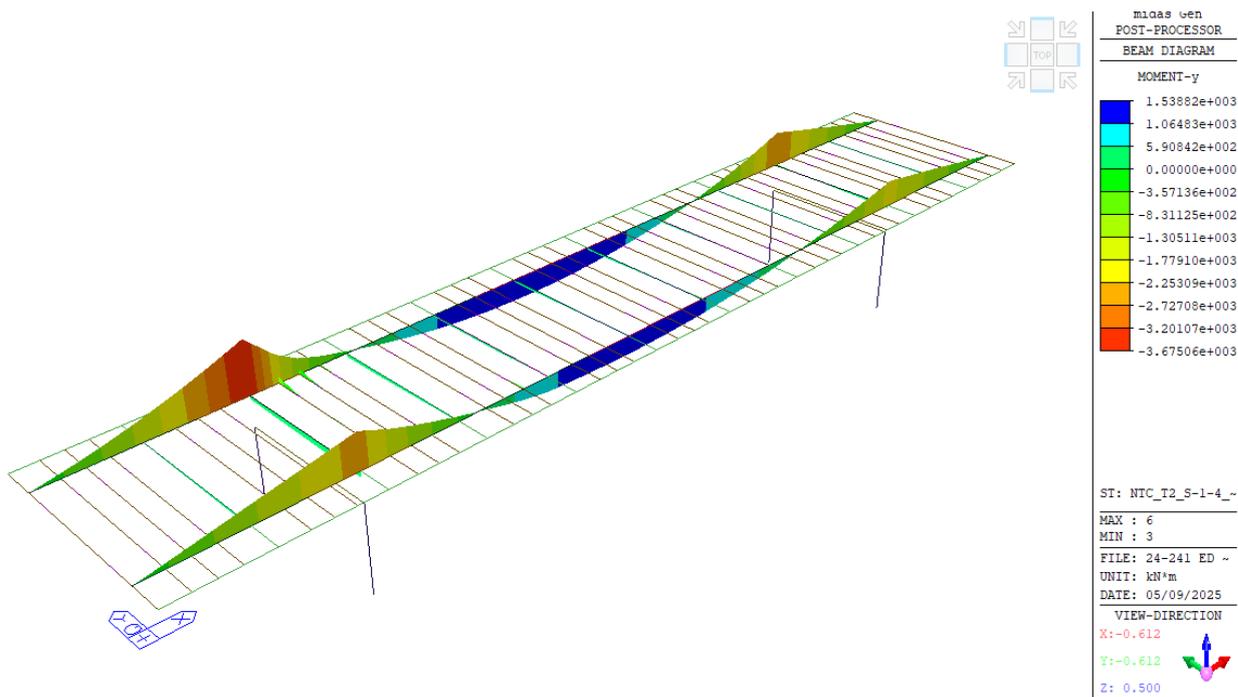


N Pile

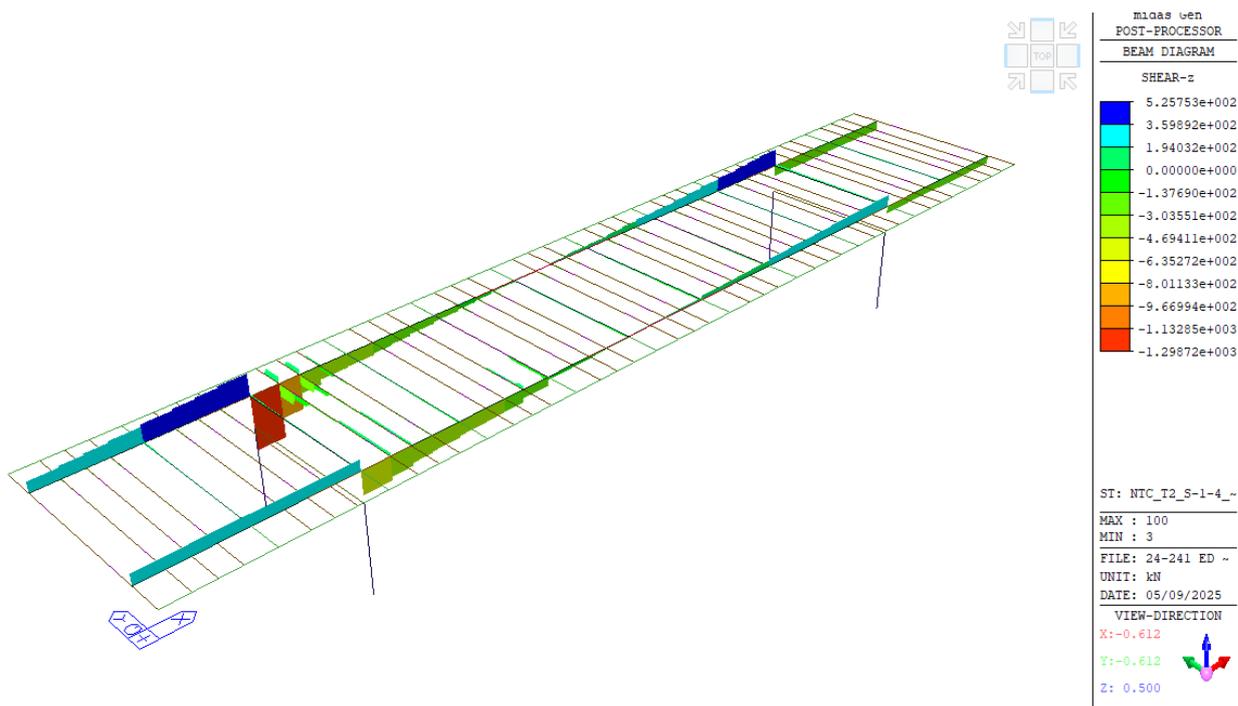


Rz Pile/Spalle

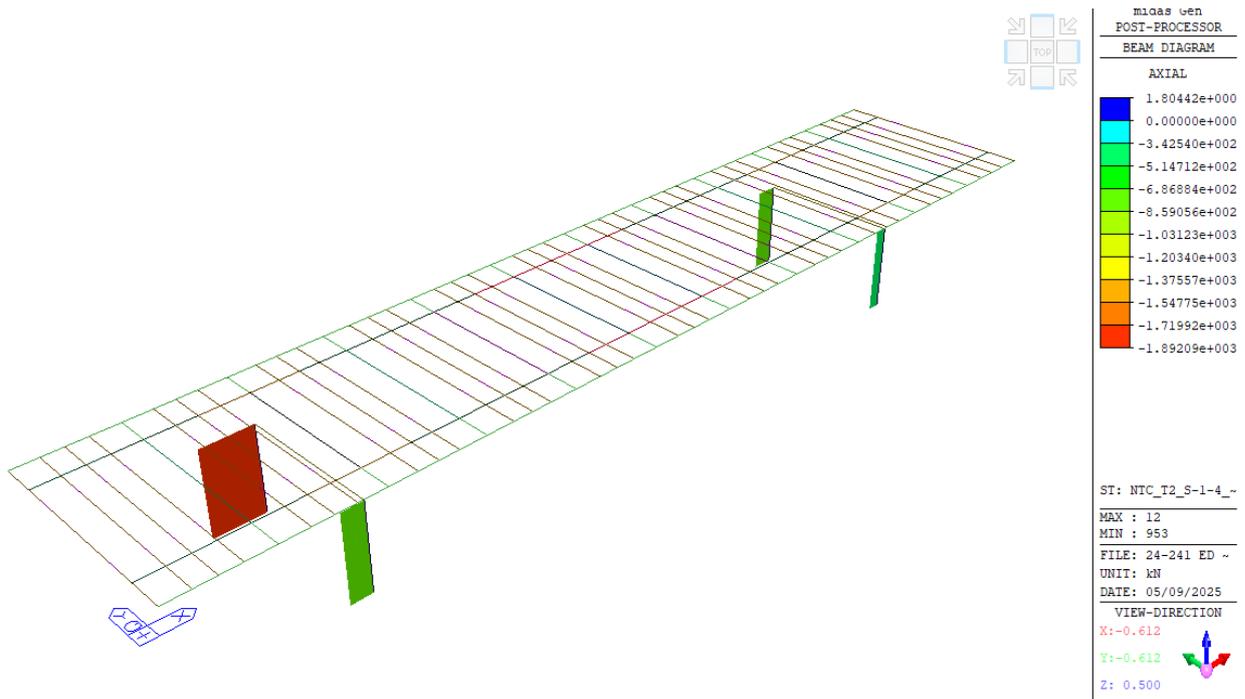
13.2.2 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T2



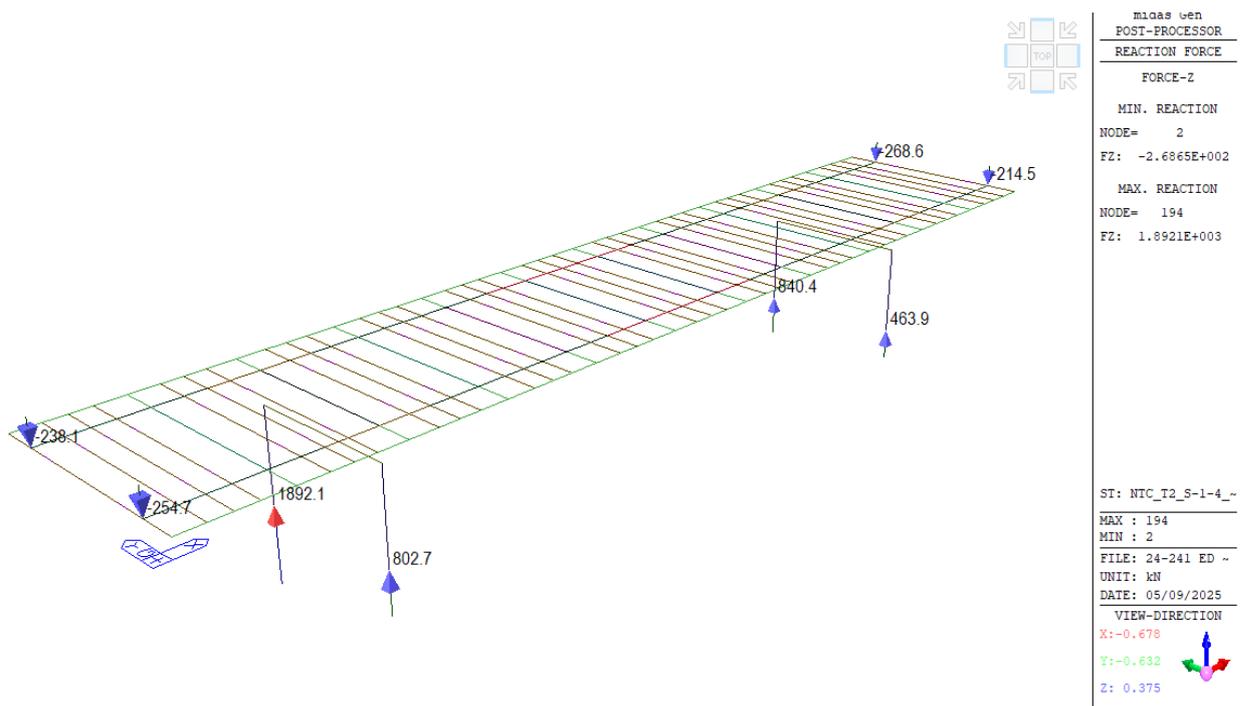
My Impalcato



Fz Impalcato

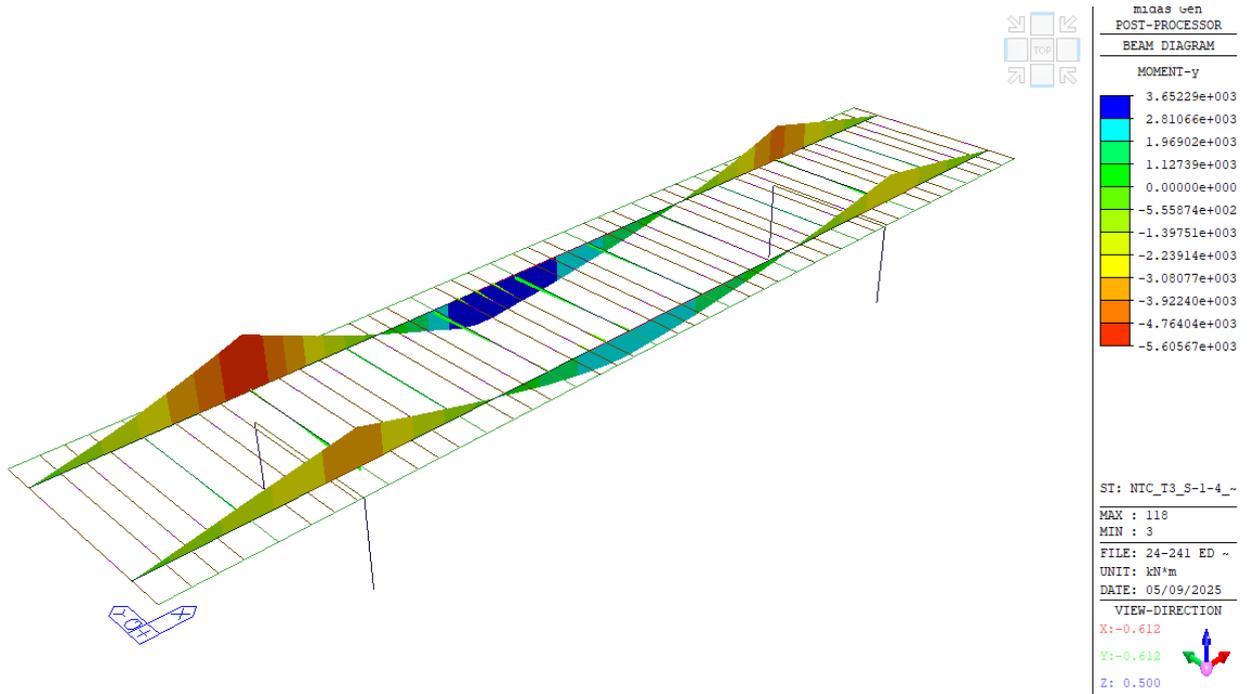


N Pile

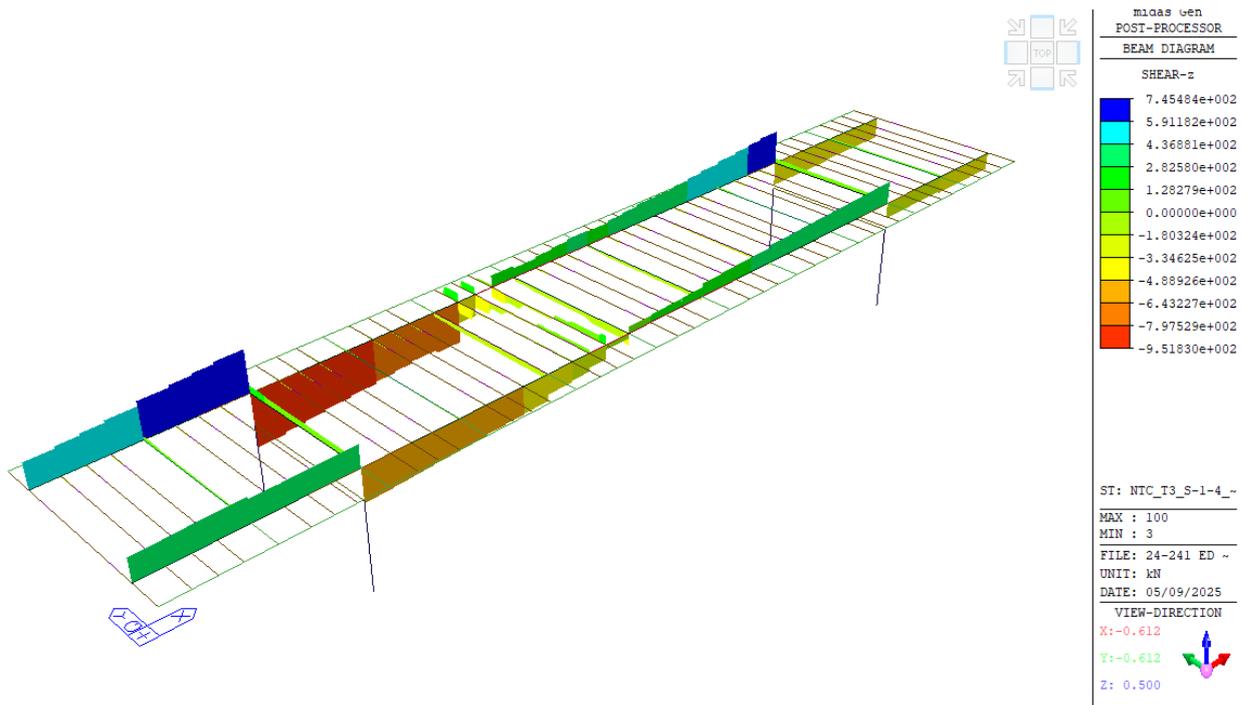


Rz Pile/Spalle

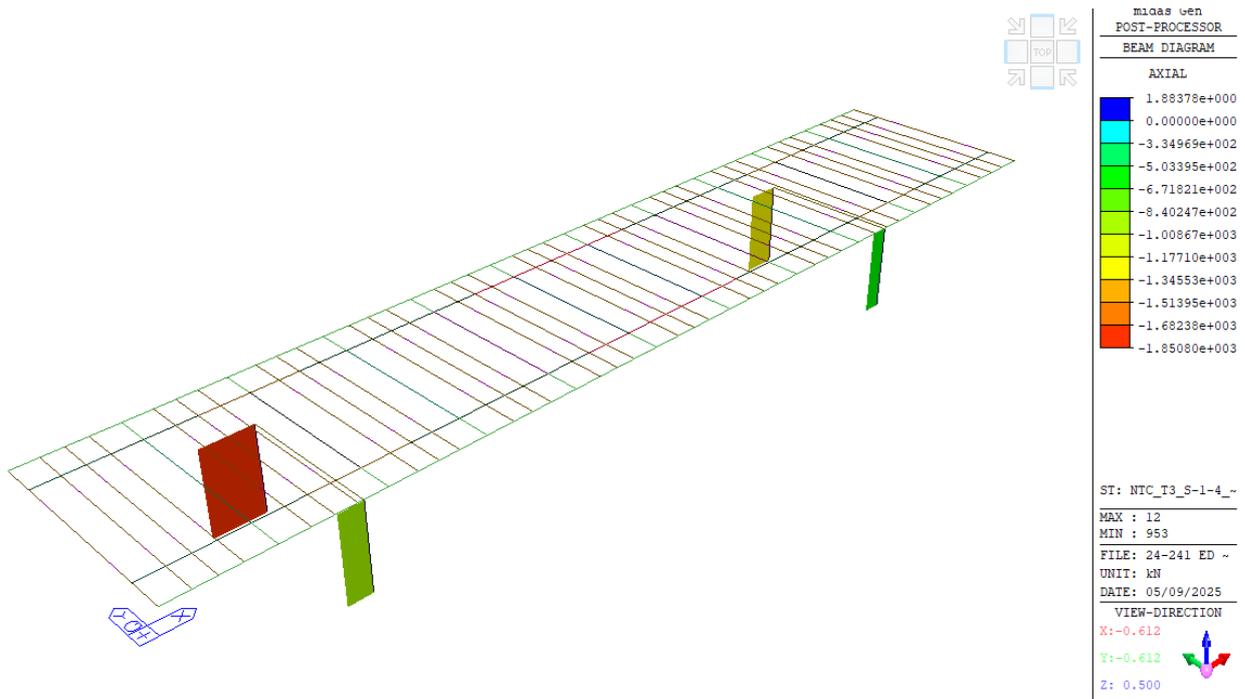
13.2.3 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T3



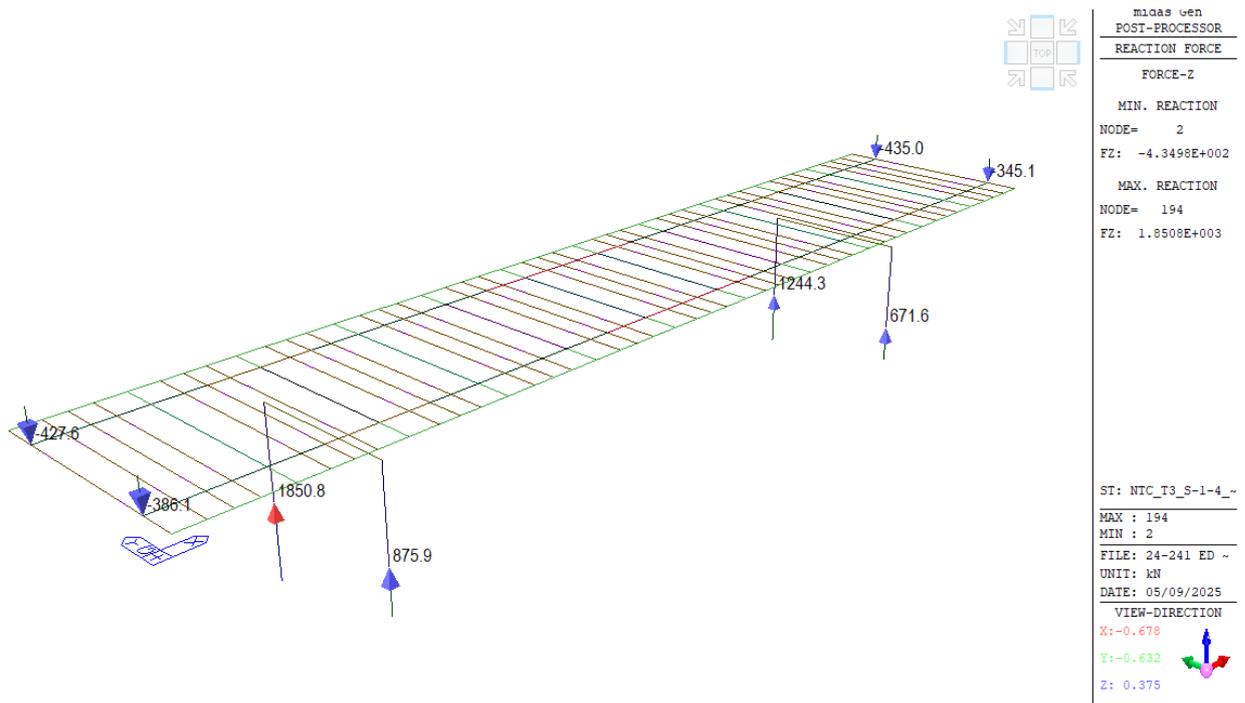
My Impalcato



Fz Impalcato

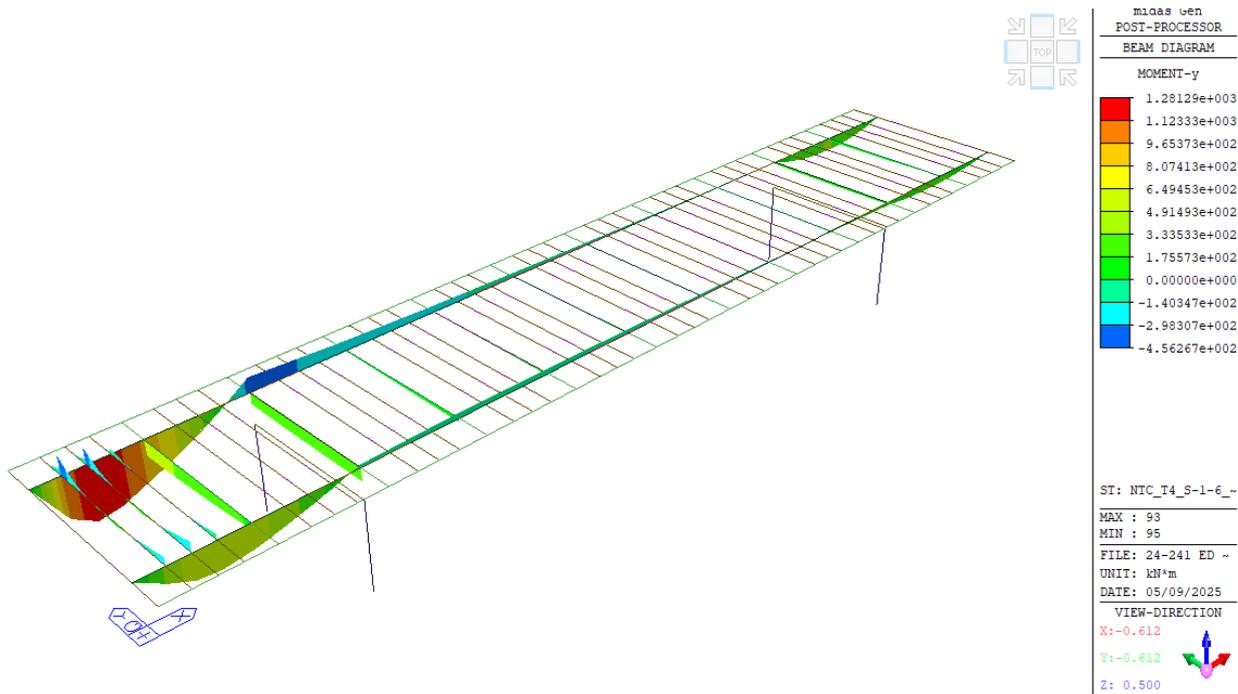


N Pile

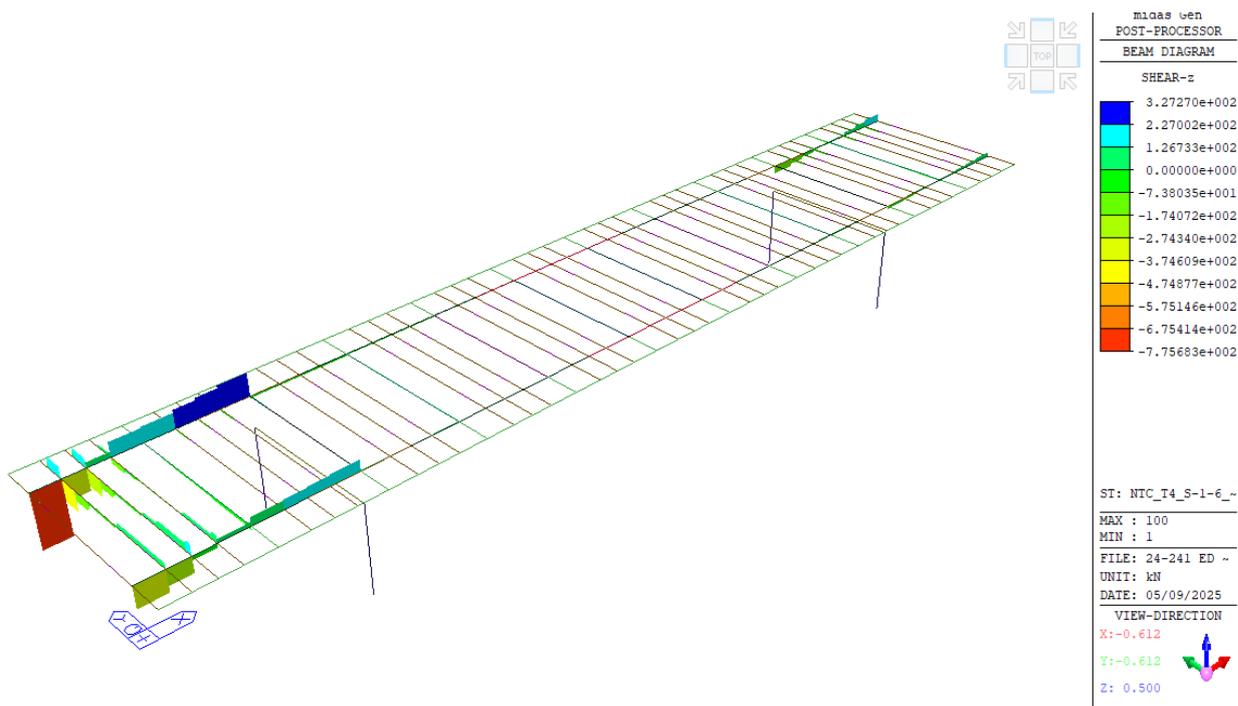


Rz Pile/Spalle

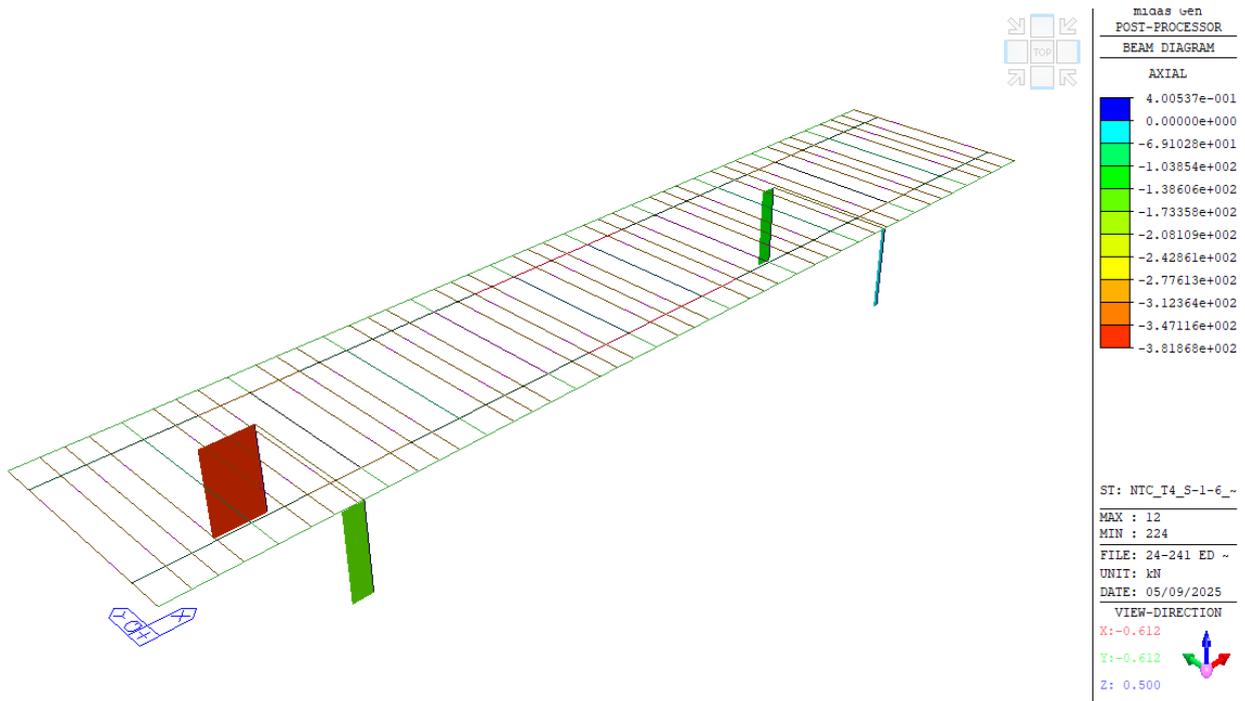
13.2.4 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T4



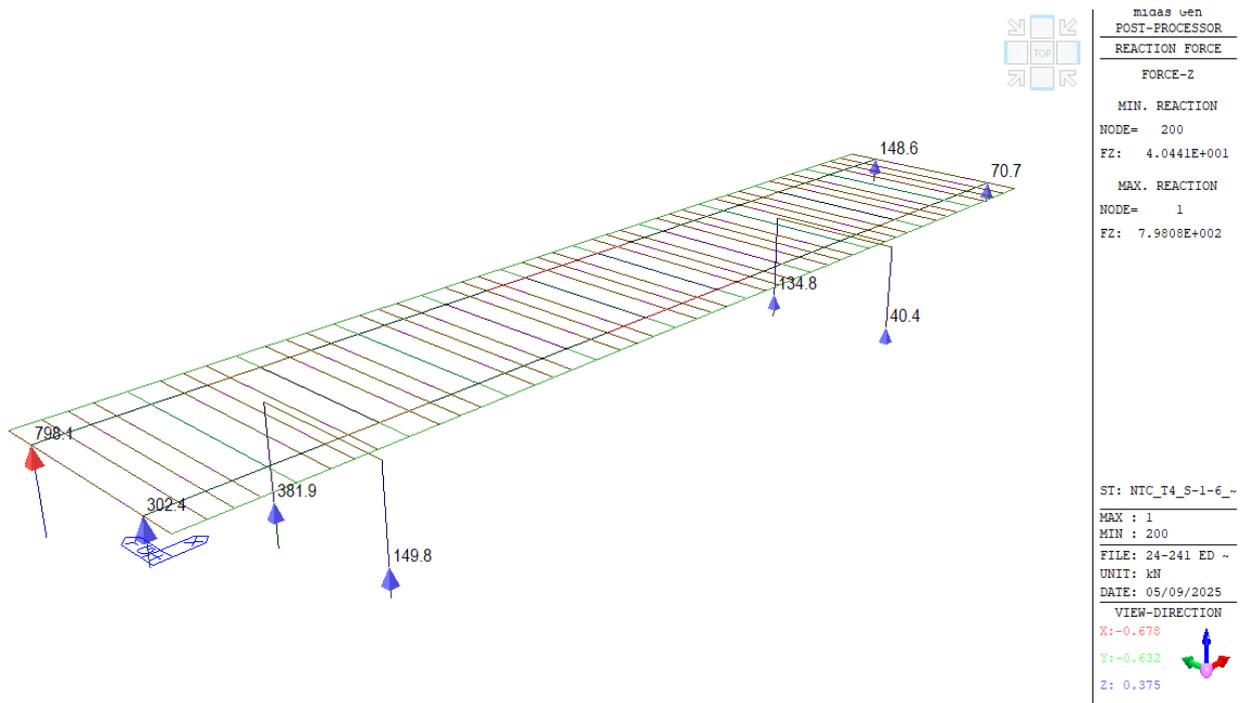
My Impalcato



Fz Impalcato

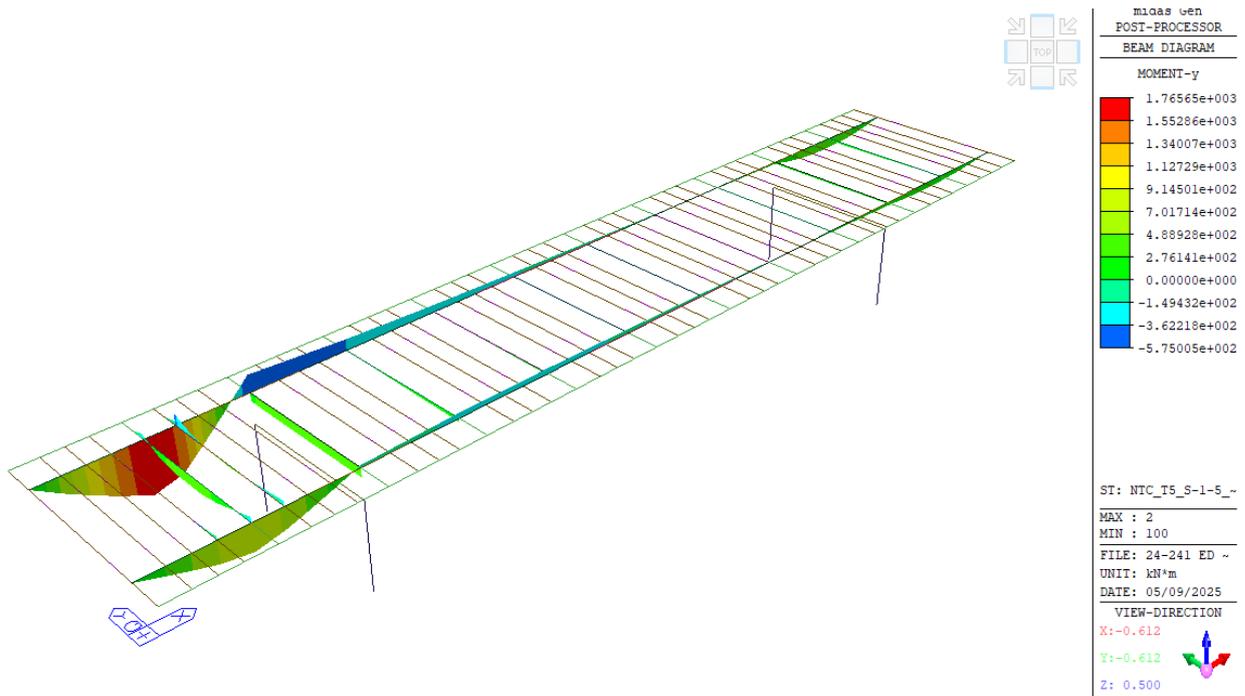


N Pile

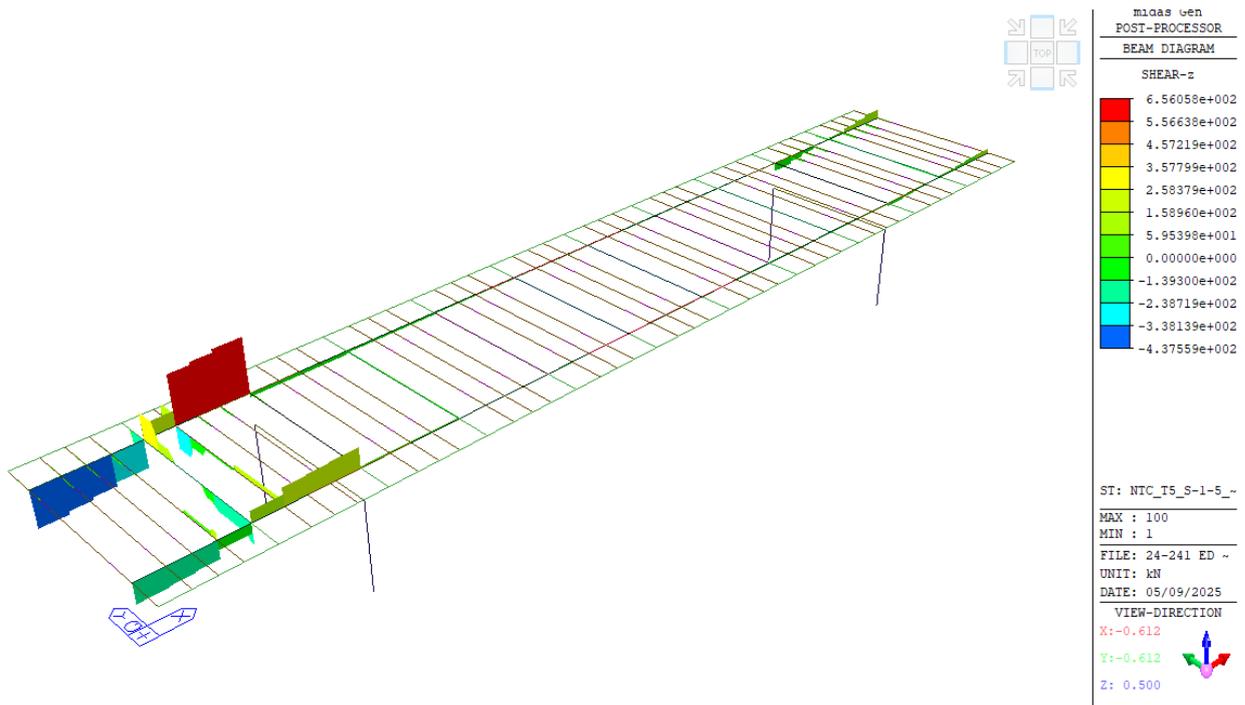


Rz Pile/Spalle

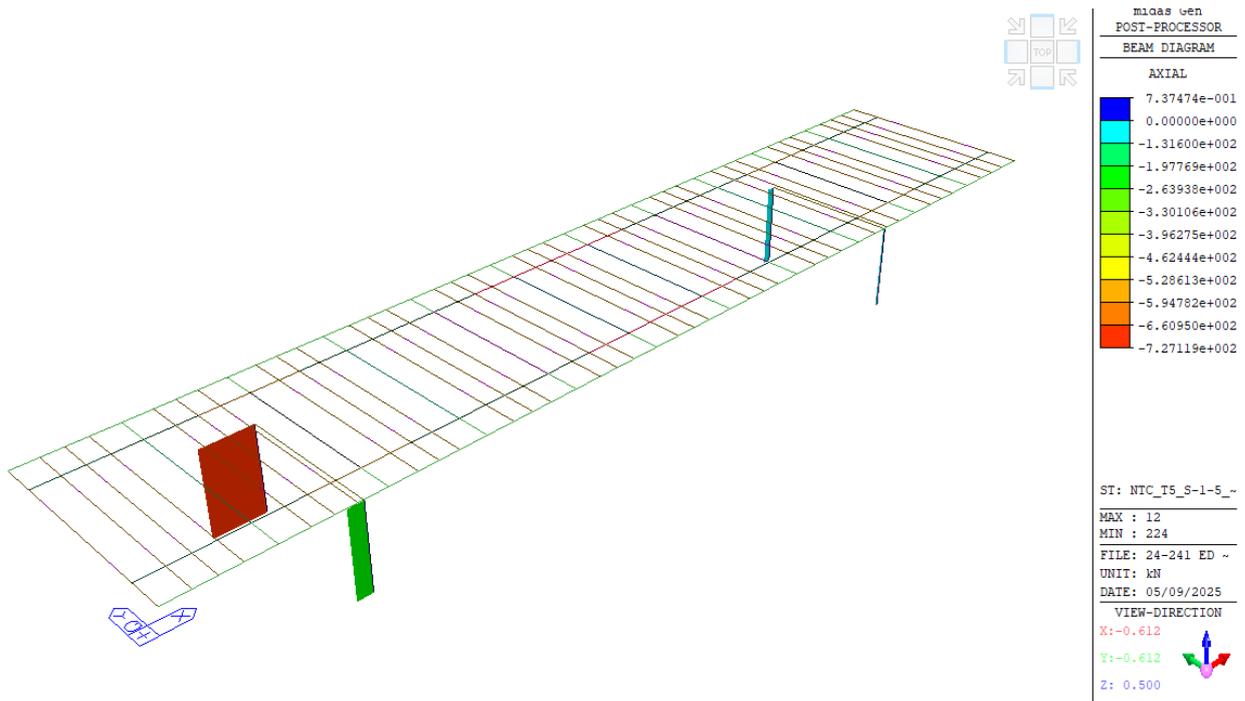
13.2.5 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T5



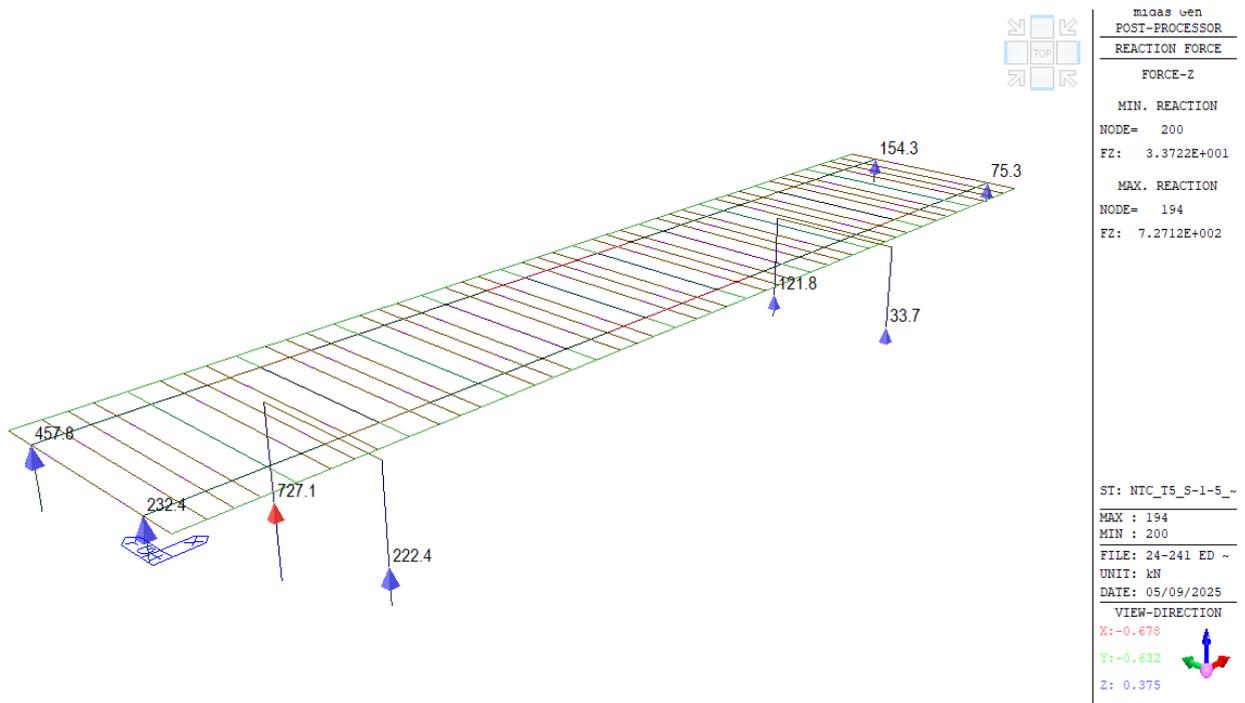
My Impalcato



Fz Impalcato

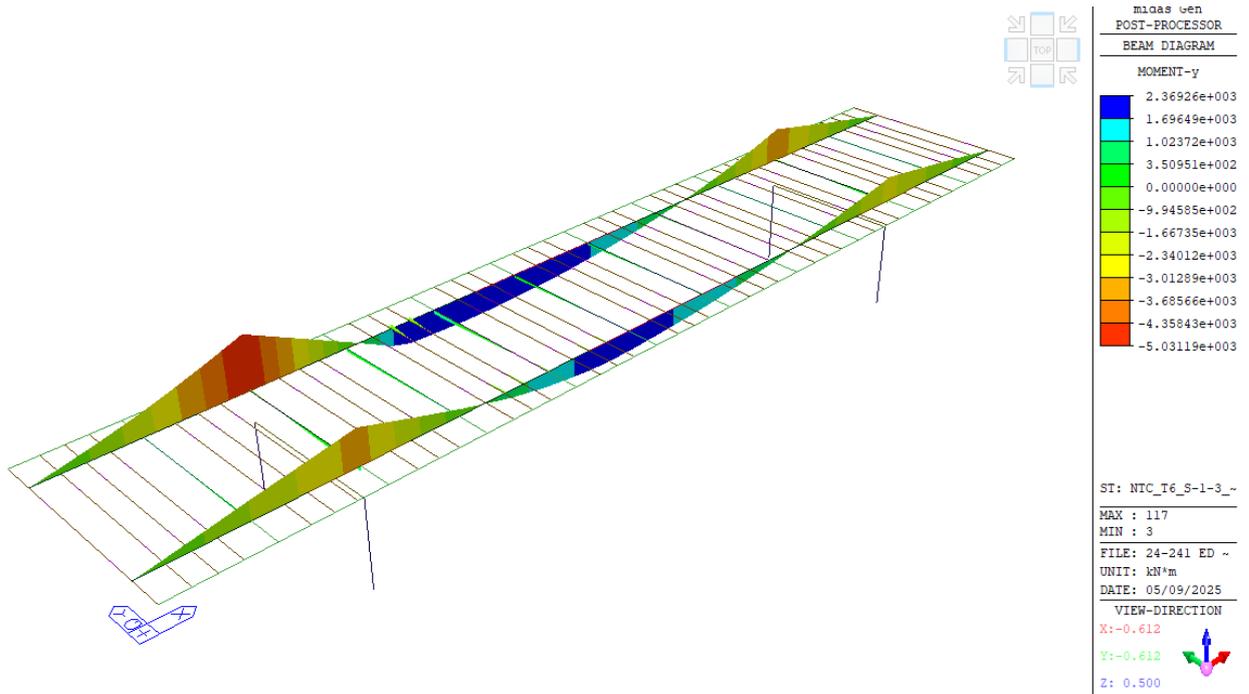


N Pile

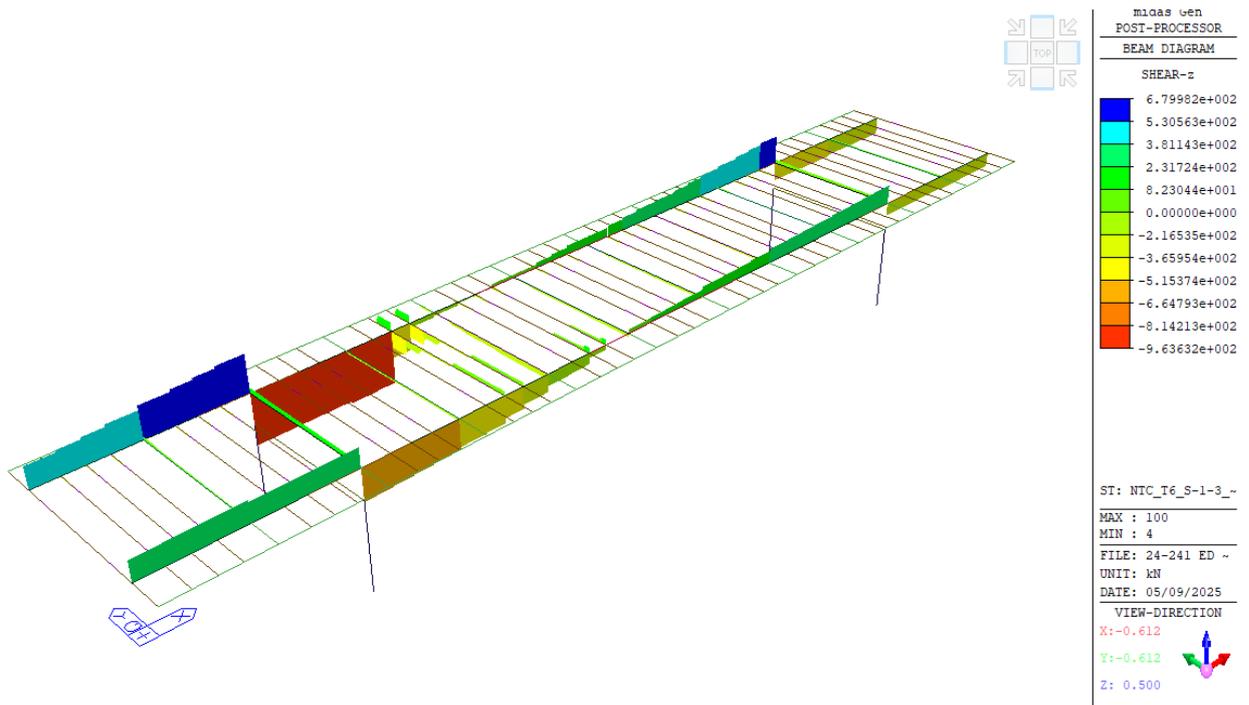


Rz Pile/Spalle

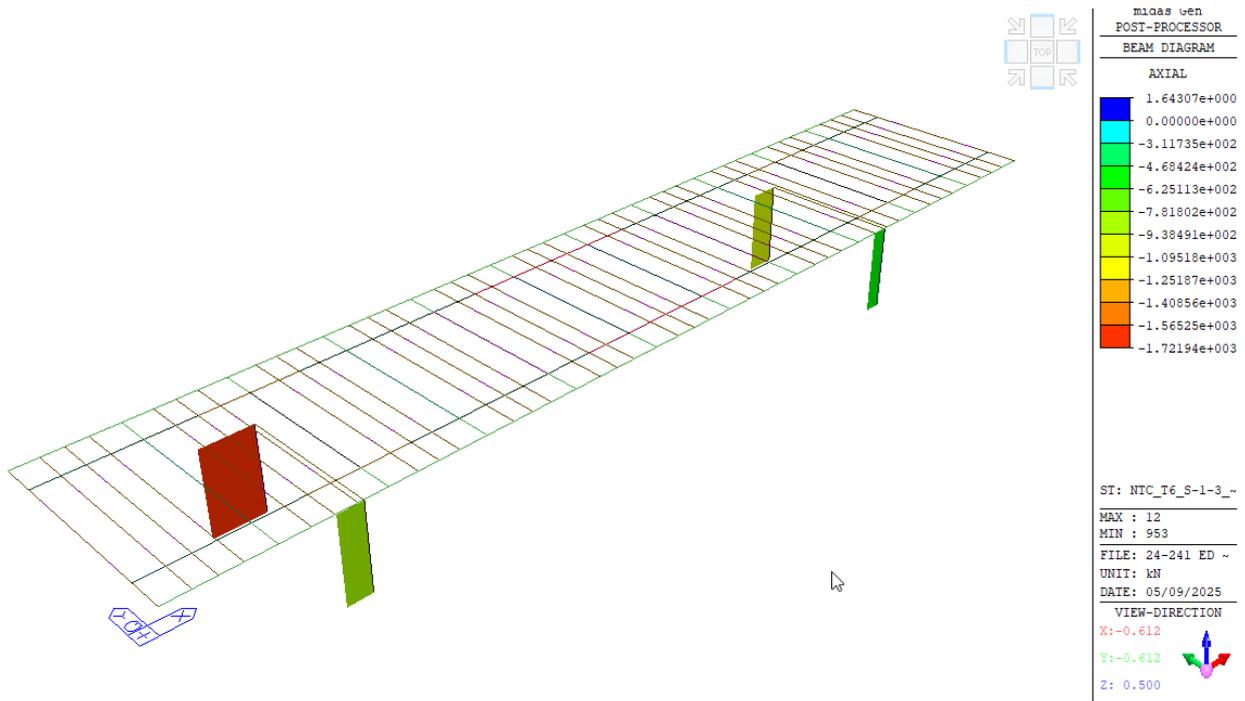
13.2.6 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T6



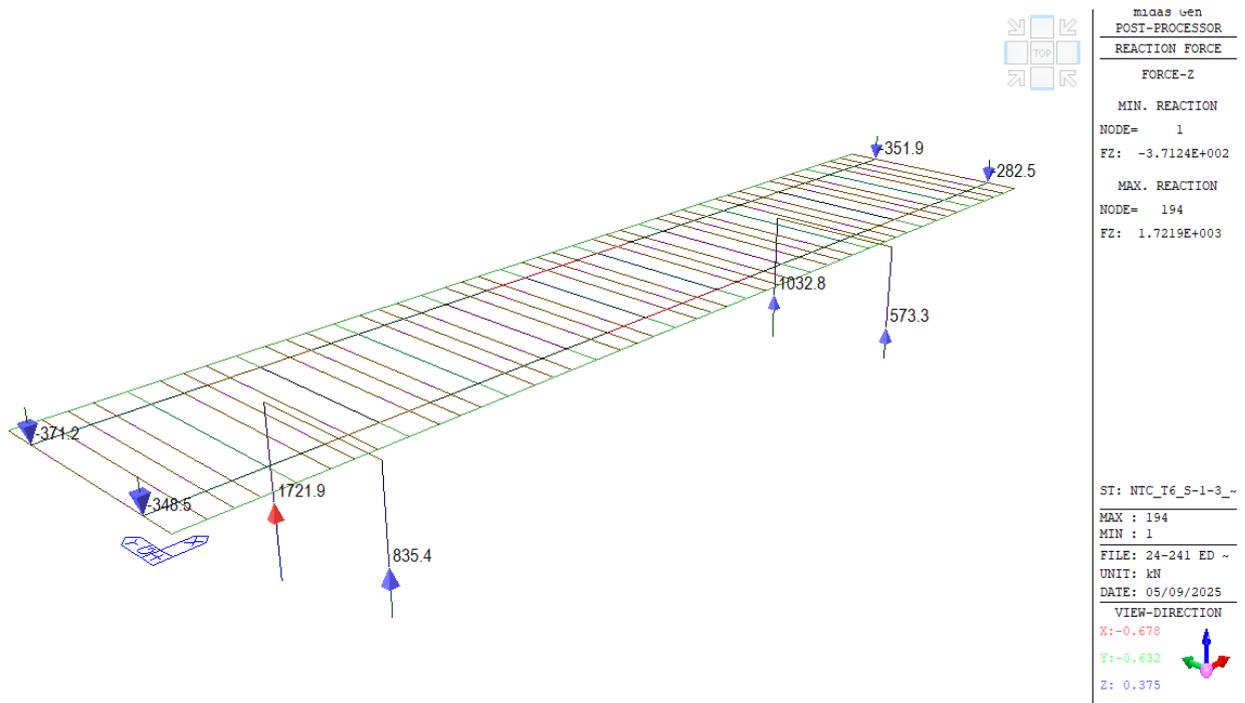
My Impalcato



Fz Impalcato

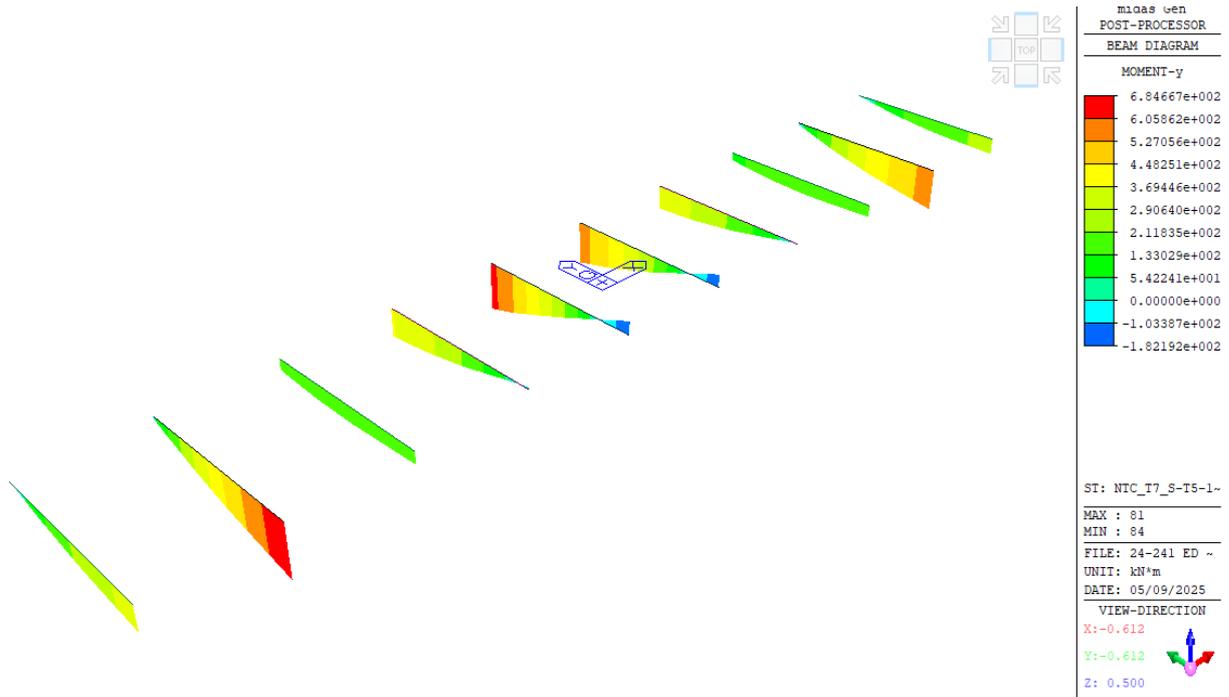


N Pile

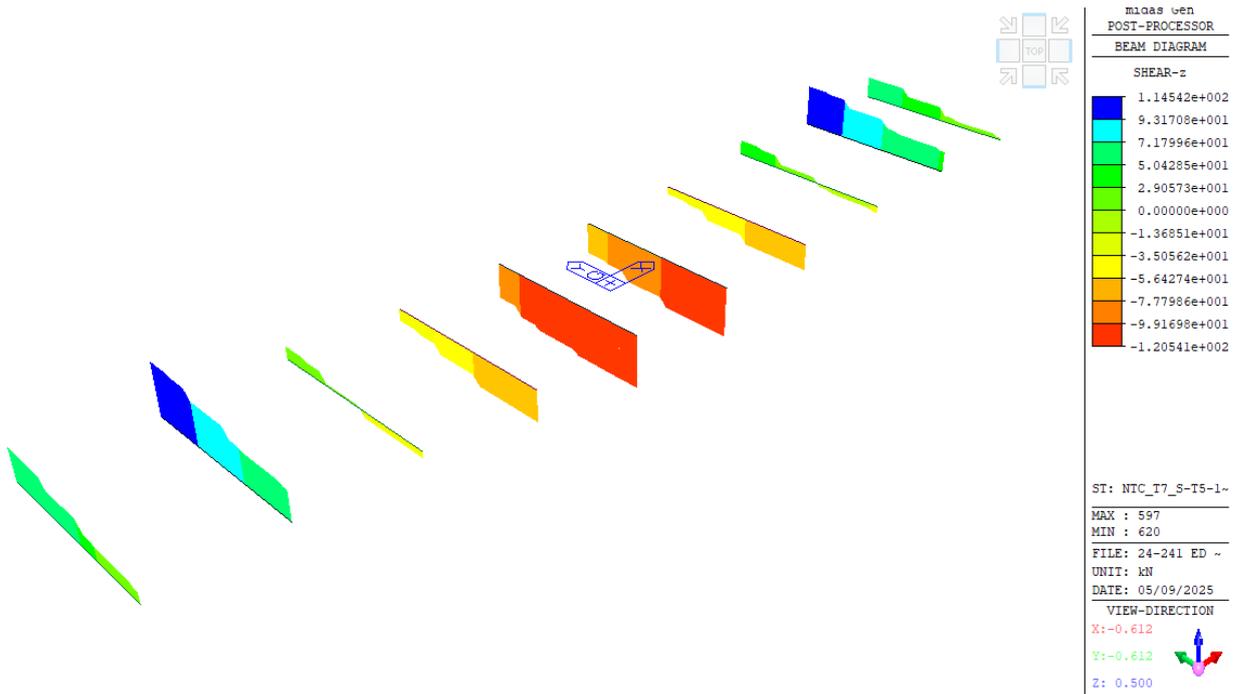


Rz Pile/Spalle

13.2.7 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T71

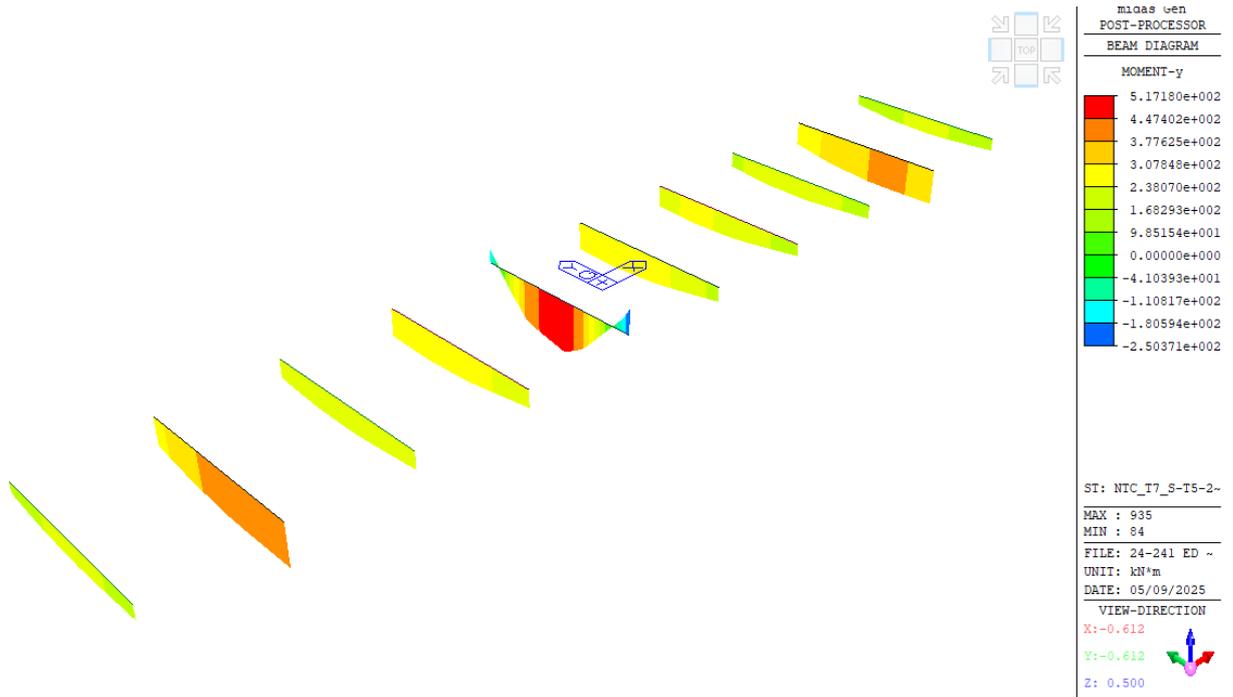


My Traversi

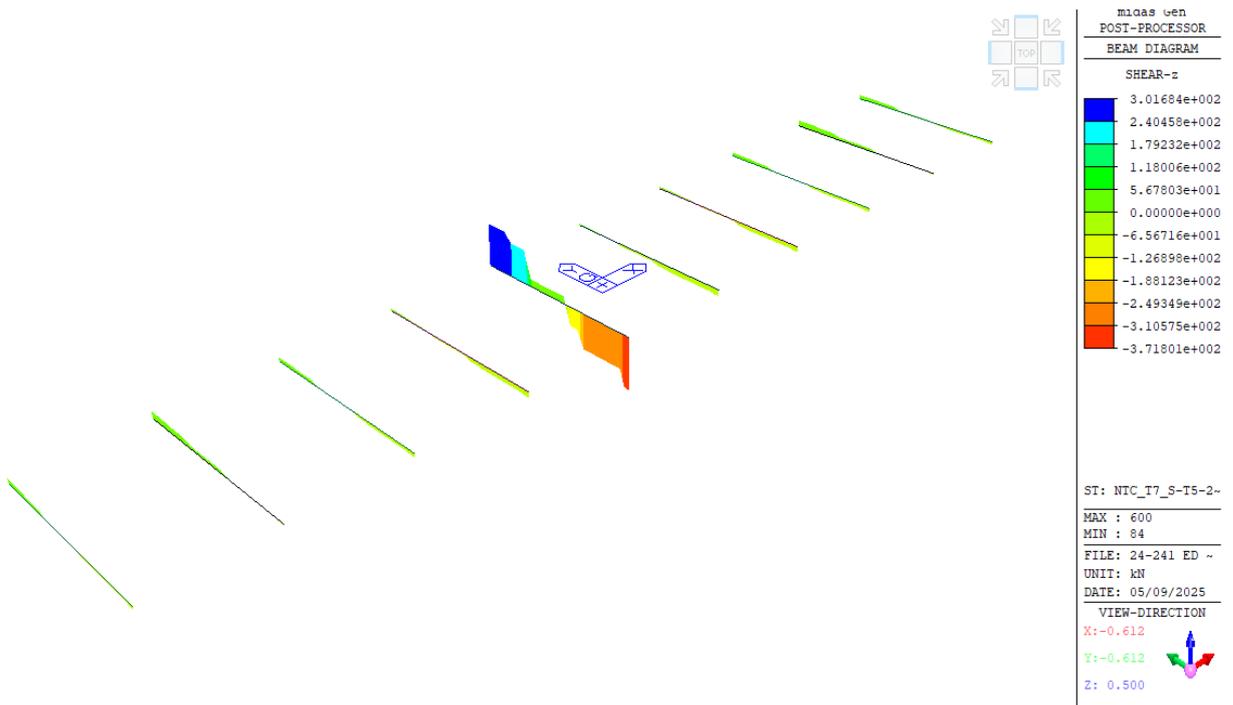


Fz Traversi

13.2.8 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T72

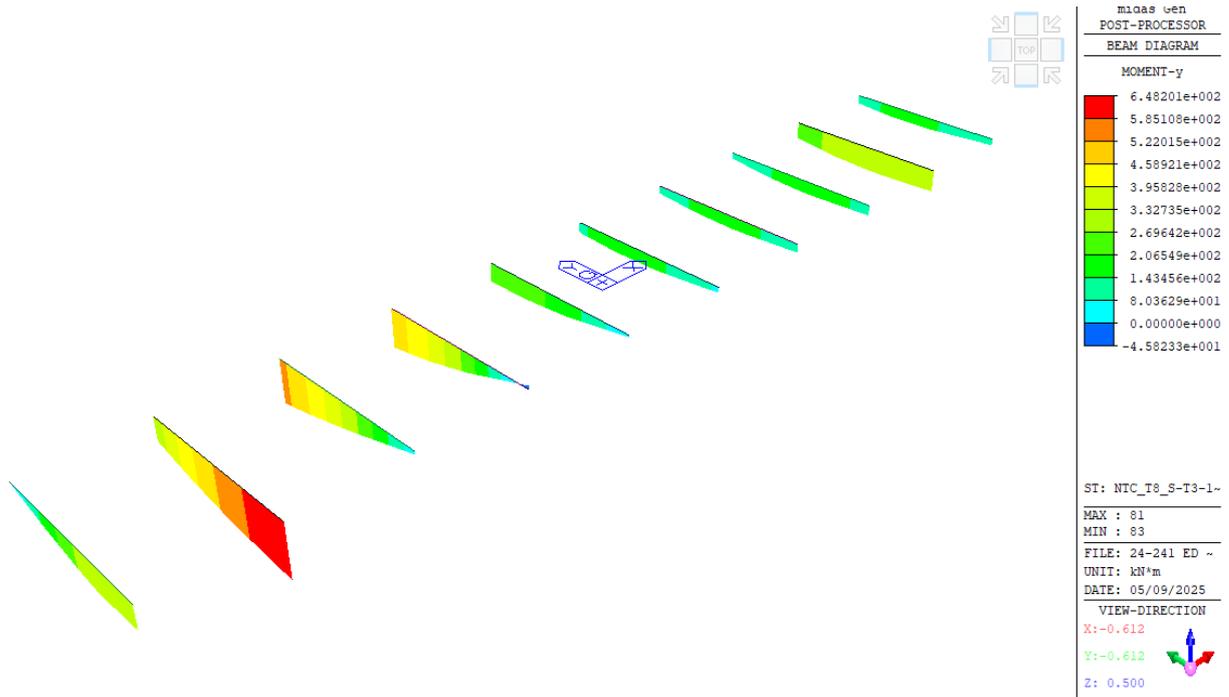


My Traversi

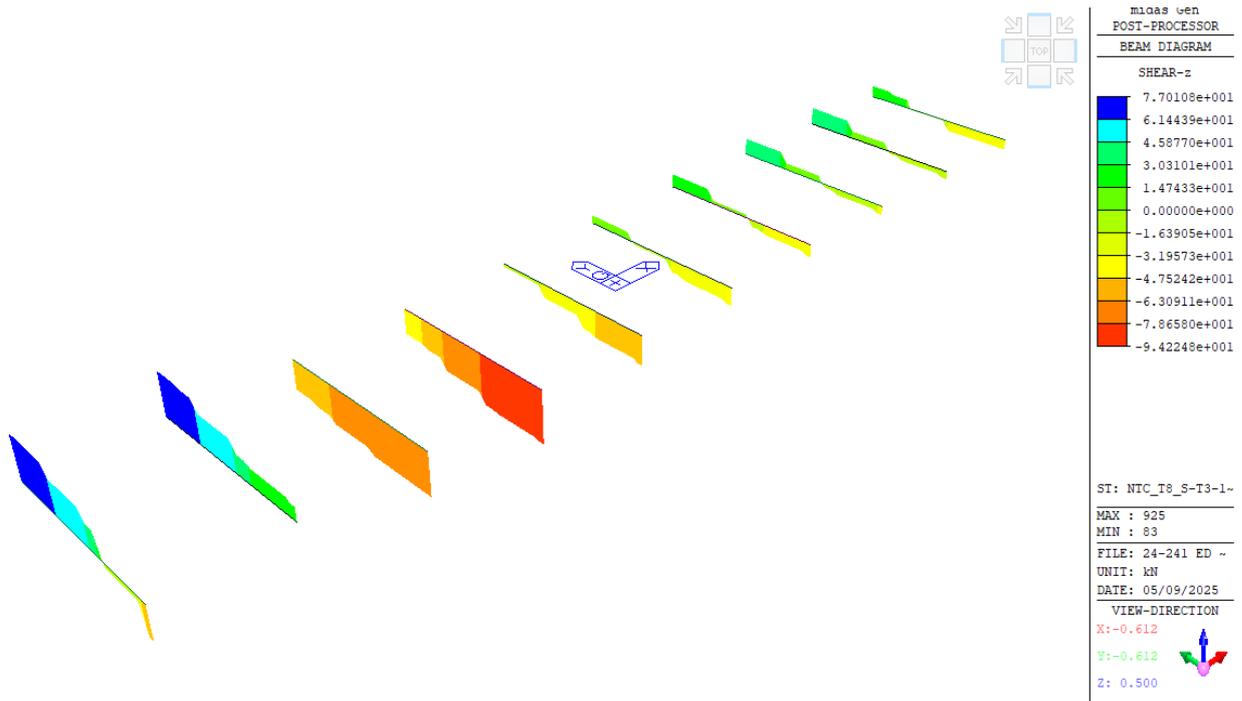


Fz Traversi

13.2.9 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T81

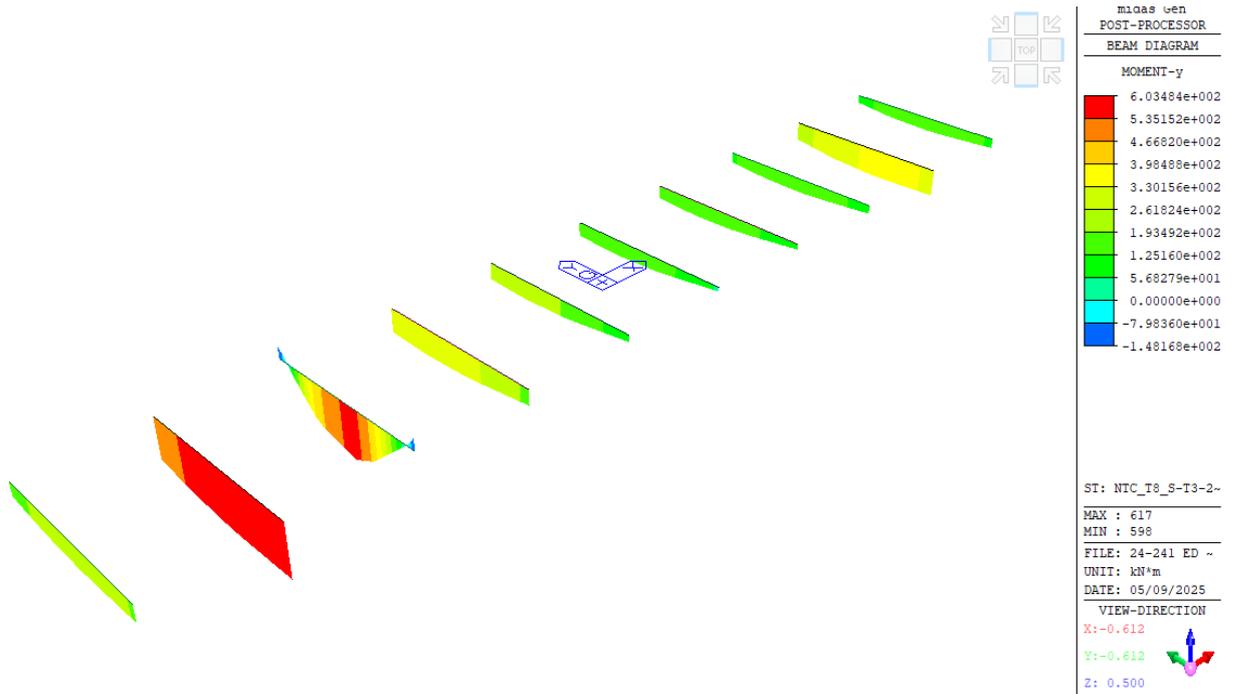


My Traversi

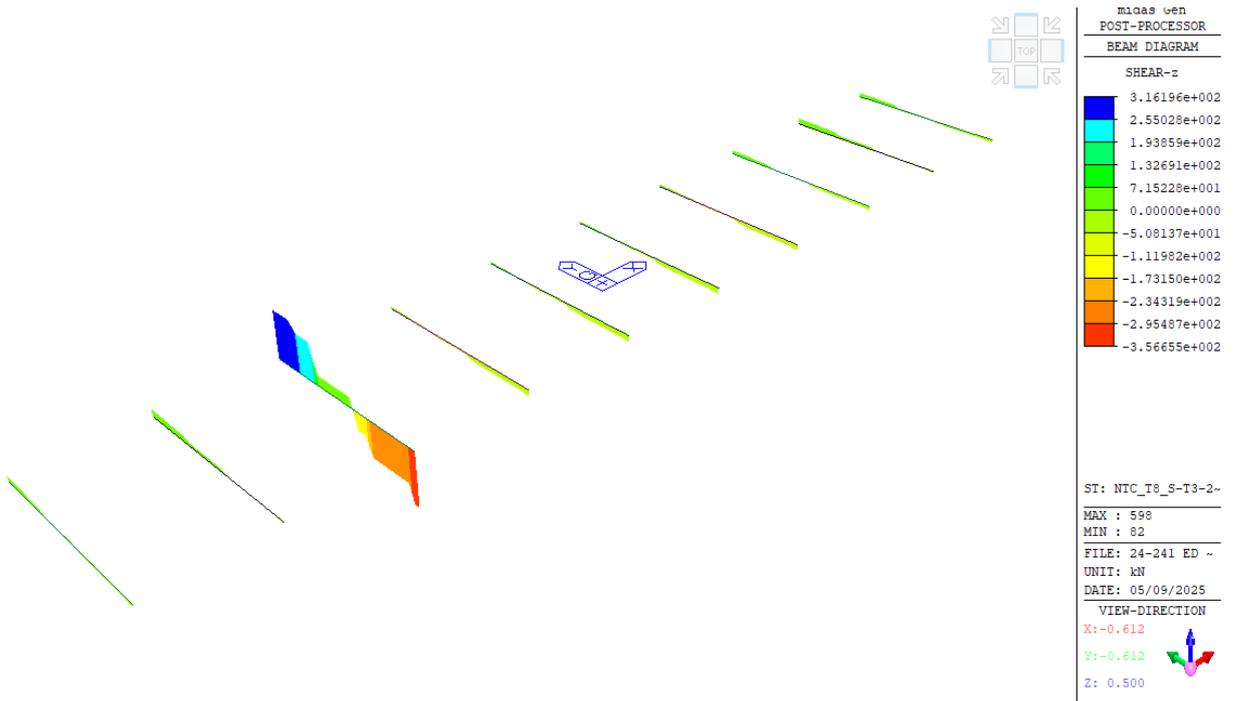


Fz Traversi

13.2.10 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T82

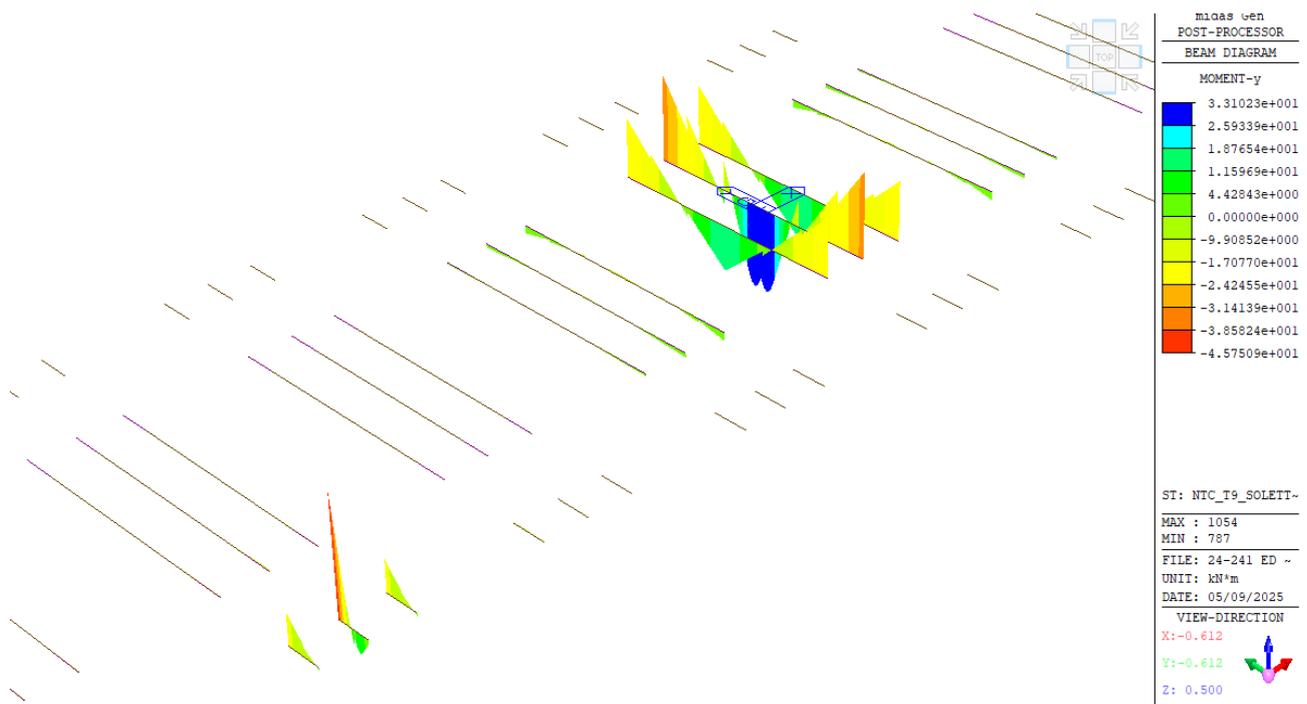


My Traversi

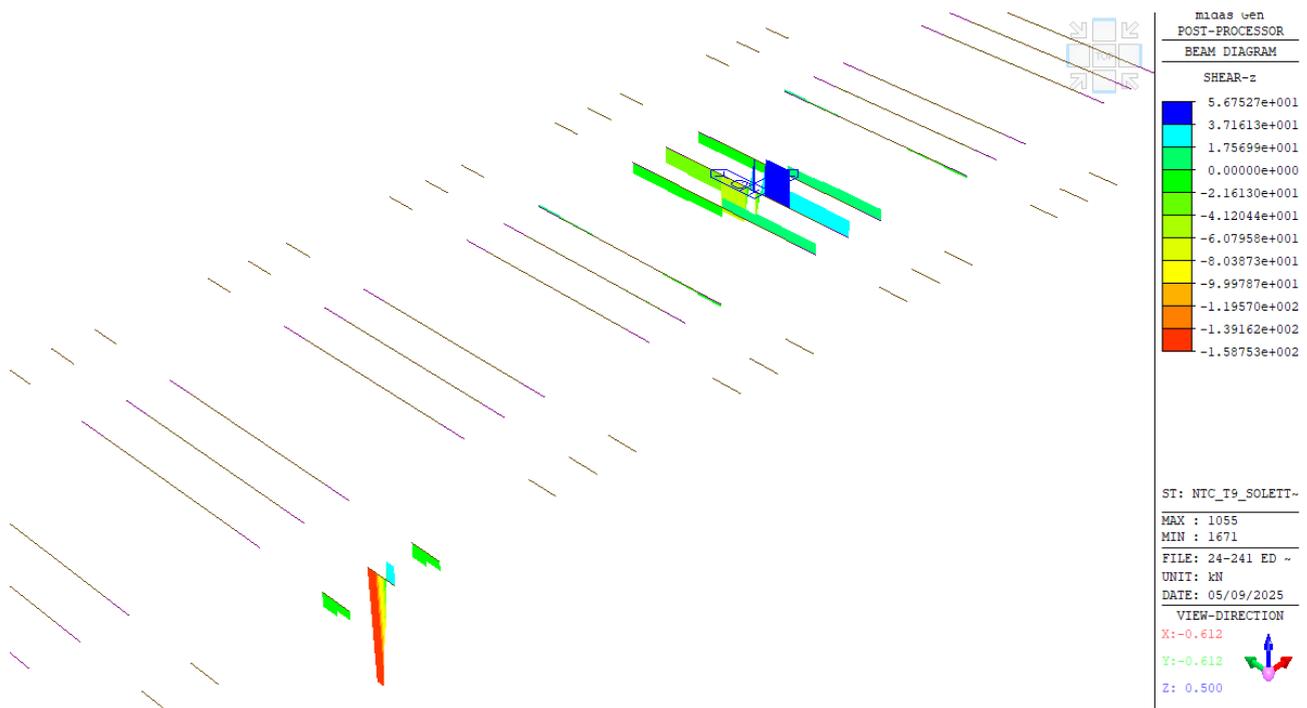


Fz Traversi

13.2.11 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-T9

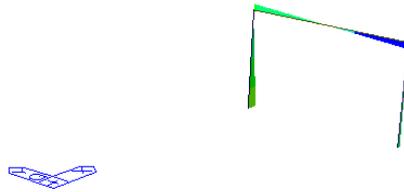
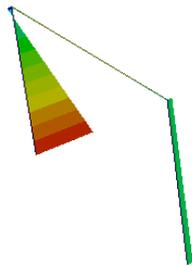


My Solette



Fz Solette

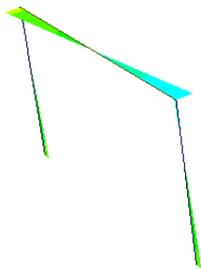
13.2.12 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-q3 (frenata/accelerazione)



miasa s.p.a.
 POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
 MOMENT-y
 2.74723e+000
 9.53636e-001
 0.00000e+000
 -2.63356e+000
 -4.42715e+000
 -6.22075e+000
 -8.01434e+000
 -9.80794e+000
 -1.16015e+001
 -1.33951e+001
 -1.51887e+001
 -1.69823e+001

CBR: CARATT NTC--
 MAX : 817
 MIN : 955
 FILE: 24-241 ED -
 UNIT: kN*m
 DATE: 05/09/2025
 VIEW-DIRECTION
 X: -0.678
 Y: -0.632
 Z: 0.375

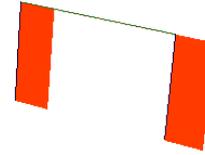
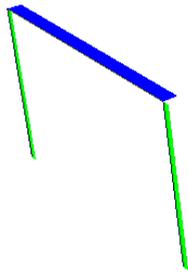
My Pile/Spalle



miasa s.p.a.
 POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
 MOMENT-z
 6.82042e+000
 5.95058e+000
 5.08075e+000
 4.21091e+000
 3.34107e+000
 2.47124e+000
 1.60140e+000
 7.31566e-001
 0.00000e+000
 -1.00811e+000
 -1.87794e+000
 -2.74778e+000

CBR: CARATT NTC--
 MAX : 961
 MIN : 226
 FILE: 24-241 ED ~
 UNIT: kN*m
 DATE: 05/09/2025
 VIEW-DIRECTION
 X: -0.678
 Y: -0.632
 Z: 0.375

Mz Pile/Spalle

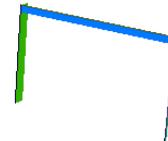
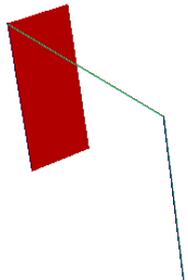


Midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
SHEAR-y

4.63865e-001
2.28398e-001
0.00000e+000
-2.42535e-001
-4.78001e-001
-7.13467e-001
-9.48934e-001
-1.18440e+000
-1.41987e+000
-1.65533e+000
-1.89080e+000
-2.12627e+000

CBR: CARATT NTC--
MAX : 814
MIN : 959
FILE: 24-241 ED ~
UNIT: kN
DATE: 05/09/2025
VIEW-DIRECTION
X: -0.678
Y: -0.632
Z: 0.375

Fy Pile/Spalle

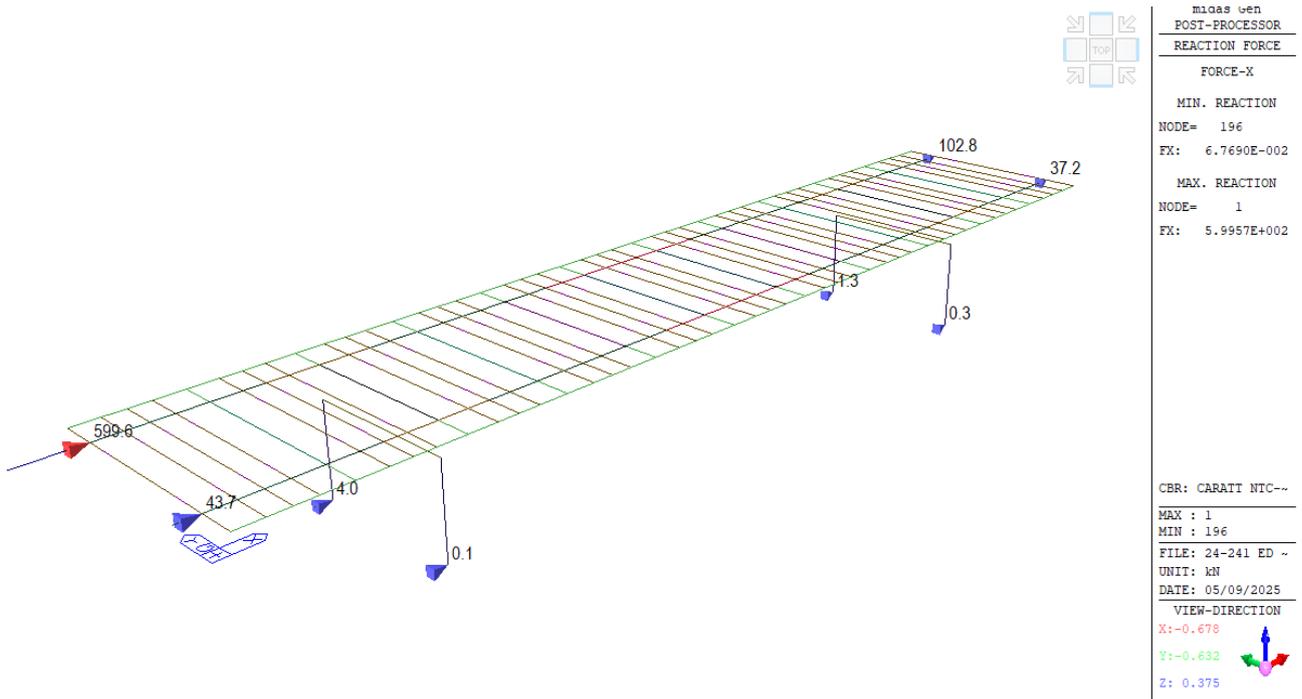


Midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
SHEAR-z

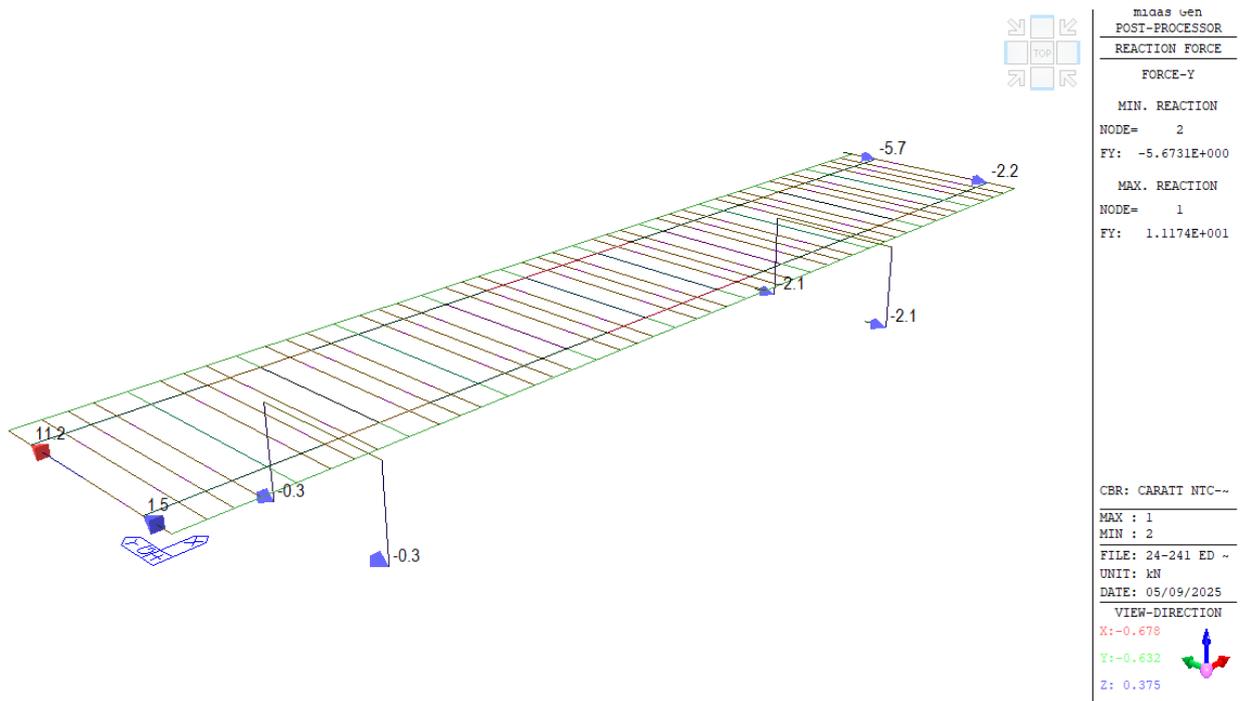
4.04666e+000
3.61127e+000
3.17589e+000
2.74051e+000
2.30512e+000
1.86974e+000
1.43435e+000
9.98968e-001
5.63584e-001
0.00000e+000
-3.07185e-001
-7.42569e-001

CBR: CARATT NTC--
MAX : 224
MIN : 229
FILE: 24-241 ED ~
UNIT: kN
DATE: 05/09/2025
VIEW-DIRECTION
X: -0.678
Y: -0.632
Z: 0.375

Fz Pile/Spalle

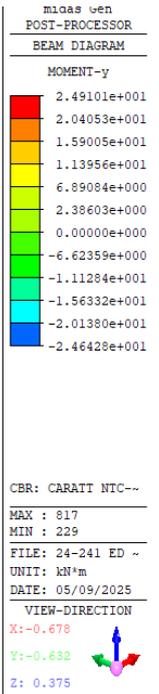
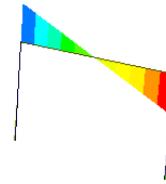
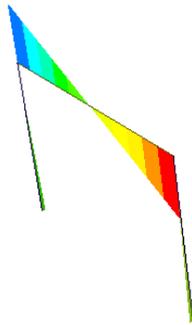


Rx Pile/Spalle

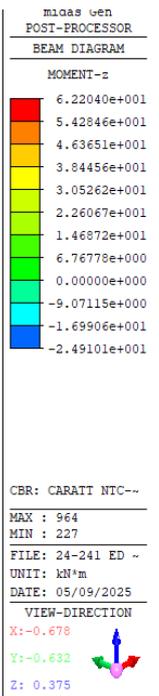
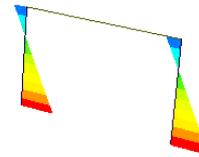
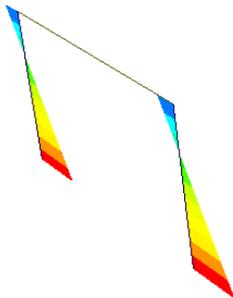


Ry Pile/Spalle

13.2.13 Schema traffico Adeguatezza/Operatività NTC-q5 (vento)

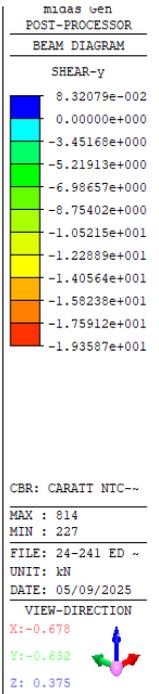
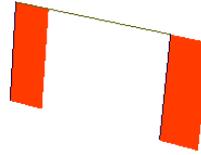
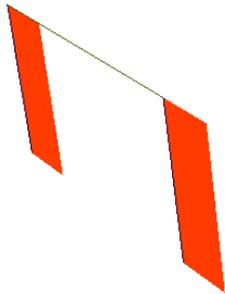


My Pile/Spalle

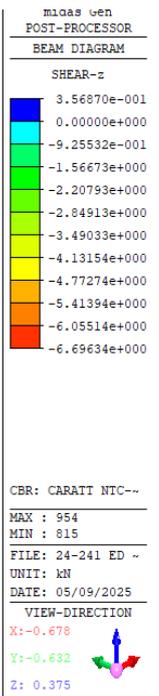
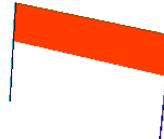
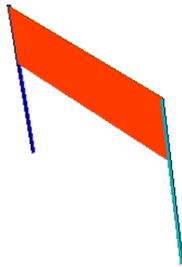


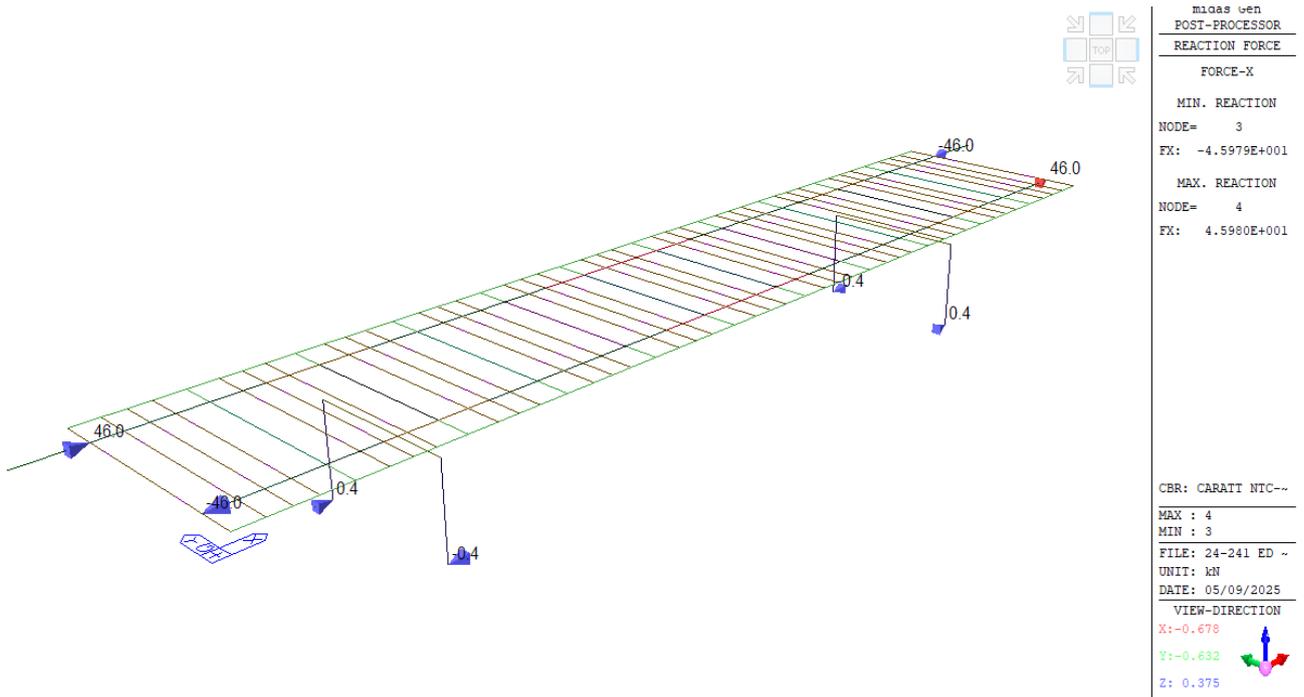
Mz Pile/Spalle

Fy Pile/Spalle

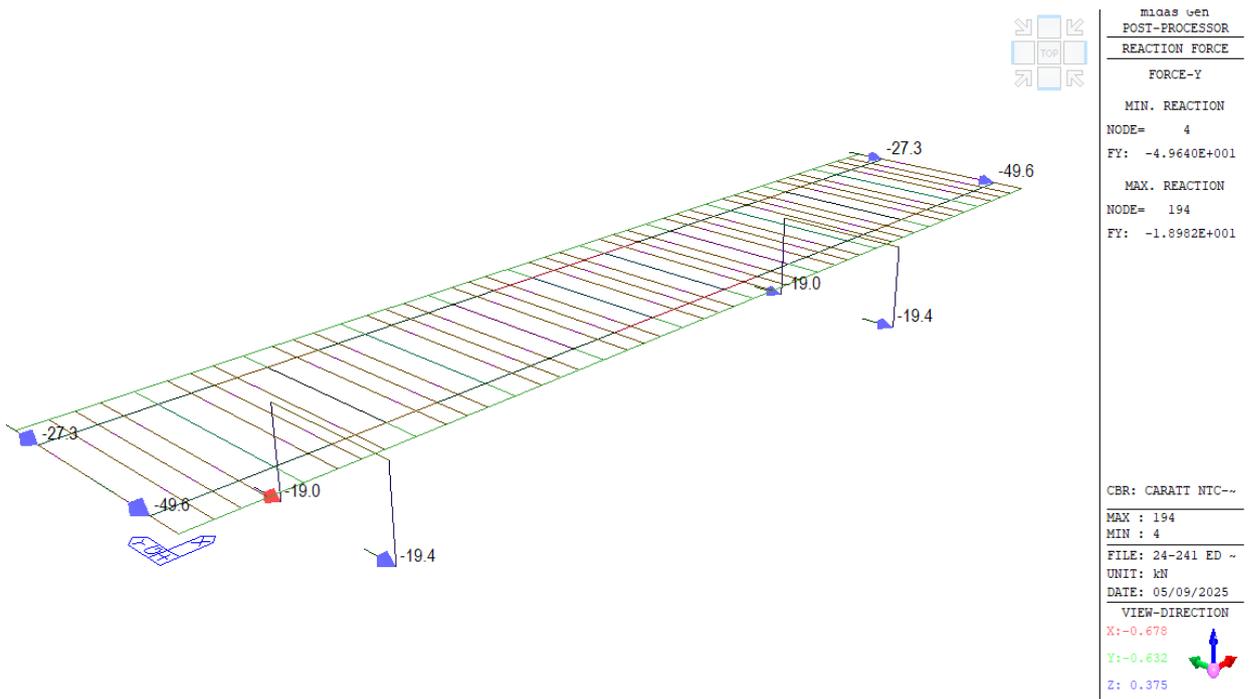


Fz Pile/Spalle





Rx Pile/Spalle



Ry Pile/Spalle

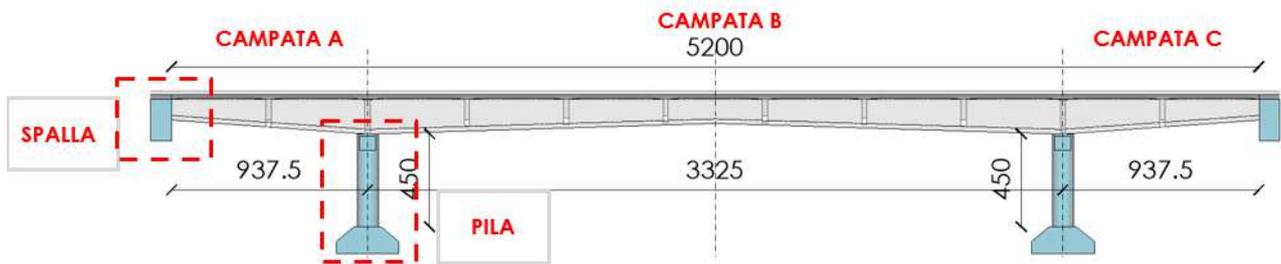
13.3 Sollecitazioni per Carichi da Traffico – Transitabilità CdS – Mezzi Pesanti (44t)

Si riportano i valori di sollecitazione flessionali e taglienti, per gli elementi trave e traverso, e gli sforzi normali, tagli e momenti flettenti per quanto riguarda pile.

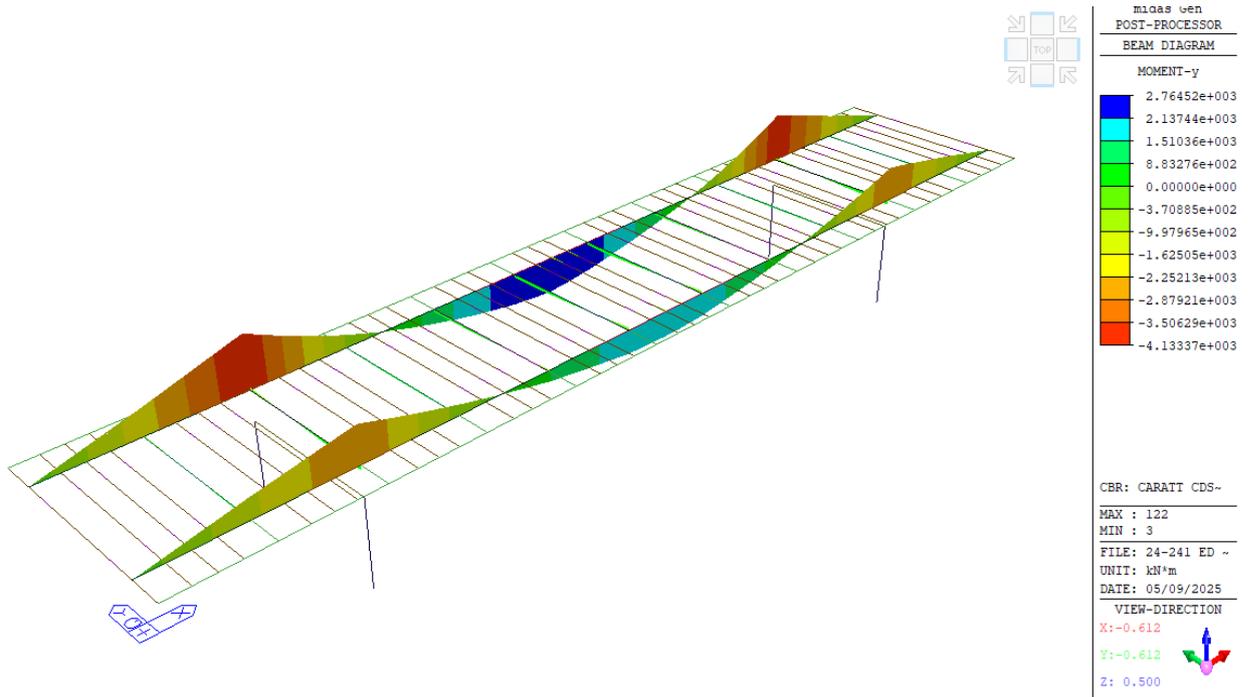
Trattando un numero considerevole di schemi di traffico, onde evitare di riportare informazioni poco rilevanti, per ciascuno schema verranno riportati graficamente i soli parametri di sollecitazione più significativi ai fini della massimizzazione in oggetto.

Le denominazioni degli schemi di carico sono state riportate al capitolo 10.4 del presente elaborato.

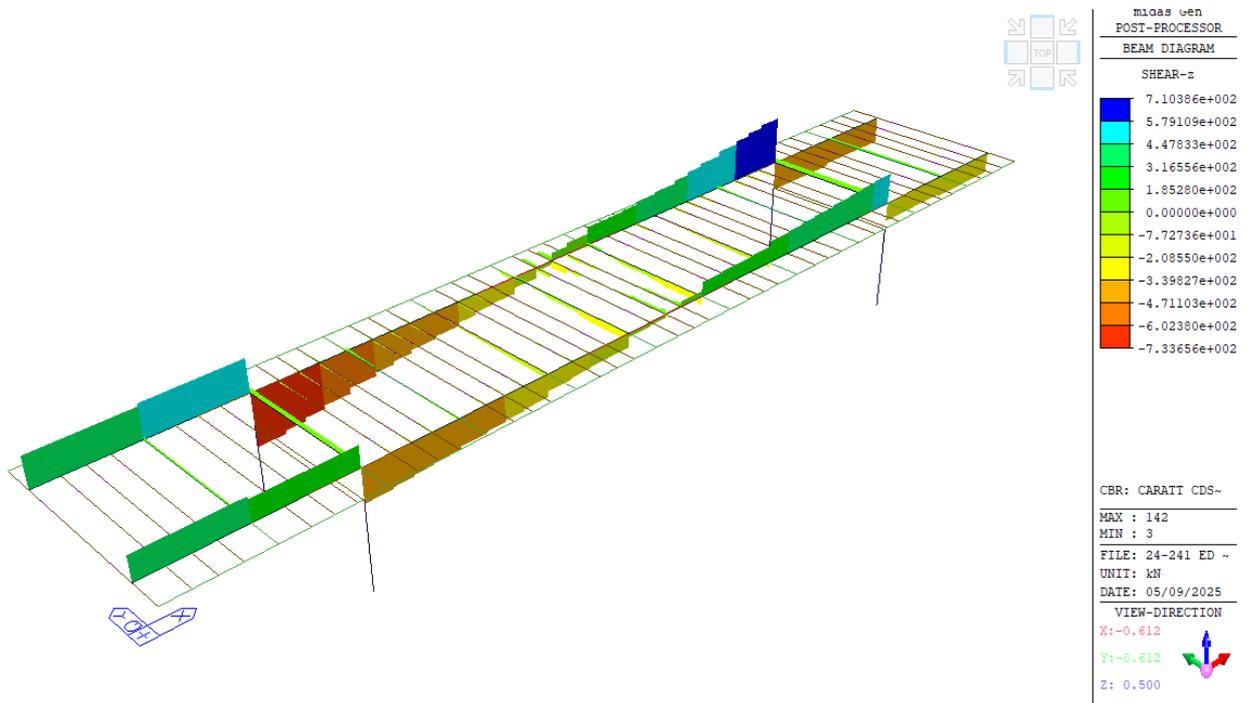
- CdSMP-T1 *Traffico: Massimizzazione M+ campata B*
- CdSMP-T2 *Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B*
- CdSMP-T3 *Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B*
- CdSMP-T72 *Traffico: Massimizzazione M traverso 5*
- CdSMP-T82 *Traffico: Massimizzazione M traverso 3*
- CdSMP-T9 *Traffico: Massimizzazione M/V soletta*



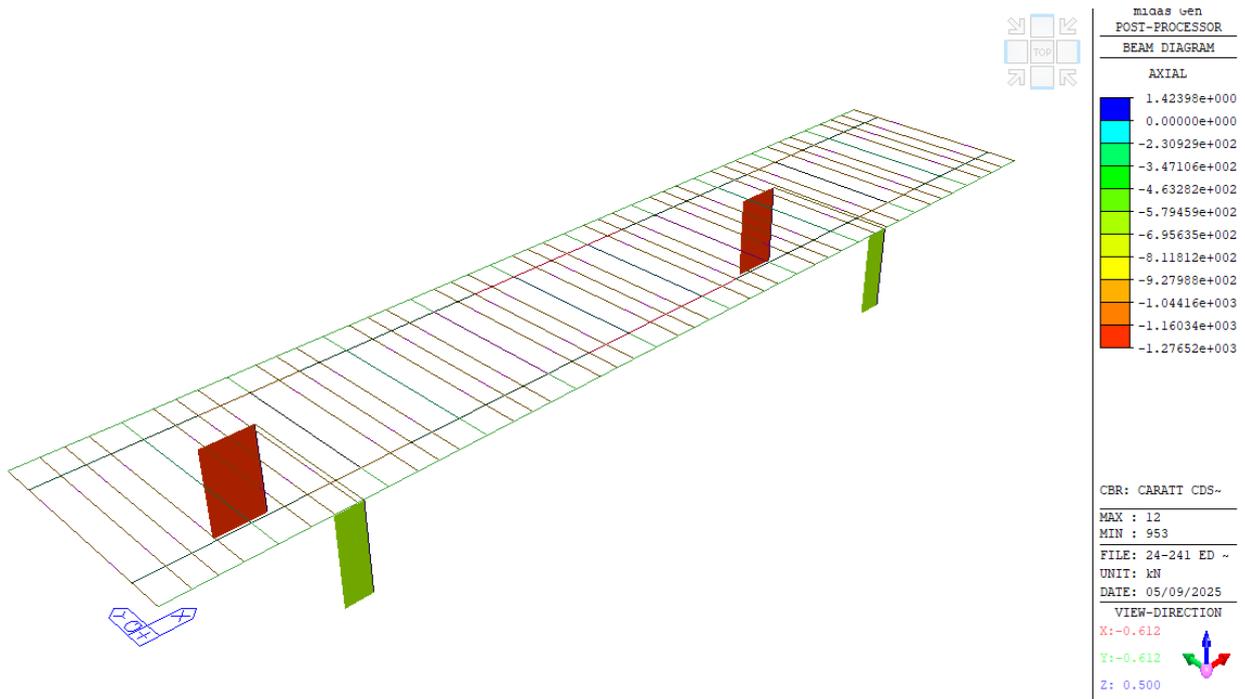
13.3.1 Schema traffico CdS MP-T1



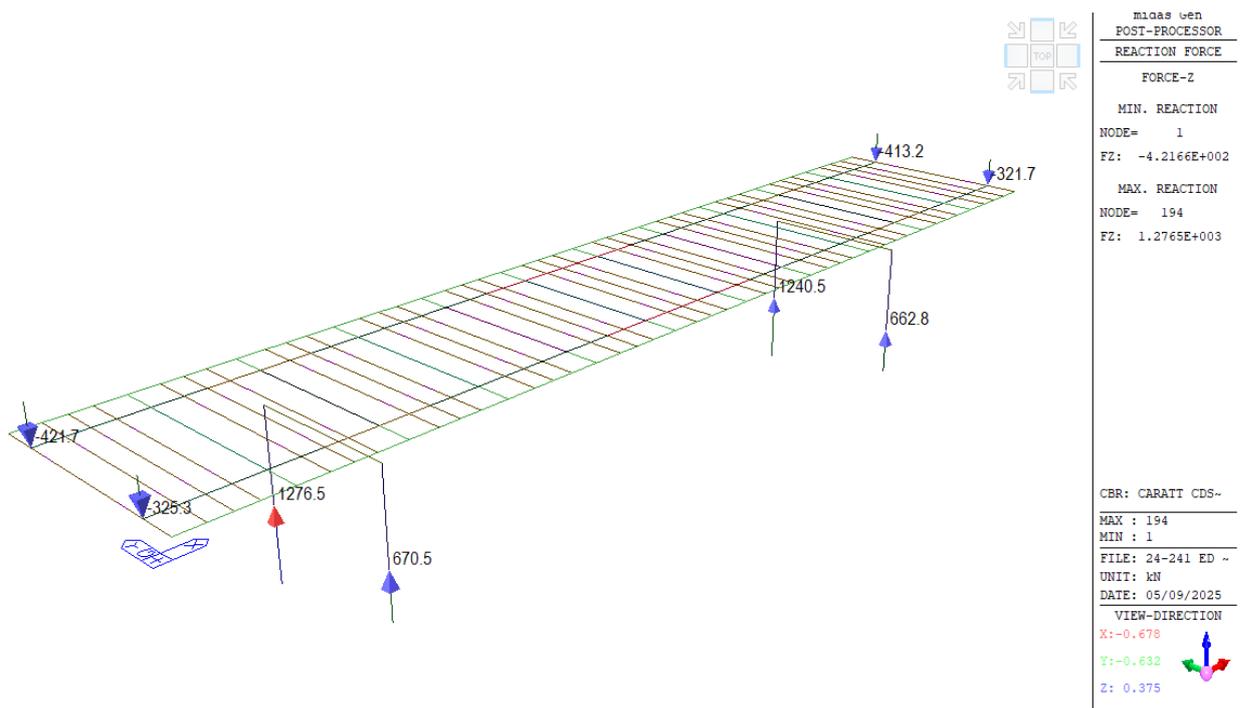
My Impalcato



Fz Impalcato

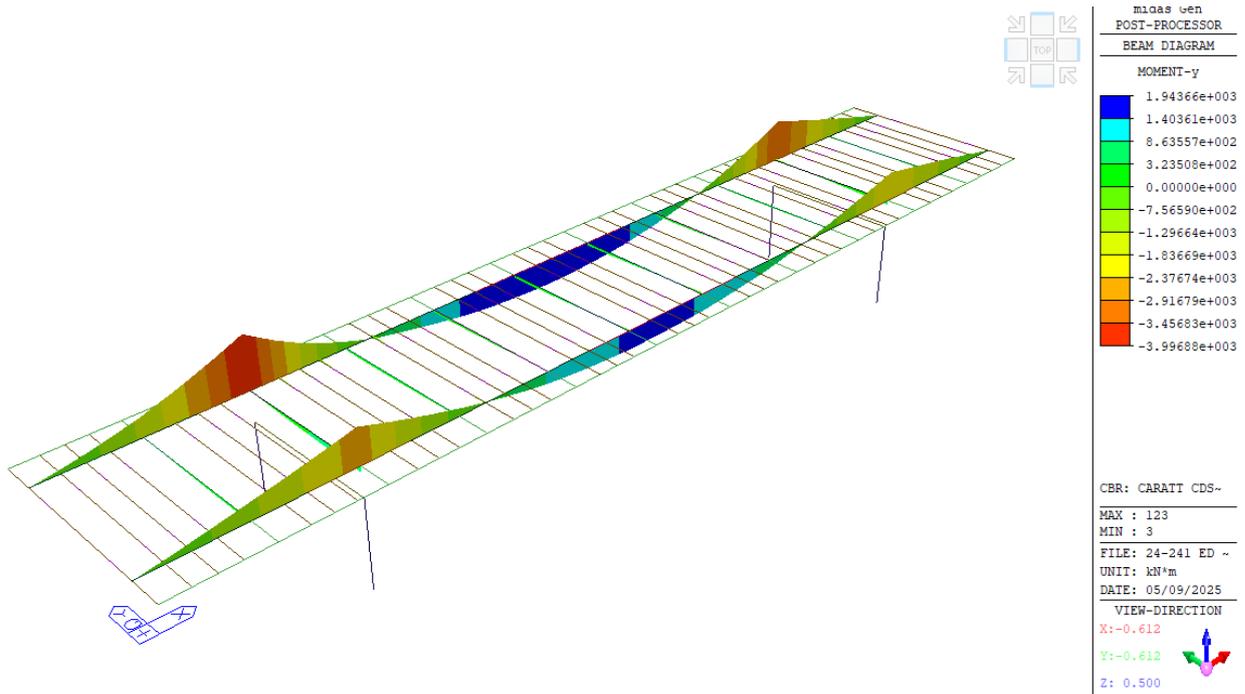


N Pile

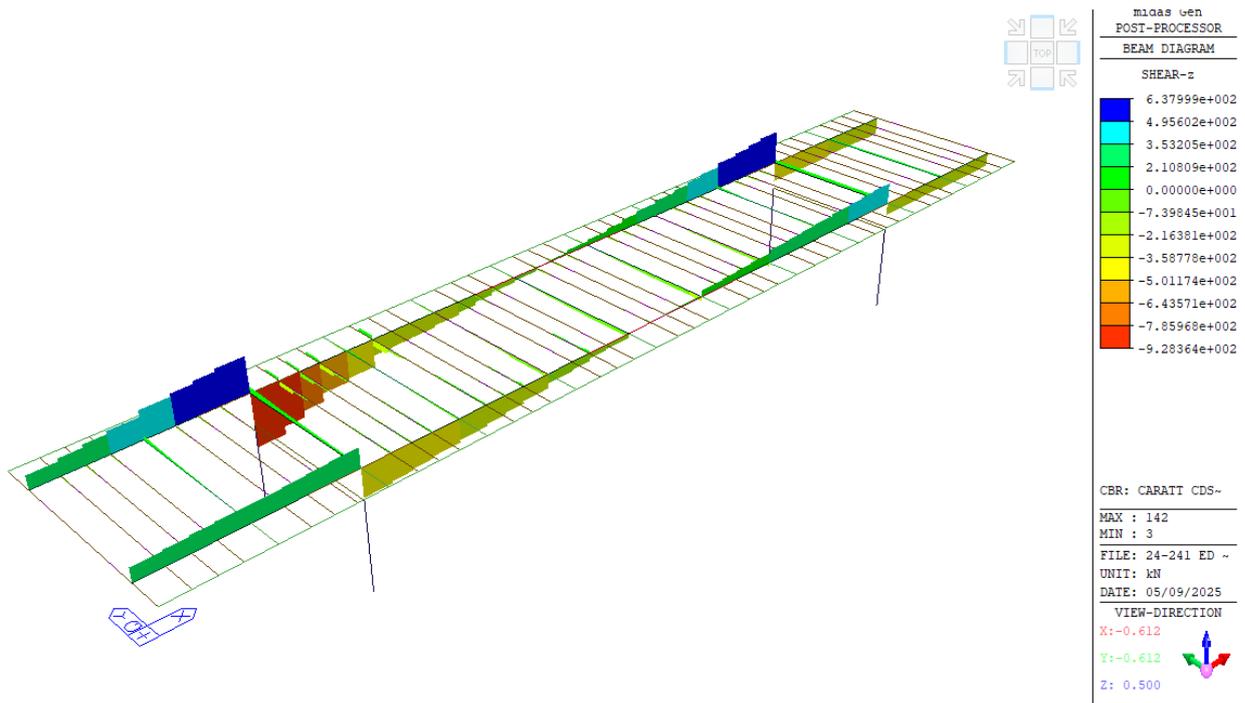


Rz Pile/Spalle

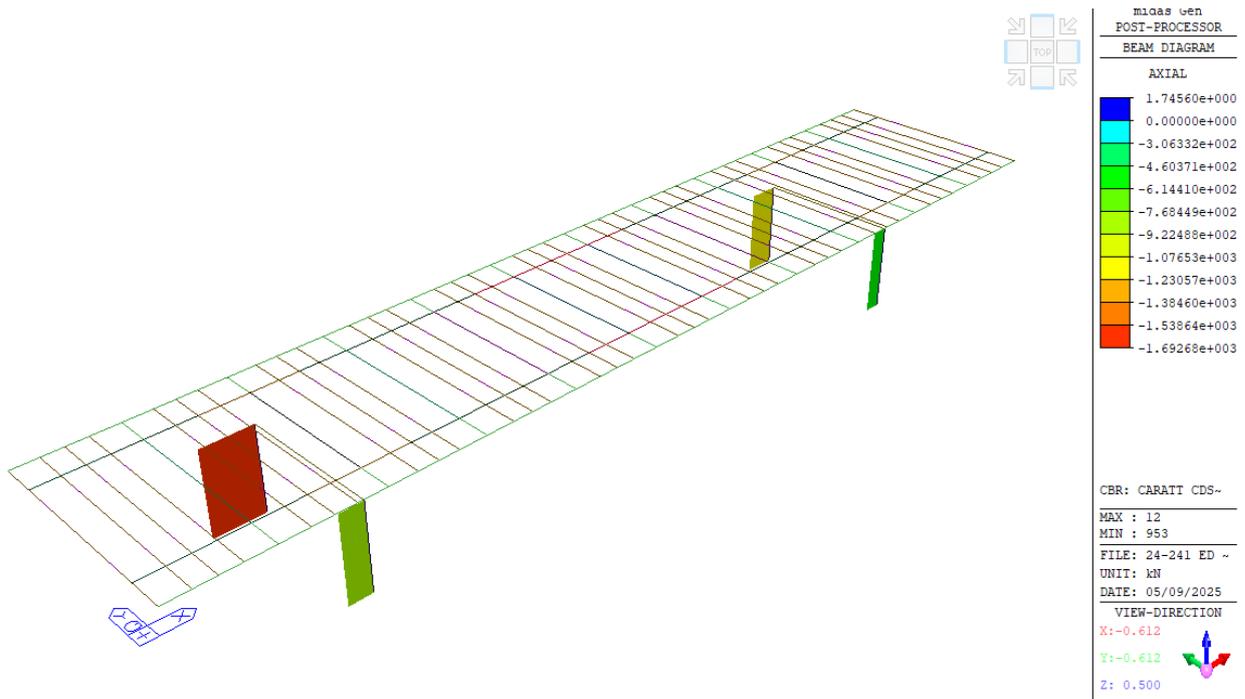
13.3.2 Schema traffico CdS MP-T2



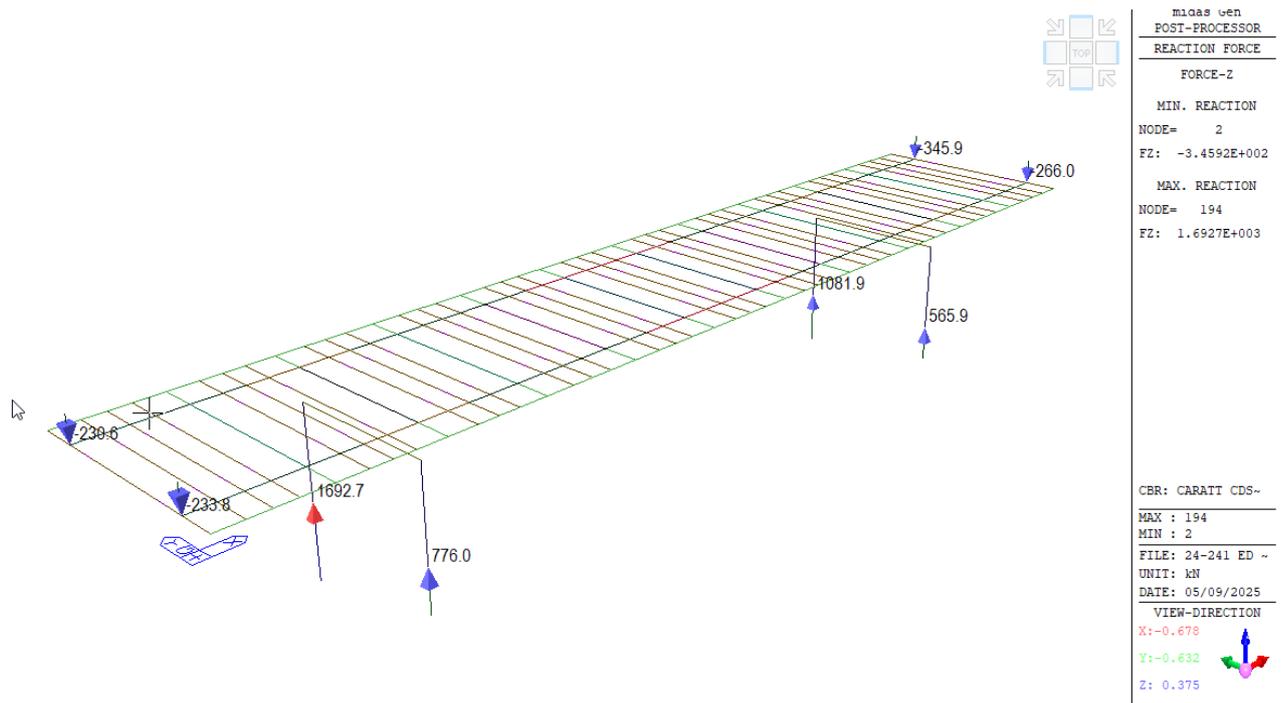
My Impalcato



Fz Impalcato

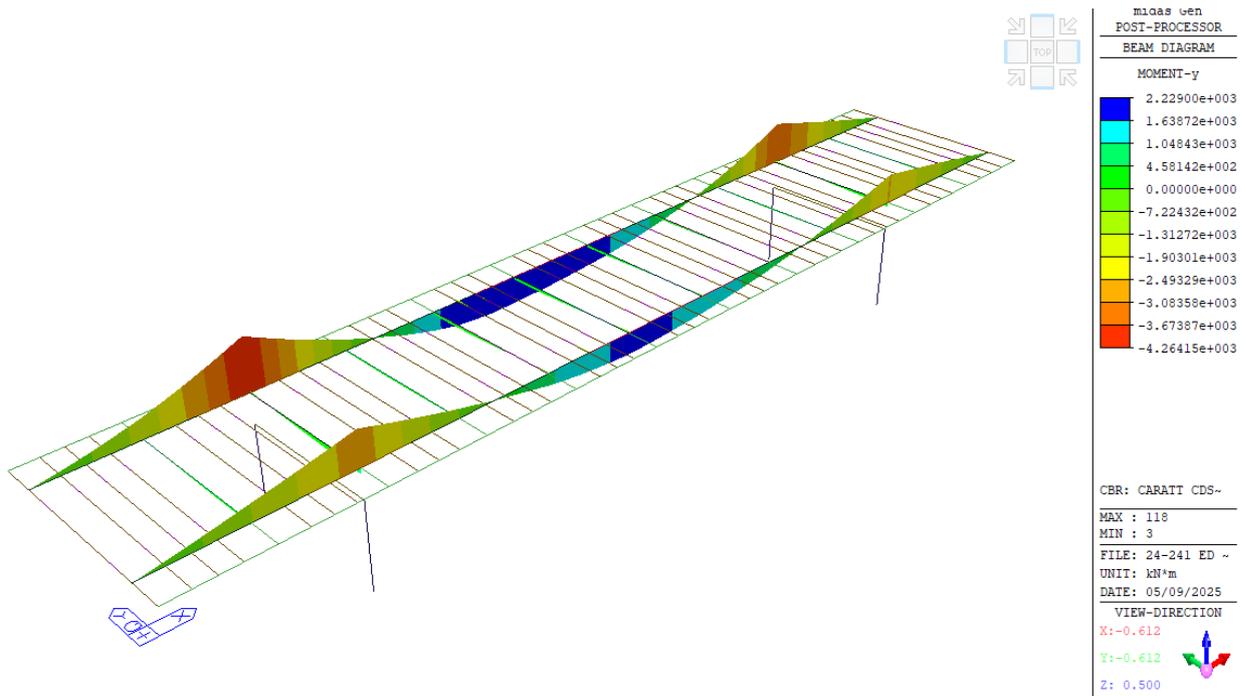


N Pile

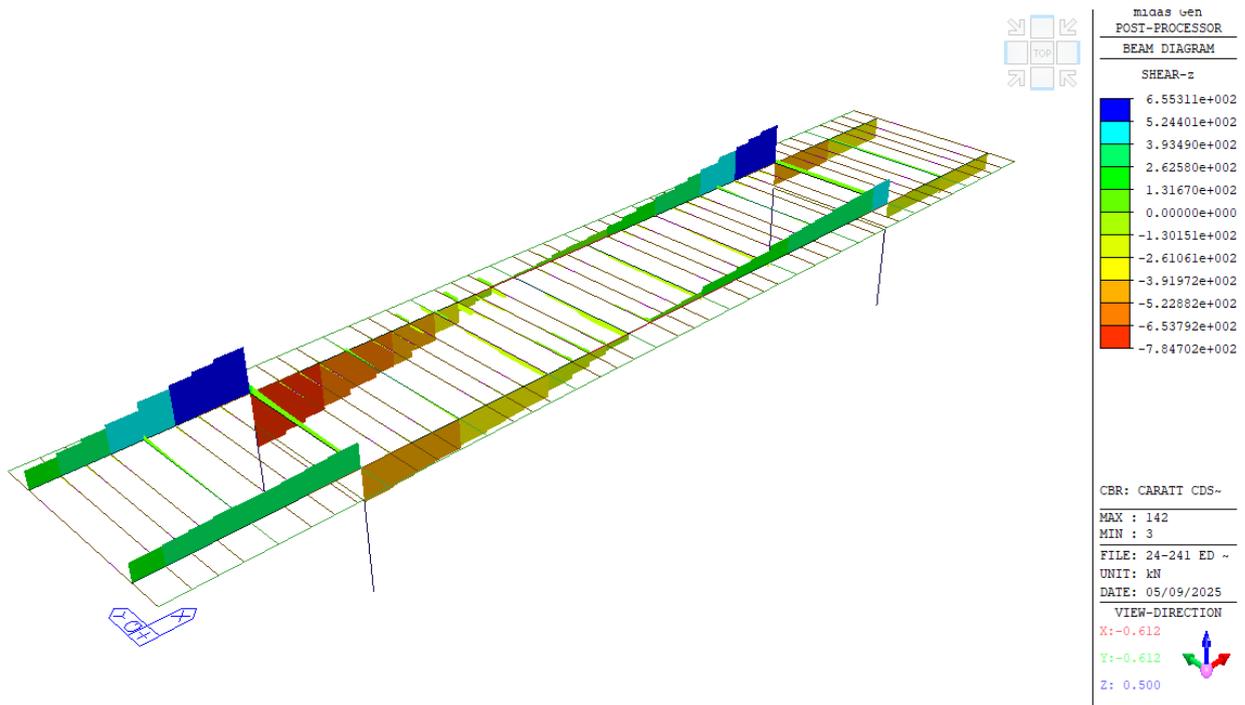


Rz Pile/Spalle

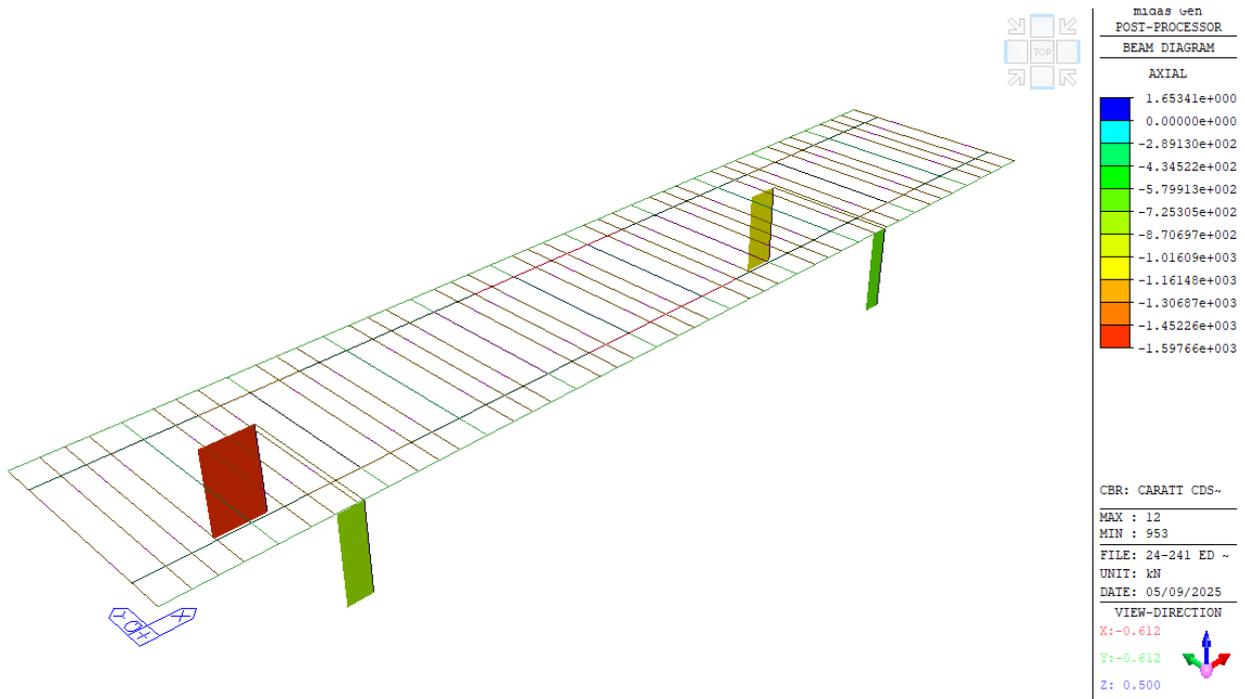
13.3.3 Schema traffico CdS MP-T3



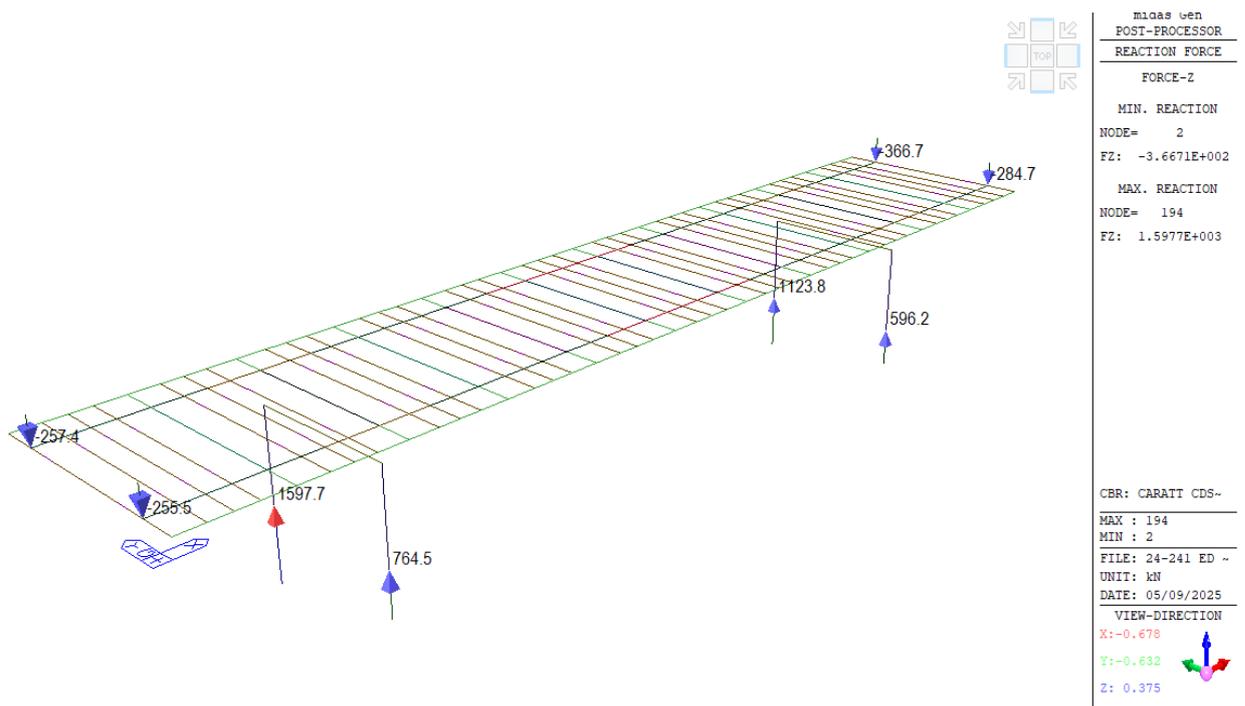
My Impalcato



Fz Impalcato

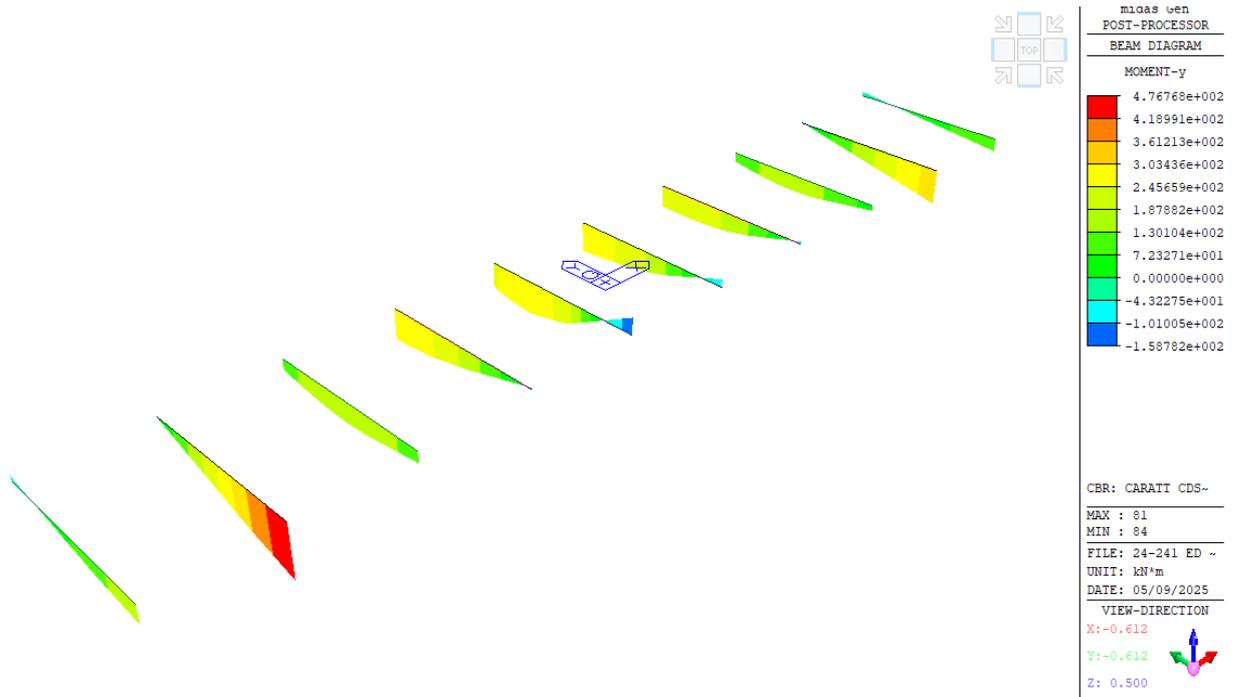


N Pile

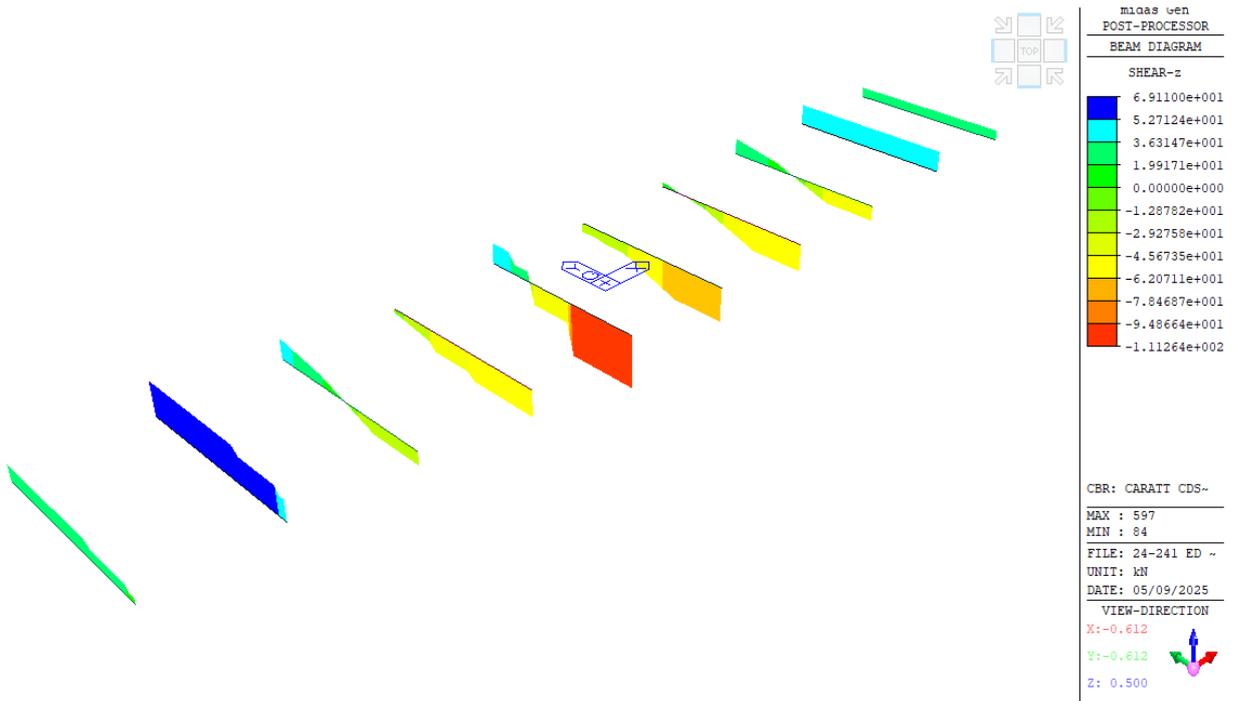


Rz Pile/Spalle

13.3.4 Schema traffico CdS MP-T72

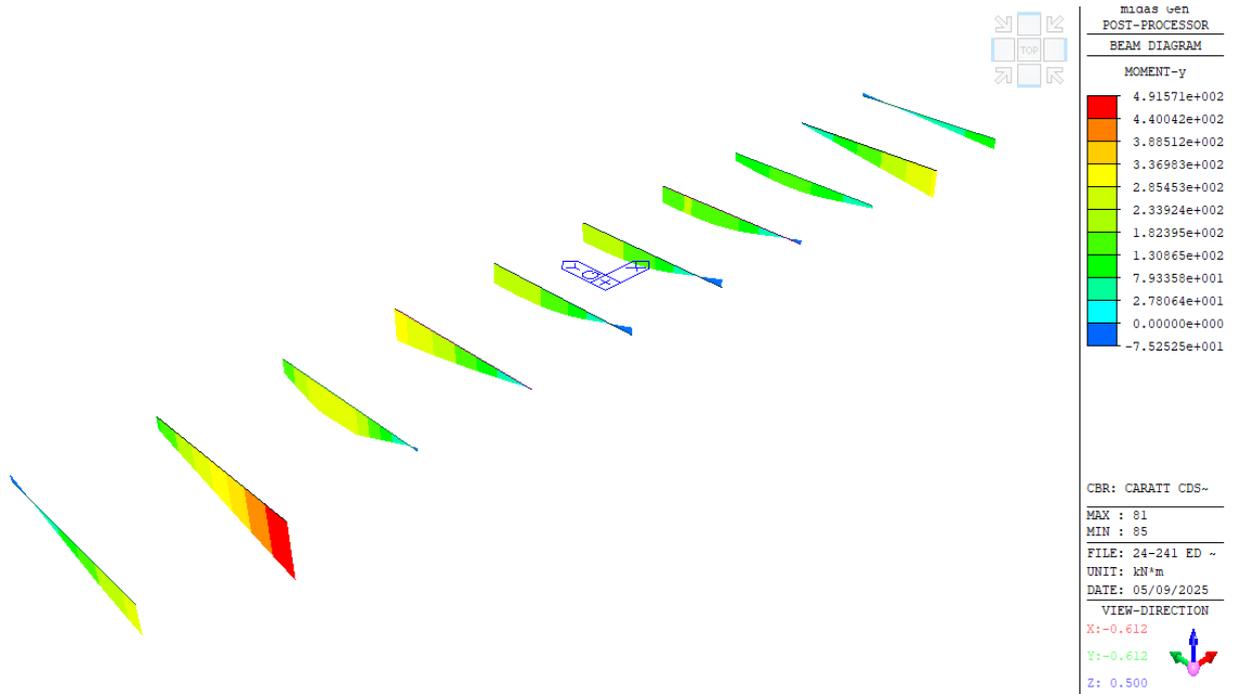


My Traversi

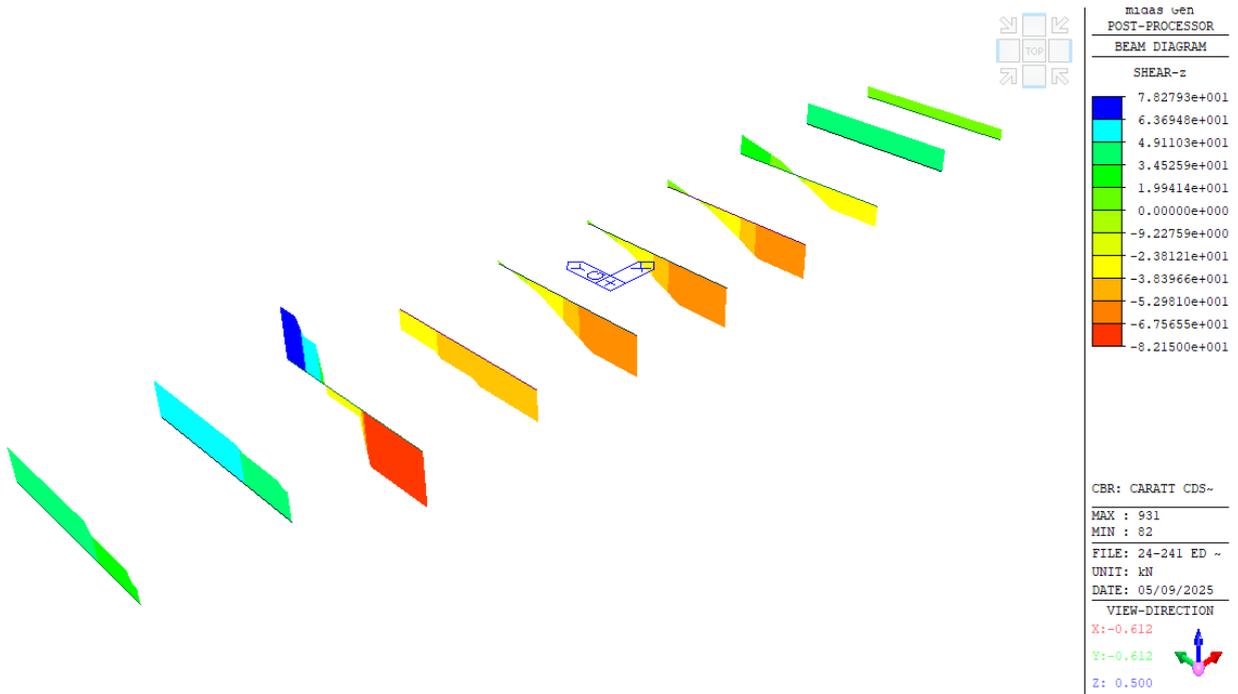


Fz Traversi

13.3.5 Schema traffico CdS MP-T82

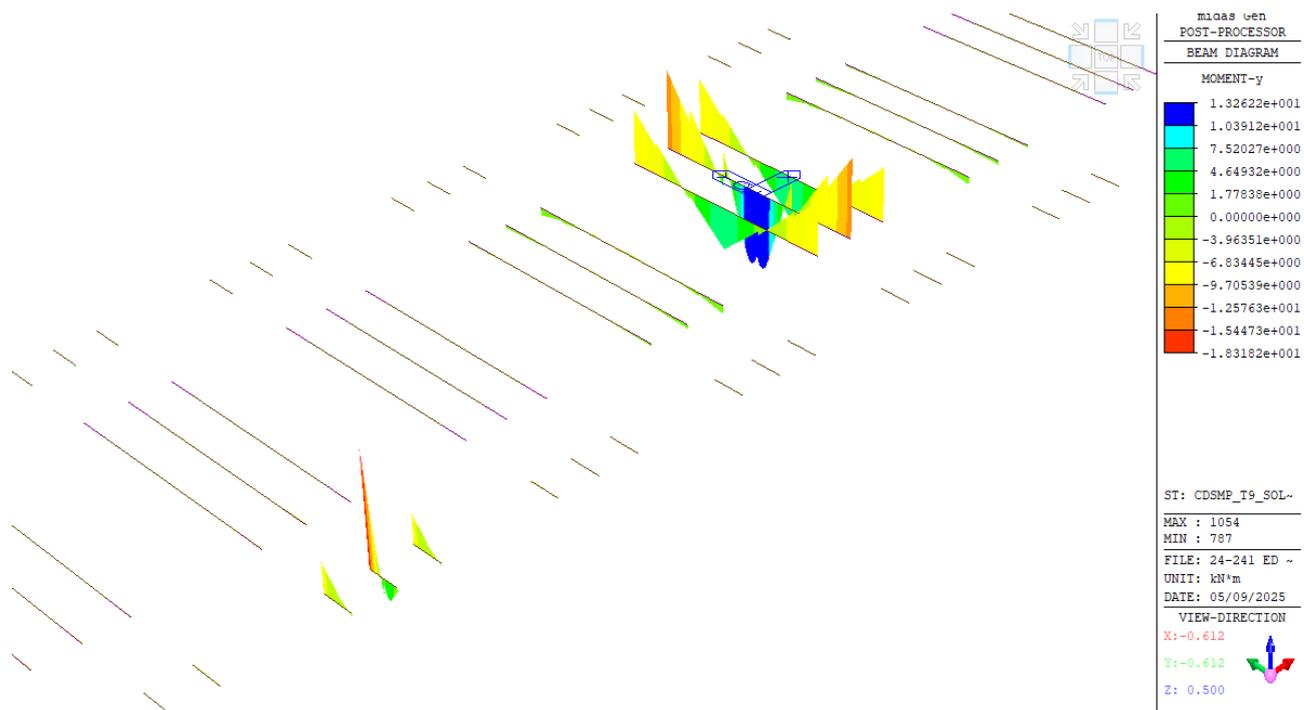


My Traversi

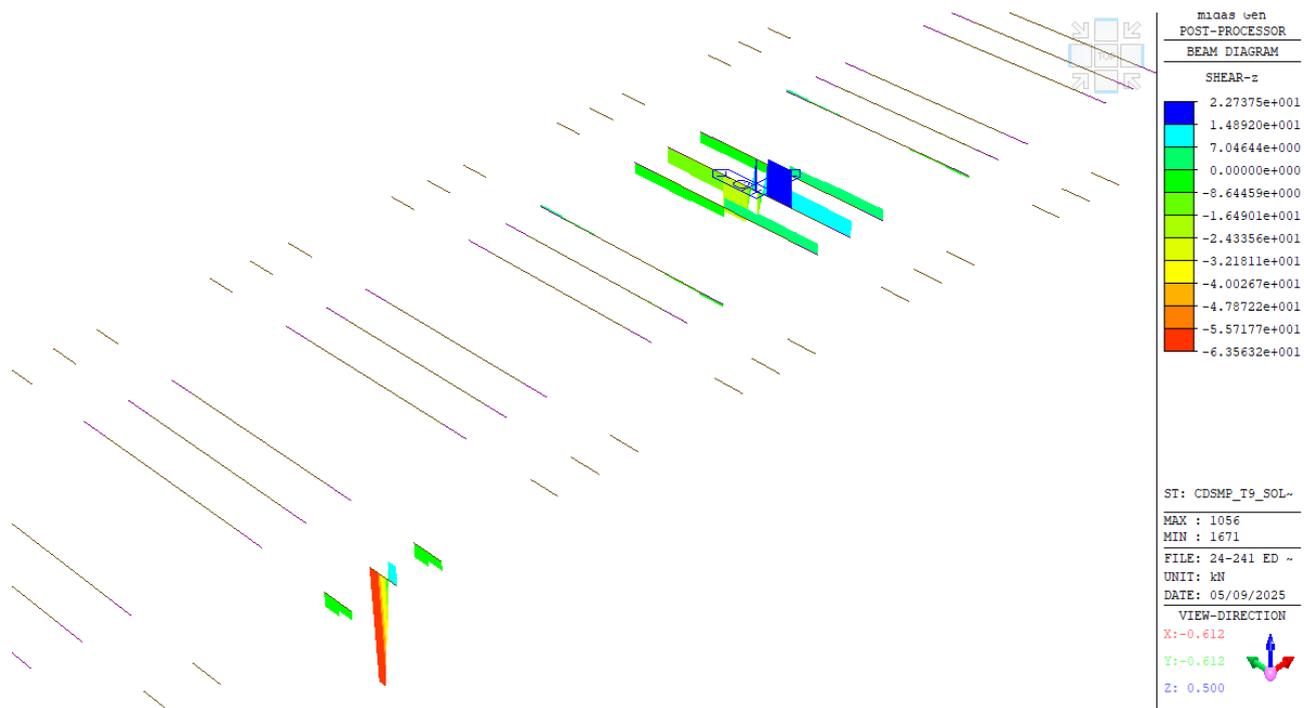


Fz Traversi

13.3.6 Schema traffico CdS MP-T9



My Solette



Fz Solette

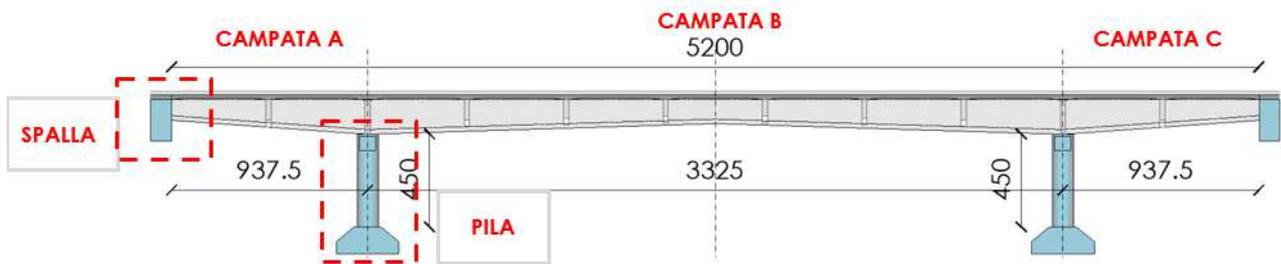
13.4 Sollecitazioni per Carichi da Traffico - **Transitabilità CdS – Mezzi Intermedi (26t)**

Si riportano i valori di sollecitazione flessionali e taglianti, per gli elementi trave e traverso, e gli sforzi normali, tagli e momenti flettenti per quanto riguarda pile.

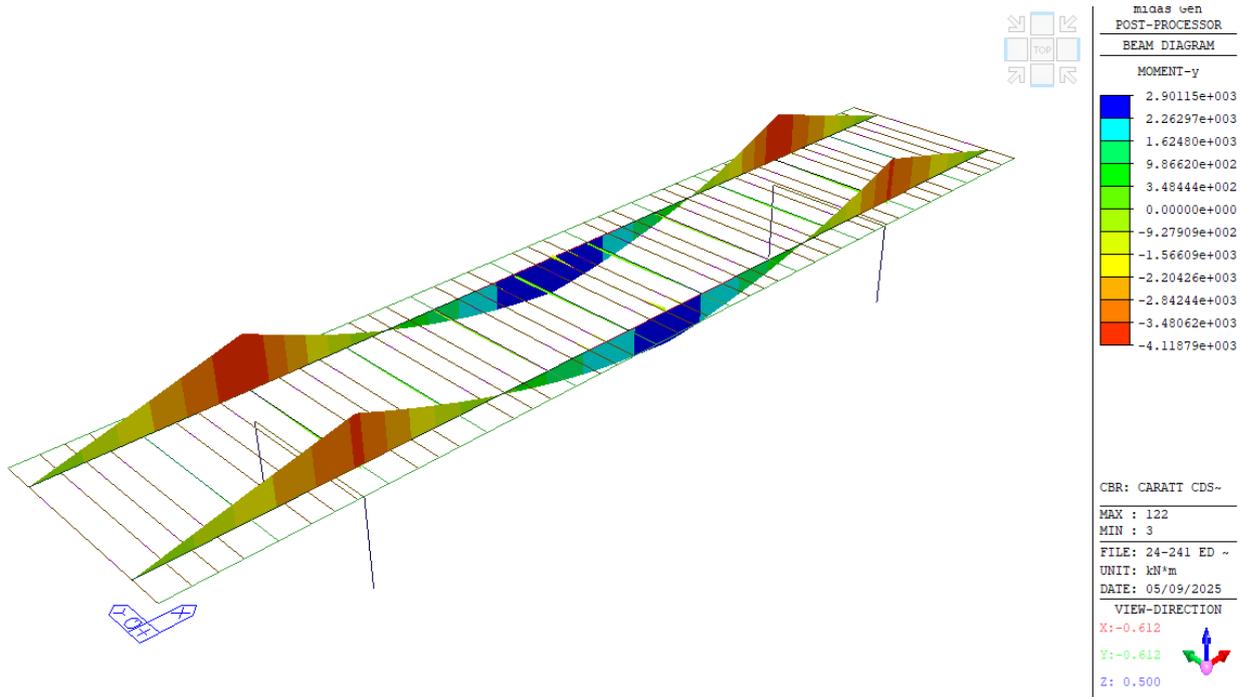
Trattando un numero considerevole di schemi di traffico, onde evitare di riportare informazioni poco rilevanti, per ciascuno schema verranno riportati graficamente i soli parametri di sollecitazione più significativi ai fini della massimizzazione in oggetto.

Le denominazioni degli schemi di carico sono state riportate al capitolo 10.4 del presente elaborato.

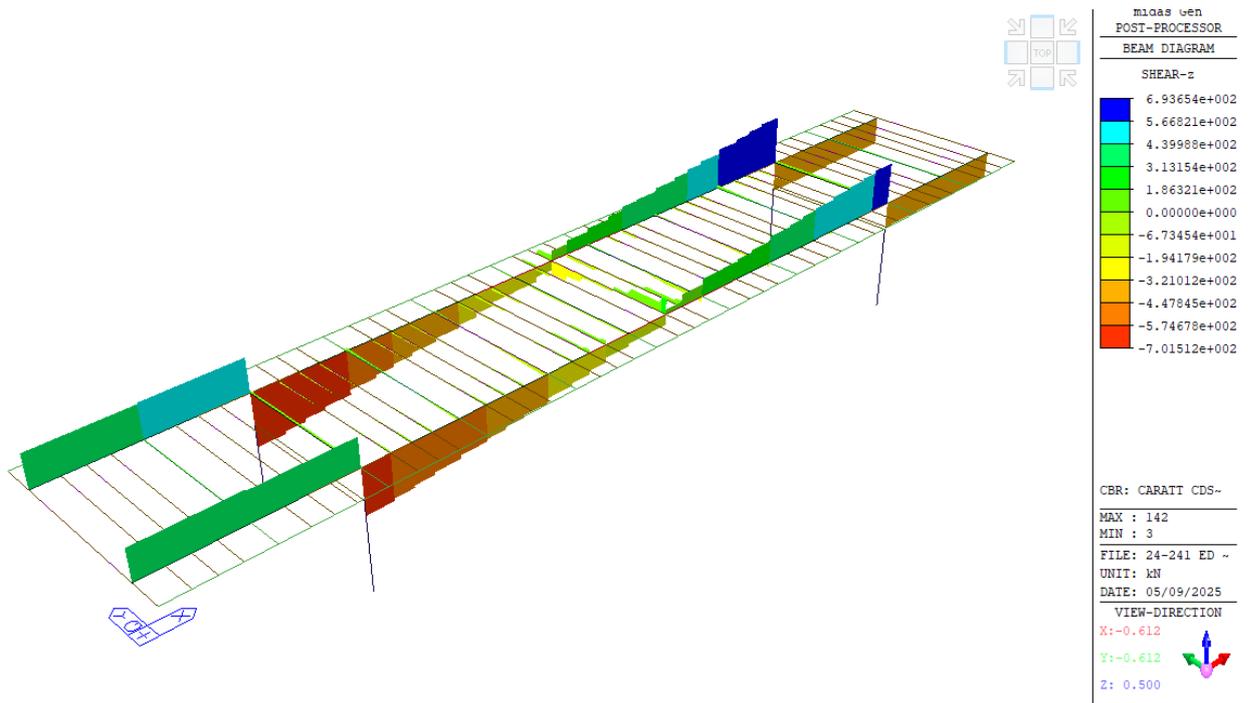
- CdSMP-T1 *Traffico: Massimizzazione M+ campata B*
- CdSMP-T2 *Traffico: Massimizzazione V appoggio campata B*
- CdSMP-T3 *Traffico: Massimizzazione M- appoggio campata B*
- CdSMP-T9 *Traffico: Massimizzazione M/V soletta*



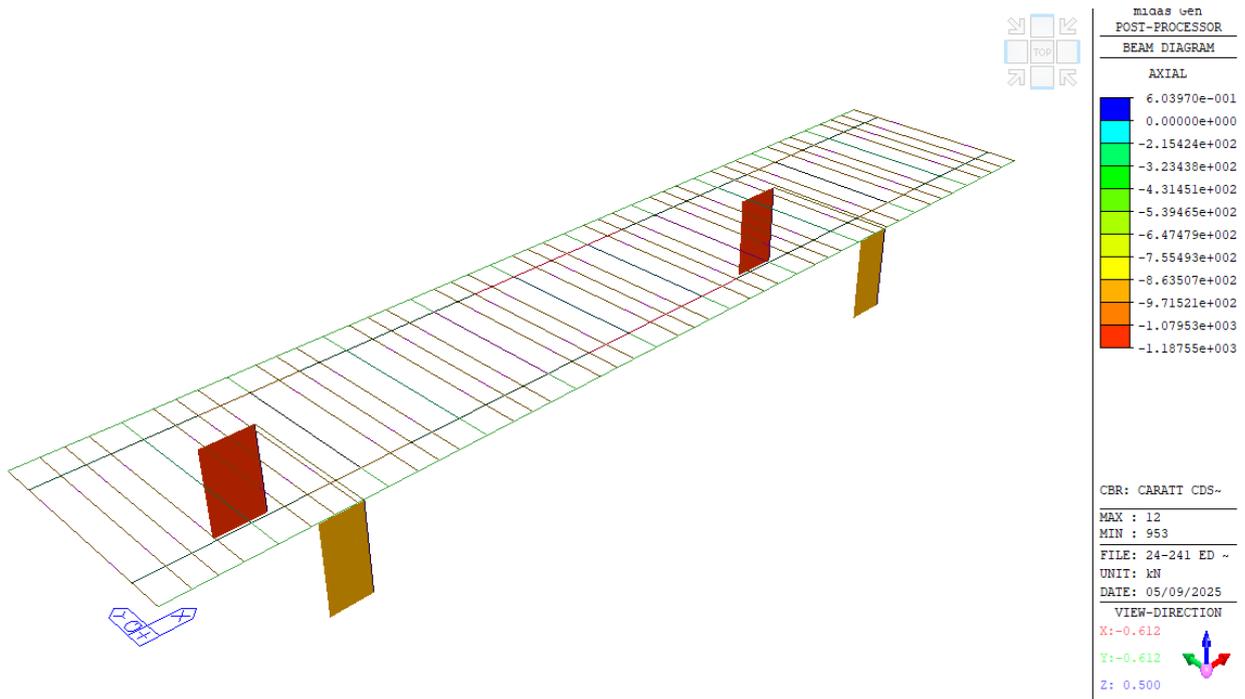
13.4.1 Schema traffico CdS MI-T1



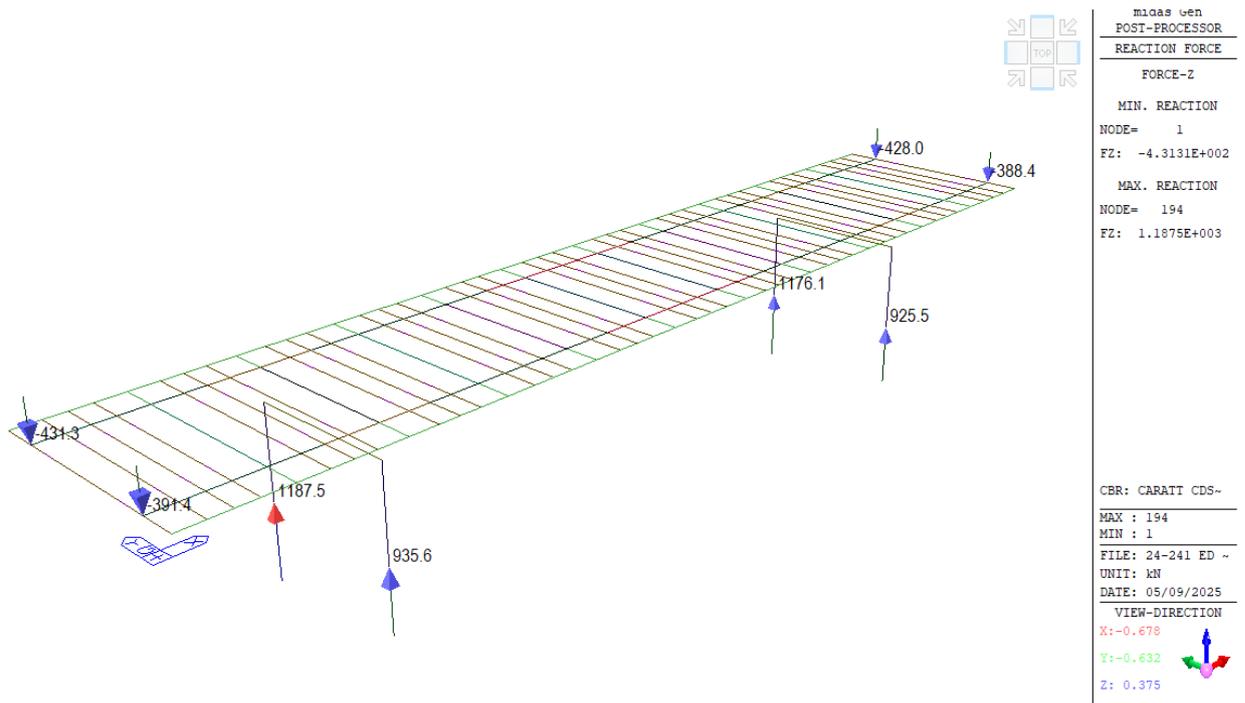
My Impalcato



Fz Impalcato

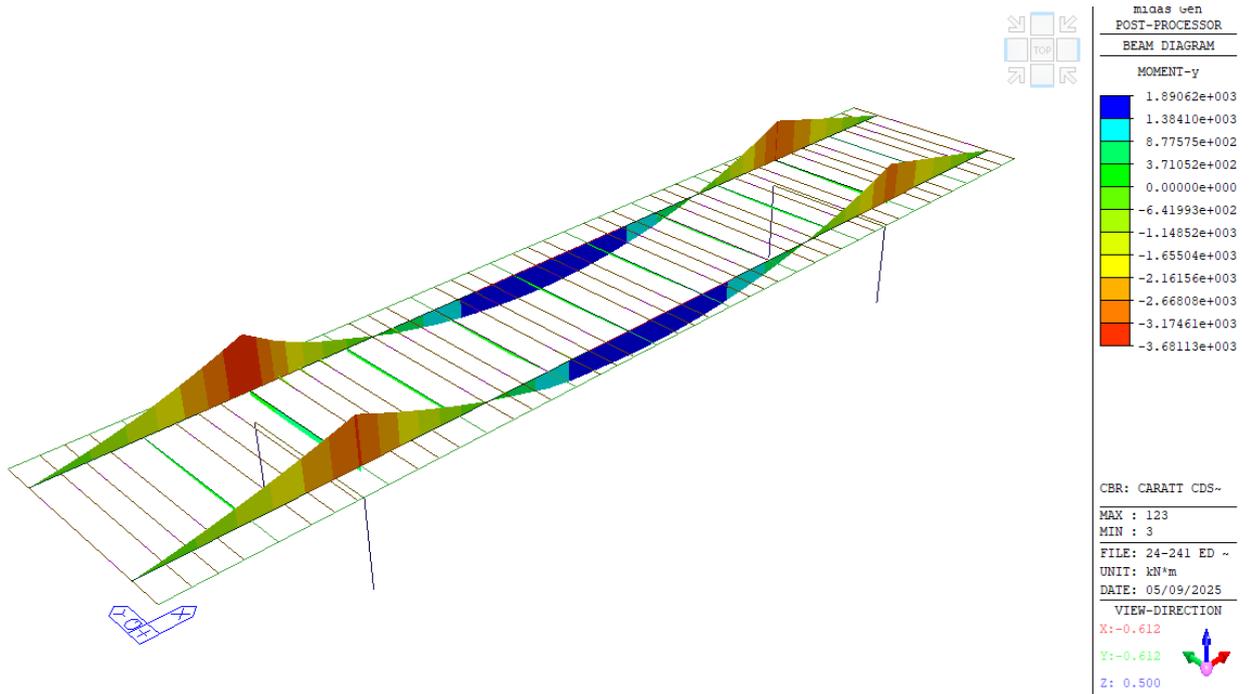


N Pile

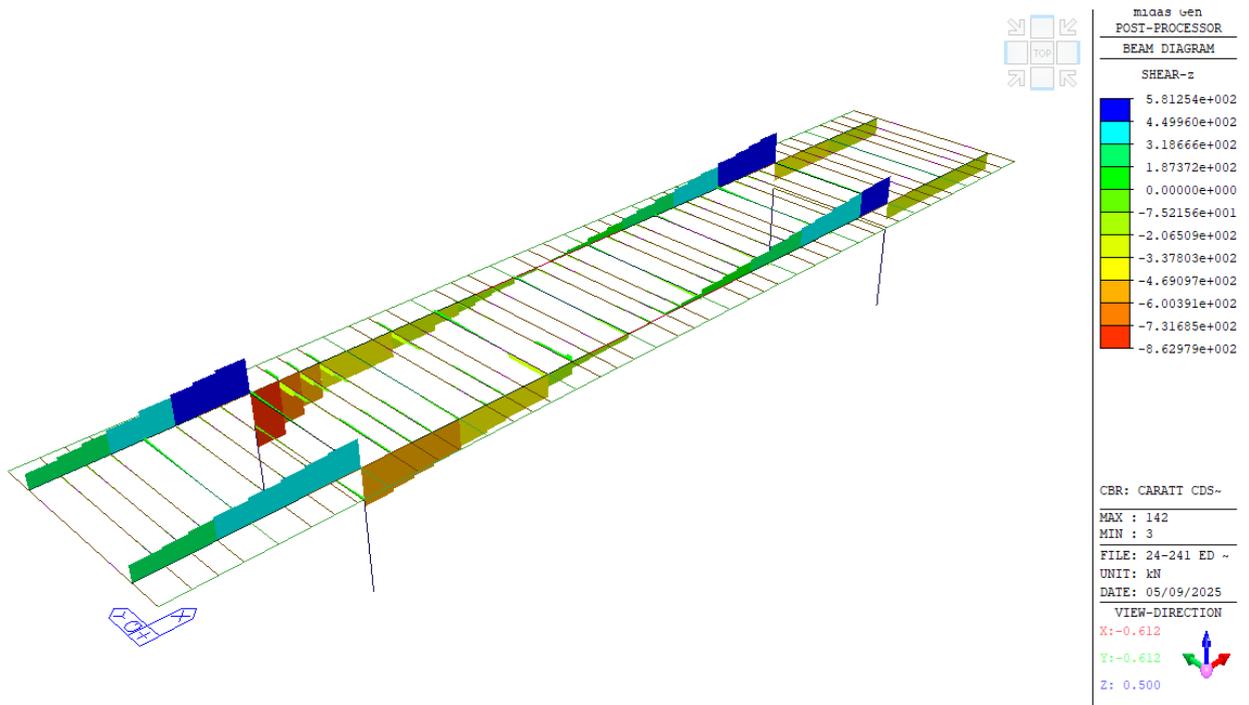


Rz Pile/Spalle

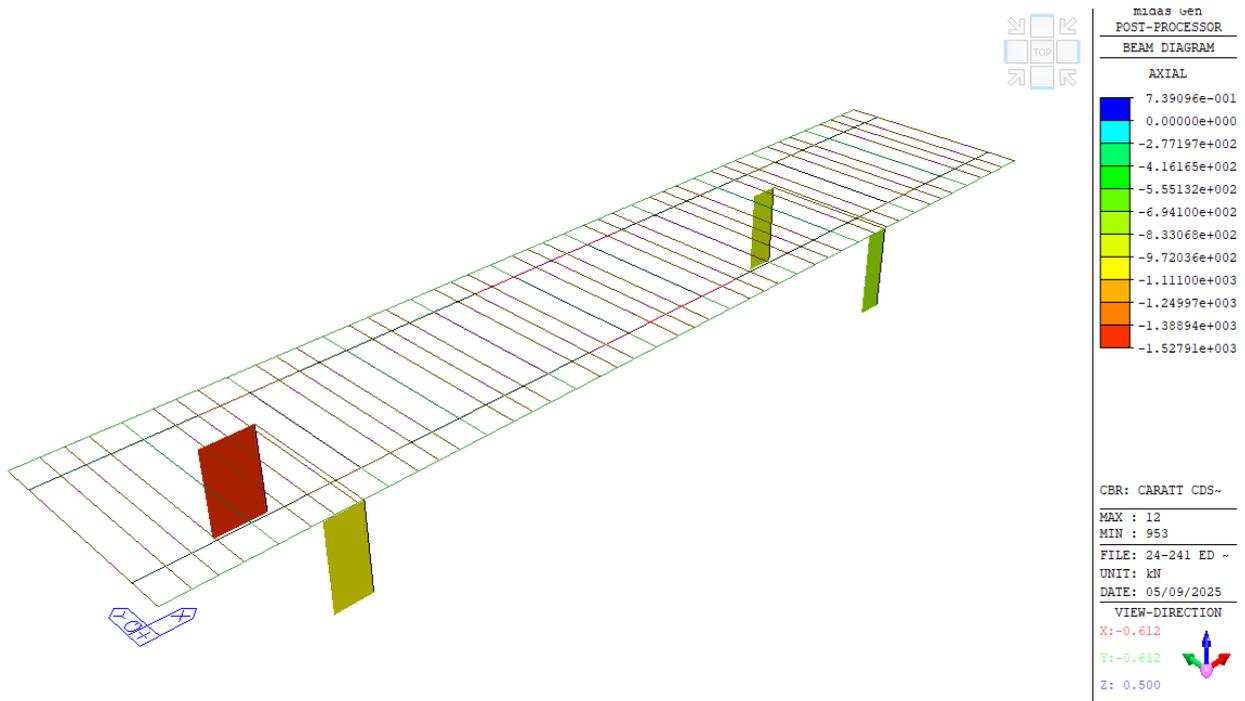
13.4.2 Schema traffico CdS MI-T2



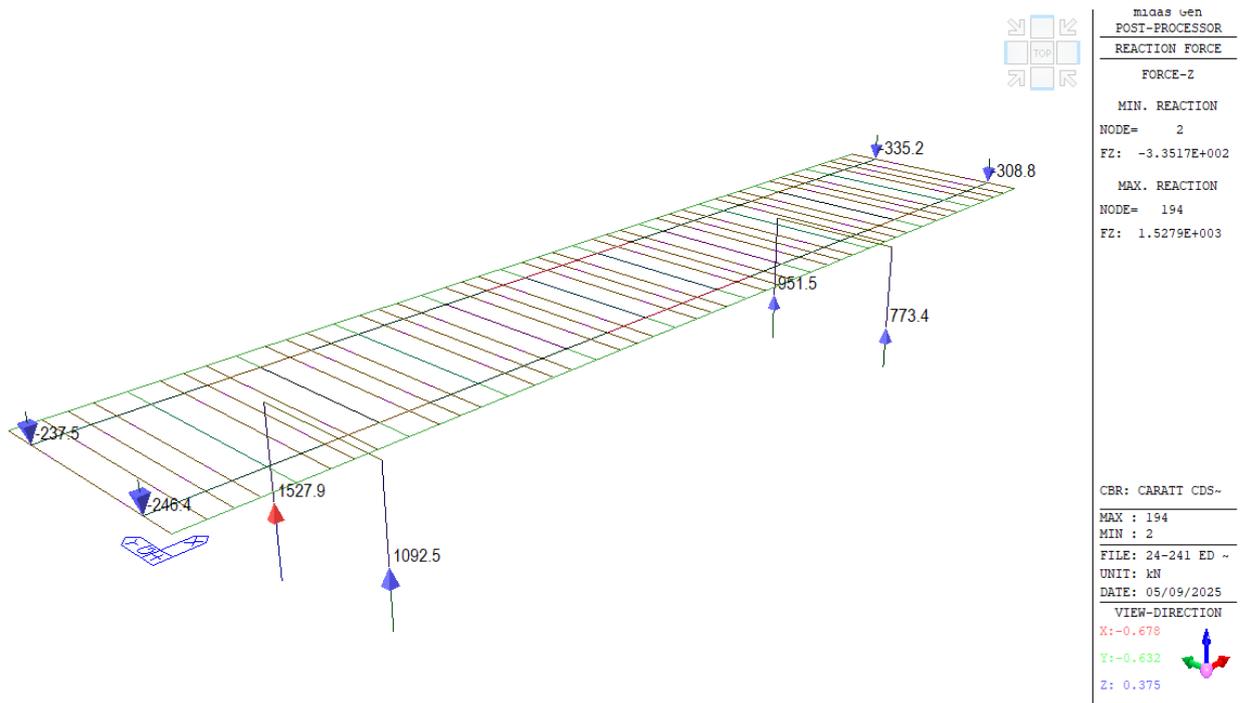
My Impalcato



Fz Impalcato

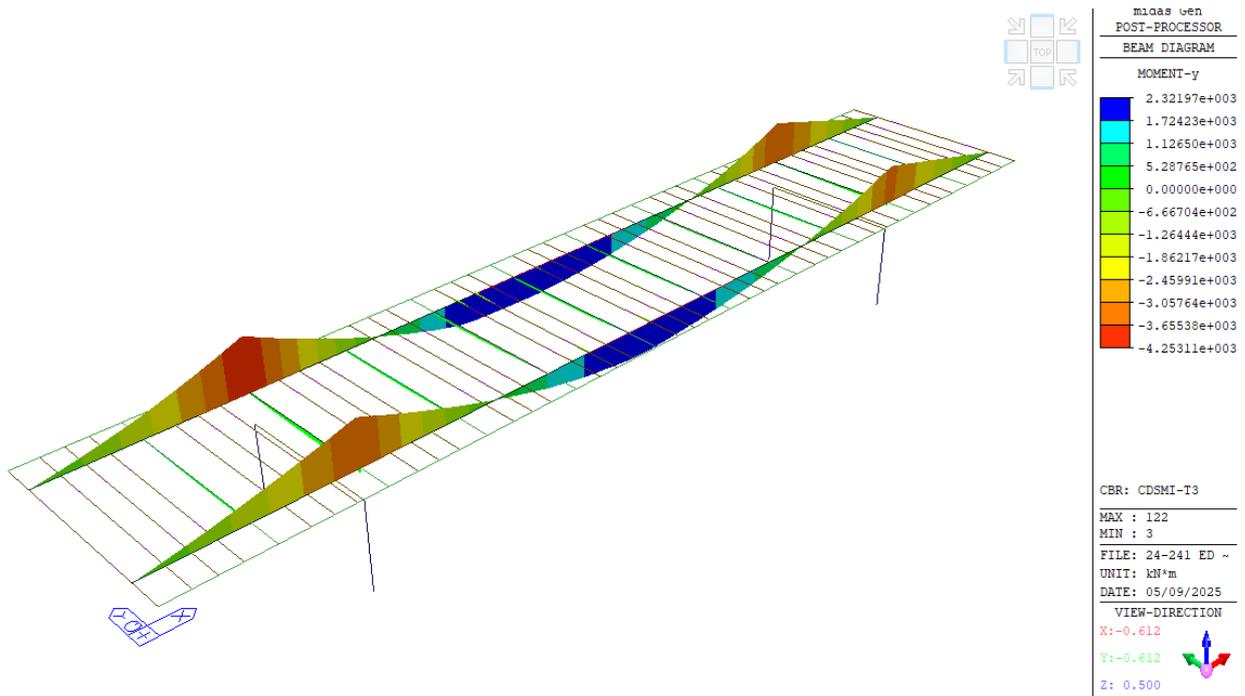


N Pile

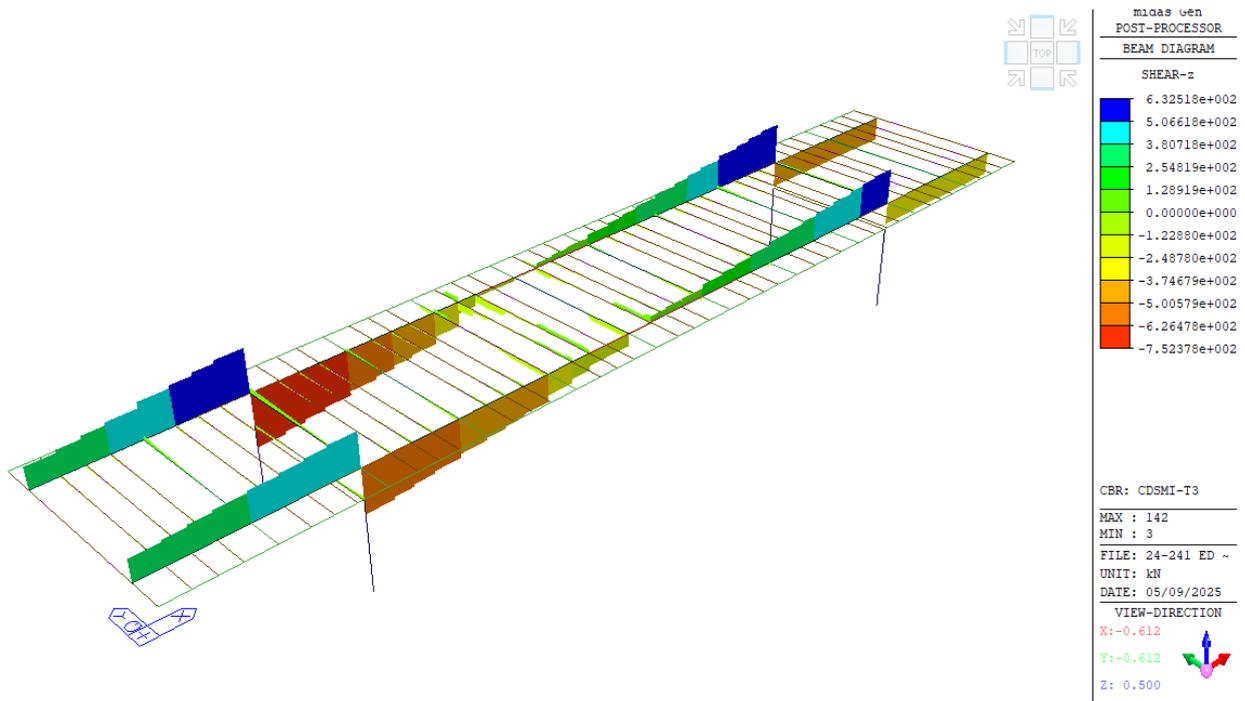


Rz Pile/Spalle

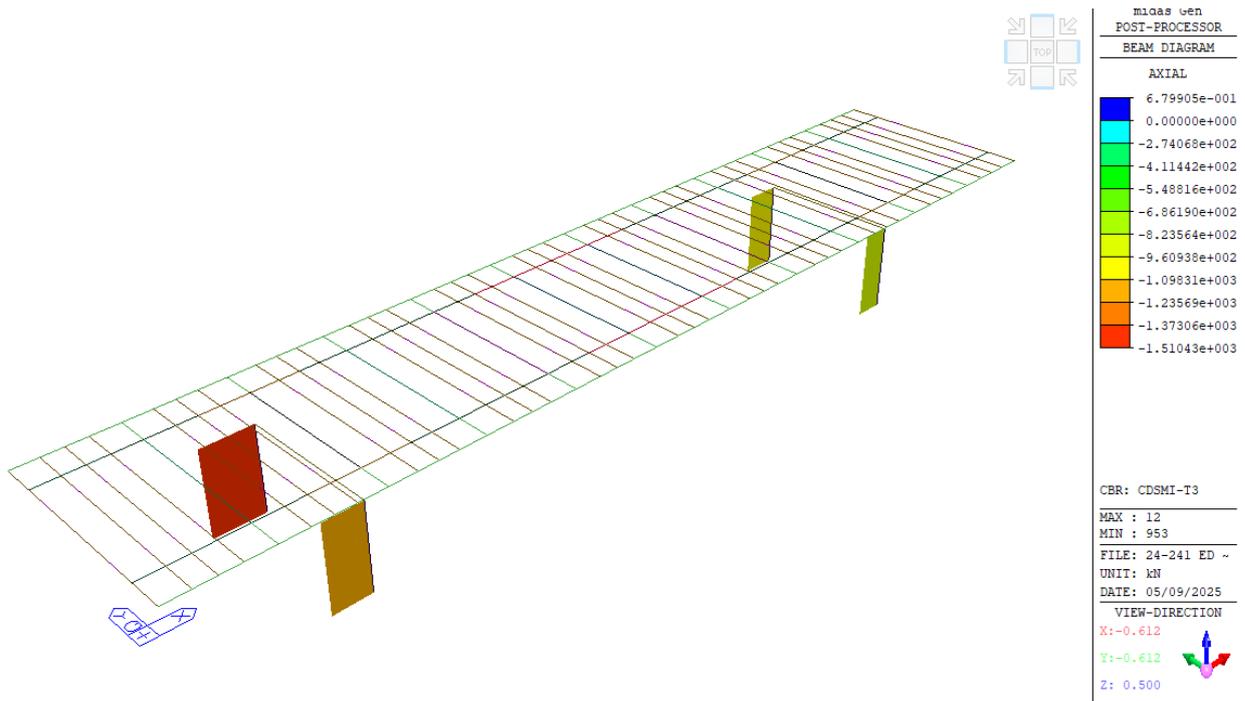
13.4.3 Schema traffico CdS MI-T3



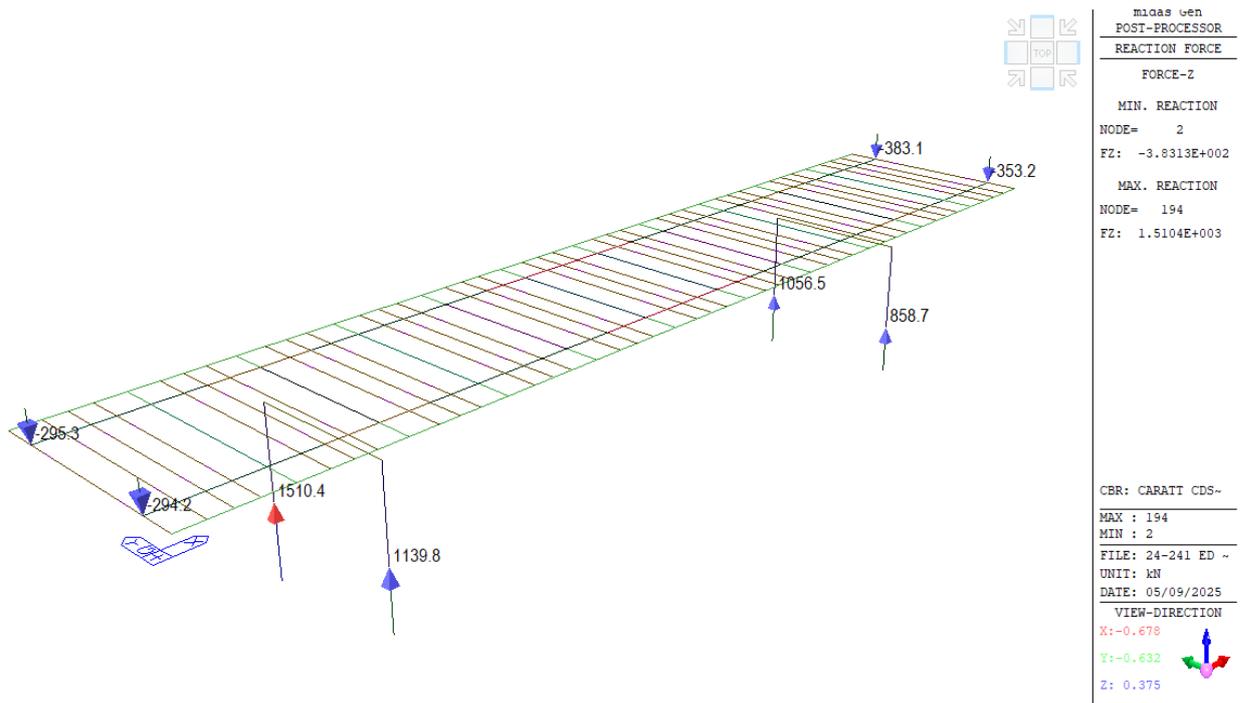
My Impalcato



Fz Impalcato

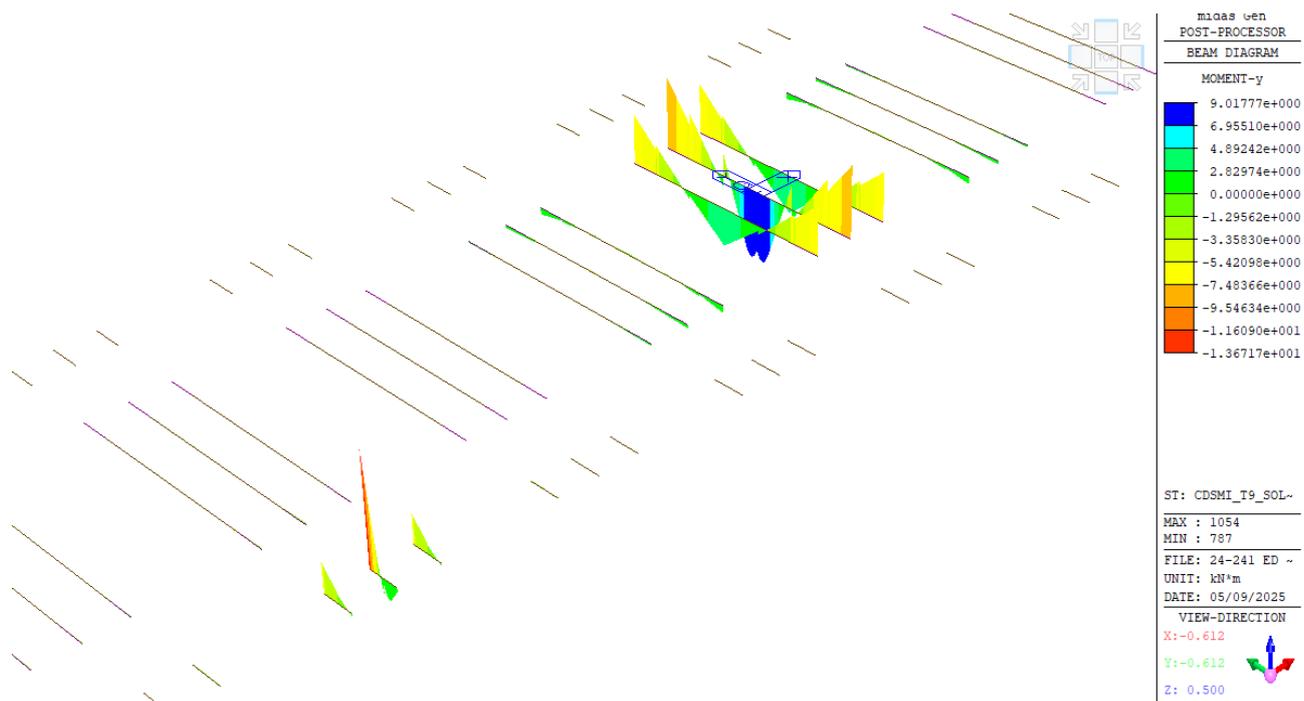


N Pile

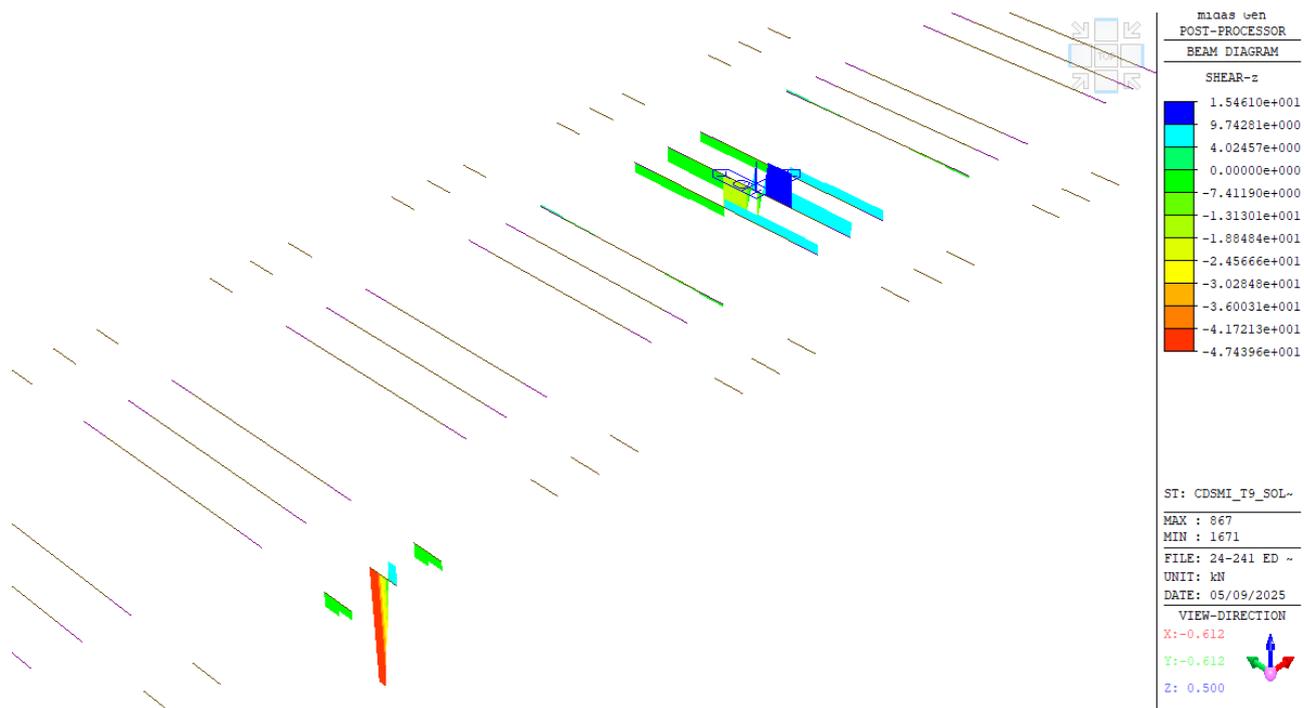


Rz Pile/Spalle

13.4.4 Schema traffico CdS MI-T9



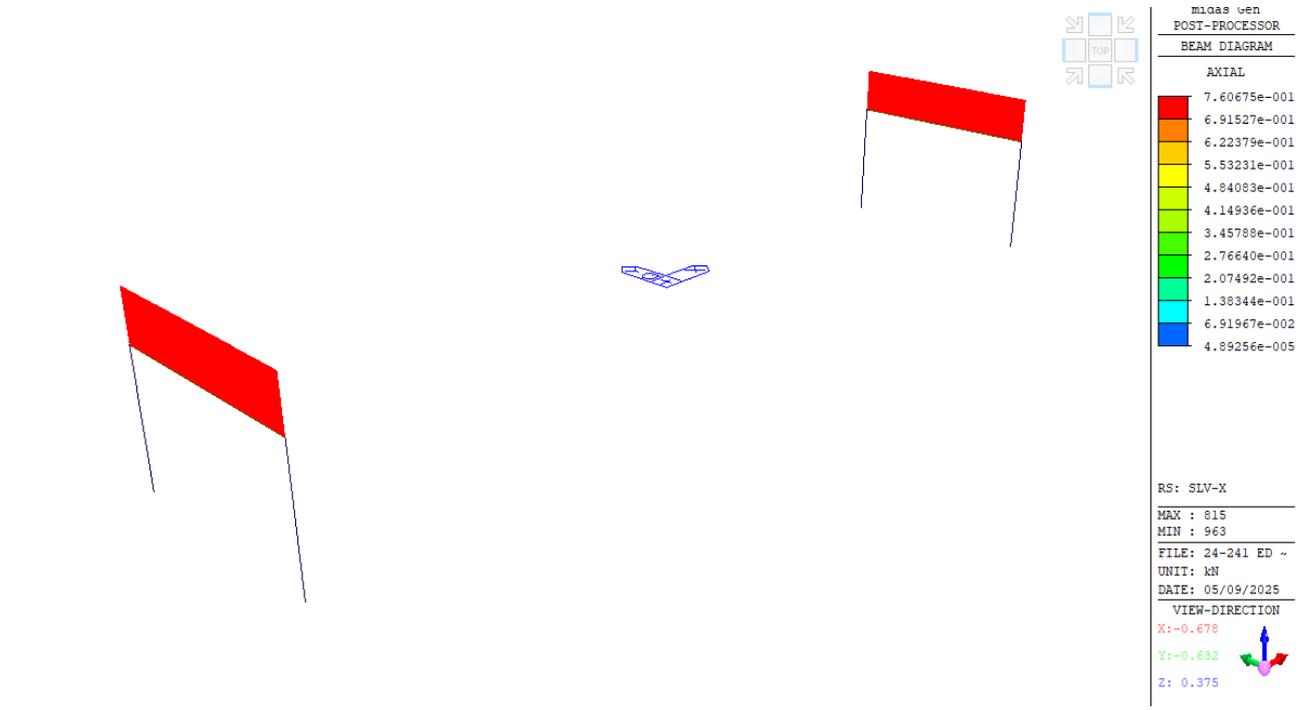
My Solette



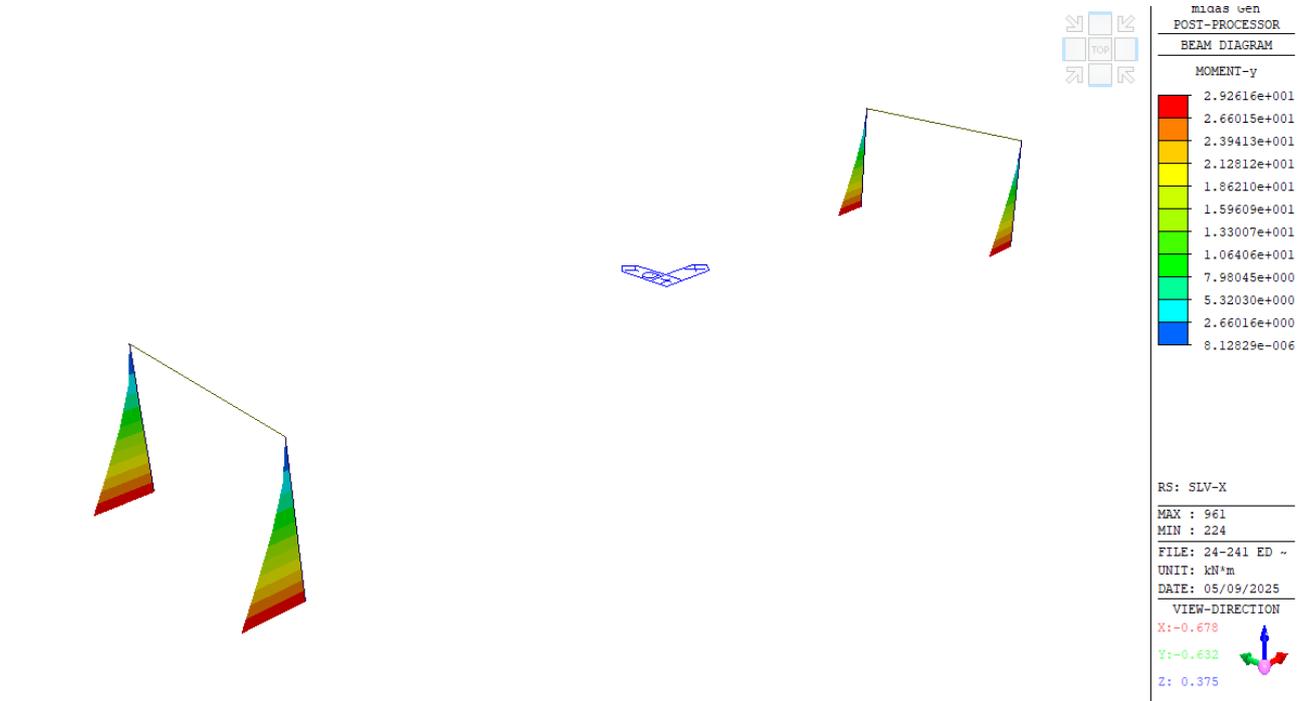
Fz Solette

13.5 Sollecitazioni per Carichi Sismici

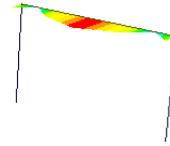
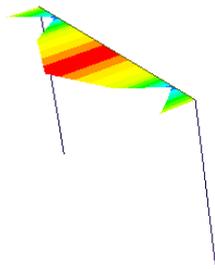
13.5.1 Condizione Sisma SLV X



N Pile/Spalle



My Pile/Spalle



Midas Gen
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

MOMENT-z

2.80609e+001
2.55100e+001
2.29590e+001
2.04080e+001
1.78571e+001
1.53061e+001
1.27551e+001
1.02042e+001
7.65321e+000
5.10225e+000
2.55128e+000
3.13747e-004

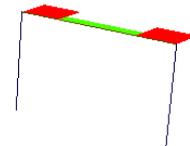
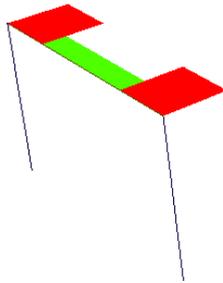
RS: SLV-X

MAX : 813
MIN : 956

FILE: 24-241 ED ~
UNIT: kN*m
DATE: 05/09/2025

VIEW-DIRECTION
X: -0.678
Y: -0.632
Z: 0.375

Mz Pile/Spalle



Midas Gen
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

SHEAR-y

1.67565e+001
1.52338e+001
1.37111e+001
1.21884e+001
1.06657e+001
9.14304e+000
7.62035e+000
6.09766e+000
4.57496e+000
3.05227e+000
1.52958e+000
6.88266e-003

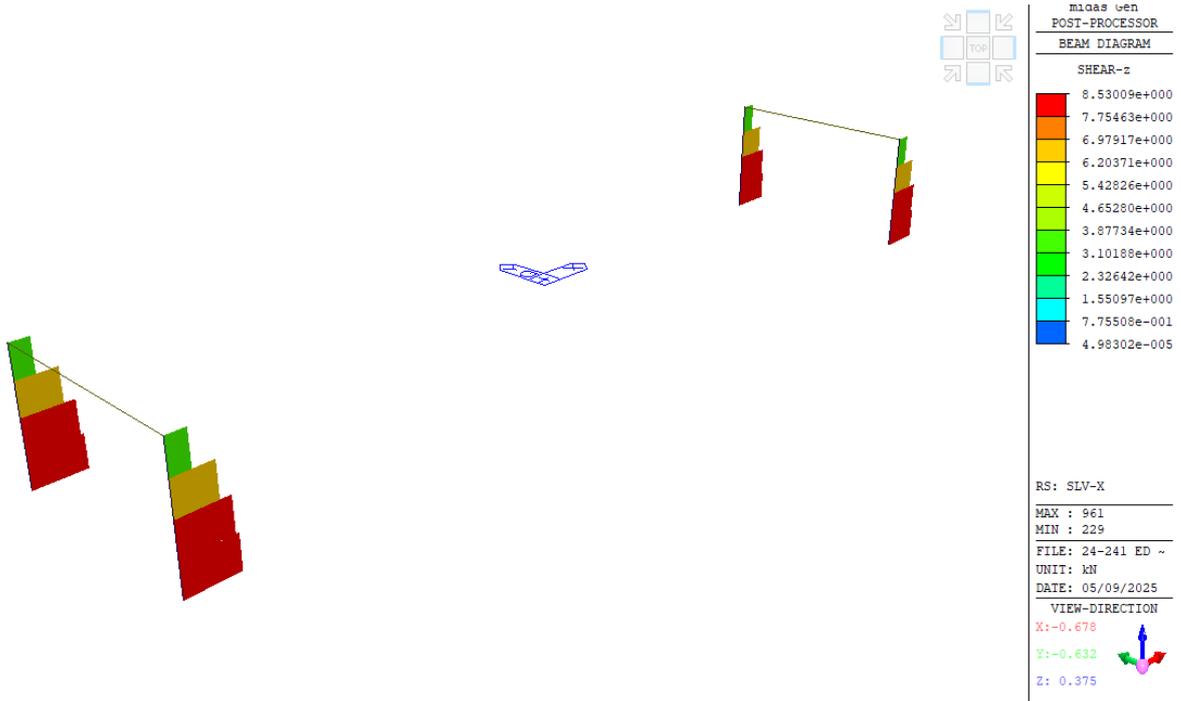
RS: SLV-X

MAX : 228
MIN : 224

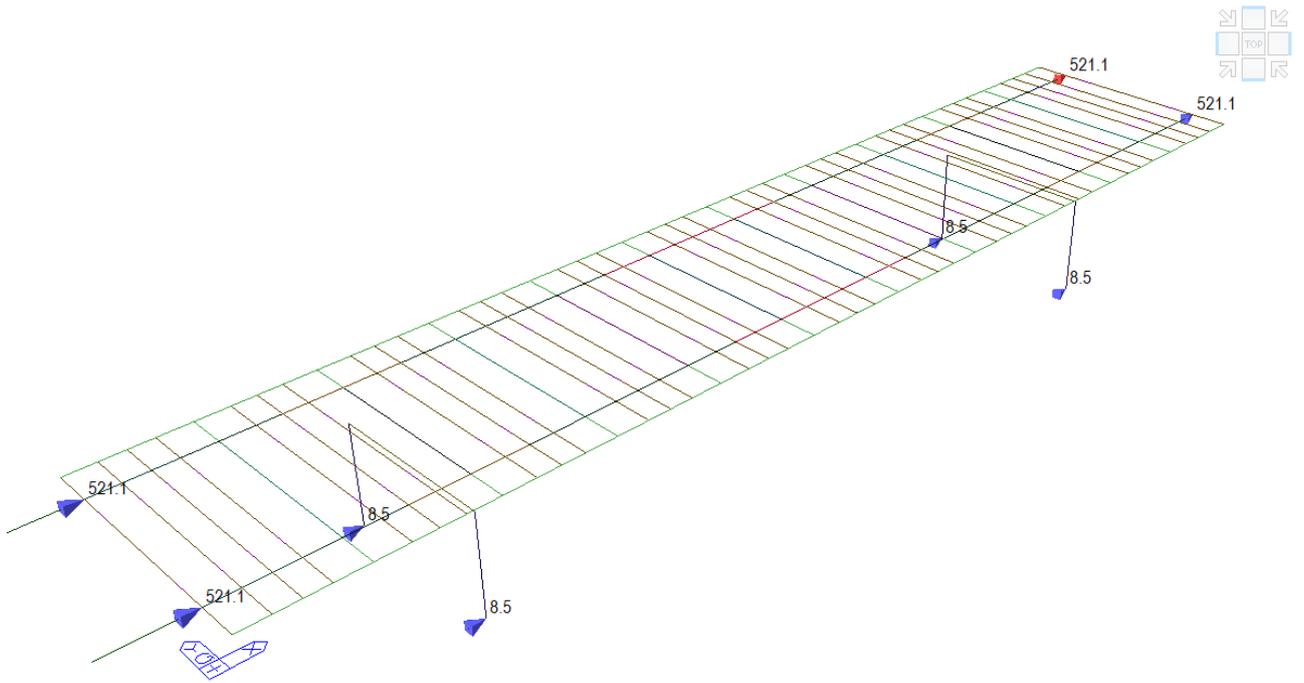
FILE: 24-241 ED ~
UNIT: KN
DATE: 05/09/2025

VIEW-DIRECTION
X: -0.678
Y: -0.632
Z: 0.375

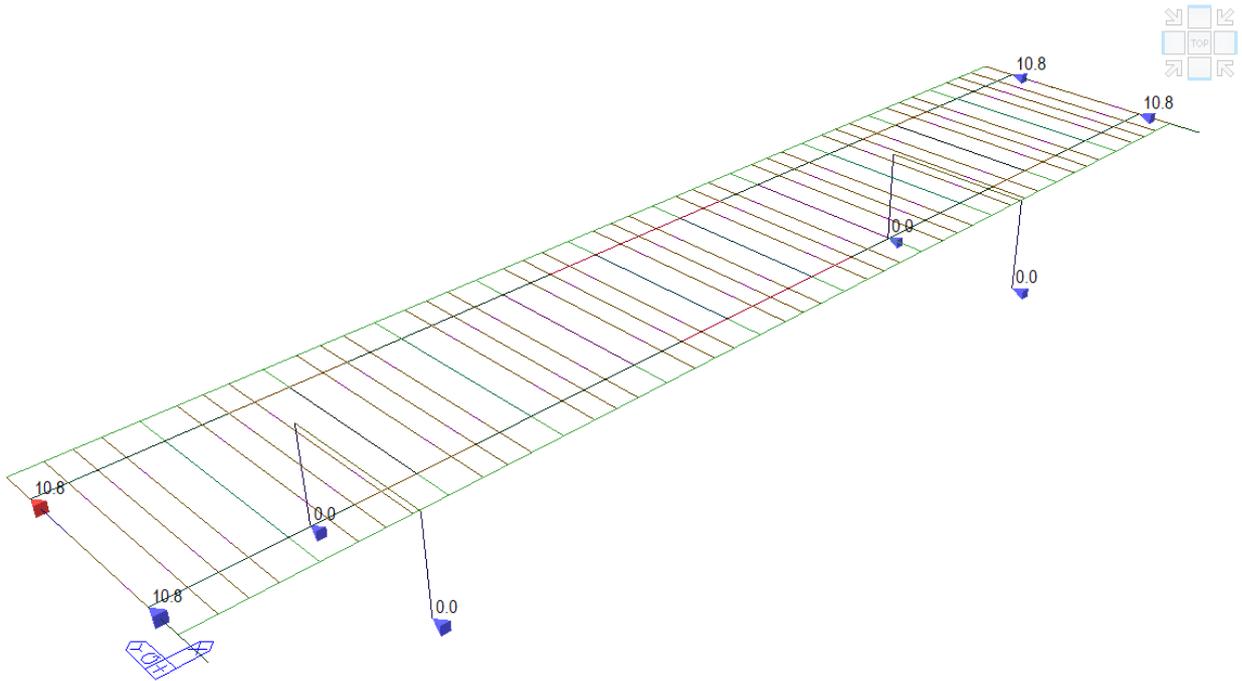
Fy Pile/Spalle



Fz Pile/Spalle

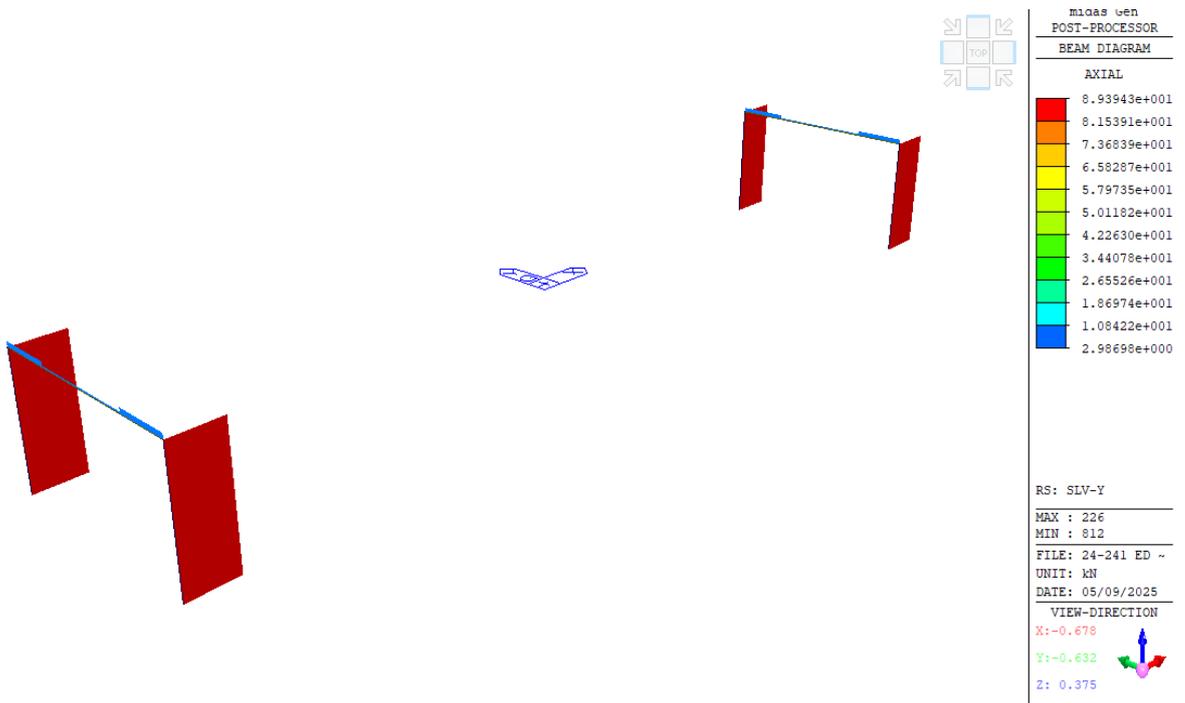


Rx Pile/Spalle

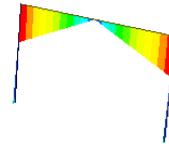
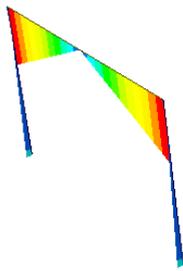


Ry Pile/Spalle

13.5.2 Condizione Sisma SLV Y



N Pile/Spalle



Midas Gen
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

3.33083e+002
3.02803e+002
2.72523e+002
2.42242e+002
2.11962e+002
1.81682e+002
1.51402e+002
1.21122e+002
9.08415e+001
6.05613e+001
3.02811e+001
9.34326e-004

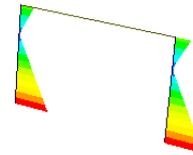
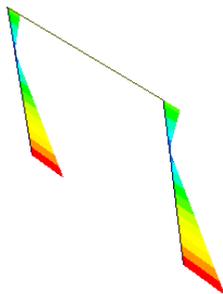
RS: SLV-Y

MAX : 229
MIN : 815

FILE: 24-241 ED ~
UNIT: kN*m
DATE: 05/09/2025

VIEW-DIRECTION
X: -0.678
Y: -0.632
Z: 0.375

My Pile/Spalle



Midas Gen
POST-PROCESSOR

BEAM DIAGRAM

MOMENT-z

8.31884e+002
7.56258e+002
6.80633e+002
6.05007e+002
5.29381e+002
4.53755e+002
3.78129e+002
3.02503e+002
2.26878e+002
1.51252e+002
7.56259e+001
1.03861e-005

RS: SLV-Y

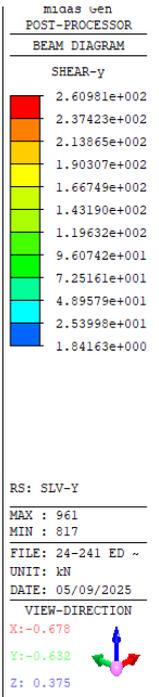
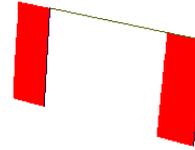
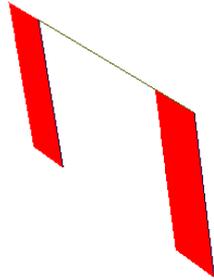
MAX : 961
MIN : 816

FILE: 24-241 ED ~
UNIT: kN*m
DATE: 05/09/2025

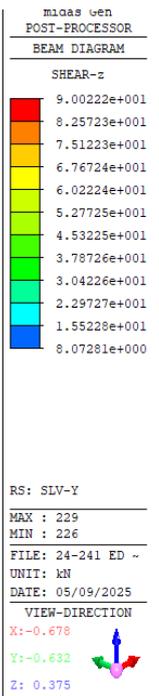
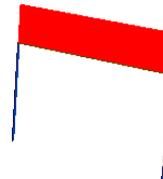
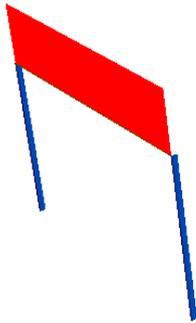
VIEW-DIRECTION
X: -0.678
Y: -0.632
Z: 0.375

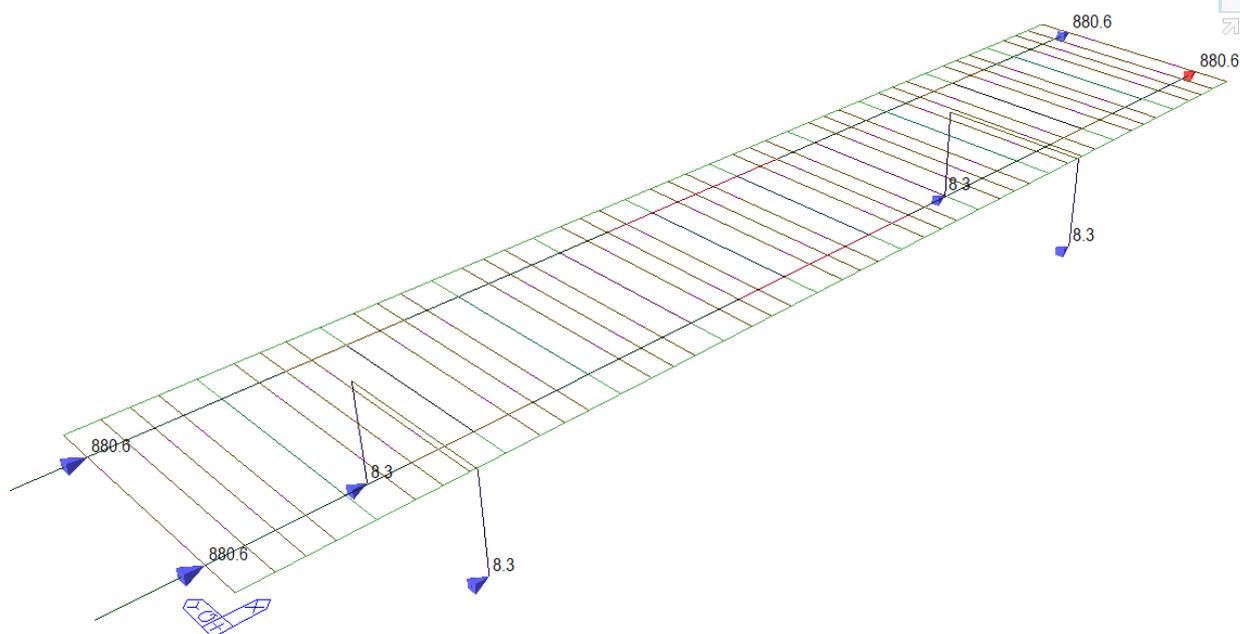
Mz Pile/Spalle

Fy Pile/Spalle

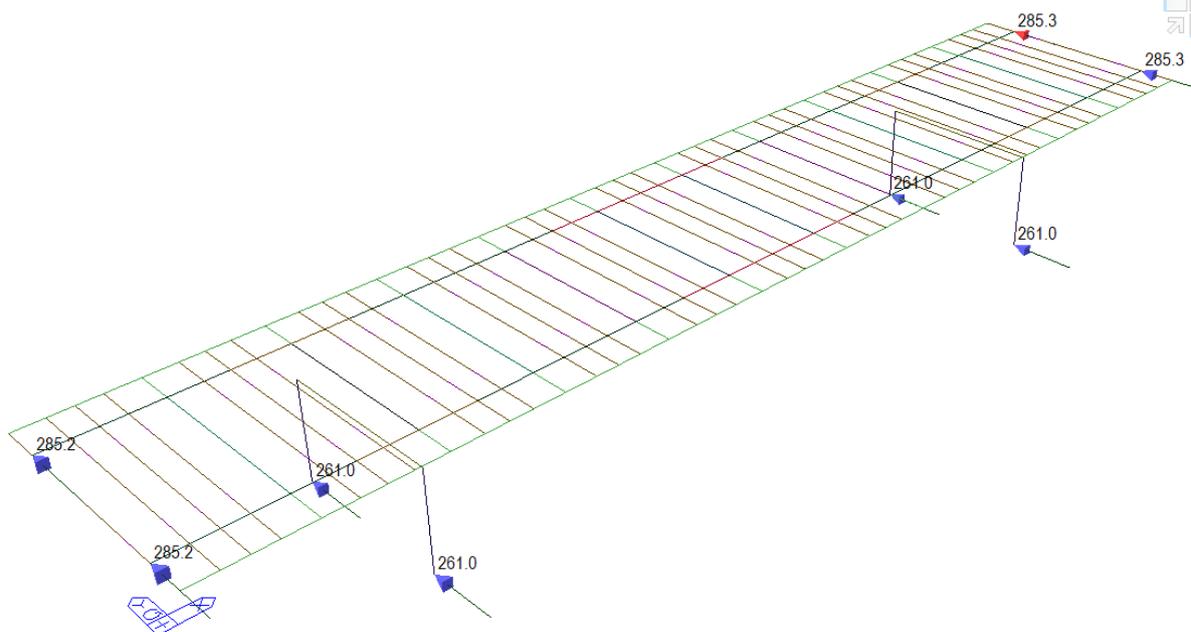


Fz Pile/Spalle





Rx Pile/Spalle



Ry Pile/Spalle

14 VERIFICHE DI LIVELLO 4 – DEFINIZIONE DELLE SEZIONI DI VERIFICA, GEOMETRIA ED ARMATURE PRESENTI

14.1 Individuazione degli Elementi

Di seguito si riportano graficamente le nomenclature delle sezioni oggetto di verifica.

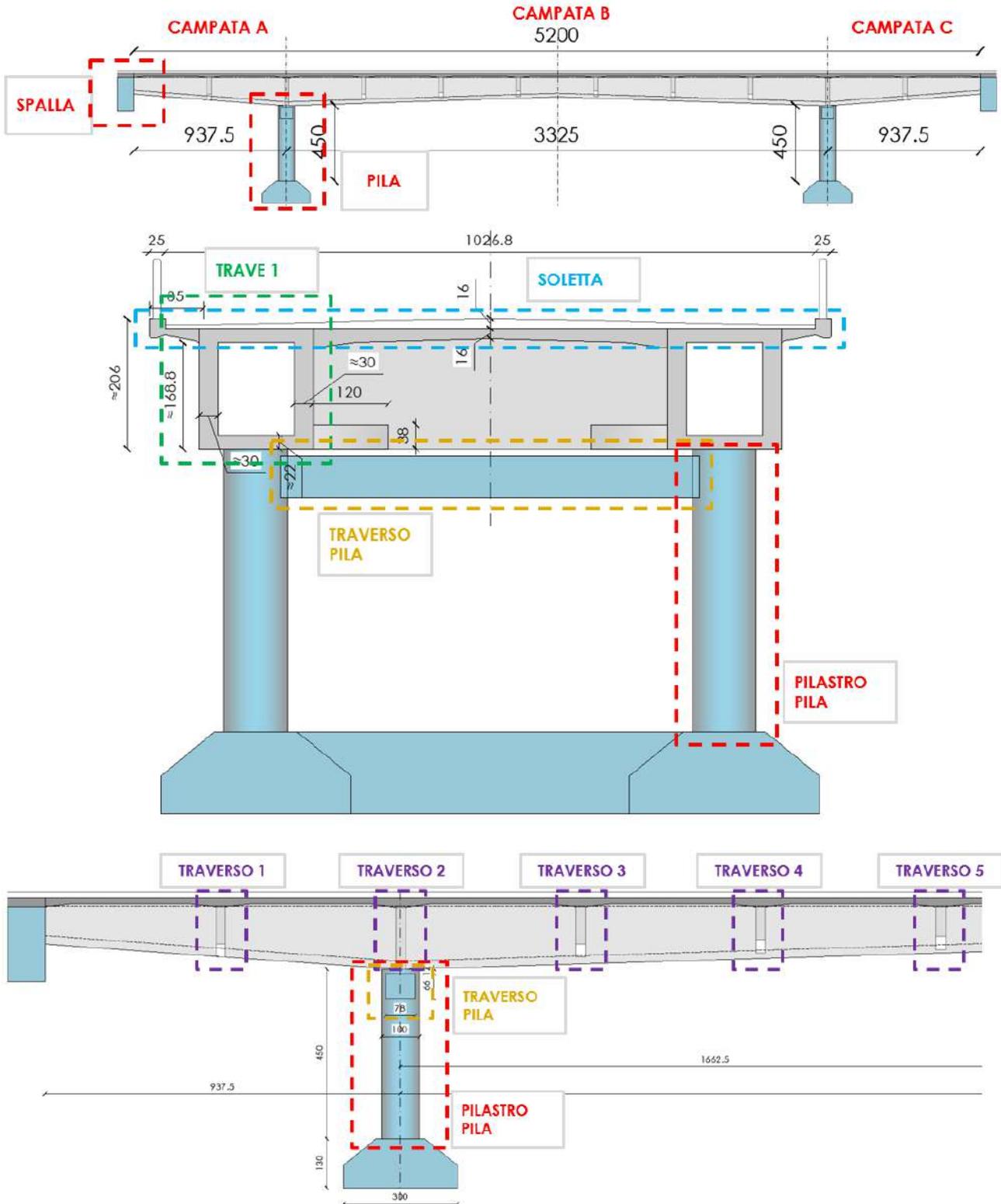
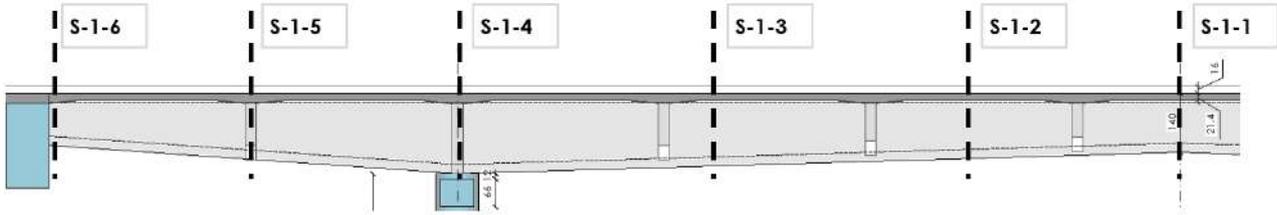


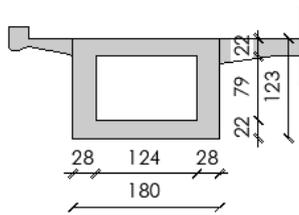
FIGURA 14-1: INDIVIDUAZIONE DEI MACRO ELEMENTI

14.2 Sezioni di Verifica e Armature degli Elementi

TRAVE 1

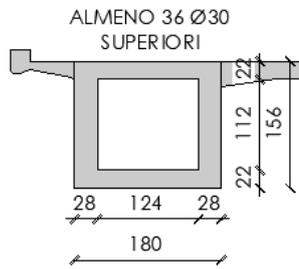


S-1-6



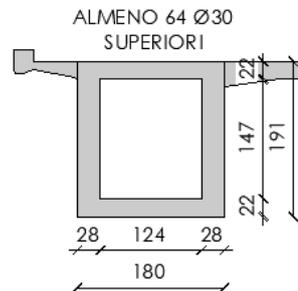
ALMENO 20 Ø30
INFERIORI

S-1-5



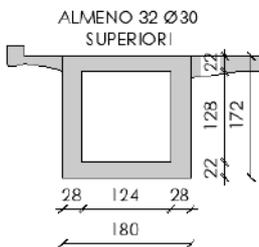
ALMENO 20 Ø30
INFERIORI

S-1-4



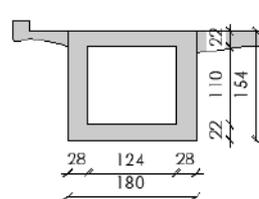
ALMENO 10 Ø30
INFERIORI

S-1-3



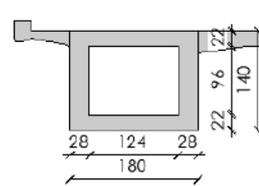
ALMENO 20 Ø30
INFERIORI

S-1-2

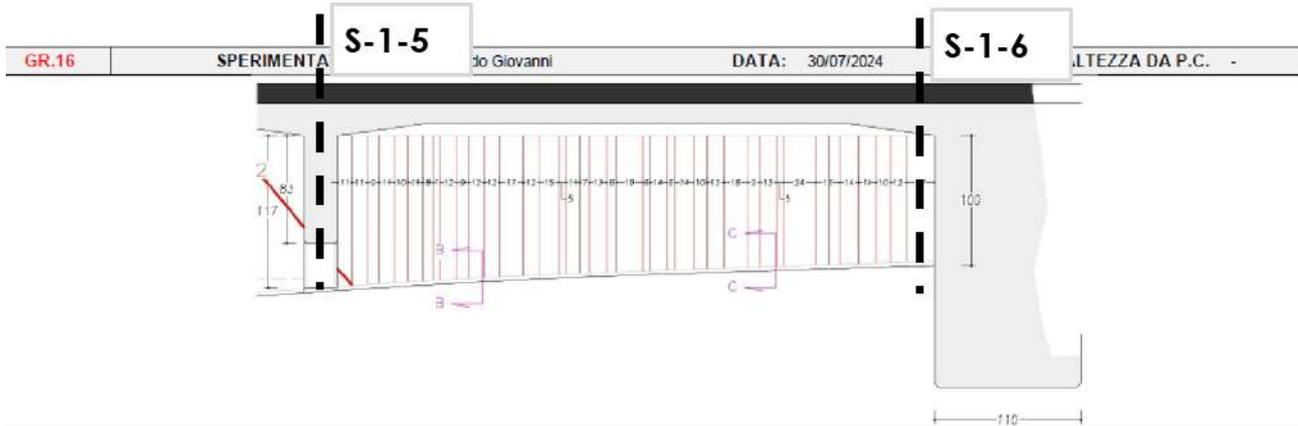


ALMENO 36 Ø30
INFERIORI
(dedotto da indagini + confronto con
sollecitazioni da carichi dell'epoca)

S-1-1



ALMENO 52 Ø30
INFERIORI
(dedotto da indagini + confronto con
sollecitazioni da carichi dell'epoca)

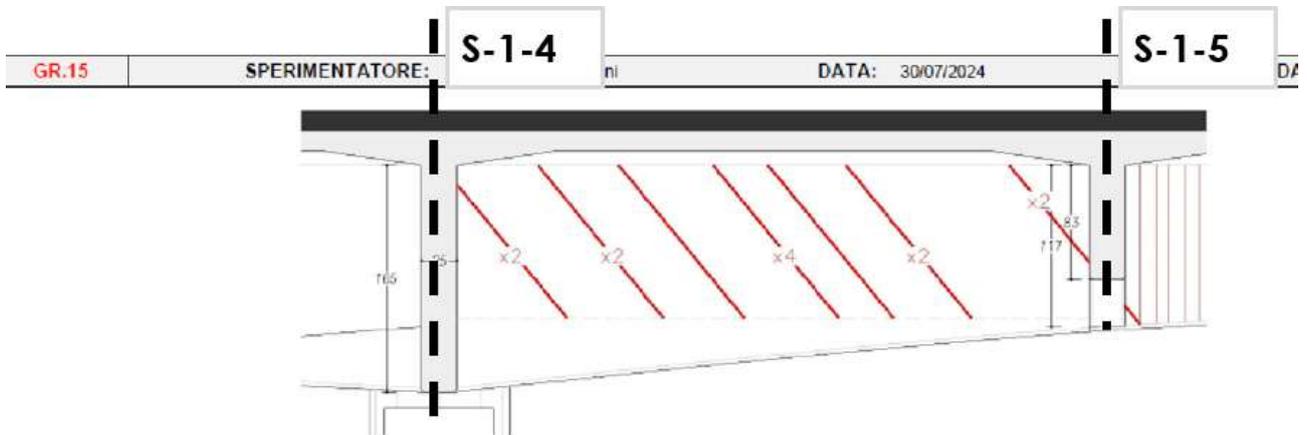


Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L	Vario, 10÷20
Longitudinale	30 L	-

Note:

- nel disegno sono rappresentate solo le staffe; nessun diagonale presente in questa campata d'estremità;
- per i ferri longitudinali si faccia riferimento alle sezioni indicate.

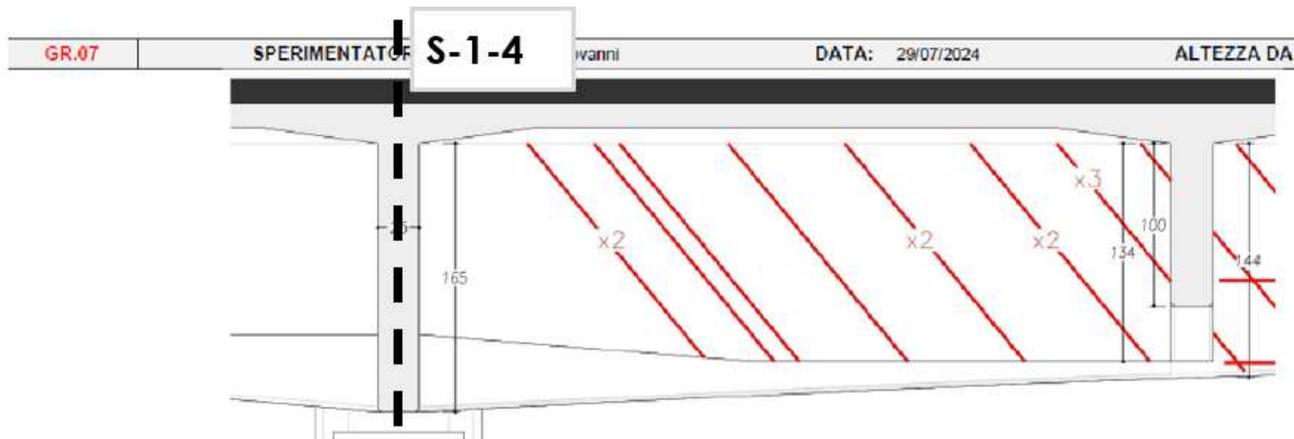


Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L	10÷20
Diagonale	30 L	-
Longitudinale	30 L	-

Note:

- staffe non rappresentate nel disegno.



Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L.	10=20
Diagonale	30 L.	-
Longitudinale	30 L.	-

Note: - staffe non rappresentate nel disegno.



Elemento: FIANCO INTERNO TRAVE LONGITUDINALE NORD

Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]
Staffe	8 L.	10=20
Diagonale	30 L.	-
Longitudinale	30 L.	-

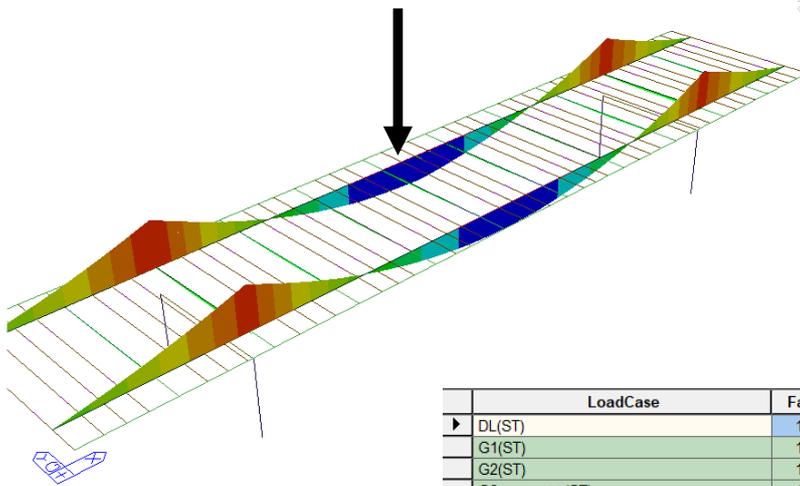
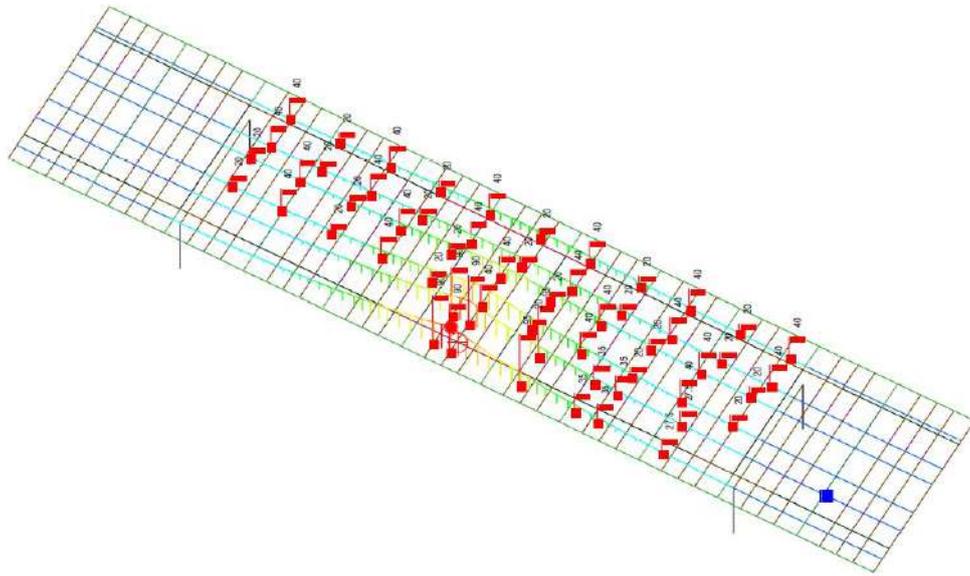
Note: - staffe non rappresentate nel disegno.

Si fa presente che, per quanto riguarda le travi a cassone, nonostante le indagini siano molto dettagliate, visti gli spessori importanti sarebbe risultato impossibile individuare le barre presenti negli strati più interni dell'elemento, sicuramente presenti vista la quantità di ferri piegati; si è quindi condotto un predimensionamento con carichi e combinazioni dell'epoca mediante il metodo delle tensioni ammissibili per determinare e confermare le armature presenti.

Di seguito il predimensionamento eseguito:

SEZIONE S-1-1

	CAMPATA	N.		COMB	Med
TRAVE	1	B	(S-1-1 MEZZERIA)	N62-CT1	6263



midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM
MOMENT-y
6.26317e+003
4.76130e+003
3.25944e+003
1.75757e+003
0.00000e+000
-1.24615e+003
-2.74802e+003
-4.24988e+003
-5.75175e+003
-7.25361e+003
-8.75547e+003
-1.02573e+004

CBS: N62-CT1
MAX : 123
MIN : 3
FILE: 24-241 ED ~
UNIT: kN*m
DATE: 05/07/2025
VIEW-DIRECTION
X:-0.612
Y:-0.612
Z: 0.500

	LoadCase	Factor
▶	DL(ST)	1.0000
	G1(ST)	1.0000
	G2(ST)	1.0000
	G2 parapetto(ST)	1.0000
	N62_T1_S-1-1_MAX M+(ST)	1.0000

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-1-1

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

Titolo : _____

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	180	0
3	180	140
4	0	140
5	0	0
6	30	22

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	367,57	90	10
2	70,69	90	130

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

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

Materiali
Aq50 LISC **TRAVI-Rcl**
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

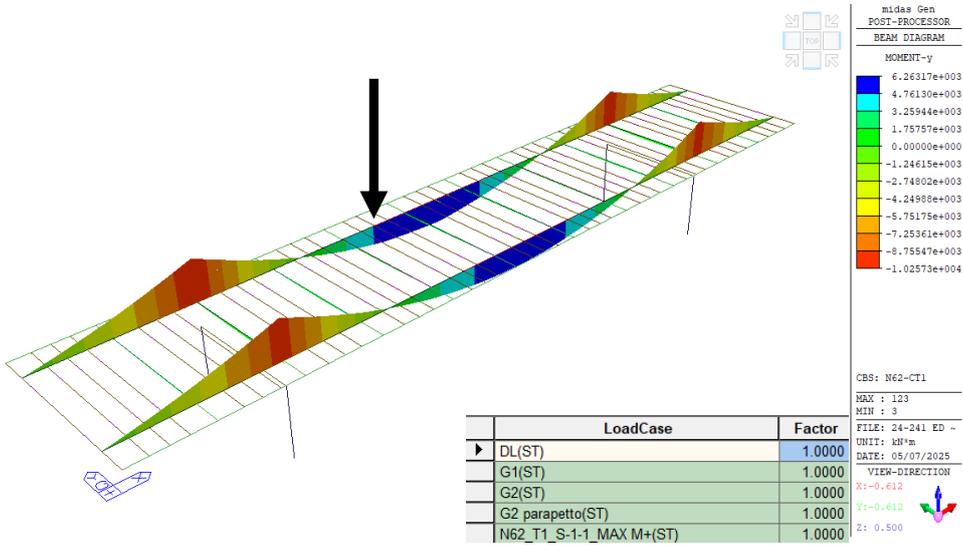
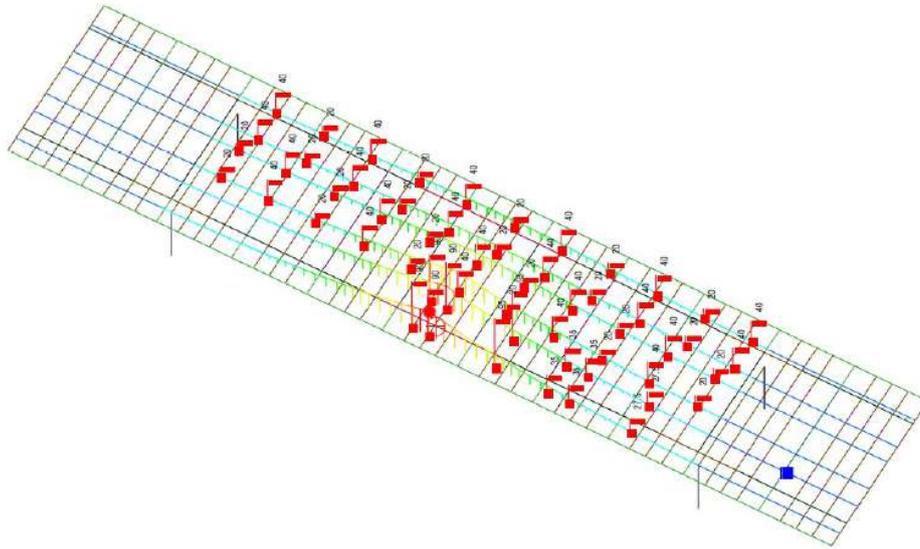
Verifica N° iterazioni:

Precompresso

ARMATURA INFERIORE	52	FI	30
ARMATURA SUPERIORE	10	FI	30

SEZIONE S-1-2

	CAMPATA	N.	COMB	Med
TRAVE	1	B	(S-1-2 4.75m DA MEZZERIA) N62-CT1	4822



LoadCase	Factor
DL(ST)	1.0000
G1(ST)	1.0000
G2(ST)	1.0000
G2 parapetto(ST)	1.0000
N62_T1_S-1-1_MAX M+(ST)	1.0000

midas Gen
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

6.26317e+003
4.76130e+003
3.25944e+003
1.75757e+003
0.00000e+000
-1.24619e+003
-2.74802e+003
-4.24989e+003
-5.75175e+003
-7.25361e+003
-8.75547e+003
-1.02573e+004

CBS: N62-CT1
MAX : 123
MIN : 3
FILE: 24-241 ED ~
UNIT: kN*m
DATE: 05/07/2025
VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-1-2

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

Titolo : _____

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	180	0
3	180	154
4	0	154
5	0	0
6	30	22

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	254,47	90	10
2	70,69	90	144

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Materiali
Aq50 LISC **TRAVI-Rcl**
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ‰
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica N° iterazioni:

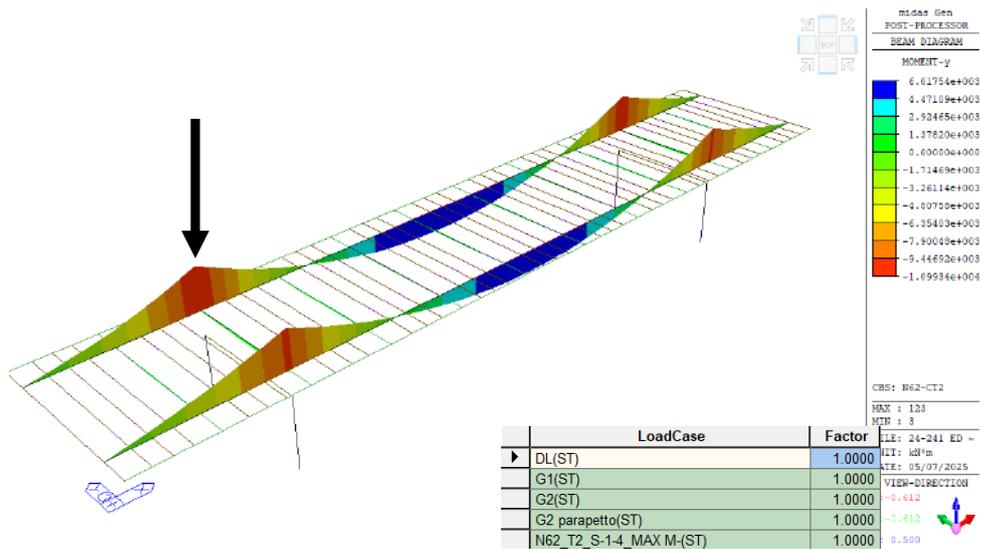
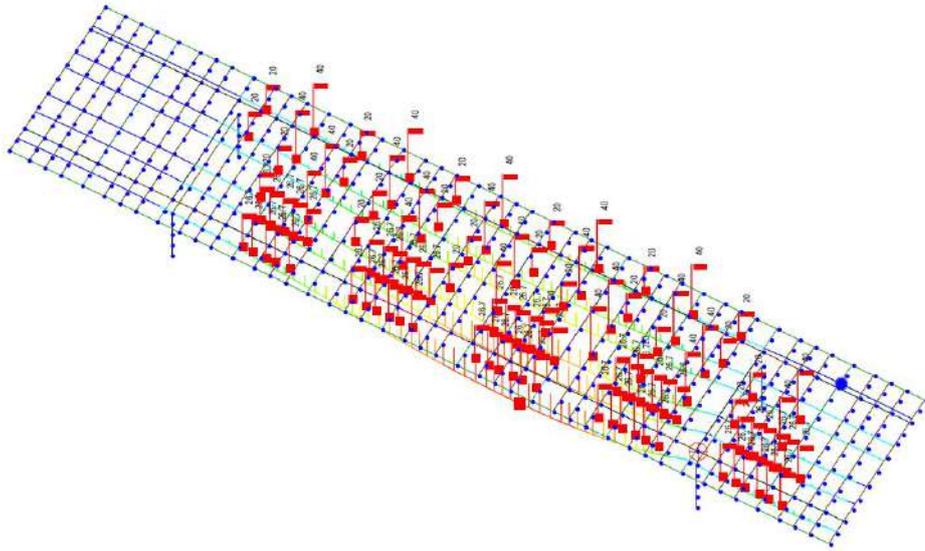
Precompresso

ARMATURA INFERIORE
ARMATURA SUPERIORE

36	FI	30
10	FI	30

SEZIONE S-1-4

	CAMPATA	N.	COMB	Med kNm
TRAVE	1	B	(S-1-4 APPOGGIO)	N62-CT2 -10933



Verifica C.A. S.L.U. - File: S-1-4

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

Titolo : _____

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	180	0
3	180	191
4	0	191
5	0	0
6	30	22

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	141,87	90	10
2	452,39	90	181

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

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

Materiali
Aq50 LISC **TRAVI-RcI**
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

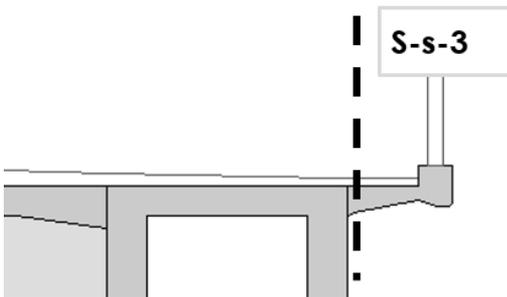
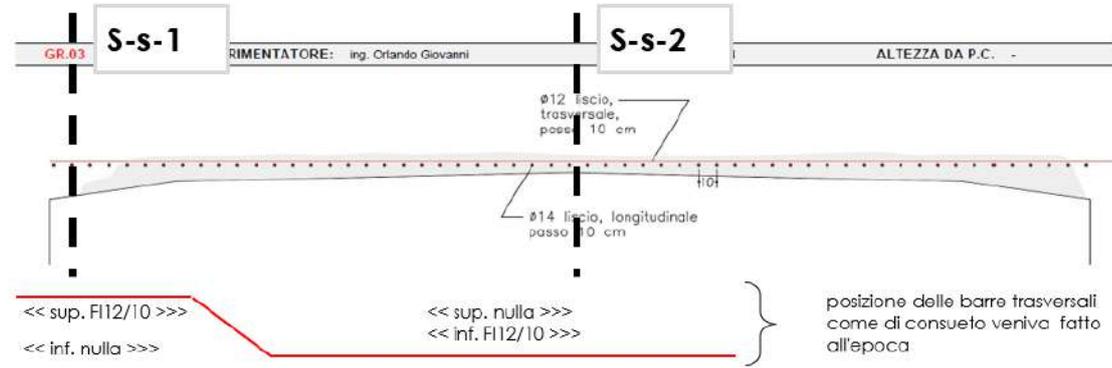
σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x w/d
 δ

Verifica N° iterazioni:

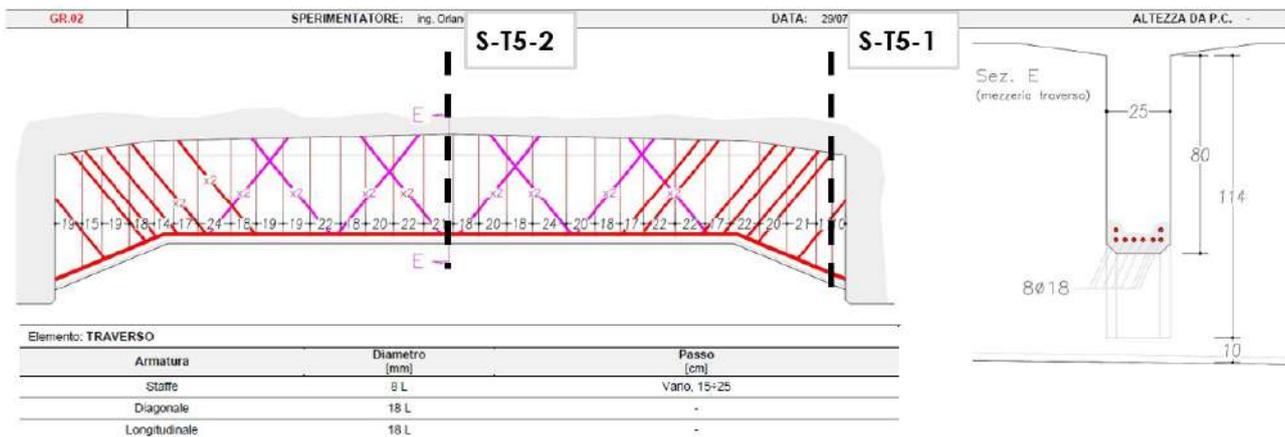
Precompresso

ARMATURA INFERIORE	64	FI	30
ARMATURA SUPERIORE	20	FI	30

SOLETTA

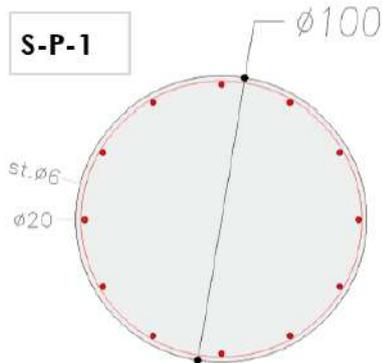


TRAVERSO



PILA

GR.08 | SPERIMENTATORE: ing. Orlando Giovanni | DATA: 29/07/2024 | ALTEZZA DA P.C.



Elemento: PILA IN ALVEO			Note:
Armatura	Diametro [mm]	Passo [cm]	- individuati n. 12 ferri longitudinali.
Stiffe	6 L	10	
Longitudinale	20 L	-	

15 VERIFICHE DI ADEGUATEZZA

Per ciascuna sezione di verifica, per le quali le azioni accidentali maggiormente gravose sono quelle relative al traffico stradale, è stato quindi calcolato il relativo coefficiente $\xi_{(V,i)}$, definito al paragrafo 8.3 delle NTC18 come "rapporto tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione".

In generale tale rapporto è stato determinato per l'i-esima sezione di verifica sia per la pressoflessione che per le sollecitazioni taglianti:

$$\xi_{V,iM} = \frac{M_{Rd} - \gamma_G \cdot M_G - \sum_i \gamma_{q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{q,i}}{\gamma_{Q,LL} \cdot (\psi_{0,LL}) \cdot M_{LL}}$$

$$\xi_{V,iV} = \frac{V_{Rd} - \gamma_G \cdot V_G - \sum_i \gamma_{q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot V_{q,i}}{\gamma_{Q,LL} \cdot (\psi_{0,LL}) \cdot V_{LL}}$$

dove col pedice i, si indicano i carichi variabili tenuti in conto ad eccezione di quelli legati al traffico individuati col pedice LL. Si precisa che il valore $\psi_{(0,LL)}$ è stato utilizzato solamente per le verifiche in cui la combinazione più gravosa è risultata con la massimizzazione di un'azione diversa da quella del traffico.

15.1 Sollecitazioni di Calcolo

A partire dalle sollecitazioni riportate graficamente al capitolo 13 del presente elaborato, si definiscono gli sforzi sollecitanti in combinazione i quali possono essere riassunti nella seguente tabella.

ADEGUATEZZA NTC18 - SEZIONI DI VERIFICA E SOLLECITAZIONI

	Elemento	Sezione	Massimizzazione	Comb	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)	
SLU	S-1-1	Trave 1	M+	AD-U1	1.03	-0.01	-246.34	407.01	10312.73	-0.2	
	S-1-2	Trave 1	M+	AD-U1	1	-0.03	-1128.61	-207.56	6783.73	-0.3	
	S-1-3	Trave 1	M-	AD-U3	1.07	-0.38	-2132.09	-337.51	-3671.96	-1.97	
		Trave 1	M-	AD-U6	0.98	-0.39	-2281.93	102.21	490.61	-1.36	
	S-1-4	Trave 1	M-	AD-U3	0.75	2.46	-2786.13	-443.8	-15685	1	
		Trave 1	V	AD-U2	1.01	2.32	-3254.42	418.84	-13078.68	0.37	
	S-1-5	Trave 1	M+/M-/V	AD-U3	-0.66	1.9	1764.1	-254.15	-6099.74	-0.09	
	S-1-6	Trave 1	V	AD-U1	-2.31	1.68	1389.57	-44.39	-0.45	1.04	
	S-13-1	Traverso 3	All'incastro con trave principale	V	AD-U82	-0.32	-0.05	500.08	3.25	327.77	0.2
		Traverso 3	All'incastro con trave principale	M+ o M-	AD-U81	-0.32	-0.02	1.23	10.19	812.1	0.13
	S-13-2	Traverso 3	Mezzeria	M+	AD-U82	-0.32	-0.05	90.31	3.25	992.53	0.07
	S-15-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale	V	AD-U72	0	0	474.77	1.15	282.23	0.01
Traverso 5		Mezzeria	M+ o M-	AD-U71	0	-0.03	-4382	6.96	868.73	0.09	
S-15-2	Traverso 5	Mezzeria	M+	AD-U72	0	0	69.37	1.15	882.24	0	
S-s-1	Soletta	Soletta interna	M-/V	AD-U9			-54.71		-61.75		
S-s-2	Soletta	Soletta interna	M+	AD-U9			49.26		49.26		
S-s-3	Soletta	Soletta sbazo	M-/V	AD-U9			-224		-66		
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	N+	AD-U4	634.39						
	Spalla	Sezione di base	N-	AD-U1	-1150.15						
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	N	AD-U2	-5605.99	-18.62	0.02	0.02	-0.07	29	
		Sezione di base	My	AD-U11	-4921.11	-19.86	5.48	2.33	-22.98	30.6	
		Sezione di base	Mz	AD-U10	-4930.95	-47.98	0.55	0.47	-2.14	120.63	
		Sezione di testa	Vy	AD-U10	-4930.95	-47.98	0.55	0.47	-2.14	120.63	
		Sezione di base	Vz	AD-U11	-4921.11	-19.86	5.48	2.33	-22.98	30.6	
S-Pi-1	Traverso Pila	All'incastro	M-/V	AD-U10	-24.95	0.13	-67.69	-0.34	-95.28	0.47	
S-Pi-2	Traverso Pila	Mezzeria	M+	AD-U11	-6.01	0.63	-28.01	-1.67	20.58	1.17	
SLV	S-SP-1	Spalla	V massimi	SLV5	-347.75		288.35		1036.90		
			N minimo	SLV1	-2372.67	61.38	11.02	16.86	38.83	273.56	
	S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	My	SLV3	-2310.1	244.03	10.85	11.46	40.68	855.78
			Sezione di base	Mz	SLV8	-2488.6	-244.02	-5.73	-2.61	-23.12	-855.74
			Sezione di base	Vy	SLV4	-2309.83	277.87	5.73	2.61	23.12	807.8
			Sezione di base	Vz	SLV1	-2372.4	95.23	11.02	16.86	38.83	225.61
	S-Pi-1	Traverso Pila	All'incastro	M-/V	SLV8	-13.65	3.19	-137.63	-5.04	-385.24	-2.61
	S-Pi-2	Traverso Pila	Mezzeria	M+	SLV6	-4.57	-5.8	3.19	1.51	63.83	-15.16

15.2 Resistenze delle Sezioni in Esame

15.2.1 Calcolo dei Momenti Resistenti

15.2.1.1 Impalcato

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-1-1

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

TITOLO :

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	180	0
3	180	140
4	0	140
5	0	0
6	30	22

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	183,78	90	10
2	91,89	14	35
3	91,89	166	35
4	70,69	90	130

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviate

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRA DE		TRAVI ADI	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	293,9 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200 000 N/mm²	f_{cd}	16,27
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	1
ϵ_{syd}	1,47 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11
$\sigma_{s,adm}$	160 N/mm²	τ_{co}	0,6667
		τ_{c1}	1,971

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

ϵ_c ‰

ϵ_s ‰

d cm

x w/d

ξ

S-1-1

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-1-2

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

TITOLO :

N° Vertici 10 Zoom N° barre 4 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	180	0
3	180	154
4	0	154
5	0	0
6	30	22

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	141,37	90	10
2	56,55	14	35
3	56,55	166	35
4	70,69	90	144

Tipologia: Rettan.re Trapezi a T Circolare Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipologia flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali:

BARRA ADE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 1 ?
 ϵ_{syd} 1,47 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 9 219 kN m
 σ_c -16,27 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 18,54 ‰
d 144 cm
x 22,87 x/d 0,1588
 δ 0,7

S-1-2

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-1-3

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

TITOLO :

N° Vertici 10 Zoom N° barre 4 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	180	0
3	180	172
4	0	172
5	0	0
6	30	22

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	141,37	90	10
2	77,75	14	137
3	77,75	166	137
4	70,69	90	162

Tipologia: Rettan.re Trapezi a T Circolare Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipologia flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali:

BARRA ADE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 1 ?
 ϵ_{syd} 1,47 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 7 264 kN m
 σ_c -16,27 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 18,5 ‰
d 162 cm
x 25,78 x/d 0,1591
 δ 0,7

S-1-3+

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-1-3

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

TITOLO :

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	180	0
3	180	172
4	0	172
5	0	0
6	30	22

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	141,37	90	10
2	77,75	14	137
3	77,75	166	137
4	70,69	90	162

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

File

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRA ADE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27 ‰
 E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
 ε_{syd} 1,47 ‰ σ_{c,adm} 11
 σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{cl} 1,971

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -9 097 kN m
 σ_c -16,27 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 35,11 ‰
 d 162 cm
 x 14,69 x/d 0,09066
 δ 0,7

S-1-3-

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-1-4

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

TITOLO :

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	180	0
3	180	191
4	0	191
5	0	0
6	28	22

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	70,69	90	10
2	190,85	14	156
3	190,85	166	156
4	70,69	90	181

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

File

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRA ADE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27 ‰
 E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
 ε_{syd} 1,47 ‰ σ_{c,adm} 11
 σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{cl} 1,971

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -18 071 kN m
 σ_c -16,27 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 3,587 ‰
 d 181 cm
 x 89,4 x/d 0,4939
 δ 1

S-1-4

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-1-5

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

TITOLO :

N° Vertici Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	180	0
3	180	156
4	0	156
5	0	0
6	28	22

N° barre Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	70,69	90	10
2	91,89	14	121
3	91,89	166	121
4	70,69	90	146

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRA DE TRAVI ADI

E_{su} ‰ E_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² E_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c I_{cc}/I_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
τ_{c1}

M_{xRd} kN m
σ_c N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

S-1-5

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-T3-1

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

TITOLO :

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	165	20
2	25	134

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20,36	145
2	9,05	10

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRA DE TRAVI ADI

E_{su} ‰ E_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² E_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c I_{cc}/I_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
τ_{c1}

M_{xRd} kN m
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

S-T3-1

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-T3-2

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

TITOLO : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	165	20	1	20,36	110
2	25	100	2	9,05	10

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRA DE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27 ‰
 E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
 ε_{syd} 1,47 ‰ σ_{c,adm} 11
 σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

M_{xRd} 669,9 kN m
 σ_c -16,27 N/mm²
 σ_s 293,9 N/mm²
 ε_c 2,701 ‰
 ε_s 67,5 ‰
 d 110 cm
 x 4,233 x/d 0,03848
 δ 0,7

S-T3-2

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-T5-1

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

TITOLO : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	165	20	1	20,36	124
2	25	114	2	9,05	10

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRA DE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27 ‰
 E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
 ε_{syd} 1,47 ‰ σ_{c,adm} 11
 σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

M_{xRd} 753,4 kN m
 σ_c -16,27 N/mm²
 σ_s 293,9 N/mm²
 ε_c 2,463 ‰
 ε_s 67,5 ‰
 d 124 cm
 x 4,365 x/d 0,03521
 δ 0,7

S-T5-1

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-T5-2

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

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	165	20	1	20,36	90
2	25	80	2	9,05	10

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione a T:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipologia rottura:
Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Materiali:

BARRA ADE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27 ‰
E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
ε_{syd} 1,47 ‰ σ_{c,adm} 11
σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
τ_{c1} 1,971

M_{xRd} 550,6 kNm
σ_c -16,27 N/mm²
σ_s 293,9 N/mm²
ε_c 3,169 ‰
ε_s 67,5 ‰
d 90 cm
x 4,036 x/d 0,04485
δ 0,7

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

S-T5-2

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-s-1

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

TITOLO :

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	7,92	5

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione rettangolare:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipologia rottura:
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Materiali:

BARRA ADE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27 ‰
E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
ε_{syd} 1,47 ‰ σ_{c,adm} 11
σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
τ_{c1} 1,971

M_{xRd} -44,84 kNm
σ_c -16,27 N/mm²
σ_s 293,9 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 36,25 ‰
d 20 cm
x 1,761 x/d 0,08805
δ 0,7

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

S-s-1

CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA
DI VENEZIA

PONTI ESISTENTI – AREA NORD CIG 9041138719
Verifiche livello 4 – Ponte 03 – Cittanova - San Donà di Piave - Caorle
– SP54 – ID Opera 40

ELAB.: 21173P2114A

Rev. A - Pag. 173 di 270

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-s-2

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	16	1	7,92	13

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Calcola MRd L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRA DE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27
 E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
 ϵ_{syd} 1,47 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

P.to applicazione N
 Centro Baicentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 28,55 kN m
 σ_c -16,27 N/mm²
 σ_s 293,9 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 22,28 ‰
 d 13 cm
 x 1,765 x/d 0,1358
 δ 0,7

S-s-2

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-s-3

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	22	1	7,92	5

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Calcola MRd L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRA DE TRAVI ADI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 293,9 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 16,27
 E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
 ϵ_{syd} 1,47 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

P.to applicazione N
 Centro Baicentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -37,85 kN m
 σ_c -16,27 N/mm²
 σ_s 293,9 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 30,26 ‰
 d 17 cm
 x 1,762 x/d 0,1037
 δ 0,7

S-s-3

15.2.1.2 Spalle/Pile Combinazioni Statiche

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-P-1 N

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 100 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 12

Diametro barre 2 [cm]

Copriferro (baric.) 4 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

File

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 50 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 272

Precompresso

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N Ed 5606 0 kN

M xEd 1 0 kNm

M yEd 29 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

BARRA DE		PILE ADECI	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	293,9 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200 000 N/mm ²	f_{cd}	26,67
E_s/E_c	15	I_{cc}/I_{cd}	1
ϵ_{syd}	1,47 ‰	$\sigma_{c,adm}$	17
$\sigma_{s,adm}$	160 N/mm ²	τ_{co}	0,9867
		τ_{c1}	2,657

M xRd 182,7 kN m

M yRd 5 677 kN m

σ_c -26,67 N/mm²

σ_s 293,9 N/mm²

ϵ_c 3,5 ‰

ϵ_s 18,51 ‰

d 195,9 cm

x 31,16 x/d 0,159

δ 0,7

S-P-1N

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-P-1 Y

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 100 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 12

Diametro barre 2 [cm]

Coprifero (baric.) 4 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 50 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 306

Precompresso

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 4921 0 kN

M_{xEd} 23 0 kNm

M_{yEd} 31 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 3 013 kN m

M_{yRd} 4 193 kN m

σ_c -26.67 N/mm²

σ_s 293.9 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 20.3 ‰

d 195.3 cm

x 28.72 x/d 0.1471

δ 0.7

Materiali

BARR ADE PILE ADE C

E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰

f_{yd} 293.9 N/mm² E_{cu} 3.5 ‰

E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 26.67

E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1

ϵ_{syd} 1.47 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 17

$\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0.9867

τ_{c1} 2.657

S-P-1Y

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-P-1 Z

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 100 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 12

Diametro barre 2 [cm]

Coprifero (baric.) 4 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 50 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 271

Precompresso

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 4931 0 kN

M_{xEd} 3 0 kNm

M_{yEd} 121 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 85.52 kN m

M_{yRd} 5 173 kN m

σ_c -26.67 N/mm²

σ_s 293.9 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 20.36 ‰

d 195.9 cm

x 28.73 x/d 0.1467

δ 0.7

Materiali

BARR ADE PILE ADE C

E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰

f_{yd} 293.9 N/mm² E_{cu} 3.5 ‰

E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 26.67

E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1

ϵ_{syd} 1.47 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 17

$\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0.9867

τ_{c1} 2.657

CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA
DI VENEZIA

PONTI ESISTENTI – AREA NORD CIG 9041138719
Verifiche livello 4 – Ponte 03 – Cittanova - San Donà di Piave - Caorle
– SP54 – ID Opera 40

ELAB.: 21173P2114A

Rev. A - Pag. 176 di 270

S-P-1Z

15.2.1.3 Spalle/Pile Combinazioni Sismiche

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-P-1 N SLV

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 100 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 12

Diametro barre 2 [cm]

Copriferro (baric.) 4 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 2372 0 kN

M_{xEd} 39 0 kNm

M_{yEd} 274 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 50 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 277

Precompresso

Materiali

BARRA DE		PILE ADE C	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	293,9 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200 000 N/mm ²	f_{cd}	26,67
E_s/E_c	15	I_{cc}/I_{cd}	1
ϵ_{syd}	1,47 ‰	$\sigma_{c,adm}$	17
$\sigma_{s,adm}$	160 N/mm ²	τ_{co}	0,9867
		τ_{c1}	2,657

M_{xRd} 401,2 kN m

M_{yRd} 3 112 kN m

σ_c -26,67 N/mm²

σ_s 293,9 N/mm²

ϵ_c 3,5 ‰

ϵ_s 32,05 ‰

d 195,1 cm

x 19,21 x/d 0,09847

δ 0,7

S-P-1N

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-P-1 Y SLV

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

Titolo: _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno 100 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 12

Diametro barre 2 [cm]

Copriferro (baric.) 4 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 2310 0 kN

M_{xEd} 41 0 kNm

M_{yEd} 856 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 50 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 272

Precompresso

Materiali

BARR ADE PILE ADEE

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰

f_{yd} 293,9 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰

E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 26,67

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 1 [?]

ϵ_{syd} 1,47 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 17

$\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0,9867

τ_{c1} 2,657

M_{xRd} 112,8 kN m

M_{yRd} 3 081 kN m

σ_c -26,67 N/mm²

σ_s 293,9 N/mm²

ϵ_c 3,5 ‰

ϵ_s 32,49 ‰

d 195,9 cm

x 19,05 x/d 0,09724

δ 0,7

S-P-1Y

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-P-1 Z SLV

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

Titolo: _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno 100 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 12

Diametro barre 2 [cm]

Copriferro (baric.) 4 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 2488 0 kN

M_{xEd} 24 0 kNm

M_{yEd} 856 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 50 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 271

Precompresso

Materiali

BARR ADE PILE ADEE

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰

f_{yd} 293,9 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰

E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 26,67

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 1 [?]

ϵ_{syd} 1,47 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 17

$\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0,9867

τ_{c1} 2,657

M_{xRd} 58,76 kN m

M_{yRd} 3 230 kN m

σ_c -26,67 N/mm²

σ_s 293,9 N/mm²

ϵ_c 3,5 ‰

ϵ_s 31,31 ‰

d 195,9 cm

x 19,69 x/d 0,1005

δ 0,7

S-P-1Z

15.2.2 Calcolo dei Tagli Resistenti

15.2.2.1 Impalcato

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA

S-1-3 (UNA DELLE DUE ANIME)

Caratteristiche della sezione

GEOMETRIA	H =	172	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	168	cm	altezza utile
	z =	151.2	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	11	mm	diametro armatura
	n° =	30		numero barre
	A _s =	28.5	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0059		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO	F =	8	mm	diametro staffe
	n° =	2		numero bracci
	A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	20	cm	passo delle staffe
	alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° staffe =	7.560		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	7.596	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a: 1 per membrane non compresse 1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd} 1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd} 2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	V _{Rsd} =	223	kN
Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:			
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$			

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	30	mm	diametro ferri piegati
n° =	1		numero bracci
A _{sw} =	7.1	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	25.20	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	6		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	42.390	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 1246 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATIV_{Rsd,tot} = 1470 kN resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" V_{Rcd} = 1723 kN

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALEV_{Rd} = 1470 kN resistenza di calcolo min(V_{Rsd};V_{Rcd})

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'

2939.194 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-1-4 (UNA DELLE DUE ANIME)****Caratteristiche della sezione****GEOMETRIA**

H =	191	cm	altezza sezione
b _w =	28	cm	larghezza sezione
h' =	4	cm	copriferro
d =	187	cm	altezza utile
z =	168.3	cm	braccio della coppia interna (0,9d)

ARMATURA TESA

F =	30	mm	diametro armatura
n° =	27		numero barre
A _s =	190.8	cm ²	area dell'armatura tesa
r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)

AZIONI DI COMPRESSIONE

N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO

F =	8	mm	diametro staffe
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	15	cm	passo delle staffe
alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° staffe =	11.220		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	11.274	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrane non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFERES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 331 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	30	mm	diametro ferri piegati
n° =	1		numero bracci
A _{sw} =	7.1	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	42.08	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	4		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	28.260	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrane non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 831 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATIV_{Rsd,tot} = 1162 kN resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati

Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzoRES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" $V_{Rcd} = 1918 \text{ kN}$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE $V_{Rd} = 1162 \text{ kN}$ resistenza di calcolo $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'
2324.591 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-1-5 (UNA DELLE DUE ANIME)****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA

H =	156	cm	altezza sezione
b _w =	28	cm	larghezza sezione
h' =	4	cm	copriferro
d =	152	cm	altezza utile
z =	136.8	cm	braccio della coppia interna (0,9d)

ARMATURA TESA

F =	30	mm	diametro armatura
n° =	13		numero barre
A _s =	91.8	cm ²	area dell'armatura tesa
r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)

AZIONI DI COMPRESSIONE

N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO

F =	8	mm	diametro staffe
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	15	cm	passo delle staffe
alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° staffe =	10.869		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	10.921	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrane non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFERES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 321 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	30	mm	diametro ferri piegati
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	14.1	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	163.03	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	1		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	14.130	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrane non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" $V_{Rsd} = 382 \text{ kN}$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATI $V_{Rsd,tot} = 703 \text{ kN}$ resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" $V_{Rcd} = 1535 \text{ kN}$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{ctd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE $V_{Rd} = 703 \text{ kN}$ resistenza di calcolo $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'
1406.155 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-1-6 (UNA DELLE DUE ANIME)****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	123	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	119	cm	altezza utile
	z =	107.1	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	13		numero barre
	A _s =	91.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO	F =	8	mm	diametro staffe
	n° =	2		numero bracci
	A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	13	cm	passo delle staffe
	alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° staffe =	17.667		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	17.752	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	α _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a: 1 per membraure non compresse 1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd} 1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd} 2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	V _{Rsd} =	522	kN
Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:			
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$			

Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI"	V _{Rcd} =	935	kN
Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con			
$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$			

RESISTENZA FINALE

$$V_{Rd} = 522 \text{ kN} \quad \text{resistenza di calcolo min}(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'
1043.832 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-T3-1****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	134	cm	altezza sezione
	b_w =	25	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	130	cm	altezza utile
	z =	117	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	18	mm	diametro armatura
	n° =	8		numero barre
	A_s =	20.3	cm ²	area dell'armatura tesa
	r_l =	0.0061		rapporto geometrico d'armatura longitudinale ($\leq 0,02$)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N_{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s_{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO

F =	8	mm	diametro staffe
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	21	cm	passo delle staffe
alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° staffe =	5.571		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	5.598	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFERES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 165 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	18	mm	diametro ferri piegati
n° =	1		numero bracci
A _{sw} =	2.5	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	29.25	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	4		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	10.174	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" $V_{Rsd} = 299 \text{ kN}$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATI $V_{Rsd,tot} = 464 \text{ kN}$ resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" $V_{Rcd} = 1190 \text{ kN}$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{ctd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE $V_{Rd} = 464 \text{ kN}$ resistenza di calcolo $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-T5-1****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	114	cm	altezza sezione
	b_w =	25	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	110	cm	altezza utile
	z =	99	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	18	mm	diametro armatura
	n° =	8		numero barre
	A_s =	20.3	cm ²	area dell'armatura tesa
	r_l =	0.0071		rapporto geometrico d'armatura longitudinale ($\leq 0,02$)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N_{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s_{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO

F =	8	mm	diametro staffe
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	21	cm	passo delle staffe
alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° staffe =	4.714		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	4.737	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFERES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 139 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	18	mm	diametro ferri piegati
n° =	1		numero bracci
A _{sw} =	2.5	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	24.75	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	4		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	10.174	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	8.14	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" $V_{Rsd} = 299 \text{ kN}$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATI $V_{Rsd,tot} = 438 \text{ kN}$ resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" $V_{Rcd} = 1007 \text{ kN}$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{ctd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE $V_{Rd} = 438 \text{ kN}$ resistenza di calcolo $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-s-1****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	25	cm	altezza sezione
	b _w =	100	cm	larghezza sezione
	h' =	3	cm	copriferro
	d =	22	cm	altezza utile
	z =	19.8	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	12	mm	diametro armatura
	n° =	5		numero barre
	A _s =	5.7	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0023		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Resistenza senza armatura a taglioRESISTENZA SENZA ARMATURA A TAGLIO **V_{Rd} = 104 kN**

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad [4.1.23]$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

theta = 45° angolo di inclinazione del puntone compresso rispetto all'asse della trave (22°÷ 45°)

cot(theta) = 1.0000
lunghezza tratto = 19.8000 cm lunghezza del tratto considerato (z*cot(theta))

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-s-3****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	22	cm	altezza sezione
	b _w =	100	cm	larghezza sezione
	h' =	3	cm	copriferro
	d =	19	cm	altezza utile
	z =	17.1	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	12	mm	diametro armatura
	n° =	5		numero barre
	A _s =	5.7	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0026		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Resistenza senza armatura a taglio

RESISTENZA SENZA ARMATURA A TAGLIO	V_{Rd} =	93 kN	
Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con			
$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad [4.1.23]$			
con			
f _{ck} espresso in MPa			
k = 1 + (200/d) ^{1/2} ≤ 2			
v _{min} = 0,035k ^{3/2} f _{ck} ^{1/2}			
	theta =	45	°
angolo di inclinazione del puntone compresso rispetto all'asse della trave (22°÷ 45°)			
	cot(theta) =	1.0000	
	lunghezza tratto =	17.1000	cm
lunghezza del tratto considerato (z*cot(theta))			

15.2.2.2 Spalle/Pile

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA

S-P-1 (Y e Z)

Caratteristiche della sezione

GEOMETRIA	H =	88.62	cm	altezza sezione
	b _w =	88.62	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	84.622693	cm	altezza utile
	z =	76.160423	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	20	mm	diametro armatura
	n° =	6		numero barre
	A _s =	18.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0024		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	4000	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	5.33	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO	F =	6	mm	diametro staffe
	n° =	2		numero bracci
	A _{sw} =	0.6	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	10	cm	passo delle staffe
	alpha =	90°		angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° staffe =	13.191		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	7.456	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	α _c =	1.20		coefficiente maggiorativo pari a:
				1 per membrature non compresse
				1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
				1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
				2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	13.53	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 219 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" V_{Rcd} = 4734 kN

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE

$$V_{Rd} = 219 \text{ kN} \quad \text{resistenza di calcolo } \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

15.3 Verifiche di Resistenza - Adeguatezza

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa nella quale vengono riassunti gli sforzi sollecitanti e quelli resistenti illustrati ai precedenti paragrafi, con il relativo coefficiente di sicurezza finale.

ADEGUATEZZA NTC18	VERIFICHE IMPALCATO		M+			M-			V			REACTION		
	Elemento	Sezione	MEd	MRd	CS	MEd	MRd	CS	VEd	VRd	CS	REd	RRd	CS
SIU	S-1-1	Trave 1	Campata B - Mezzeria	10312.7	10999	0.93761								
	S-1-2	Trave 1	Campata B - a 4,75m da mezzeria	6783.73	9219	0.73584								
	S-1-3	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio				-3672	-9097	0.40365					
		Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio							-2281.9	-2940	0.77617		
	S-1-4	Trave 1	Campata B - Appoggio				-15685	-18071	0.86797					
		Trave 1	Campata B - Appoggio							-3254.4	-2324	1.40035		
	S-1-5	Trave 1	Campata A - Mezzeria				-6099.7	-8849	0.68931	1764.1	1406	1.25469		
	S-1-6	Trave 1	Campata A - Appoggio							1389.57	1044	1.33101		
	S-T3-1	Traverso 3	All'incastro con trave principale							500.08	464	1.07776		
			All'incastro con trave principale	812.1	878	0.92494								
	S-T3-2	Traverso 3	Mezzeria	992.53	669	1.4836								
	S-T5-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale							474.77	438	1.08395		
			All'incastro con trave principale	868.73	753	1.15369								
	S-T5-2	Traverso 5	Mezzeria	882.24	550	1.60407								
S-s-1	Soletta	Soletta interna				-61.75	-45	1.37222	-54.71	-104	0.52606			
S-s-2	Soletta	Soletta interna	49.26	29	1.69862									
S-s-3	Soletta	Soletta sbazo				-66	-38	1.73684	-224	-93	2.4086			

16 VERIFICHE DI OPERATIVITA'

Secondo le recenti disposizioni ministeriali, un ponte viene definito operativo quando soddisfa le verifiche da normativa effettuate considerando un tempo di riferimento limitato a 30 anni. Scopo di tutte le successive verifiche è accertare che la struttura in esame raggiunga il livello minimo di affidabilità per il criterio in esame.

Rispetto alla valutazione della sicurezza trattata nel capitolo precedente, per la verifica di operatività gli unici fattori a cambiare sono i coefficienti di sicurezza.

Per quanto riguarda le azioni ed i materiali, si utilizzano i coefficienti già riportati nei paragrafi precedenti del presente elaborato.

16.1 Sollecitazioni di Calcolo

A partire dalle sollecitazioni riportate graficamente al capitolo 13 del presente elaborato, si definiscono gli sforzi sollecitanti in combinazione i quali possono essere riassunti nella seguente tabella.

OPERATIVITA' NIC18		- SEZIONI DI VERIFICA E SOLLECITAZIONI									
	Elemento	Sezione	Massimizzazione	Comb	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)	
S-1-1	Trave 1	Campata B - Mezzeria	M+								
S-1-2	Trave 1	Campata B - a 4,75m da mezzeria	M+								
S-1-3	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio	M-								
S-1-4	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio	M-								
S-1-4	Trave 1	Campata B - Appoggio	M-								
S-1-5	Trave 1	Campata B - Appoggio	V								
S-1-5	Trave 1	Campata A - Mezzeria	M+/M-/V								
S-1-6	Trave 1	Campata A - Appoggio	V								
S-1-6	Trave 1	Campata A - Appoggio	V								
S-13-1	Traverso 3	All'incastro con trave principale	V								
S-13-1	Traverso 3	All'incastro con trave principale	M+ o M-								
S-13-2	Traverso 3	Mezzeria	M+								
S-13-2	Traverso 3	Mezzeria	M+								
S-15-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale	V								
S-15-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale	M+ o M-								
S-15-2	Traverso 5	Mezzeria	M+								
S-15-2	Traverso 5	Mezzeria	M+								
S-s-1	Soletta	Soletta interna	M-/V								
S-s-1	Soletta	Soletta interna	M-/V								
S-s-2	Soletta	Soletta interna	M+								
S-s-2	Soletta	Soletta interna	M+								
S-s-3	Soletta	Soletta sbazo	M-/V								
S-s-3	Soletta	Soletta sbazo	M-/V								
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	N+								
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	N+								
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	N-								
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	N-								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	N								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	MY								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	MZ								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di testa	VY								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	VZ								
S-Pt-1	Traverso Pila	All'incastro	M-/V								
S-Pt-1	Traverso Pila	All'incastro	M-/V								
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria	M+								
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria	M+								
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria	M+								
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria	M+								

16.2 Resistenze delle Sezioni in Esame

16.2.1 Calcolo dei Momenti Resistenti

16.2.1.1 Impalcato

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-T3-2

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	165	20
2	25	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20,36	110
2	9,05	10

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviate

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
d cm
x w/d
 δ

Materiali

BARRI OPE **TRAVI OPI**

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_c/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

S-T3-2

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-T5-1

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

TITOLO :

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	165	20
2	25	114

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20,36	124
2	9,05	10

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipologia rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

M_{xRd} 788 kN m

σ_c -18,33 N/mm²
σ_s 307 N/mm²
ε_c 2,324 ‰
ε_s 67,5 ‰
d 124 cm
x 4,127 x/d 0,03328
δ 0,7

Materiali: BARRI OPE TRAVI OPI
ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 307 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18,33
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 1 ?
ε_{syd} 1,535 ‰ σ_{c,adm} 11
σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
τ_{c1} 1,971

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

S-T5-1

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-T5-2

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

TITOLO :

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	165	20
2	25	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20,36	90
2	9,05	10

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipologia rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

M_{xRd} 576,1 kN m

σ_c -18,33 N/mm²
σ_s 307 N/mm²
ε_c 2,98 ‰
ε_s 67,5 ‰
d 90 cm
x 3,805 x/d 0,04228
δ 0,7

Materiali: BARRI OPE TRAVI OPI
ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 307 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18,33
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 1 ?
ε_{syd} 1,535 ‰ σ_{c,adm} 11
σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
τ_{c1} 1,971

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

S-T5-2

CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA
DI VENEZIA

PONTI ESISTENTI – AREA NORD CIG 9041138719
Verifiche livello 4 – Ponte 03 – Cittanova - San Donà di Piave - Caorle
– SP54 – ID Opera 40

ELAB.: 21173P2114A

Rev. A - Pag. 203 di 270

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-s-1

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	7,92	5

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRI OPE TRAVI OPI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 307 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18,33 ‰
 E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
 ϵ_{syd} 1,535 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -46,96 kN m
 σ_c -18,33 N/mm²
 σ_s 307 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 39,37 ‰
 d 20 cm
 x 1,633 x/d 0,08164
 δ 0,7

S-s-1

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-s-2

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	16	1	7,92	13

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRI OPE TRAVI OPI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 307 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18,33 ‰
 E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
 ϵ_{syd} 1,535 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 29,95 kN m
 σ_c -18,33 N/mm²
 σ_s 307 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 24,32 ‰
 d 13 cm
 x 1,636 x/d 0,1258
 δ 0,7

S-s-2

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-s-3

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

TITOLO : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	22	1	7,92	5

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

File

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

BARRI OPE		TRAVI OPI	
E _{su}	67,5 ‰	E _{c2}	2 ‰
f _{yd}	307 N/mm²	E _{cu}	3,5 ‰
E _s	200 000 N/mm²	f _{cd}	18,33
E _s /E _c	15	I _{cc} /I _{cd}	1
e _{syd}	1,535 ‰	σ _{c,adm}	11
σ _{s,adm}	160 N/mm²	T _{co}	0,6667
		T _{c1}	1,971

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -39,67 kN m

σ_c -18,33 N/mm²
 σ_s 307 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 32,92 ‰
 d 17 cm
 x 1,633 w/d 0,09609
 δ 0,7

Metodo n
 S.L.U.-
 Metodo n

N° rett. 100

S-s-3

16.2.1.2 Spalle/Pile Combinazioni Statiche

Elementi tutti verificati allo step di analisi precedente.

16.2.2 Calcolo dei Tagli Resistenti

16.2.2.1 Impalcato

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA

S-1-4 (UNA DELLE DUE ANIME)

Caratteristiche della sezione

GEOMETRIA	H =	191	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	187	cm	altezza utile
	z =	168.3	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	27		numero barre
	A _s =	190.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO	F =	8	mm	diametro staffe
	n° =	2		numero bracci
	A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	15	cm	passo delle staffe
	alpha =	90°		angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° staffe =	22.780		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	22.889	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a: 1 per membrature non compresse 1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd} 1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd} 2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 703 kN
Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO	F =	30	mm	diametro ferri piegati
	n° =	1		numero bracci
	A _{sw} =	7.1	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	82.58	cm	passo equivalente dei ferri piegati
	alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° piegati =	4		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	28.260	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
				1 per membrature non compresse
				1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
				1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
				2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATI

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	V _{Rsd} =	655	kN	
	Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:			
		$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$		[4.1.27]

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATI

V_{Rsd,tot} = 1358 kN resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati

Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI"	V _{Rcd} =	1747	kN	
	Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con			
		$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta)$		[4.1.28]

RESISTENZA FINALE

V_{Rd} = 1358 kN resistenza di calcolo min(V_{Rsd};V_{Rcd})

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'
2715.032 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-1-5 (UNA DELLE DUE ANIME)****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	156	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	152	cm	altezza utile
	z =	136.8	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	13		numero barre
	A _s =	91.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO

F =	8	mm	diametro staffe
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	15	cm	passo delle staffe
alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° staffe =	10.869		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	10.921	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFERES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 335 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	30	mm	diametro ferri piegati
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	14.1	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	163.03	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	1		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	14.130	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" $V_{Rsd} = 399 \text{ kN}$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATI $V_{Rsd,tot} = 734 \text{ kN}$ resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" $V_{Rcd} = 1729 \text{ kN}$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{ctd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE $V_{Rd} = 734 \text{ kN}$ resistenza di calcolo $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'
1468.332 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-1-6 (UNA DELLE DUE ANIME)****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	123	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	119	cm	altezza utile
	z =	107.1	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	13		numero barre
	A _s =	91.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO	F =	8	mm	diametro staffe
	n° =	2		numero bracci
	A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	13	cm	passo delle staffe
	alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° staffe =	18.504		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	18.593	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	α _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a: 1 per membraure non compresse 1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd} 1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd} 2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	V _{Rsd} =	571	kN
Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:			
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$			

Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI"	V _{Rcd} =	1021	kN
Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con			
$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$			

RESISTENZA FINALE

$$V_{Rd} = 571 \text{ kN} \quad \text{resistenza di calcolo } \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'
1141.592 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-T3-1****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	134	cm	altezza sezione
	b _w =	25	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	130	cm	altezza utile
	z =	117	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	18	mm	diametro armatura
	n° =	8		numero barre
	A _s =	20.3	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0061		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO

F =	8	mm	diametro staffe
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	21	cm	passo delle staffe
alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° staffe =	5.571		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	5.598	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrane non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFERES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 172 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	18	mm	diametro ferri piegati
n° =	1		numero bracci
A _{sw} =	2.5	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	29.25	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	4		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	10.174	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrane non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" $V_{Rsd} = 312 \text{ kN}$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATI $V_{Rsd,tot} = 484 \text{ kN}$ resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" $V_{Rcd} = 1340 \text{ kN}$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{ctd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE $V_{Rd} = 484 \text{ kN}$ resistenza di calcolo $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-T5-1****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	114	cm	altezza sezione
	b_w =	25	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	110	cm	altezza utile
	z =	99	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	18	mm	diametro armatura
	n° =	8		numero barre
	A_s =	20.3	cm ²	area dell'armatura tesa
	r_l =	0.0071		rapporto geometrico d'armatura longitudinale ($\leq 0,02$)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N_{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s_{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO

F =	8	mm	diametro staffe
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	21	cm	passo delle staffe
alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° staffe =	4.714		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	4.737	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrane non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFERES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 145 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	18	mm	diametro ferri piegati
n° =	1		numero bracci
A _{sw} =	2.5	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	24.75	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	4		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	10.174	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrane non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" $V_{Rsd} = 312 \text{ kN}$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATI $V_{Rsd,tot} = 458 \text{ kN}$ resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" $V_{Rcd} = 1134 \text{ kN}$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{ctd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE $V_{Rd} = 458 \text{ kN}$ resistenza di calcolo $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-s-1****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	25	cm	altezza sezione
	b _w =	100	cm	larghezza sezione
	h' =	3	cm	copriferro
	d =	22	cm	altezza utile
	z =	19.8	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	12	mm	diametro armatura
	n° =	5		numero barre
	A _s =	5.7	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0023		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Resistenza senza armatura a taglioRESISTENZA SENZA ARMATURA A TAGLIO **V_{Rd} = 110 kN**

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad [4.1.23]$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

theta = 30° angolo di inclinazione del puntone compresso rispetto all'asse della trave (22°÷ 45°)

cot(theta) = 1.7321
lunghezza tratto = 34.2946 cm lunghezza del tratto considerato (z*cot(theta))

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA

S-s-3

Caratteristiche della sezione

GEOMETRIA	H =	22	cm	altezza sezione
	b _w =	100	cm	larghezza sezione
	h' =	3	cm	copriferro
	d =	19	cm	altezza utile
	z =	17.1	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	12	mm	diametro armatura
	n° =	5		numero barre
	A _s =	5.7	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0026		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{CP} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Resistenza senza armatura a taglio

RESISTENZA SENZA ARMATURA A TAGLIO	V_{Rd} =	99 kN		
Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con				
$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad [4.1.23]$				
con				
f _{ck} espresso in MPa				
k = 1 + (200/d) ^{1/2} ≤ 2				
v _{min} = 0,035k ^{3/2} f _{ck} ^{1/2}				
	theta =	30	°	angolo di inclinazione del puntone compresso rispetto all'asse della trave (22°÷ 45°)
	cot(theta) =	1.7321		
	lunghezza tratto =	29.6181	cm	lunghezza del tratto considerato (z*cot(theta))

16.2.2.2 Spalle/Pile Combinazioni Statiche

Elementi tutti verificati allo step di analisi precedente.

16.3 Verifiche di Resistenza - Operatività

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa nella quale vengono riassunti gli sforzi sollecitanti e quelli resistenti illustrati ai precedenti paragrafi, con il relativo coefficiente di sicurezza finale.

OPERATIVITA' NTC18	VERIFICHE IMPALCATO		M+			M-			V			REACTION		
	Elemento	Sezione	MEd	MRd	CS	MEd	MRd	CS	VEd	VRd	CS	REd	RRd	CS
SIU	S-1-1	Trave 1	Campata B - Mezzeria			VERIFICATO ADEGUATEZZA								
	S-1-2	Trave 1	Campata B - a 4,75m da mezzeria			VERIFICATO ADEGUATEZZA								
	S-1-3	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio				VERIFICATO ADEGUATEZZA							
		Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio							VERIFICATO ADEGUATEZZA				
	S-1-4	Trave 1	Campata B - Appoggio				VERIFICATO ADEGUATEZZA							
		Trave 1	Campata B - Appoggio							-2954.9	-2716	1.08797		
	S-1-5	Trave 1	Campata A - Mezzeria				VERIFICATO ADEGUATEZZA			1605.64	1468	1.09376		
	S-1-6	Trave 1	Campata A - Appoggio							1277.52	1142	1.11867		
	S-T3-1	Traverso 3	All'incastro con trave principale							447.49	484	0.92457		
			All'incastro con trave principale	VERIFICATO ADEGUATEZZA										
	S-T3-2	Traverso 3	Mezzeria	891.65	700	1.27379								
	S-T5-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale							424.81	458	0.92753		
All'incastro con trave principale			776.27	788	0.98511									
S-T5-2	Traverso 5	Mezzeria	792.19	576	1.37533									
S-s-1	Solella	Solella interna				-55	-47	1.17021	VERIFICATO ADEGUATEZZA					
S-s-2	Solella	Solella interna	44	30	1.46667									
S-s-3	Solella	Solella sbazo				-59	-39	1.51282	-199	-99	2.0101			

OPERATIVITA' NTC18	VERIFICHE PILE E SPALLE		M						Vy				Vz			
	Elemento	Sezione	NEd	MEd Y	MEd Z	MRd Y	MRd Z	CS	NEd	VEd	VRd	CS	NEd	VEd	VRd	CS
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	545.59													
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	-1040.67						PRESENZA DI TRAZIONE							
SIU	S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	VERIFICATO ADEGUATEZZA												
		Sezione di base	VERIFICATO ADEGUATEZZA													
		Sezione di base	VERIFICATO ADEGUATEZZA													
		Sezione di testa	VERIFICATO ADEGUATEZZA						VERIFICATO ADEGUATEZZA (STATICA)							
		Sezione di base	VERIFICATO ADEGUATEZZA											VERIFICATO ADEGUATEZZA		
S-Pt-1	Traverso Pila	All'incastro	-24.53	-91.33		NON VALUTABILE							-24.53	-63.61	NON VALUTAB.	
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria	-5.58	18.98		NON VALUTABILE										

Come da risultati riportati nella tabella di cui sopra, sono diversi i meccanismi che comportano il non rispetto delle verifiche di operatività per il manufatto in esame; si riassumono di seguito le maggiori carenze riscontrate:

In condizioni statiche:

- Importanti carenze a taglio di travi principali e solette d'impalcato
- Importanti carenze a pressoflessione di traversi di impalcato
- Importanti carenze a pressoflessione delle solette di impalcato

Nessuna considerazione si è potuta fare per il traverso orizzontale delle pile, in quanto non note le armature presenti.

Si sottolinea inoltre la presenza di un importante forza di trazione in corrispondenza dell'appoggio su spalle; non conoscendo la modalità di collegamento tra travi d'impalcato e spalle, non è stato possibile mettere in atto alcun tipo di verifica a tal proposito.

Si ritiene pertanto che il ponte **non rispetti le verifiche di Operatività** e risulta pertanto necessario procedere con gli step di carico successivi come da procedura illustrata al capitolo 2 del presente elaborato.

17 VERIFICHE DI TRANSITABILITA' CdS – MEZZI PESANTI (44t)

Poiché le verifiche non danno ancora tutte esito positivo come risulta dai precedenti paragrafi, si procede a adottare ulteriori misure limitative dell'uso dell'opera.

Si eseguirà l'analisi strutturale con le seguenti condizioni:

- Limitazioni di carico: corsie di carico limitate nel peso secondo le prescrizioni del Codice della Strada, C.d.S. (si veda nel seguito).
- Tutti i coefficienti parziali di sicurezza invariati rispetto alla verifica precedente, tranne il coefficiente dei carichi da traffico γ_Q , qui chiamato γ_{CdS} e pari a **1.60/1.35/1.10**; i fattori parziali differiscono in modo sostanziale a seconda del controllo che si effettua sui carichi che effettivamente transitano sul ponte, come già esplicitato nel paragrafo dedicato ai coefficienti.

Come già riportato al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** del presente elaborato, le limitazioni di traffico da codice della strada saranno simulate con 4 distinti scenari, il primo limitando il traffico a mezzi (pesanti) con peso non superiore alle 44 tonnellate, il secondo a mezzi (intermedi) di peso non superiore a 26 tonnellate, il terzo a mezzi (leggeri) con peso non superiore a 7,5 tonnellate ed infine il quarto consentendo il transito a soli autoveicoli.

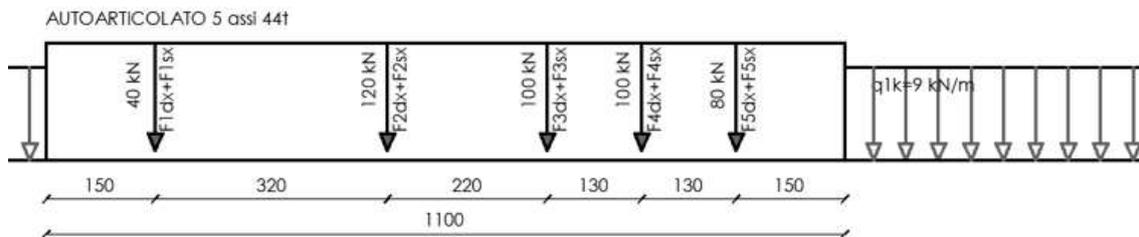


FIGURA 17-1: SCHEMA DI CARICO PER AUTOARTICOLATO 44 TONNELLATE

I coefficienti delle azioni permanenti restano gli stessi definiti per la verifica di operatività ($\gamma_G = 1.16$).

I coefficienti delle azioni permanenti portate restano gli stessi definiti per la verifica di operatività ($\gamma_{G2} = 1.26$).

17.1 Sollecitazioni di Calcolo

A partire dalle sollecitazioni riportate graficamente al capitolo 13 del presente elaborato, si definiscono gli sforzi sollecitanti in combinazione i quali possono essere riassunti nella seguente tabella.

TRANSITABILITA' CDS MEZZI PESANTI 44t (controlli Livello 1)				- SEZIONI DI VERIFICA E SOLLECITAZIONI						
	Elemento	Sezione	Massimizzazione	Comb	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
S-1-1	Trave 1	Campata B - Mezeria	M+							
S-1-2	Trave 1	Campata B - a 4,75m da mezeria	M+							
S-1-3	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio	M-							
	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio	V							
S-1-4	Trave 1	Campata B - Appoggio	M-							
	Trave 1	Campata B - Appoggio	V		0,81	2,24	-2881,85	-101,77	-13946,83	0,3
S-1-5	Trave 1	Campata A - Mezeria	M+/M-/V		-1,96	2,24	1582,42	-253,98	-5201,21	-4,38
	Trave 1	Campata A - Appoggio	V		-2,3	1,66	1223,41	-41,14	-0,41	1,04
S-13-1	Traverso 3	All'incastro con trave principale	V							
S-13-2	Traverso 3	All'incastro con trave principale	M+ o M-		-0,3	-0,11	-21,5	9,82	626,9	0,07
	Traverso 3	Mezeria	M+							
S-15-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale	V							
S-15-2	Traverso 5	All'incastro con trave principale	M+ o M-		0	-0,06	-72,57	2,73	558,88	0
	Traverso 5	Mezeria	M+							
S-s-1	Soletta	Soletta interna	M-/V						-35	
	Soletta	Soletta interna	M+						25	
S-s-2	Soletta	Soletta interna	M+							
	Soletta	Soletta sbazo	M-/V						-111	-34
S-s-3	Soletta	Soletta sbazo	M-/V							
	Soletta	Soletta sbazo	M-/V							
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	N+							
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	N-							
	Spalla	Sezione di base	N							
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	N							
		Sezione di base	MY							
		Sezione di base	MZ							
		Sezione di testa	VY							
S-Pt-1	Traverso Pila	Sezione di base	VZ							
		Sezione di base	VZ							
S-Pt-2	Traverso Pila	All'incastro	M-/V							
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezeria	M+							

17.2 Resistenze delle Sezioni in Esame

17.2.1 Calcolo dei Momenti Resistenti

17.2.1.1 Impalcato

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-T3-2

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

Titolo : _____

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	165	20	1	20,36	110
2	25	100	2	9,05	10

Tipologia sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipologia rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviate

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

M_{xRd} 700,7 kN m

σ_c -18,33 N/mm²
 σ_s 307 N/mm²
 ϵ_c 2,548 ‰
 ϵ_s 67,5 ‰
d 110 cm
x 4,001 w/d 0,03637
 δ 0,7

Materiali

BARRI OPE		TRAVI OPI	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	307 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200 000 N/mm ²	f_{cd}	18,33
E_c / E_c	15	f_{cc} / f_{cd}	1
ϵ_{syd}	1,535 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11
$\sigma_{s,adm}$	160 N/mm ²	τ_{co}	0,6667
		τ_{c1}	1,971

S-T3-2

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-T5-2

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

TITOLO :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	165	20	1	20,36	90
2	25	80	2	9,05	10

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione a T:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipologia rottura:
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Devia

Materiali:

BARRI OPE TRAVI OPI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
f_{yd} 307 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18,33 ‰
E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
ε_{syd} 1,535 ‰ σ_{c,adm} 11
σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
τ_{c1} 1,971

M_{xRd} 576,1 kNm
σ_c -18,33 N/mm²
σ_s 307 N/mm²
ε_c 2,98 ‰
ε_s 67,5 ‰
d 90 cm
x 3,805 x/d 0,04228
δ 0,7

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

S-T5-2

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-s-1

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

TITOLO :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	7,92	5

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione rettangolare:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Devia

Materiali:

BARRI OPE TRAVI OPI

E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
f_{yd} 307 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18,33 ‰
E_s/E_c 15 I_{cc}/I_{cd} 1 ?
ε_{syd} 1,535 ‰ σ_{c,adm} 11
σ_{s,adm} 160 N/mm² τ_{co} 0,6667
τ_{c1} 1,971

M_{xRd} -46,96 kNm
σ_c -18,33 N/mm²
σ_s 307 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 39,37 ‰
d 20 cm
x 1,633 x/d 0,08164
δ 0,7

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

S-s-1

CLIENTE: CITTA' METROPOLITANA
DI VENEZIA

PONTI ESISTENTI - AREA NORD CIG 9041138719
Verifiche livello 4 - Ponte 03 - Cittanova - San Donà di Piave - Caorle
- SP54 - ID Opera 40

ELAB.: 21173P2114A

Rev. A - Pag. 226 di 270

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-s-2

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	16	1	7,92	13

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

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

Retta Deviata

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

Centro Baicentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

σ_c σ_s ϵ_c ϵ_s
 d x x/d δ

L₀ Col. modello
 N° rett. Calcola MRd Dominio M-N
 Precompresso

Materiali
BARRI OPE **TRAVI OPI**
 E_{su} E_{c2} f_{yd} E_{cu} E_s f_{cd} E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ϵ_{syd} $\sigma_{c,adm}$ $\sigma_{s,adm}$ τ_{co} τ_{c1}

S-s-2

Verifica C.A. S.L.U. - File: S-s-3

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	22	1	7,92	5

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

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

Retta Deviata

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

Centro Baicentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

σ_c σ_s ϵ_c ϵ_s
 d x x/d δ

L₀ Col. modello
 N° rett. Calcola MRd Dominio M-N
 Precompresso

Materiali
BARRI OPE **TRAVI OPI**
 E_{su} E_{c2} f_{yd} E_{cu} E_s f_{cd} E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ϵ_{syd} $\sigma_{c,adm}$ $\sigma_{s,adm}$ τ_{co} τ_{c1}

S-s-3

17.2.1.2 Spalle/Pile Combinazioni Statiche

Elementi tutti verificati allo step di analisi precedente.

17.2.2 Calcolo dei Tagli Resistenti

17.2.2.1 Impalcato

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA

S-1-4 (UNA DELLE DUE ANIME)

Caratteristiche della sezione

GEOMETRIA	H =	191	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	187	cm	altezza utile
	z =	168.3	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	27		numero barre
	A _s =	190.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO	F =	8	mm	diametro staffe
	n° =	2		numero bracci
	A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	15	cm	passo delle staffe
	alpha =	90°		angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° staffe =	22.780		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	22.889	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a: 1 per membrature non compresse 1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd} 1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd} 2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 703 kN
 Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	30	mm	diametro ferri piegati
n° =	1		numero bracci
A _{sw} =	7.1	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	82.58	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	4		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	28.260	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 655 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATIV_{Rsd,tot} = 1358 kN resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" V_{Rcd} = 1747 kN

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALEV_{Rd} = 1358 kN resistenza di calcolo min(V_{Rsd};V_{Rcd})

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'

2715.032 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-1-5 (UNA DELLE DUE ANIME)****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	156	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	152	cm	altezza utile
	z =	136.8	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	13		numero barre
	A _s =	91.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO

F =	8	mm	diametro staffe
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	15	cm	passo delle staffe
alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° staffe =	10.869		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	10.921	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFERES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 335 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	30	mm	diametro ferri piegati
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	14.1	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	163.03	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	1		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	14.130	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" $V_{Rsd} = 399 \text{ kN}$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATI $V_{Rsd,tot} = 734 \text{ kN}$ resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" $V_{Rcd} = 1729 \text{ kN}$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{ctd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE $V_{Rd} = 734 \text{ kN}$ resistenza di calcolo $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'
1468.332 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-1-6 (UNA DELLE DUE ANIME)****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	123	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	119	cm	altezza utile
	z =	107.1	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	13		numero barre
	A _s =	91.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO	F =	8	mm	diametro staffe
	n° =	2		numero bracci
	A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	13	cm	passo delle staffe
	alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° staffe =	18.504		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	18.593	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	α _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a: 1 per membrature non compresse 1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd} 1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd} 2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	V _{Rsd} =	571	kN
Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:			
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$			

Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI"	V _{Rcd} =	1021	kN
Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con			
$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$			

RESISTENZA FINALE

$$V_{Rd} = 571 \text{ kN} \quad \text{resistenza di calcolo } \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA' 1141.592 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA

S-s-3

Caratteristiche della sezione

GEOMETRIA	H =	22	cm	altezza sezione
	b _w =	100	cm	larghezza sezione
	h' =	3	cm	copriferro
	d =	19	cm	altezza utile
	z =	17.1	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	12	mm	diametro armatura
	n° =	5		numero barre
	A _s =	5.7	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0026		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Resistenza senza armatura a taglio

RESISTENZA SENZA ARMATURA A TAGLIO	V_{Rd} =	99 kN		
Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con				
$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad [4.1.23]$				
con				
f _{ck} espresso in MPa				
k = 1 + (200/d) ^{1/2} ≤ 2				
v _{min} = 0,035k ^{3/2} f _{ck} ^{1/2}				
	theta =	30	°	angolo di inclinazione del puntone compresso rispetto all'asse della trave (22°÷ 45°)
	cot(theta) =	1.7321		
	lunghezza tratto =	29.6181	cm	lunghezza del tratto considerato (z*cot(theta))

17.2.2.2 Spalle/Pile Combinazioni Statiche

Elementi tutti verificati allo step di analisi precedente.

17.3 Verifiche di Resistenza – Transitabilità da CdS – Mezzi pesanti (44t)

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa nella quale vengono riassunti gli sforzi sollecitanti e quelli resistenti illustrati ai precedenti paragrafi, con il relativo coefficiente di sicurezza finale.

TRANSITABILITA' CdS MEZZI PESANTI 44t		VERIFICHE IMPALCATO	M+			M-			V			REACTION		
Elemento	Sezione	MEd	MRd	CS	MEd	MRd	CS	VEd	VRd	CS	REd	RRd	CS	
S-1-1	Trave 1	Campata B - Mezzeria	VERIFICATO ADEGUATEZZA											
S-1-2	Trave 1	Campata B - a 4,75m da	VERIFICATO ADEGUATEZZA											
S-1-3	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio				VERIFICATO ADEGUATEZZA								
	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio							VERIFICATO ADEGUATEZZA					
S-1-4	Trave 1	Campata B - Appoggio				VERIFICATO ADEGUATEZZA								
	Trave 1	Campata B - Appoggio							-2881.9	-2716	1.06106			
S-1-5	Trave 1	Campata A - Mezzeria				VERIFICATO ADEGUATEZZA			1582.42	1468	1.07794			
S-1-6	Trave 1	Campata A - Appoggio							1223.41	1142	1.07129			
S-T3-1	Traverso 3	All'incastro con trave							VERIFICATO OPERATIVITA'					
		All'incastro con trave principale	VERIFICATO ADEGUATEZZA											
S-T3-2	Traverso 3	Mezzeria	626.9	700	0.89557									
S-T5-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale							VERIFICATO OPERATIVITA'					
		All'incastro con trave principale	VERIFICATO OPERATIVITA'											
S-T5-2	Traverso 5	Mezzeria	558.88	576	0.97028									
S-s-1	Solella	Solella interna				-35	-47	0.74468	VERIFICATO ADEGUATEZZA					
S-s-2	Solella	Solella interna	25	30	0.83333									
S-s-3	Solella	Solella sbazo				-34	-39	0.87179	-111	-99	1.12121			

TRANSITABILITA' CdS MEZZI PESANTI 44t		VERIFICHE PILE E SPALLE	M					Vy				Vz				
Elemento	Sezione	NEd	MEd Y	MEd Z	MRd Y	MRd Z	CS	NEd	VEd	VRd	CS	NEd	VEd	VRd	CS	
S-SP-1	Spalla	Sezione di base		NON VALUTABILE												
S-SP-1	Spalla	Sezione di base		NON VALUTABILE												
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base		VERIFICATO ADEGUATEZZA												
		Sezione di base		VERIFICATO ADEGUATEZZA												
		Sezione di base		VERIFICATO ADEGUATEZZA												
		Sezione di testa							VERIFICATO ADEGUATEZZA (STATICA)							
		Sezione di base											VERIFICATO ADEGUATEZZA			
S-Pt-1	Traverso Pila	All'incastro		NON VALUTABILE										NON VALUTAB.		
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria		NON VALUTABILE										NON VALUTAB.		

Come da risultati riportati nella tabella di cui sopra, soltanto una parte degli elementi risulta verificata in condizioni di transitabilità secondo Codice della Strada – mezzi pesanti; si riassumono di seguito le maggiori carenze ancora presenti:

In condizioni statiche:

- Carenze a taglio di travi principali e solette di impalcato

Nessuna considerazione si è potuta fare per il traverso orizzontale delle pile, in quanto non note le armature presenti.

Nessuna considerazione si è potuta fare per le sollecitazioni sulle spalle, in quanto non note le armature presenti.

Dati i risultati esposti sopra si ritiene dunque che il ponte **non rispetti le verifiche di Transitabilità ai Mezzi Pesanti (44t) previsti dal Codice della Strada** e risulta pertanto necessario procedere con gli step di carico successivi come da procedura illustrata al capitolo 2 del presente elaborato.

18 VERIFICHE DI TRANSITABILITA' CdS – MEZZI INTERMEDI (26t)

Poiché le verifiche non danno ancora tutte esito positivo come risulta dai precedenti paragrafi, si procede a adottare ulteriori misure limitative dell'uso dell'opera.

Si eseguirà l'analisi strutturale con le seguenti condizioni:

- Limitazioni di carico: corsie di carico limitate nel peso secondo le prescrizioni del Codice della Strada, C.d.S. (si veda nel seguito).
- Tutti i coefficienti parziali di sicurezza invariati rispetto alla verifica precedente, tranne il coefficiente dei carichi da traffico γ_Q , qui chiamato γ_{CdS} e pari a **1.60/1.35/1.10**: i fattori parziali differiscono in modo sostanziale a seconda del controllo che si effettua sui carichi che effettivamente transitano sul ponte, come già esplicitato nel paragrafo dedicato ai coefficienti.

Come già riportato al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** del presente elaborato, le limitazioni di traffico da codice della strada saranno simulate con 4 distinti scenari, il primo limitando il traffico a mezzi (pesanti) con peso non superiore alle 44 tonnellate, il secondo a mezzi (intermedi) di peso non superiore a 26 tonnellate, il terzo a mezzi (leggeri) con peso non superiore a 7,5 tonnellate ed infine il quarto consentendo il transito a soli autoveicoli.

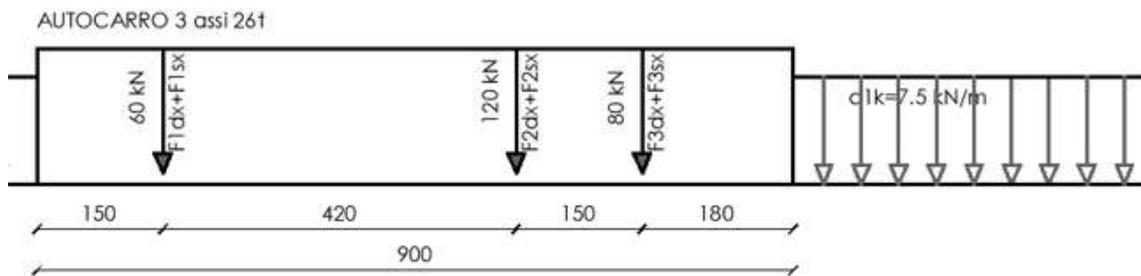


FIGURA 18-1: SCHEMA DI CARICO PER AUTOCARRO 26 TONNELLATE

I coefficienti delle azioni permanenti restano gli stessi definiti per la verifica di operatività ($\gamma_G = 1.16$).

I coefficienti delle azioni permanenti portate restano gli stessi definiti per la verifica di operatività ($\gamma_{G2} = 1.26$).

18.1 Sollecitazioni di Calcolo

A partire dalle sollecitazioni riportate graficamente al capitolo 13 del presente elaborato, si definiscono gli sforzi sollecitanti in combinazione i quali possono essere riassunti nella seguente tabella.

TRANSITABILITA' CDS MEZZI INTERMEDI 24t (controlli Livello 1)		- SEZIONI DI VERIFICA E SOLLECITAZIONI									
Elemento	Sezione	Massimizzazione	Comb	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)		
S-1-1	Trave 1	Compata B - Mezzeria	M+								
S-1-2	Trave 1	Compata B - a 4,75m da mezzeria	M+								
S-1-3	Trave 1	Compata B - a 6 m da appoggio	M-								
S-1-4	Trave 1	Compata B - a 6 m da appoggio	V								
S-1-4	Trave 1	Compata B - Appoggio	M-								
S-1-5	Trave 1	Compata B - Appoggio	V								
S-1-5	Trave 1	Compata A - Mezzeria	M+/M-/V	0,86	5,39	-2713	457	-13441,62	7,05		
S-1-6	Trave 1	Compata A - Mezzeria	V	-0,96	1,35	1405,91	-296,62	-5393,58	-3,12		
S-1-6	Trave 1	Compata A - Appoggio	V	-0,98	0,77	1138,95	-41,63	-0,76	0,45		
S-13-1	Traverso 3	All'incastro con trave principale	V								
S-13-1	Traverso 3	All'incastro con trave principale	M+ o M-								
S-13-2	Traverso 3	Mezzeria	M+								
S-15-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale	V								
S-15-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale	M+ o M-								
S-15-2	Traverso 5	Mezzeria	M+								
S-s-1	Soletta	Soletta interna	M-/V								
S-s-2	Soletta	Soletta interna	M+								
S-s-3	Soletta	Soletta sbazo	M-/V			-85			-26		
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	N+								
S-SP-1	Spalla	Sezione di base	N-								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	N								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	MY								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	MZ								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di testa	VY								
S-P-1	Pilastro Pila	Sezione di base	VZ								
S-Pt-1	Traverso Pila	All'incastro	M-/V								
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria	M+								

18.2 Resistenze delle Sezioni in Esame

18.2.1 Calcolo dei Momenti Resistenti

18.2.1.1 Impalcato

Elementi tutti verificati allo step di analisi precedente.

18.2.1.2 Spalle/Pile Combinazioni Statiche

Elementi tutti verificati allo step di analisi precedente.

18.2.2 Calcolo dei Tagli Resistenti

18.2.2.1 Impalcato

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA

S-1-4 (UNA DELLE DUE ANIME)

Caratteristiche della sezione

GEOMETRIA	H =	191	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	187	cm	altezza utile
	z =	168.3	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	27		numero barre
	A _s =	190.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO	F =	8	mm	diametro staffe
	n° =	2		numero bracci
	A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	15	cm	passo delle staffe
	alpha =	90°		angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° staffe =	22.780		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	22.889	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a: 1 per membrature non compresse 1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd} 1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd} 2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 703 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	30	mm	diametro ferri piegati
n° =	1		numero bracci
A _{sw} =	7.1	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	82.58	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	4		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	28.260	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 655 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATIV_{Rsd,tot} = 1358 kN resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" V_{Rcd} = 1747 kN

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALEV_{Rd} = 1358 kN resistenza di calcolo min(V_{Rsd};V_{Rcd})

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'

2715.032 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-1-5 (UNA DELLE DUE ANIME)****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	156	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	152	cm	altezza utile
	z =	136.8	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	13		numero barre
	A _s =	91.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO

F =	8	mm	diametro staffe
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	15	cm	passo delle staffe
alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° staffe =	10.869		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	10.921	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFERES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" V_{Rsd} = 335 kN

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Caratteristiche della sezione armata a taglio - FERRI PIEGATI

ARMATURA A TAGLIO

F =	30	mm	diametro ferri piegati
n° =	2		numero bracci
A _{sw} =	14.1	cm ²	area dell'armatura trasversale
s =	163.03	cm	passo equivalente dei ferri piegati
alpha =	45	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
n° piegati =	1		numero di staffe nel tratto considerato
A _{sw, tratto} =	14.130	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
a _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a:
			1 per membrature non compresse
			1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd}
			1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd}
			2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - FERRI PIEGATIRES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE" $V_{Rsd} = 399 \text{ kN}$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Resistenza totale con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE + FERRI PIEGATI $V_{Rsd,tot} = 734 \text{ kN}$ resistenza a taglio data da staffe e ferri piegati**Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo**RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI" $V_{Rcd} = 1729 \text{ kN}$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{ctd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$$

RESISTENZA FINALE $V_{Rd} = 734 \text{ kN}$ resistenza di calcolo $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA'
1468.332 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA**S-1-6 (UNA DELLE DUE ANIME)****Caratteristiche della sezione**

GEOMETRIA	H =	123	cm	altezza sezione
	b _w =	28	cm	larghezza sezione
	h' =	4	cm	copriferro
	d =	119	cm	altezza utile
	z =	107.1	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	30	mm	diametro armatura
	n° =	13		numero barre
	A _s =	91.8	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0200		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Caratteristiche della sezione armata a taglio - STAFFE

ARMATURA A TAGLIO	F =	8	mm	diametro staffe
	n° =	2		numero bracci
	A _{sw} =	1.0	cm ²	area dell'armatura trasversale
	s =	13	cm	passo delle staffe
	alpha =	90	°	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
	n° staffe =	18.504		numero di staffe nel tratto considerato
	A _{sw, tratto} =	18.593	cm ²	area dell'armatura trasv. nel tratto di verifica
	α _c =	1.00		coefficiente maggiorativo pari a: 1 per membraure non compresse 1 + s _{cp} /f _{cd} per 0 ≤ s _{cp} ≤ 0,25 f _{cd} 1.25 per 0,25 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ 0,5 f _{cd} 2,5(1 - s _{cp} /f _{cd}) per 0,5 f _{cd} ≤ s _{cp} ≤ f _{cd}
	nf _{cd} =	9.17	Mpa	resistenza a compressione ridotta (nf _{cd} = 0,5 f _{cd})

Resistenza con armature trasversali resistenti al taglio - STAFFE

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	V _{Rsd} =	571	kN
Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:			
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$			

Resistenza a rottura del puntone compresso in calcestruzzo

RES. DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSI"	V _{Rcd} =	1021	kN
Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con			
$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$			

RESISTENZA FINALE

$$V_{Rd} = 571 \text{ kN} \quad \text{resistenza di calcolo } \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

>>> DAL MOMENTO CHE QUESTA E' UNA DELLE DUE ANIME, LA RESISTENZA DELLA SEZIONE SARA' 1141.592 kN

RESISTENZA A TAGLIO CLASSICA

S-s-3

Caratteristiche della sezione

GEOMETRIA	H =	22	cm	altezza sezione
	b _w =	100	cm	larghezza sezione
	h' =	3	cm	copriferro
	d =	19	cm	altezza utile
	z =	17.1	cm	braccio della coppia interna (0,9d)
ARMATURA TESA	F =	12	mm	diametro armatura
	n° =	5		numero barre
	A _s =	5.7	cm ²	area dell'armatura tesa
	r _l =	0.0026		rapporto geometrico d'armatura longitudinale (≤0,02)
AZIONI DI COMPRESSIONE	N _{Ed} =	0	kN	valore di calcolo della compressione assiale (se presente)
	s _{cp} =	0.00	Mpa	tensione media di compressione

Resistenza senza armatura a taglio

RESISTENZA SENZA ARMATURA A TAGLIO	V_{Rd} =	99 kN		
Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con				
$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad [4.1.23]$				
con				
f _{ck} espresso in MPa				
k = 1 + (200/d) ^{1/2} ≤ 2				
v _{min} = 0,035k ^{3/2} f _{ck} ^{1/2}				
	theta =	30	°	angolo di inclinazione del puntone compresso rispetto all'asse della trave (22°÷ 45°)
	cot(theta) =	1.7321		
	lunghezza tratto =	29.6181	cm	lunghezza del tratto considerato (z*cot(theta))

18.2.2.2 Spalle/Pile Combinazioni Statiche

Elementi tutti verificati allo step di analisi precedente.

18.3 Verifiche di Resistenza – Transitabilità da CdS – Mezzi intermedi (26t)

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa nella quale vengono riassunti gli sforzi sollecitanti e quelli resistenti illustrati ai precedenti paragrafi, con il relativo coefficiente di sicurezza finale.

TRANSITABILITA' CdS MEZZI INTERMEDI 26t		VERIFICHE IMPALCATO	M+			M-			V			REACTION		
Elemento	Sezione	MEd	MRd	CS	MEd	MRd	CS	VEd	VRd	CS	REd	RRd	CS	
S-1-1	Trave 1	Campata B - Mezzeria	VERIFICATO ADEGUATEZZA											
S-1-2	Trave 1	Campata B - a 4,75m da	VERIFICATO ADEGUATEZZA											
S-1-3	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio				VERIFICATO ADEGUATEZZA								
	Trave 1	Campata B - a							VERIFICATO ADEGUATEZZA					
S-1-4	Trave 1	Campata B - Appoggio				VERIFICATO ADEGUATEZZA								
	Trave 1	Campata B - Appoggio							-2713	-2716	0.9989			
S-1-5	Trave 1	Campata A - Mezzeria				VERIFICATO ADEGUATEZZA			1405.91	1468	0.9577			
S-1-6	Trave 1	Campata A -							1138.95	1142	0.99733			
S-T3-1	Traverso 3	All'incastro con trave							VERIFICATO OPERATIVITA'					
		All'incastro con trave principale	VERIFICATO ADEGUATEZZA											
	S-T3-2	Traverso 3	Mezzeria			VERIFICATO TRANSIT 44t								
S-T5-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale							VERIFICATO OPERATIVITA'					
		All'incastro con	VERIFICATO OPERATIVITA'											
S-T5-2	Traverso 5	Mezzeria			VERIFICATO TRANSIT 44t									
S-s-1	Solella	Solella interna			VERIFICATO TRANSIT 44t			VERIFICATO ADEGUATEZZA						
S-s-2	Solella	Solella interna			VERIFICATO TRANSIT 44t									
S-s-3	Solella	Solella sbazo			VERIFICATO TRANSIT 44t			-85	-99	0.85859				

TRANSITABILITA' CdS MEZZI INTERMEDI 26t		VERIFICHE PILE E SPALLE	M						Vy				Vz			
Elemento	Sezione	NEd	MEd Y	MEd Z	MRd Y	MRd Z	CS	NEd	VEd	VRd	CS	NEd	VEd	VRd	CS	
S-SP-1	Spalla	Sezione di base			NON VALUTABILE											
S-SP-1	Spalla	Sezione di base			NON VALUTABILE											
S-P-1	Pilastrino Pila	Sezione di base	VERIFICATO ADEGUATEZZA													
		Sezione di base	VERIFICATO ADEGUATEZZA													
		Sezione di base	VERIFICATO ADEGUATEZZA													
		Sezione di testa							VERIFICATO ADEGUATEZZA (STATICA)							
		Sezione di base											VERIFICATO ADEGUATEZZA			
S-Pt-1	Traverso Pila	All'incastro			NON VALUTABILE							NON VALUTAB.				
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria			NON VALUTABILE											

Come da risultati riportati nella tabella di cui sopra, gli elementi risultano tutti verificati in condizioni di transitabilità secondo Codice della Strada – mezzi intermedi.

Nessuna considerazione si è potuta fare per il traverso orizzontale delle pile, in quanto non note le armature presenti.

Nessuna considerazione si è potuta fare per le sollecitazioni sulle spalle, in quanto non note le armature presenti.

Si ritiene pertanto che il ponte **rispetti le verifiche di Transitabilità ai Mezzi Intermedi (26t) previsti dal Codice della Strada.**

19 CONCLUSIONI

19.1 Risultato della Verifica di Livello 4

Le **analisi di livello 4 di cui al presente documento** hanno confermato le carenze già note, dimostrando che il manufatto non risulta adeguato ai carichi delle attuali NTC; si è quindi proceduto con le analisi apportando le riduzioni di carico previste dalle attuali Linee Guida Ponti fino a raggiungere verifiche soddisfacenti per tutti gli elementi portanti del manufatto. Di seguito una tabella riepilogativa dei coefficienti minimi riscontrati negli step di carico eseguiti.

RIEPILOGO	VERIFICHE IMPALCATO		CS MIN ADEGUATEZZA		CS MIN OPERATIVITA'		CS MIN TRANSITABILITA' CdS (44t)		CS MIN TRANSITABILITA' CdS (26t)		
	Elemento	Sezione	CS M	CS V	CS M	CS V	CS M	CS V	CS M	CS V	
SIU	S-1-1	Trave 1	Campata B - Mezzeria	0.93761		NN		NN		NN	
	S-1-2	Trave 1	Campata B - a 4.75m da mezzeria	0.73584		NN		NN		NN	
	S-1-3	Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio	0.40365		NN		NN		NN	
		Trave 1	Campata B - a 6 m da appoggio		0.77617		NN		NN		NN
	S-1-4	Trave 1	Campata B - Appoggio	0.86797		NN		NN		NN	
		Trave 1	Campata B - Appoggio		1.40035		1.08797		1.06106		0.9989
	S-1-5	Trave 1	Campata A - Mezzeria	0.68931	1.25469	NN	1.09376	NN	1.07794	NN	0.9577
	S-1-6	Trave 1	Campata A - Appoggio		1.33101		1.11867		1.07129		0.99733
	S-T3-1	Traverso 3	All'incastro con trave principale		1.07776		0.92457		NN		NN
			All'incastro con trave principale	0.92494		NN		NN		NN	
	S-T3-2	Traverso 3	Mezzeria	1.4836		1.27379		0.89557		NN	
	S-T5-1	Traverso 5	All'incastro con trave principale		1.08395		0.92753		NN		NN
			All'incastro con trave principale	1.15369		0.98511		NN		NN	
	S-T5-2	Traverso 5	Mezzeria	1.60407		1.37533		0.97028		NN	
	S-s-1	Soletta	Soletta interna	1.37222	0.52606	1.17021	NN	0.74468	NN	NN	NN
	S-s-2	Soletta	Soletta interna	1.69862		1.46667		0.83333		NN	
S-s-3	Soletta	Soletta sbazo	1.73684	2.4086	1.51282	2.0101	0.87179	1.12121	NN	0.85859	

LEGENDA SIMBOLI:

NN: verifica non necessaria in quanto elemento già verificato allo step di carico precedente

ND: verifica non possibile per eccesso di trazione

NV: verifica non valutabile per assenza di informazioni

CS>1: verifica non soddisfatta

CS<1: verifica soddisfatta

RIEPILOGO		VERIFICHE PILE E SPALLE	CS MIN ADEGUATEZZA		CS MIN OPERATIVITA'		CS MIN TRANSITABILITA' CdS (44f)		CS MIN TRANSITABILITA' CdS (26f)		
Elemento	Sezione		CS M	CS V	CS M	CS V	CS M	CS V	CS M	CS V	
SLU	S-SP-1	Spalla	Sezione di base	ND		ND		NV		NV	
	S-SP-1	Spalla	Sezione di base	NV		NV		NV		NV	
	S-P-1	Pilastrò Pila	Sezione di base	0.00511		NN		NN		NN	
			Sezione di base	0.00763		NN		NN		NN	
			Sezione di base	0.02518		NN		NN		NN	
			Sezione di testa		0.21909		NN		NN		NN
			Sezione di base		0.02502		NN		NN		NN
	S-Pt-1	Traverso Pila	All'incastro	NV		NV		NV		NV	
	S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria	NV		NV		NV		NV	

SLV	S-SP-1	Spalla	Sezione di base		NV
	S-P-1	Pilastrò Pila	Sezione di base	0.09683	
			Sezione di base	0.36321	
			Sezione di base	0.39862	
			Sezione di base		1.26881
			Sezione di base		0.05032
	S-Pt-1	Traverso Pila	All'incastro	NV	
S-Pt-2	Traverso Pila	Mezzeria	NV		

LEGENDA SIMBOLI:

NN: verifica non necessaria in quanto elemento già verificato allo step di carico precedente

ND: verifica non possibile per eccesso di trazione

NV: verifica non valutabile per assenza di informazioni

CS>1: verifica non soddisfatta

CS<1: verifica soddisfatta

Il risultato dell'analisi è dunque che il manufatto risulta **idoneo ai carichi da mezzi intermedi previsti da Codice della Strada (26f)**. Il manufatto **non risulta invece idoneo dal punto di vista sismico**.

Si fa presente che:

- Nessuna considerazione si è potuta fare per il traverso orizzontale delle pile, in quanto non note le armature presenti.
- Nessuna considerazione si è potuta fare per le sollecitazioni sulle spalle, in quanto non note le armature presenti.
- Si sottolinea inoltre la **presenza di un importante forza di trazione** in corrispondenza dell'appoggio delle travi principali sulle spalle; non conoscendo la modalità di collegamento tra travi d'impalcato e spalle, **non è stato possibile mettere in atto alcun tipo di verifica a tal proposito.**

Le condizioni di ammaloramento ed usura rilevate durante la campagna di indagini, non sono molto estese o preoccupanti, ma si ritiene importante far presente alcune situazioni che, se non trattate per tempo, possono portare a degradi e progressive perdite di resistenza:

- Percolamenti d'acqua;
- Assenza di un sistema di convogliamento delle acque meteoriche;
- Copriferrì mancanti in alcuni punti delle travi principali e traversi;
- Copriferrì mancanti in alcuni punti delle solette di impalcato;

- Rilevato su spalle completamente dilavato

Di seguito alcune viste degli ammaloramenti riscontrati:



FIGURA 19-1: PERCOLAMENTI D'ACQUA



FIGURA 19-2: MANCANZA DI SCOSSALINA SU GIUNTI E TAMPONE SU STRATO DI USURA DEFORMATO



FIGURA 19-3: COPRIFERRI MANCANTI E ARMATURE CORROSE SU TRAVI PRINCIPALI



FIGURA 19-4: COPRIFERRI MANCANTI E ARMATURE CORROSE SU TRAVERSI



FIGURA 19-5: COPRIFERRI MANCANTI E ARMATURE CORROSE SU SOLETTE DI IMPALCATO



FIGURA 19-6: RILEVATO SU SPALLE COMPLETAMENTE DILAVATO

Padova, 09/05/2025

Ing. Simone Carraro

Allegati:

- Giudizio motivato e accettabilità dei risultati
- Software di Calcolo, Convenzioni e Definizioni

GIUDIZIO MOTIVATO E ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Controllo delle Masse da Peso Proprio e Permanente Portato (G1 e G2)

CARICHI DETERMINATI IN MANIERA ANALITICA

ELEMENTO	L	PS	PTOT
			kg
TRAVE 1	52	3576	185952
TRAVE 2	52	3576	185952
TRAVERSO 1	5.6	837.5	4690
TRAVERSO 2	5.6	1031.25	5775
TRAVERSO 3	5.6	837.5	4690
TRAVERSO 4	5.6	768.75	4305
TRAVERSO 5	5.6	712.5	3990
TRAVERSO 6	5.6	712.5	3990
TRAVERSO 7	5.6	768.75	4305
TRAVERSO 8	5.6	837.5	4690
TRAVERSO 9	5.6	1031.25	5775
TRAVERSO 10	5.6	837.5	4690
SOLETTA	560.04	400.0	224016
SOLETTA (DECURTO PESO SU IMPRONTA TRAVI PRINC)	187.2	-400.0	-74880
CORDOLO LATERALE 1	52	93.75	4875
CORDOLO LATERALE 1	52	93.75	4875
PAVIMENTAZIONE	560.04	320.0	179212.8
BARRIERA LATERALE 1	52	50	2600
BARRIERA LATERALE 1	52	50	2600
PILASTRO 1 PILA 1	4.5	1963.495	8835.729
PILASTRO 2 PILA 1	4.5	1963.495	8835.729
PILASTRO 1 PILA 2	4.5	1963.495	8835.729
PILASTRO 2 PILA 2	4.5	1963.495	8835.729
TRAVERSO PILA 1	6.4	1287	8236.8
TRAVERSO PILA 2	6.4	1287	8236.8
			813919.3 kg

CARICHI DA MODELLO FEM

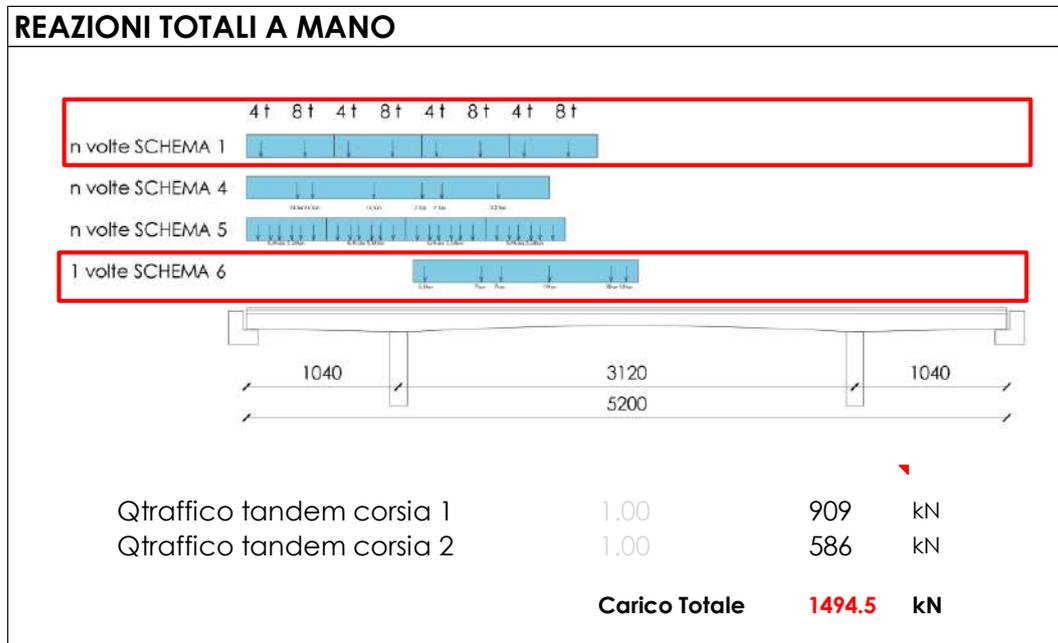
SUMMATION OF REACTION FORCES PRINTOUT				
Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	
DL	0.000002	0.000540	6316.161775	
G1	-0.000000	-0.000001	95.889726	
G2	-0.000000	-0.000010	1739.345233	
G2 para	-0.000000	-0.000000	51.005161	

Con un carico totale da modello FEM pari a 8203 kN ed un carico da calcolo manuale pari a 8139 kN, la differenza risulta pari all'1% si può ritenere il modello FEM valido.

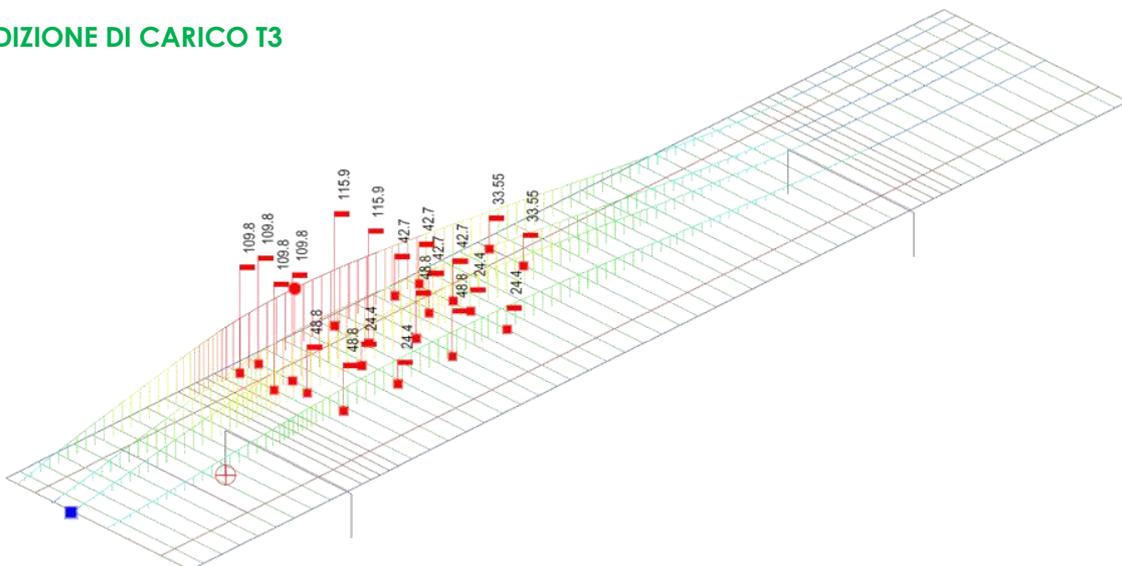
Confronto Reazioni Globali dovute a carico da traffico – Norma n. 384 del 1962

Si effettua un confronto tra la sollecitazione flettente ottenuta da una delle combinazioni del modello FEM per carichi da traffico, ed il corrispondente effettuato analiticamente.

Si prende in oggetto la configurazione di carichi da traffico denominata T3 – SCHEMA 1+6:



CONDIZIONE DI CARICO T3



REAZIONI TOTALI FEM

MODELLO

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
1	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	616.101441	50.634647	-276.196	0	0	137.140294
2	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	-518.361951	-31.780333	-152.886	0	0	-38.998151
3	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	230.822764	-163.031115	-102.505	0	0	-58.384772
4	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	-282.974739	-55.630045	-86.4942	0	0	5.149133
17	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	-10.389827	35.294934	11.8207	0	0	0.502333
18	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	-19.664222	52.168532	-19.2043	0	0	1.54039
19	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	-25.921262	11.397447	2.09161	0	0	0.460685
20	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	10.387794	93.783657	-34.2753	0	0	-3.295195
251	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	0.040613	-33.889091	347.057	67.701426	0.081068	24.182345
252	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	-0.048846	-3.093488	164.396	6.596155	-0.0975	-16.904246
253	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	0.048846	11.716288	348.2	-22.457119	0.0975	-16.566772
254	DM62-S1+S6_T3_CAMPATAE	-0.040613	32.428567	1292.5	-62.398119	-0.081068	3.647716
SOMMANO				1494.5	kN		

Rtot,FEM	1494.50	kN
Rtot,mano	1494.50	kN
		100%
Accettato?		OK

Con una differenza pari al 0% si può ritenere il modello FEM valido.

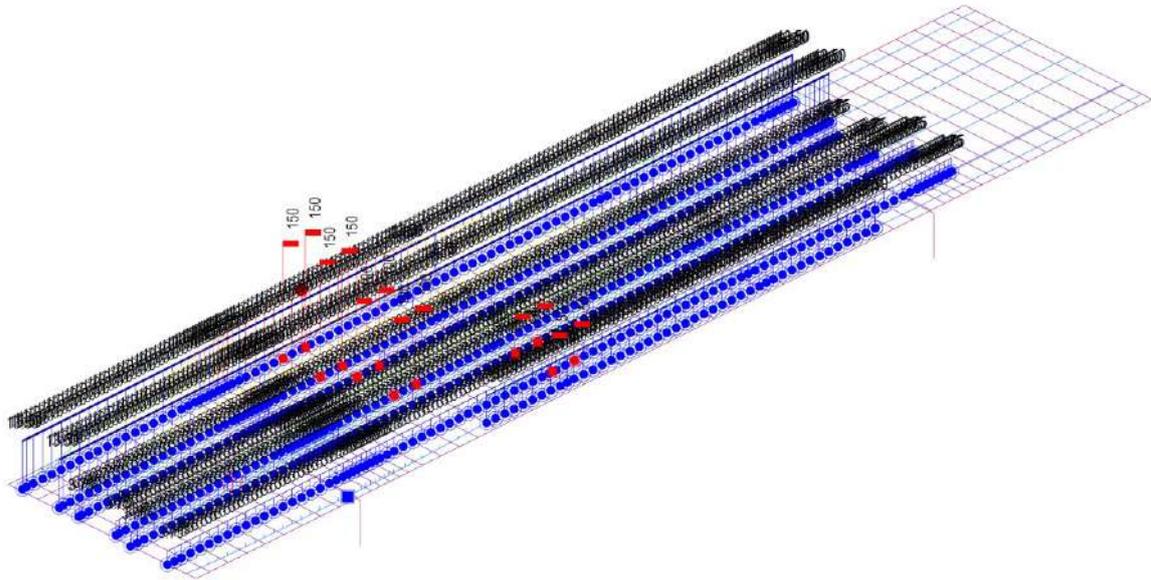
Confronto Reazioni Globali dovute a carico da traffico – NTC18

Si effettua un confronto tra la sollecitazione flettente ottenuta da una delle combinazioni del modello FEM per carichi da traffico, ed il corrispondente effettuato analiticamente.



REAZIONI TOTALI FEM

MODELLO		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
Node	Load						
1	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	923.5	109.5	-301.8	0.0	0.0	189.4
2	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	-876.1	-24.0	-306.2	0.0	0.0	-56.5
3	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	643.2	-213.2	-229.1	0.0	0.0	-131.8
4	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	-663.8	-46.1	-233.9	0.0	0.0	21.0
17	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	-6.7	20.9	5.8	0.0	0.0	-0.1
18	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	-18.5	48.7	-18.8	0.0	0.0	1.7
19	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	-14.5	-12.3	0.5	0.0	0.0	-0.4
20	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	12.8	115.0	-42.7	0.0	0.0	-4.3
251	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	0.0	-48.8	902.9	96.9	0.0	25.7
252	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	0.0	-12.5	571.3	25.0	-0.1	-10.7
253	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	0.0	17.6	866.6	-33.9	0.1	-12.6
254	NTC2018-T3_CAMPATAA_MAX R PILA	0.0	45.2	1892.6	-87.4	0.0	-10.4
SOMMANO				3107.08	kN		



Rtot,FEM	3107	kN
Rtot,mano	3051	kN
		102%
Accettato?		OK

Con una differenza pari al 2% si può ritenere il modello FEM valido.

Percentuale di Massa Eccitata in condizioni dinamiche

Le attuali Norme tecniche prevedono che, per poter condurre un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta, il modello numerico sia in grado di rappresentare correttamente il comportamento dinamico della struttura; per garantire ciò è pertanto necessario studiare un numero di modi naturali di vibrare tali per cui la somma della massa eccitata sia maggiore o uguale all'85 della massa totale.

Si riporta di seguito l'estratto del modello FEM dal quale si evince una percentuale di massa eccitata superiore all'85% per entrambe le direzioni principali.

Mode	Frequency	Period	TRAN-X	TRAN-Y	ROTN-X	ROTN-Y
	(cycle/sec)	(sec)	MASS(%)	MASS(%)	MASS(%)	MASS(%)
1	4.3225	0.2313	0	77.6211	3.2712	0
2	8.6675	0.1154	0	0	0	0
3	13.6288	0.0734	0	13.0459	1.1929	0
4	19.7377	0.0507	0	0	0	0
5	23.0808	0.0433	85.7373	0	0	2.148
6	27.2674	0.0367	0	2.8006	0.0068	0
			85.7373	93.47		

SOFTWARE DI CALCOLO, CONVENZIONI E DEFINIZIONI

Metodo di calcolo

Nella stesura dei calcoli ci si attiene alle norme vigenti per la disciplina delle strutture di calcestruzzo; il metodo di verifica adottato è quello semiprobabilistico agli stati limite ultimi.

Lo studio delle strutture è stato condotto secondo i metodi della scienza delle costruzioni ipotizzando i materiali elastici, omogenei ed isotropi.

Descrizione del software

MIDAS-GEN 2019 è un software per edifici e strutture generiche in zona sismica, che risolve integralmente tutte le problematiche di analisi e progettazione di qualsiasi tipologia strutturale dalle più complesse alle più semplici in zona sismica e non (edifici multipiano, edifici industriali, torri, tralicci, silos, ogni tipologia di fondazione, completa interazione terreno struttura, ponti, infrastrutture stradali, strutture in muratura) con qualsiasi materiale. La libreria di elementi finiti è molto vasta e comprende beam a sezione variabile, truss resistenti a sola trazione e/o sola compressione, elementi Wall per pareti antisismiche, plate, solid, plane stress, plane strain, piastre irrigidite ortotrope, etc. È presente un'ampia casistica di carichi tipici di travi e piastre, con la gestione automatica delle combinazioni di carico e la conversione automatica di carichi in masse tramite il coefficiente Psi. Per l'analisi pushover è stata implementata la conversione automatica di masse in carichi.

È possibile effettuare ogni tipo di analisi prevista dalle NTC2008 ed Eurocodici: analisi sismica statica equivalente; analisi dinamica lineare (spettro di risposta); analisi dinamica non lineare per smorzatori e dissipatori; analisi dinamica completamente non lineare con integrazione al passo (considerando isteresi dei materiali). Sono presenti molteplici opzioni per analisi dinamiche non lineari con cerniere plastiche concentrate, distribuite e modelli a fibre. È inoltre possibile applicare qualsiasi spettro sismico di progetto definito dall'utente e molteplici accelerogrammi diversi e in diversi punti della struttura. Sono state implementate molteplici tipologie di isolatori e smorzatori sismici lineari e non lineari.

Gen offre la possibilità di analizzare agevolmente strutture esistenti realizzate in materiali variegati e disomogenei, con qualsiasi intervento di retrofitting. Ogni materiale viene modellato numericamente con gli algoritmi migliori attualmente disponibili a livello mondiale. Per murature a conci disomogenei si utilizza il modello di materiale "Strumas", del Prof. Pande, collaboratore di Zienkiewicz all'università di Swansea (UK). È presente in MIDAS Gen sia in versione lineare che non lineare, che permette di considerare i blocchi di muratura ed i corsi di malta, così come ottenuti da un rilievo in situ, come richiesto da NTC2008, OPCM 3274 e successive modifiche in tema di edifici esistenti in muratura. Viene usato per modellare muri con elementi finiti di tipo solido (brick), e in accoppiamento a qualsiasi altro elemento finito per simulare l'ulteriore presenza di travi, tiranti, solai, interventi di rinforzo in CA, etc. La versione lineare, col pregio di avere una solida convergenza, individua i campi di frattura e fessurazione. La versione non lineare permette di eseguire delle vere e proprie analisi di pushover di strutture murarie non assimilabili a telai (ovvero la maggior parte dei casi). Nella modellazione a telaio equivalente per analisi non lineari statiche di Pushover sono presenti svariate tipologie di cerniere plastiche con comportamento di materiali per simulare acciaio, CA (con metodi FEMA, Eurocodice 8, OPCM 3274 e NTC2008) e muratura (con metodo SAM, descritto dal Prof. Magenes). Come unica ed originale opzione, Gen prevede di valutare alternativamente alle cerniere plastiche la schematizzazione di travi e pilastri a fibre con formulazione "force based" secondo la teoria di Spacone e Filippou (Berkeley), assolutamente performante (in termini di convergenza e rapidità) rispetto alle comuni analisi a fibre nel tradizionale metodo degli spostamenti.

Midas Gen permette la gestione completa e semplice di tutte le tipologie strutturali, la trattazione completa delle fasi costruttive con possibilità di attivare o disattivare in qualsiasi fase elementi finiti, boundaries, carichi, parametri reologici dei materiali; il tutto senza creare file multipli o analisi di restart.

La precompressione è gestita in modo completo, anche in 3D, quindi con possibilità inserire cavi di precompressione in un qualsiasi modello strutturale, tramite l'inserimento di tracciati di cavi pretesi o post-tesi. È presente una vasta gamma di sezioni parametriche, sezioni composte, sezioni in acciaio, ecc... con visualizzazione dello stato pensionale in output.

Tipi di analisi

L'analisi statica lineare

La soluzione del problema di equilibrio della struttura discretizzata si traduce nella soluzione del seguente sistema algebrico di equazioni lineari:

$$Ku=f$$

i cui coefficienti sono costituiti dai termini della matrice di rigidezza K , le incognite sono gli spostamenti e le rotazioni nodali contenuti nel vettore u e i termini noti sono costituiti dai vettori dei carichi f in numero pari alle condizioni di carico indipendenti dichiarate.

La matrice di rigidezza, almeno nei casi comuni, risulta essere una matrice di tipo sparso nel senso che molti coefficienti sono nulli. Opportune numerazioni dei nodi della struttura riescono a compattare i coefficienti intorno alla diagonale principale della matrice dando luogo a una banda. Se per ogni riga della matrice si calcolano, a partire dall'elemento diagonale, il numero di elementi oltre il quale i termini sono tutti nulli, si definisce ampiezza di banda il numero massimo di elementi riscontrati per ogni riga.

Si definisce inoltre profilo della matrice di rigidezza la somma dei termini contenuti in ogni colonna partendo dall'elemento diagonale e finendo al primo termine non nullo partendo dall'alto nella colonna considerata.

Un'ottima numerazione dei nodi, quella cioè per cui il profilo risulta essere minimo consente, da un punto di vista computazionale, notevoli risparmi di risorse potendo memorizzare solo i termini utili ed evitando in fase di risoluzione inutili operazioni sugli zeri della matrice di rigidezza.

Il programma prevede in cascata un duplice metodo di minimizzazione del profilo della matrice di rigidezza e il programma valuta quale dei due metodi abbia dato i migliori risultati rinumerando quindi in modo ottimo i nodi.

Durante la fase di assemblaggio della matrice di rigidezza viene controllata la presenza di elementi nulli posti lungo la diagonale principale; in quest'ultimo caso l'elaborazione termina con l'indicazione del numero di equazione ove si è riscontrata l'anomalia.

La risoluzione del sistema di equazioni è condotto attraverso il metodo di Gauss che consiste nel decomporre la matrice di rigidezza nel prodotto di una matrice triangolare inferiore avente sulla diagonale principale tutti i termini pari all'unità con una matrice triangolare superiore:

$$K=LU$$

Il solutore ad elementi finiti consente di risolvere il sistema di equazioni attraverso due metodi.

Il primo metodo memorizza la matrice di rigidezza sotto forma di un'unica colonna compatta (skyline storage), con la definizione di un ulteriore vettore contenente i puntatori agli elementi diagonali della matrice di rigidezza oppure in blocchi di vettori compatti contenenti all'interno i puntatori posti in coda.

In fase di riduzione della matrice di rigidezza viene controllato che il generico termine diagonale della matrice ridotta sia maggiore di zero. In caso contrario l'elaborazione termina con la segnalazione di errore grave.

Quando porzioni molto rigide della struttura sono connesse a porzioni molto deformabili il sistema di equazioni può risultare mal condizionato. Una stima sull'approssimazione della soluzione è indicata dalla seguente quantità:

$$n_i = \log_{10}(K_{ii}) - \log_{10}(U_{ii})$$

In essa n_i è il numero di figure perse, K_{ii} è il termine diagonale della matrice di rigidezza e U_{ii} è il termine diagonale della matrice triangolarizzata.

Di solito il numero delle figure perse è dell'ordine di 4 e pertanto la soluzione è pienamente accettabile. Se il numero di figure perse è compreso tra 6 e 11 il programma segnala anomalia pur continuando ad elaborare; in questo caso la soluzione deve essere accettata con cautela solo dopo aver controllato gli equilibri globali. Se il numero di figure perse è superiore a 11 il programma termina l'elaborazione con la segnalazione di errore grave.

In caso di errori il programma evidenzia il numero di equazione, il nodo, il grado di libertà ove si è verificato e la tripletta delle coordinate nodali espresse nel sistema di riferimento globale della struttura.

Il secondo metodo, denominato metodo delle matrici sparse, memorizza in un vettore tutti i termini non nulli della matrice di rigidezza e i puntatori.

Il codice, che è stato implementato nel solutore ad elementi finiti, è basato su un lavoro riportato nel Rif. [49] ed è distribuito dalla ditta Aspentech con sede in U.S.A.

Questo codice si compone di tre parti e rispettivamente una prima parte che è dedicata a riordinare il sistema di equazioni, una seconda che è dedicata a fattorizzare la matrice di rigidezza mentre una terza parte, dato il vettore dei termini noti, calcola la soluzione del sistema di equazioni.

Il riordino del sistema di equazioni è basato sui Rif. [50] e [51].

In fase di riduzione della matrice di rigidezza viene controllato che il generico termine diagonale della matrice ridotta sia maggiore di zero. In caso contrario l'elaborazione termina con la segnalazione di errore grave.

Al termine dell'elaborazione, è controllato il bilancio globale delle forze confrontando tra loro le risultanti e i momenti risultanti delle forze attive e reattive. Il risultato di questo confronto è l'unico che può garantire l'attendibilità della soluzione trovata.

L'analisi dinamica

Il metodo della proiezione nel sottospazio

L'analisi dinamica della struttura consiste nel determinare le frequenze proprie di vibrazione e le deformate modali, cioè gli autovalori e gli autovettori della matrice dinamica. Dalla seguente equazione:

$$(K - \lambda M) \varphi = 0$$

in cui K è la matrice di rigidezza e M è la matrice delle masse si determinano le frequenze proprie λ e la deformata modale descritta dal vettore φ .

Quando il numero dei gradi di libertà della struttura è notevole e non è richiesto il calcolo di tutti gli autovalori ma solo di quelli collegati ai periodi più alti, allora è conveniente ricorrere al metodo iterativo della proiezione nel sottospazio adottando un certo numero di vettori iterativi. Il metodo per

la ricerca delle frequenze di vibrazione e per la determinazione delle deformate modali è contenuto nel Rif. [55].

Pur avendo scelto un numero sufficientemente ampio di vettori iterativi può accadere in alcuni problemi specifici che gli autovalori nel gruppo che si sta iterando non siano sufficientemente separati per cui la velocità di convergenza risulta estremamente bassa.

In tali condizioni è utile applicare la procedura dello "shift" che aumenta notevolmente la velocità di convergenza.

Il metodo dei vettori di Ritz

In vista dell'analisi dinamica di edifici soggetti a terremoti, si dimostra che i modi di vibrare a forte componente rotazionale intorno all'asse verticale contribuiscono poco alla risposta dello spettro.

Alla luce di questa considerazione si è dimostrato valido un approccio differente per il calcolo dei modi di vibrare della struttura. Questo metodo prende in nome di estrazione dei modi di vibrare attraverso i vettori di Ritz Rif. [56] e [57].

Il metodo numerico è stato originato per essere applicato a problemi di risposta dinamica del tipo time-history e con qualche modifica può essere adoperato per trovare con una ragionevole approssimazione i modi di vibrare della struttura e le pulsazioni ad essi associati.

Questo metodo ha lo scopo di generare una sequenza di vettori massa ortogonali i quali, attraverso un'unica proiezione nel sottospazio, vengono ruotati per generare i vettori di Ritz finali.

Si segnala che la procedura precedentemente esposta offre da un punto di vista computazionale notevoli vantaggi in termini di velocità di elaborazione (da 1/2 a 1/3 del tempo di CPU rispetto al calcolo classico degli autovalori).

Essa inoltre consente di raggiungere la percentuale delle masse partecipanti con un numero di vettori inferiori rispetto all'analisi dinamica classica in quanto il metodo, per un numero limitato di vettori, scarta le rotazioni di impalcato che non danno contributo al calcolo delle masse partecipanti. Le rotazioni di impalcato iniziano a manifestarsi all'aumentare del numero di vettori richiesti.

Alla luce di quanto esposto, si ritiene che questo metodo, sia del tutto alternativo al metodo classico e comunque costituisce un indispensabile e agevole strumento per il predimensionamento strutturale.

Il troncamento modale

Nella valutazione della risposta di strutture soggette a carichi dinamici, spesso si ritiene accettabile considerare un numero limitato di autovettori al fine di ottenere una soluzione convenientemente approssimata. Tale operazione viene detta troncamento modale.

Un parametro che tiene conto in modo forfaitario dell'ammissibilità del troncamento modale è il cosiddetto fattore percentuale delle masse traslazionali e di quelle rotazionali partecipanti.

La nostra normativa, similmente a quella americana, impone di considerare tanti modi di vibrare fino a che le percentuali delle masse traslazionali partecipanti attingano valori superiori al 85%.

La risposta allo spettro e le tecniche di combinazione

In generale su una struttura possono agire contemporaneamente terremoti lungo due direzioni ortogonali nel piano X,Y e lungo Z aventi ognuno uno spettro di risposta. Il solutore ad elementi finiti prevede questa ipotesi.

Assegnato uno spettro di risposta, per ogni modo di vibrare, il programma calcola i massimi spostamenti e le massime sollecitazioni associate allo spettro assegnato.

Il metodo più noto per combinare la generica entità è quello della radice quadrata della somma dei quadrati detto anche SRSS. Modellazioni numeriche hanno mostrato che questo metodo è efficiente solo quando le frequenze di vibrazione sono ben separate tra loro.

Un metodo che ha mostrato buoni risultati anche quando le frequenze modali sono ravvicinate è il cosiddetto metodo CQC (combinazione quadratica completa) funzione anche del fattore di smorzamento inteso come frazione di quello critico (cfr. Rif. [58]). Nel programma è previsto l'adozione di uno o dell'altro metodo di combinazione.

Un parametro importante nell'analisi di risposta allo spettro è costituito dallo sforzo di taglio alla base dell'edificio.

Il programma, per ogni modo di vibrare e per ogni direzione di ingresso del sisma, fornisce le forze di taglio lungo gli assi globali del sistema di riferimento e lungo le direzioni di ingresso del terremoto.

Queste forze vengono combinate sia attraverso il metodo CQC sia attraverso il metodo SRSS per fornire il massimo valore.

Quando vengono assegnati terremoti contemporanei lungo le tre direzioni ortogonali (1-2-Z), il programma per determinare il tagliante risultante, adopera il metodo della radice quadrata della somma dei quadrati (SRSS) per combinare la risposta sia in termini di CQC che in termini di SRSS. Una buona progettazione strutturale dovrebbe fare in modo che la struttura resista con adeguato coefficiente di sicurezza per tutti gli angoli di ingresso del terremoto.

La nostra normativa, come altre, prevede tuttavia che l'edificio sia analizzato solo per una coppia di terremoti agenti ortogonalmente tra loro la cui direzione è lasciata alla sensibilità del progettista.

Di solito l'angolo di ingresso del terremoto viene posto lungo una direzione parallela alla tessitura degli elementi preposti ad assorbire le azioni sismiche. Questa non è detto che sia la scelta più opportuna in quanto il progettista dovrebbe tentare con più direzioni di ingresso di valutare quale caso sia il più gravoso.

Se si dispone la struttura con un asse che si ritiene principale lungo una direzione del sistema di riferimento globale (ad esempio X), si può valutare almeno quale sia l'angolo di ingresso del sisma che induce il massimo taglio proprio lungo quella direzione (ad esempio X).

Il programma prevede la possibilità di calcolare l'angolo che si ritiene critico e i valori dei taglianti attinti sotto questa condizione. La valutazione viene ovviamente condotta con riferimento alla combinazione CQC e SRSS.

L'analisi non lineare in controllo di forze

Il programma consente di analizzare strutture per le quali si sia dichiarata la non linearità del materiale. In questa analisi si possono includere gli effetti P-Delta.

Il programma analizza la struttura sotto una serie di combinazioni di carico definite dall'utente in quanto, come è noto, in campo non lineare non è ammessa la sovrapposizione degli effetti.

Si deve quindi risolvere il seguente sistema di equazioni non lineari:

$$r(u)=f$$

in cui r è la risultante degli elementi finiti, u è il vettore degli spostamenti e f è il vettore dei carichi.

La soluzione del problema non lineare è condotta per via iterativa adottando il metodo della secante (metodo diretto) e quello della tangente (Newton-Raphson).

Il metodo della secante prevede la costruzione della matrice di rigidezza secante K_s valutata in funzione degli spostamenti determinati nell'iterazione precedente $k-1$ e nella soluzione del seguente sistema di equazioni:

$$K_s u_k = f$$

Il metodo di Newton-Raphson prevede la costruzione di una successione di spostamenti incrementali Δu_k tali che:

$$u_{k+1} = u_k + \Delta u_k$$

e la soluzione del seguente sistema di equazioni:

$$K_t \Delta u_k = f - r(u_k)$$

in cui K_t è la matrice di rigidezza tangente e $r(u_k)$ è il vettore della risultante degli elementi finiti valutata sotto il campo di spostamento u_k .

Per entrambi i metodi, le iterazioni si arrestano in corrispondenza della tolleranza assegnata sulla norma residuale degli spostamenti o al raggiungimento del numero massimo di iterazioni. (cfr. Rif. [7]).

Alla fine dell'analisi è condotto il bilancio globale delle forze. Questo metodo, anche se non computazionalmente efficiente, garantisce nella maggior parte dei casi la convergenza.

L'analisi non lineare in controllo di spostamento (Path-Following)

Per molti sistemi strutturali è necessario calcolare la relazione non lineare tra i carichi applicati e le corrispondenti deformazioni strutturali.

Tracciando questi percorsi di equilibrio, è possibile identificare fenomeni di collasso e, in generale, comprendere il comportamento delle strutture. Il metodo è regolato dalla soluzione del seguente sistema di equazioni non-lineari:

$$r(u) = f_d + \lambda f_L$$

in cui u è il vettore degli spostamenti nodali, r è la risultante degli elementi finiti sotto lo spostamento u , f_d è il vettore dei carichi gravitazionali (in generale carichi permanenti e accidentali), λ è il moltiplicatore di un sistema di carichi assegnati f_L (distribuzione dei carichi laterali per strutture in zona sismica).

Il metodo prevede l'individuazione di un nodo di controllo strutturale e del relativo grado di libertà associato (in genere spostamento lungo l'asse X o Y del sistema di riferimento globale della struttura). Assegnata quindi l'entità dello spostamento si vuole determinare il moltiplicatore dei carichi laterali sotto lo spostamento assegnato.

Convenzioni di segno

Sistemi di coordinate

MIDAS / Gen fornisce le seguenti coordinate:

- Global Coordinate System (GCS)
- Element Coordinate System (ECS)
- Node Local Coordinate System (NCS)

Il sistema GCS (Global Coordinate System) utilizza assi contraddistinti dalle lettere maiuscole "X-Y-Z" nel sistema di coordinate cartesiane convenzionali, seguendo la regola della mano destra.

Il GCS viene utilizzato per i dati del nodo, la maggior parte delle voci di dati associate a nodi e tutti i risultati associati a nodi come spostamenti nodali e reazioni. Il GCS definisce la posizione geometrica

della struttura da analizzare e il suo punto di riferimento (origine) viene impostato automaticamente nella posizione, $X = 0$, $Y = 0$ e $Z = 0$, dal programma. Poiché la direzione verticale dello schermo del programma rappresenta l'asse Z in MIDAS / Gen, è conveniente inserire la direzione verticale della struttura parallelamente all'asse Z nel GCS.

Il sistema di coordinate elemento (ECS) utilizza le lettere minuscole "x-y-z" nel sistema di coordinate cartesiane convenzionali, seguendo la regola della mano destra. I risultati dell'analisi, come le forze e le sollecitazioni sugli elementi, e la maggior parte delle voci di dati associate agli elementi vengono espresse nel sistema di coordinate locali.

Il sistema locale di coordinate del nodo (NCS) è utilizzato per definire i dati di ingresso associati a condizioni di vincoli nodali quali vincoli nodali, supporti nodali e spostamenti nodali specificati, in un sistema di coordinate insolito che non coincide con il GCS. Il NCS viene utilizzato anche per fornire reazioni in un sistema arbitrario di coordinate. L'NCS utilizza le lettere minuscole "x-y-z" nel sistema ordinario di coordinate cartesiane, seguendo la regola della mano destra.

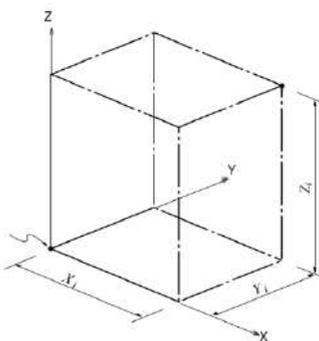


Figure 1.1 Global Coordinate System and Nodal Coordinates

Elementi beam

Due nodi definiscono un elemento trave tridimensionale. La sua formulazione è fondata sulla teoria delle travi di Timoshenko che tiene conto degli effetti di rigidità delle tensioni/compressione, taglio, flessione e deformazioni torsionali. Ogni nodo ha tre gradi di libertà traslazionali e tre gradi di libertà rotazionali, indipendentemente dal sistema di riferimento.

La convenzione di segno per le sollecitazioni negli elementi beam è indicata nella figura seguente. La freccia rappresenta la direzione positiva (+). Le tensioni negli elementi seguono la stessa convenzione di segno. Tuttavia le tensioni dovute a momento flettente sono rappresentate con '+' per tensione e '-' per compressione.

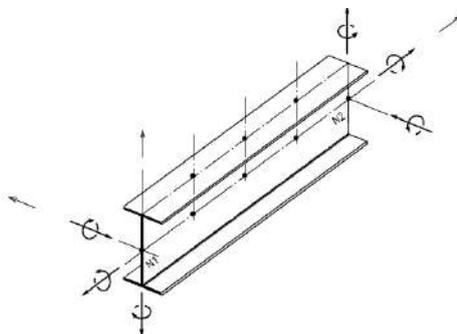


Figure 1.8 Sign convention for ECS and element forces (or stresses) of a beam element

Elementi plate

Tre o quattro nodi nello stesso piano definiscono un elemento Plate. L'elemento è generalmente usato per modellare membrane che hanno spessore uniforme nel piano di ogni elemento. La direzione degli assi ECS è mostrata nella figura seguente.

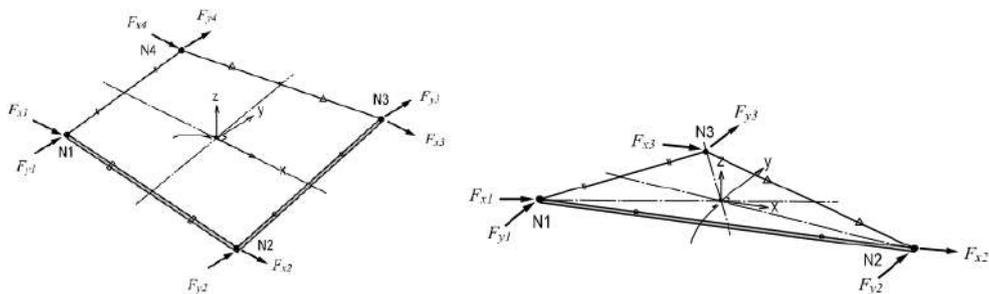
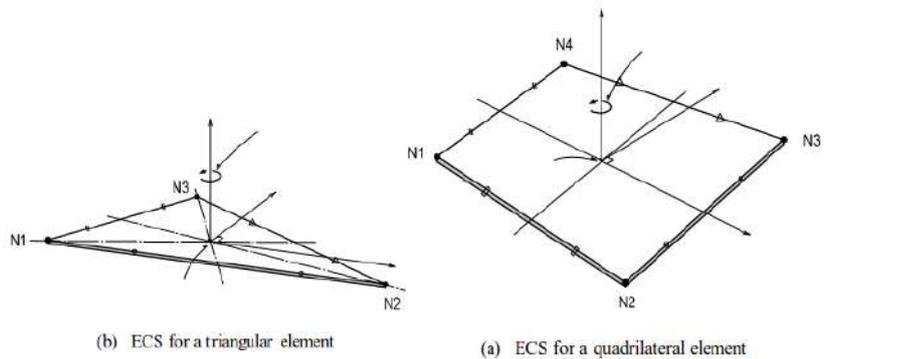
La convenzione del segno per le forze degli elementi e le sollecitazioni degli elementi viene definita rispetto a ECS o GCS. Le seguenti descrizioni sono basate sull'ECS:

Output per forze sull'elemento nei nodi di connessione

Output per sollecitazioni sull'elemento nei nodi di connessione e nel centro dell'elemento

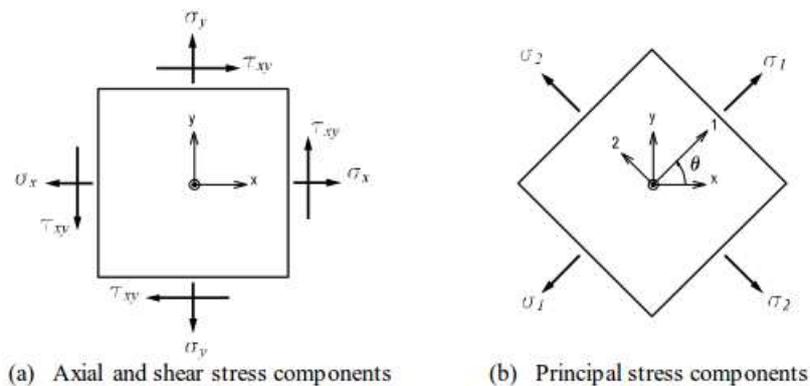
In un nodo di connessione, moltiplicando ciascun componente di spostamento nodale per la componente di rigidità corrispondente dell'elemento si ottiene le forze dell'elemento.

Per le sollecitazioni nei nodi di connessione e nei centri degli elementi, vengono estrapolate le sollecitazioni calcolate nei punti di integrazione (Gauss Points).



Output for element Stresses

Figure 1.12 shows the sign convention for element stresses. The arrows represent the positive (+) directions.



Output for element forces

Figure 1.11 shows the sign convention for element forces. The arrows represent the positive (+) directions.