

S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"
TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA
1° stralcio: Madonna di Baiano-Firenzuola

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PG143**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° Terni n°A844

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
 Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

Il Responsabile di Progetto

Arch. Pianificatore Marco Colazza

Il Responsabile del Procedimento

Dott. Ing.
 Alessandro Micheli

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott.Ing. N.Granieri
 Dott.Arch. N.Kamenicky
 Dott.Ing. V.Truffini
 Dott.Arch. A.Bracchini
 Dott.Ing. F.Durastanti
 Dott.Ing. E.Bartolucci
 Dott.Geol. G.Cerquiglini
 Geom. S.Scopetta
 Dott.Ing. L.Sbrenna
 Dott.Ing. E.Sellari
 Dott.Ing. L.Dinelli
 Dott.Ing. L.Nani
 Dott.Ing. F.Pambianco
 Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini
 Dott. Ing. S.Sacconi
 Dott. Ing. C.Consorti
 Dott. Ing. E.Loffredo
 Dott. Ing. C.Chierichini

Dott. Ing. V.Rotisciani
 Dott. Ing. F.Macchioni
 Geom. C.Vischini
 Dott. Ing. V.Piunno
 Dott. Ing. G.Pulli
 Geom. C.Sugaroni



08.VIADOTTI E PONTI
08.01 VIADOTTO MARROGGIA

Relazione di calcolo Impalcato

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	T00VIO1STRRE04B		
DTPG143	E	23	CODICE ELAB. T00VIO1STRRE04	B	-
B	Rev. A seguito istr. ANAS		Set 2023	C.Margheriti	F.Durastanti N.Granieri
A	Emissione		Ago 2023	C.Margheriti	F.Durastanti N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	7
1.1	IMPALCATO	7
1.2	MODALITÀ REALIZZATIVE	10
1.3	SOTTOSTRUTTURE	11
1.3.1	Spalle	11
1.3.2	Pile	11
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	14
1.4.1	Carpenteria metallica	14
1.4.2	Connettori trave-soletta	15
1.4.3	Giunzioni bullonate	15
1.4.4	Giunzioni saldate	16
1.4.5	Calcestruzzo	16
1.4.5.1	Parametri reologici calcestruzzo soletta	16
1.5	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	18
1.5.1	Classe di esecuzione	19
1.5.1.1	Scelta della classe di conseguenza	19
1.5.1.2	Classe di rischio connessa all'utilizzo della struttura (categorie di servizio)	19
1.5.1.3	Classe di rischio connessa alla difficoltà nell'esecuzione della struttura (categorie di produzione)	20
1.5.1.4	Determinazione della classe di esecuzione	20
1.6	SOFTWARE DI CALCOLO	20
1.7	CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI	21
2	IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE	23
2.1	IPOTESI DI BASE	23
2.1.1	Struttura di riferimento	23
2.1.2	Variabilità larghezza soletta	23

2.2	ANALISI DELLA STRUTTURA COMPOSTA	23
2.3	FASI	23
3	DATI GENERALI DELLE SEZIONI DI IMPALCATO	25
3.1	LARGHEZZE COLLABORANTI DI SOLETTA	25
3.2	FESSURAZIONE DELLA SOLETTA	27
3.3	CARATTERISTICHE SEZIONI DI IMPALCATO	27
3.3.1.1	Proprietà geometrico-statiche.....	38
3.3.1.2	Proprietà plastiche delle sezioni	43
3.4	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI IRRIGIDIMENTO (RIBS E STIFFENERS)	47
4	DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO	49
4.1	MODELLAZIONE E TIPO DI ANALISI	49
5	ANALISI DEI CARICHI	54
5.1	CARICHI AGENTI IN FASE 1	54
5.1.1	Peso proprio acciaio (G_{k1}')	54
5.1.2	Peso proprio soletta (G_{k1}'')	54
5.1.3	Peso proprio sottostrutture (G_{k1}''')	54
5.1.3.1	Peso sostegni	54
5.1.3.2	Peso del reinterro	54
5.2	CARICHI AGENTI IN FASE 2A - 2B	55
5.2.1	Cordoli e sovraccarichi permanenti (G_{k2}')	55
5.2.2	Ritiro ($G_{sh,k}$)	55
5.2.3	Cedimenti vincolari ($G_{k,sett}$)	56
5.3	CARICHI AGENTI IN FASE 2C	56
5.3.1	Coazioni impresse	56
5.4	CARICHI AGENTI IN FASE 3	56
5.4.1	Variazioni termiche (QT_k)	56
5.4.1.1	Variazioni termiche uniformi e lineari Δt_N e Δt_M	56

5.4.1.2	Combinazione degli effetti uniformi e lineari	58
5.4.2	Carichi mobili (Q_k)	59
5.4.2.1	Modelli di carico per verifiche globali	59
5.4.2.2	Modelli di carico per verifiche locali	62
5.4.2.3	Modelli di carico per verifiche a fatica	62
5.4.3	Azioni associate ai carichi mobili	63
5.4.3.1	Azioni di frenatura (Q_{fk})	63
5.4.3.2	Azone centrifuga (Q_{ck})	63
5.4.4	Azione del vento ($F_{w,k}$)	63
5.4.4.1	Vento in fase di esercizio	63
5.4.4.2	Vento in fase di costruzione	67
5.4.5	Azioni sismiche (E)	68
5.4.5.1	Generalità e spettri di progetto	68
5.4.5.2	Effetti della variabilità spaziale del moto sismico	72
5.4.6	Sollevamento impalcato	77
5.5	COMBINAZIONI DI CARICO	78
6	ANALISI STRUTTURALE IMPALCATO	81
6.1	SOLLECITAZIONI TRAVE	81
6.2	DEFORMAZIONI E CONTROFRECCE	107
6.2.1	Verifica massime deformazioni impalcato	109
6.2.2	Contromonte di progetto	109
7	ANALISI SISMICA	113
7.1	ANALISI DINAMICA	113
8	VERIFICA STRUTTURA METALLICA	115
8.1	VERIFICA TRAVI LONGITUDINALI	115
8.1.1	S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento	115
8.1.2	S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento	118
8.1.3	S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento	120
8.1.4	Verifiche a fatica – calcolo $\Delta\sigma E$	121

8.2	VERIFICA CONNESSIONE TRAVE/SOLETTA	124
8.2.1	Caratteristiche piolatura e detailing	124
8.2.2	Dettagli costruttivi	124
8.2.3	Riepilogo rapporti di sfruttamento verifica elastica S.L.U. - S.L.E. - Fatica	125
8.2.4	Verifica dei pioli di estremità - influenza di ritiro e variazione termica - (SLU)	128
8.3	VERIFICA DEL SISTEMA DI IRRIGIDIMENTO	128
8.3.1	Irrigidenti verticali intermedi all'attacco dei traversi di campata	129
8.3.2	Irrigidenti verticali ai sostegni	130
8.4	VERIFICA TRAVERSI DI CAMPATA	132
8.4.1	Sollecitazioni	132
8.4.2	Verifica tensionale	138
8.4.3	Stabilità laterale torsionale	146
8.4.4	Giunto bullonato	149
8.5	VERIFICA TRAVERSI DI APPOGGIO	155
8.5.1	Sollecitazioni	155
8.5.2	Verifica tensionale	161
8.5.3	Stabilità laterale torsionale	169
8.5.4	Giunto bullonato	172
8.6	VERIFICA TRAVE DI SPINA	181
8.6.1	Sollecitazioni	181
8.6.2	S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento	185
8.6.3	S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento	189
8.7	VERIFICA CONTROVENTO DI MONTAGGIO	190
8.8	SVERIFICA STABILITÀ LATERALE TORSIONALE	194
8.8.1	Fase di costruzione	194

8.8.2	Fase di esercizio	197
8.9	VERIFICA IN FASE DI SOLLEVAMENTO (TRANSITORIO)	201
8.9.1	Sollecitazioni nelle membrature principali e verifica	202
8.9.2	Portate martinetti di sollevamento	204
9	VERIFICA SOLETTA - FESSURAZIONE IN DIREZIONE LONGITUDINALE	206
9.1	AREA MINIMA	206
9.2	CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI INDIRETTI	214
9.3	CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI DIRETTI	222
10	VERIFICA SOLETTA IN CALCESTRUZZO	231
10.1	VERIFICA DELLE PREDALLE	231
10.2	VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO	239
10.2.1	Analisi dei carichi	239
10.2.2	Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE - Campo soletta "corrente"	244
10.2.3	Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE - Campo soletta di bordo	253
10.2.4	Verifica campo "corrente" soletta	263
10.2.4.1	Verifica a flessione sezione Sc1	263
10.2.4.2	Verifica a flessione sezione Sc2	266
10.2.4.3	Verifica a flessione sezione Sc3	270
10.2.4.4	Verifica a Taglio	273
10.2.5	Verifica campo soletta "di bordo"	273
10.2.5.1	Verifica a flessione sezione Sb1	274
10.2.5.2	Verifica a flessione sezione Sb2	277
10.2.5.3	Verifica a flessione sezione Sb3	280
10.2.5.4	Verifica a Taglio	283
10.2.6	Verifica locale sezione orizzontale di attacco cordolo	284
11	APPOGGI E GIUNTI	287
12	CONTROLLO DEI RISULTATI	288
12.1	CONTROLLI GENERALI	288

12.2 CONTROLLI TRAMITE VALUTAZIONI INDIPENDENTI	288
12.2.1 Verifica reazioni vincolari	288
12.2.2 Verifica sollecitazioni	289
13 TABULATI DI CALCOLO	291

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione sono riportati i calcoli statici di dimensionamento e verifica della sovrastruttura di impalcato afferente al viadotto “Marroggia”, da realizzarsi nell’ambito dell’iniziativa afferente alla realizzazione della “Strada delle Tre Valli Umbre”, nel tratto Eggi – Acquasparta.

1.1 IMPALCATO

Il viadotto, nel suo complesso, presenta una lunghezza totale, valutata tra gli assi delle spalle d’estremità (S1, S2), pari a 933.5 metri, ed è composta da tre “tratti” di lunghezza rispettivamente pari a 310.85, 311.8 m e 310.85 m (misure valutate tra gli assi sostegni), separati giunti di dilatazione posti in corrispondenza di pile-spalle intermedie.

I tre tratti, denominati convenzionalmente “viadotto 1”, “viadotto 2” e “viadotto 3”, presentano tutti la medesima sequenza luci pari a $33.7 + 5 \times 48.5 + 33.7$ metri.

L’andamento planimetrico del tracciato, nella zona interessata dal viadotto, è caratterizzato da una leggera curva, di raggio costante pari a 1504 m, seguito da un tratto pressochè rettilineo.

Il piano viabile, a due corsie di marcia, presenta larghezza corrente pari a 10.35 m, lungo il tratto compreso tra spalla S1 e pila 15 (sezione tipo 1), e pari a 9.75 m, nel tratto successivo (sezione tipo 2); la soletta risulta, lungo tutto lo sviluppo, simmetrica rispetto all’asse impalcato. La riduzione di larghezza si sviluppa su di un tratto lunghezza pari a circa 50 m.

Ciascun impalcato è realizzato con identico sistema costruttivo e identiche caratteristiche. La tipologia prescelta è quella del sistema misto acciaio-calcestruzzo, costituito da 2 travi metalliche principali di altezza 2.5 m, poste ad interasse trasversale di 7 m e collegate trasversalmente da traversi a doppio T, posti ad interasse longitudinale pari a 4.90 m circa. Dato il notevole interasse trasversale delle travi, viene predisposta una “trave di spina” longitudinale, collegata in corrispondenza della mezzeria dei traversi.

La soletta in calcestruzzo presenta spessore complessivo pari a 0.3 m, e risulta strutturalmente collegata alle travi principali ed alla trave di spina mediante connettori a piolo tipo “Nelson”; essa ospita il piano viabile, di larghezza compresa tra 10.35 e 9.75 m, e due cordoli laterali di larghezza pari a 0.75 m, sui quali è installata la barriera di sicurezza bordo ponte. La soletta verrà realizzata con l’ausilio di predalles autoportanti in calcestruzzo, dello spessore di 60 mm.

Le figure seguenti riportano sezioni tipologiche dell’impalcato.

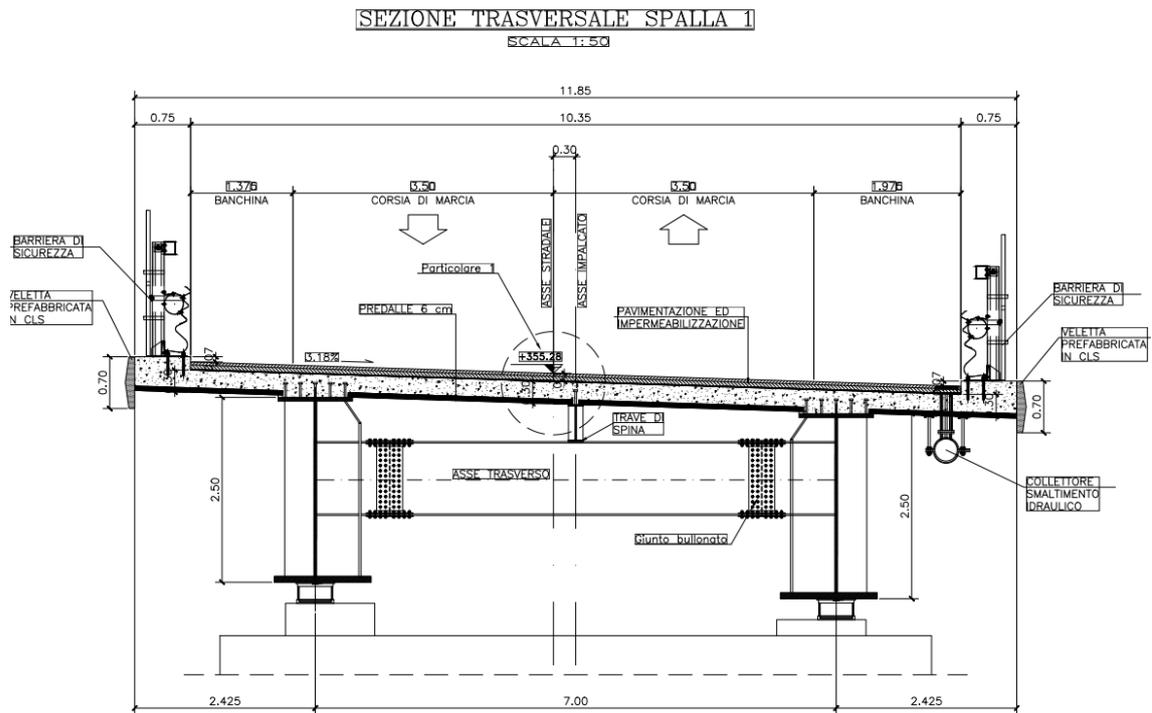


Figura 1-1: Sezione trasversale dell'impalcato - sezione su spalla S1 (sezione tipo1)

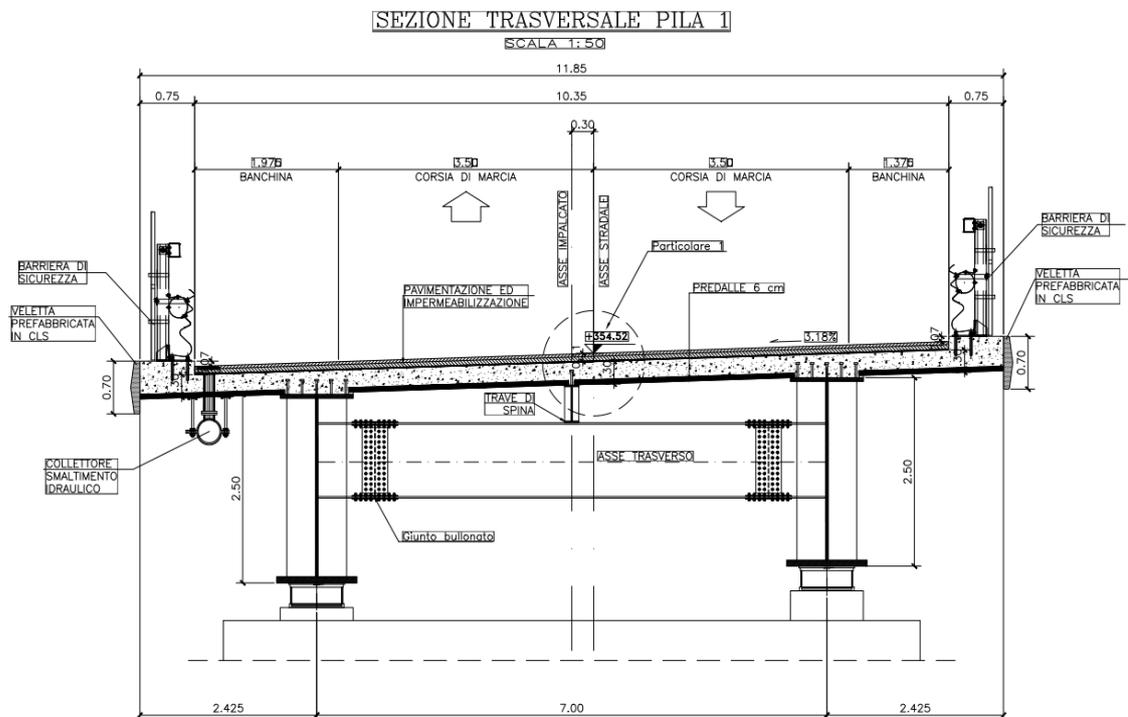


Figura 1-2: Sezione trasversale dell'impalcato - sezione su pila tipo (sezione tipo1)

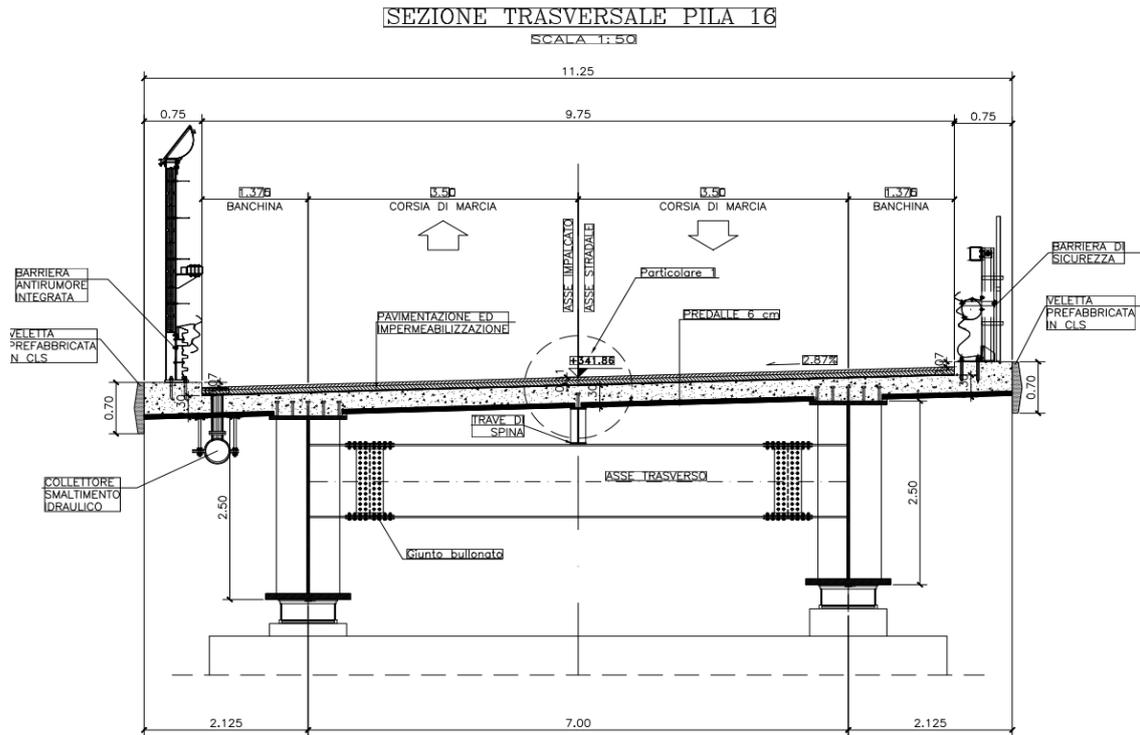


Figura 1-3: Sezione trasversale dell'impalcato - sezione su pila tipo (sezione tipo2)

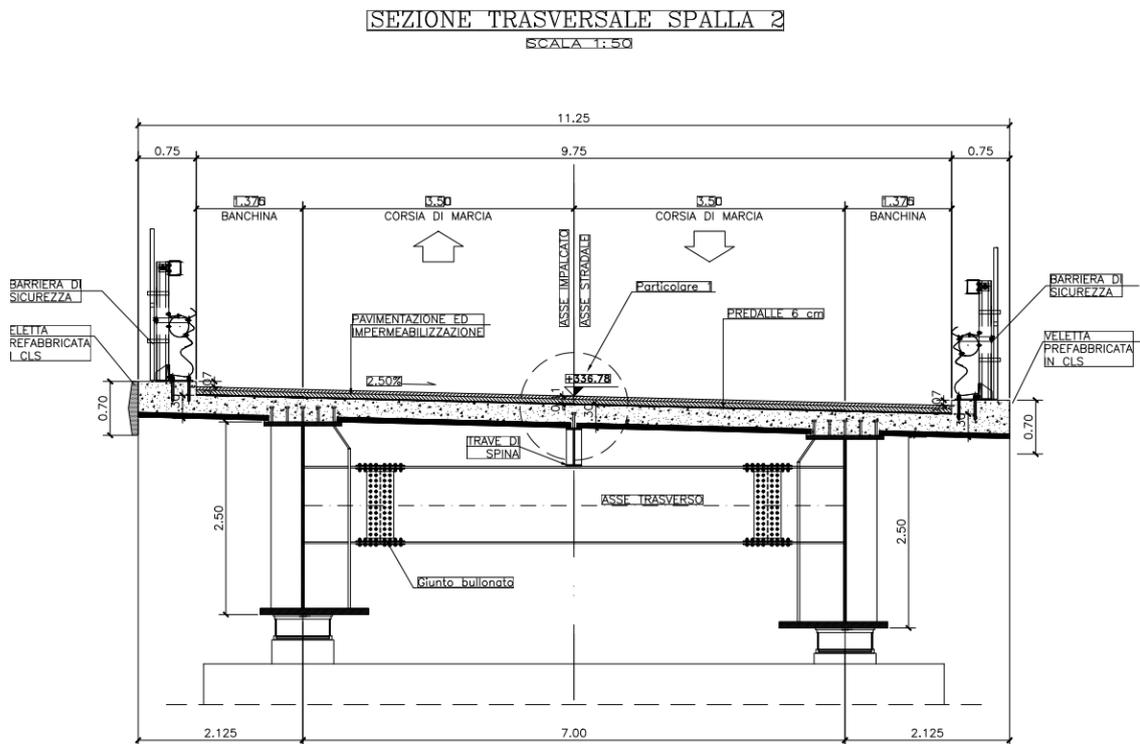


Figura 1-4: Sezione trasversale dell'impalcato - sezione su spalla S2 (sezione tipo2) Sistema di vincolo

Il sistema di vincolo viene determinato con riferimento ad una strategia di protezione sismica basata sull'utilizzo di isolatori elastomerici ad alta dissipazione ("HDRB") posti sulle pile e sulle spalle.

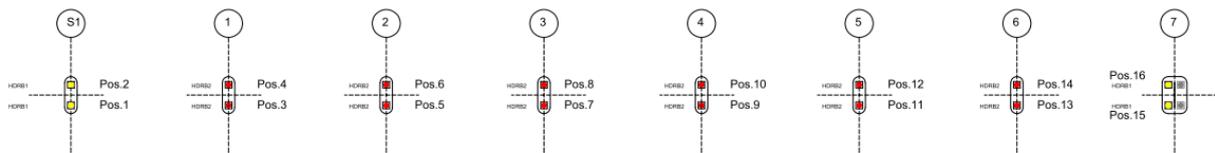
Si prevede l'adozione di due principali tipologie di isolatori, denominati rispettivamente:

"HDRB1" installati sulle spalle e sulle pila-spalla P7 e P14

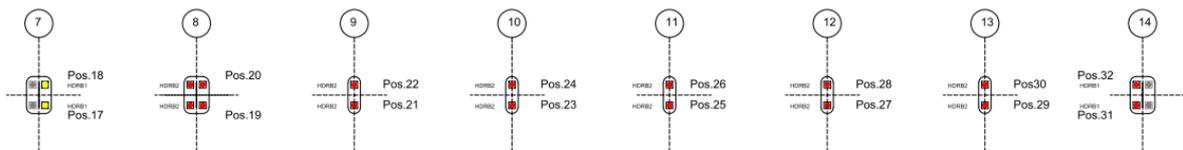
"HDRB2" Installati sulle pile

Qui di seguito si riporta la pianta schematica dei dispositivi.

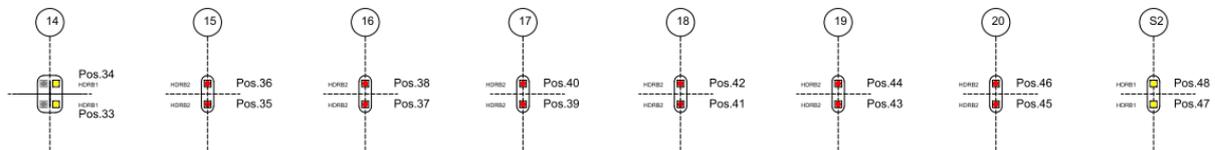
Viadotto 1 - da spalla 1 a P7



Viadotto 2 - da P7 a P14



Viadotto 3 - da P14 a S2



-  HDRB1
Isolatore elastomerico $k_h = 1.9 \text{ kN/mm}$ smorz. 15 % - Pos. 1-2-15-16-17-18-31-32-33-34-47-48
-  HDRB2
Isolatore elastomerico $k_h = 3.5 \text{ kN/mm}$ smorz. 15 % - Pos. 3 => 14, Pos. 19 => 30, Pos. 35 => 46

Figura 1-5 Pianta appoggi

1.2 MODALITÀ REALIZZATIVE

La realizzazione del viadotto segue, in linea generale, le fasi tipiche delle strutture composte. Le travi longitudinali, realizzate in officina, vengono suddivise in conci di lunghezza trasportabile; segue quindi l'assemblaggio a piè d'opera ed il montaggio in quota.

L'assemblaggio a piè d'opera dei conci di trave verrà effettuata assemblando le travi longitudinali mediante giunzioni saldate.

L'assemblaggio a piè d'opera prevede anche il posizionamento e fissaggio dei traversi e dei controventi di montaggio, predisposti al fine di garantire la stabilità laterale dell'assieme durante il getto della soletta.

Successivamente, l'assieme metallico completo, formato dalle travi longitudinali e dai traversi, verrà posizionato in opera mediante l'ausilio di autogru.

Segue quindi la posa delle coppelle in calcestruzzo ed il getto della soletta.

I dispositivi di vincolo potranno essere messi in posizione direttamente in fase di posizionamento delle travi metalliche; in alternativa possono essere utilizzati appositi calaggi.

Qualora si opti per il montaggio preventivo dei dispositivi di vincolo, si raccomanda che le piastre inferiori degli appoggi vengano inghisate solamente dopo il getto e maturazione della soletta. Questo accorgimento consente di evitare l'accumulo di deformazioni e coazioni parassite sui dispositivi, indotte dallo sviluppo della freccia trave in fase di getto.

Il getto della soletta verrà effettuato seguendo un'opportuna fasizzazione determinata allo scopo di tenere sotto controllo il quadro tensodeformativo durante la fase di getto. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

1.3 SOTTOSTRUTTURE

Qui di seguito si riporta una descrizione sintetica di inquadramento delle sottostrutture. Maggiori dettagli sono riportati nella relazione dedicata.

I viadotti poggiano su di un sistema di sottostrutture composto da:

- Due spalle di estremità (S1 ed S2)
- 20 sostegni intermedi (pile), così suddivisi:
 - o Pile 1-6, pile 8-13, pile 15-20: pile correnti
 - o Pila 7, Pila 14: pila – spalla

1.3.1 Spalle

Le spalle, in cemento armato, presentano altezza complessiva pari a circa 9 metri. L'elevazione si compone di una parte principale composta da paramento + paraghiaia, e dai muri andatori, il tutto poggiante su di un plinto di fondazione su pali, di spessore pari a 1.8 m.

1.3.2 Pile

L'elevazione delle pile è composta da un fusto cavo di larghezza pari a 6 metri, su cui è installato un pulvino di larghezza totale pari a 9.56 m. In direzione longitudinale, la dimensione del fusto e rispettivamente del pulvino è pari a 3 m / 1.80 m per la pila tipo e 4.50 m / 3.30 m per la pila spalla.

Lo spessore corrente delle pareti è pari a 0.50 m per la pila tipo, e pari a 0.95 m (lato trasversale) / 0.50 m per la pila-spalla.

Tutti i sostegni presentano un diaframma di chiusura pari a 1.40 m, sul quale è installato il pulvino.

L'altezza complessiva del fusto + pulvino risulta variabile da un minimo di 5.70 ad un massimo di 14.4 m.

Le figure seguenti riportano le carpenterie indicative dei sostegni.

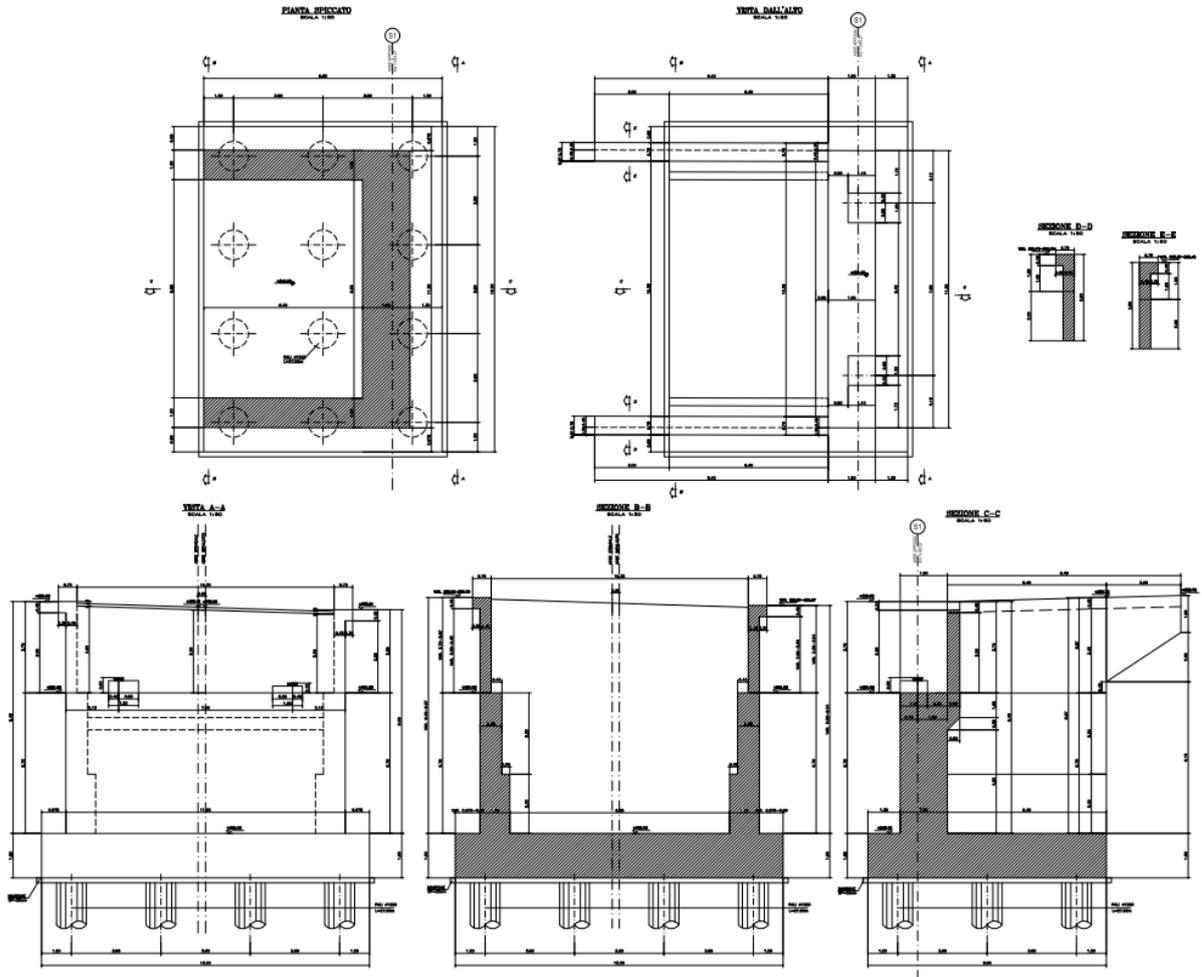


Figura 1-6: spalla

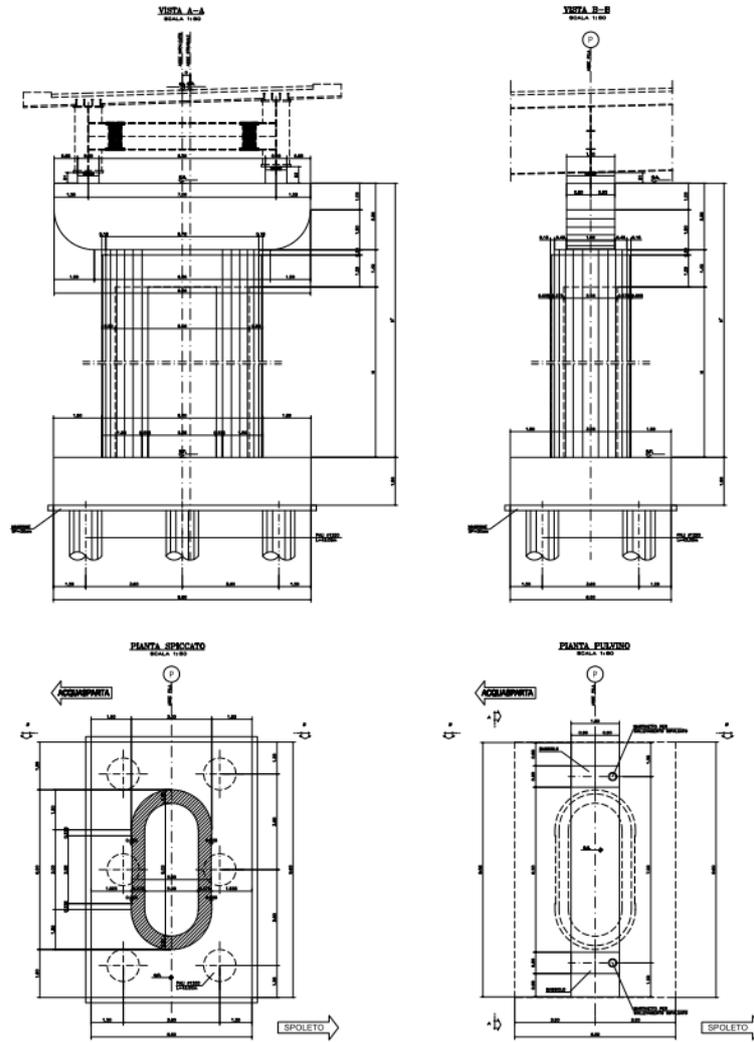


Figura 1-7: Pile tipo

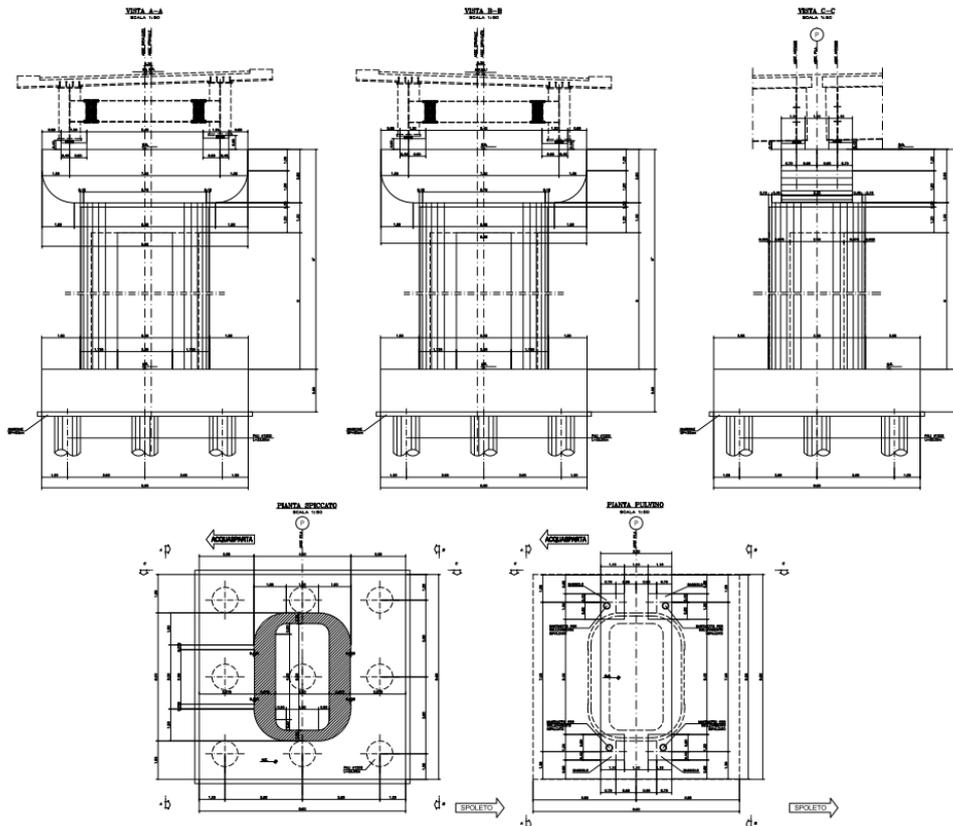


Figura 1-8: pila-spalla (7 e 14)

1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.4.1 Carpenteria metallica

Si adottano elementi conformi alla EN10025.

Si prevede utilizzo di acciaio S355J2W sia per le membrature principali che per le secondarie saldate.

Si prevede utilizzo di acciaio S355J0W sia per piastre ed angolari non saldati.

Le tensioni di snervamento vengono dedotte con riferimento alla tab. 3.1 della EN 1993-1-1, ottenendo:

$$f_y = 355.0 \text{ MPa} \quad \text{per } t \leq 40.0 \text{ mm}$$

$$f_y = 335.0 \text{ MPa} \quad \text{per } 40.0 < t \leq 80.0 \text{ mm}$$

I coefficienti γ_m per i vari stati limite di riferimento vengono presi dalla medesima norma, in accordo con i N.A.D. nazionali. In particolare, si è assunto:

$$\gamma_{m0} = 1.05 \quad \text{verifiche S.L.U. resistenza}$$

$$\gamma_{m1} = 1.1 \quad \text{verifiche S.L.U. stabilità}$$

$$\gamma_{m,ser} = 1.0 \quad \text{verifiche S.L.E. tensioni}$$

Le verifiche a fatica verranno effettuate con il metodo "a danneggiamento (damage tolerant method)" e per la carpenteria metallica si utilizza cautelativamente il coefficiente:

$\gamma_m = 1.35$ dettagli "failure high consequence"

Per quanto riguarda i rimanenti parametri di progetto afferenti all'acciaio da carpenteria, si è assunto:

$E_s = 210000$ MPa modulo elastico

$\nu_s = 0.3$ coefficiente di Poisson

$G_s = 80769.23$ MPa modulo di elasticità tangenziale

1.4.2 Connettori trave-soletta

La connessione trave soletta è concepita a pieno ripristino. Si impiegano pioli "Nelson" aventi le seguenti caratteristiche (EN 10025):

- S235J2+450C

- tensione di rottura a trazione: $f_u \geq 450$ MPa

I coefficienti di sicurezza assunti sono in questo caso:

$\gamma_v = 1.25$ verifiche S.L.U. della connessione.

$k_s = 0.60$ fattore di riduzione della resistenza di progetto.

Le verifiche a fatica verranno effettuate con il metodo "a danneggiamento (damage tolerant method)".

Per i connettori a pioli, la EN1994-2 al punto 2.4.1.2(6), ed il relativo Annesso Nazionale raccomandano di utilizzare $\gamma_{mf,s} = 1$; tuttavia si utilizzerà cautelativamente $\gamma_{mf,s} = 1.15$.

1.4.3 Giunzioni bullonate

Le giunzioni bullonate saranno a serraggio controllato, di classe B (cfr. tab. 3.2 di EN 1993-1-8, 3.4(P)1 per le unioni principali, di classe A per i controventi di montaggio.

Gli elementi componenti il collegamento (vite, dado, piastrina) dovranno essere conformi alle parti rilevanti della norma EN 14399.

Gli elementi componenti la bullonatura sono conformi alle seguenti classificazioni:

Viti: Classe 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 2001

Dadi: Classe 10 secondo UNI EN 20898-2 1994

Rosette: Acciaio C50 secondo UNI EN 10083-2 2006
Pertanto, ai fini delle verifiche:

$f_{yb} = 900.0$ MPa

$f_{ub} = 1000.0$ MPa

I coefficienti di sicurezza parziali adottati per la verifica delle bullonature sono presi con riferimento alla tab. 2.1 della EN 1993-1-8 ed al relativo N.A.D. nazionale.

Conformemente alla tipologia di bullonatura prevista, verrà effettuata la verifica nei confronti della rottura del bullone allo S.L.U., e quella allo slittamento allo S.L.E., con riferimento ai seguenti coefficienti γ_m :

$\gamma_{m2} = 1.25$ S.L.U., resistenza bulloni

$\gamma_{m3ser} = 1.1$ S.L.E., slittamento bullonature di classe B

La preparazione delle superfici dovrà essere conforme a quanto previsto dalla tabella 18 del cap. 8.4 di EN 1090-2, per superfici di classe "C" ($\mu_{min} = 0.3$).

1.4.4 Giunzioni saldate

Per la realizzazione dell'opera in esame si prevede l'impiego di unioni saldate a piena penetrazione, adottate in particolare per la realizzazione delle giunzioni tra i vari conci, e unioni a cordoni d'angolo, impiegate per le saldature di composizione dei piatti che formano le travi principali ed i traversi, e per la saldatura degli irrigidenti verticali.

Per le norme specifiche relative ai processi ed ai componenti si rimanda ai contenuti del D.M 2018 (NTC) e alla EN 1090-2.

Il coefficiente di sicurezza γ_m applicato alla verifica delle giunzioni saldate risulta (tab. 2.1.EN 1993-1-8 + N.A.D.):

$$\gamma_{m2} = 1.25 \quad \text{S.L.U. . resistenza}$$

Ai fini delle verifiche delle saldature a cordoni d'angolo, la resistenza del materiale verrà corretta mediante il correlation factor:

$$\beta = 0.9 \quad \text{per S355}$$

1.4.5 Calcestruzzo

Ai fini del calcolo e delle verifiche, si assume per la soletta la presenza di un calcestruzzo di classe 32/40 (classe di esposizione XC4/XD1), ed un copriferro minimo pari a 40 mm.

Per i cordoli, si considera una classe di esposizione XC4/XD3, ed un calcestruzzo di resistenza minima 35/45. Ulteriori dettagli relativi alle caratteristiche dei materiali impiegate per i vari elementi strutturali, sono riportati nei rimanenti elaborati.

1.4.5.1 Parametri reologici calcestruzzo soletta

Per tenere conto degli effetti di lungo termine, si farà riferimento a parametri reologici calcolati secondo come di seguito riportato, seguendo gli approcci contenuti in EN 1992-1-1.

Allo scopo, per la valutazione degli effetti della viscosità, si sono differenziate, tra le azioni di lungo termine, quelle di carattere costante nel tempo (es. carichi permanenti), e quelle a carattere evolutivo (es. effetti del ritiro, cedimenti del terreno) e quelle dovute a distorsioni imposte (es. presollecitazione appoggi).

VISCOSITA' E RITIRO

(EN 1992-1-1, EN 1994)

Caratteristiche del cls a tempo zero

Resistenza a compressione caratteristica, f_{ck} (N/mm ²)	32.00
Resistenza a compressione media, $f_{cm} = f_{ck} + 8$ (N/mm ²)	40.00
Modulo elastico secante, $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ k (N/mm ²)	33345.76
Coefficiente di correzione, k	1.00
Tipo di aggregati presenti nell'impasto	Quarziti
Classe del cemento	N

Coefficienti di omogeneizzazione

Moduli elastici Longitudinali nE a tempo 0	6.298	Moduli elastici Tangenziali nG a tempo 0	5.813
---	-------	---	-------

nE(t,t ₀) - Permanenti	17.317	nG(t,t ₀) - Permanenti	15.985
nE(t,t ₀) - Ritiro	15.451	nG(t,t ₀) - Ritiro	14.262
nE(t,t ₀) - Def. imposte	21.325	nG(t,t ₀) - Def. imposte	19.684

Tempo e ambiente

Eta' del calcestruzzo in giorni all'inizio del ritiro per essiccamento, t _s	2
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione dei carichi permanenti, t ₀	30
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione del ritiro, t ₀	2
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte, t ₀	30
Eta' del calcestruzzo in giorni, t	36500
Dimensione fittizia dell'elemento di cls, h ₀ = 2A _c /u (mm)	498
Sezione dell'elemento, A _c (mm ²)	3555000.00
Perimetro a contatto con l'atmosfera, u (mm)	14270.00
Umidita' relativa percentuale, RH (%)	75

Coefficiente di viscosita' $\varphi(t,t_0)$ e modulo elastico E_{cm} al tempo "t"

Coefficiente di viscosita' $\varphi(t,t_0) = \varphi_0 \beta_c(t,t_0) =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.591
al momento dell'applicazione del ritiro	2.643
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.591
Coefficiente nominale di viscosita', $\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.605
al momento dell'applicazione del ritiro	2.666
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.605
Coefficiente per l'evoluzione della viscosita' nel tempo, $\beta_c(t_0) = 1/(0.1+t_0^{0.20})$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	0.482
al momento dell'applicazione del ritiro	0.801
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.482
Eta' del calcestruzzo corretta in funzione della tipologia di cemento, $t_0 = t_0 [9/(2+t_0^{1.2})+1]^\alpha \geq 0.5$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	30.00
al momento dell'applicazione del ritiro	2.00
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	30.00
Coefficiente per la variabilita' della viscosita' nel tempo, $\beta_c(t,t_0) = [(t-t_0)/(\beta_H + t-t_0)]^{0.30}$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	0.991
al momento dell'applicazione del ritiro	0.991
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.991
Modulo elastico al tempo "t", $E_{cm}(t,t_0) = E_{cm} / [1 + \psi^* \varphi(t,t_0)]$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	12127
al momento dell'applicazione del ritiro	13592
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	9848
$\psi =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.100
al momento dell'applicazione del ritiro	0.550
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.500
Altri dati:	
Coefficiente che tiene conto dell'umidita', $\varphi_{RH} = 1 + [(1-RH/100)/(0.1h_0^{1/3})] \alpha_1 \alpha_2$	1.253
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0.7}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_1 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.911
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0.2}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_2 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.974

Coefficiente per la resistenza del cls, $\beta_c(f_{cm}) = 16.8/f_{cm}^{0.5}$	2.656
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha =$	0
Coefficiente che tiene conto dell'umidità, $\beta_H = 1.5 [1+(0.012 RH)^{18}] h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1500 \alpha_3$	1093
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0.5}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_3 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.935

Deformazione di ritiro $\epsilon_s(t, t_0)$

$$\epsilon_s(t, t_0) = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = 0.000270$$

Dove:

Deformazione dovuta al ritiro per essiccamento, $\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \epsilon_{cd,0} =$	0.000215
Coeff. per la variabilità della deformazione nel tempo, $\beta_{ds}(t, t_s) = (t-t_s)/[(t-t_s)+0.04(h_0^3)^{0.5}] =$	0.988
Parametro che dipende da h_0 (vedi prospetto seguente), $k_h =$	0.70
Deformazione di base, $\epsilon_{cd,0} = 0.85 [(220+110\alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \cdot f_{cm}/f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH} =$	0.000311
$\beta_{RH} = 1.55 [1-(RH/RH_0)^3] =$	0.896
$f_{cm0} =$	10 Mpa
$RH_0 =$	100%
Coefficiente per il tipo di cemento, α_{ds1}	4
Coefficiente per il tipo di cemento, α_{ds2}	0.12
Deformazione dovuta al ritiro autogeno, $\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca00} =$	0.0000550
$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) =$	1.00
$\epsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10) 10^{-6} =$	0.0000550

Valori di k_h

h_0	k_h
100	1.00
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

Per ciascuna tipologia verrà effettuata una specifica analisi, basata sui rispettivi coefficienti di omogeneizzazione, valutati secondo i criteri contenuti in EN 1994-1/EN 1994-2, come esplicitato di seguito.

1.5 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi National Application Documents, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente normativa nazionale.

In dettaglio si sono prese in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

- D.M. 17.01.2018: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
- Circ. Min LLPP n.7/2019: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D. Min. 17 gennaio 2018
- D.M. 31.07.2012 Approvazione delle Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici

UNI EN 1990:	Basi della progettazione strutturale
UNI EN 1991-1-4:	Azioni sulle strutture – Azione del vento
UNI EN 1991-1-5:	Azioni sulle strutture – Azioni termiche
UNI EN 1991-2:	Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
UNI EN 1992-1-1:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1992-2:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
UNI EN 1993-1-1:	Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1993-2:	Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio
UNI EN 1993-1-5:	Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra
UNI EN 1993-1-8:	Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti
UNI EN 1993-1-9:	Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica
UNI EN 1994-1-1:	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1994-2:	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
UNI EN 1998-2:	Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
UNI EN 1090-2:	Execution of steel structures and aluminium structures - part 2: technical requirements for steel structures

1.5.1 Classe di esecuzione

La UNI EN 1090 Introduce il concetto di “Execution Class” in termini di requisiti specificati, classificati per l'esecuzione di un'opera nel suo complesso, di un singolo componente o di un dettaglio di un componente. La classe di esecuzione seleziona e specifica il livello di qualità appropriato riguardo alla sicurezza che quel componente avrà nell'opera di costruzione. La scelta della classe di esecuzione dovrebbe prendere in considerazione il tipo di materiale utilizzato, l'affidabilità data dalla classe di conseguenza (CC) e i rischi potenziali dati dalla:

- Categoria di servizio, legata al rischio dell'installazione/utilizzo (SC);
- Categoria di produzione, legata alla complessità di esecuzione (PC).

1.5.1.1 Scelta della classe di conseguenza

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

1.5.1.2 Classe di rischio connessa all'utilizzo della struttura (categorie di servizio)

È necessario tener conto che in una struttura possono essere contenuti componenti strutturali di entrambe le classi di rischio. In questo caso, al fine di una corretta determinazione della classe di esecuzione dell'opera la scelta cadrà sulla classe di servizio maggiormente restrittiva.

Classe di conseguenza SC_i (i = 1,2)

SC1 = sollecitazione statica

SC2 = sollecitazione dinamica a fatica

1.5.1.3 Classe di rischio connessa alla difficoltà nell'esecuzione della struttura (categorie di produzione).

Classe di produzione PC_i (i = 1,2)

PC1 = no saldature e acciai con grado < S355

PC2 = componenti saldati e acciaio con grado ≥ S355

1.5.1.4 Determinazione della classe di esecuzione

Selezionata la Classe di Conseguenza (CC_i; i=1,2,3) espressa in termini di perdita di vite umane, di conseguenze economiche, sociali ed ambientali (vedere EN 1990), selezionata la Categoria di Servizio e la Categoria di Produzione si determina la Classe di Esecuzione come risultato delle due operazioni precedenti, secondo quanto previsto nella tabella seguente (TAB B3 della EN1090-2).

Tabella di determinazione della classe di esecuzione							
Classi di conseguenza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4
La classe di esecuzione EXC4 deve essere scelta in caso di strutture con estreme conseguenze determinate dal cedimento della struttura, in base a disposizioni legislative.							

Per la struttura in oggetto si assume una classe di conseguenza CC2, una categoria di servizio SC2 e una categoria di produzione PC2 pertanto la struttura va realizzata in classe di esecuzione EXC3.

1.6 SOFTWARE DI CALCOLO

L'analisi della struttura viene eseguita tramite modellazione con il metodo degli elementi finiti, adottando il sistema software "LUSAS (vers. 20.0)", fornito da F.E.A. Ltd (U.K.) su piattaforma windows 11; il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base ed all'interpretazione dei risultati di output, ed un risolutore ad elementi finiti.

Per le verifiche delle sezioni acciaio calcestruzzo si adotta il programma "Ponti EC4" sviluppato e testato da Alhambra s.r.l.. Il programma opera sulla base di un database di sezioni opportunamente sincronizzato con quello del sistema ad elementi finiti, ed effettua le verifiche di resistenza e di stabilità locale di membrature in acciaio ed acciaio-clc sulla base dei criteri contenuti negli Eurocodici di riferimento (EN 1993, EN 1994), e in osservanza a quanto previsto da NTC 2018.

Tutti i software sono dotati di "verification manual" che potrà essere fornito su richiesta.

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si utilizzano alternativamente il software RC-SEC della Geostru o il software VCASTLU del Prof. Gelfi.

Per la valutazione della stabilità laterale torsionale di profili standard, si utilizza il tool dedicato "LTBeam", messo a punto dal consorzio europeo CTICM (Centre Technique Industriel de la Construction Métallique).

In particolare, la procedura per la verifica delle sezioni miste acciaio-clc prevede, per ciascuna sezione, le seguenti verifiche:

- calcolo proprietà geometrico - statiche delle sezioni nelle varie fasi considerate

S.L.U. :

- preclassificazione e classificazione delle sezioni

- pressoflessione (interazione N/M): analisi e verifica plastica di ciascuna sezione, e deduzione del rapporto di sfruttamento plastico (sezioni classe 1 e 2)
- pressoflessione (interazione N/M): Analisi tensionale elastica su sezione lorda, con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico (sezioni di classe 3)
- pressoflessione (interazione N/M): Analisi tensionale elastica su sezione lorda e sezione efficace (depurata dagli effetti del local buckling), con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico (sezioni di classe 4)
- taglio: verifica a taglio plastico, includendo i fenomeni di shear buckling
- interazione pressoflessione - taglio (N-M-V): deduzione del rapporto di sfruttamento finale della sezione
- verifica S.L.U. delle piolature
- deduzione della sovratensione nelle piolature per effetto della plasticizzazione per flessione

S.L.E. :

- verifica elastica S.L. delle tensioni in esercizio
- verifica Web Breathing
- fessurazione soletta
- verifica elastica piolature

Fatica:

- verifica, con il metodo dei coefficienti λ , per preselezionate categorie di dettaglio;
- verifica, con il metodo dei coefficienti λ , della connessione travi/soletta

Nella presente relazione vengono riportati i risultati salienti delle verifiche, ed effettuato di volta in volta un sintetico inquadramento delle ipotesi di base. Le verifiche per esteso vengono riportate in allegato.

1.7 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI

Le unità di misura sono quelle relative al sistema internazionale, ovvero:

lunghezze:	m
forze - coppie:	N, Nm
tensioni:	N/mm ²

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni.

Per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

Fx	azione assiale
Fy	azione tagliante agente nel piano orizzontale
Fz	azione tagliante agente nel piano verticale
Mx	momento torcente
My	momento flettente agente nel piano verticale
Mz	momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche F_x , F_z , M_y , dal momento che risultano non significativi i contributi F_y , M_x ed M_z .

Le notazioni impiegate sono conformi a quelle impiegate negli Eurocodici ed indicate nei relativi capitoli introduttivi.

In particolare, per le sollecitazioni verrà impiegata anche la seguente notazione alternativa:

M (Mf) in luogo di M_y

V in luogo di F_z

T in luogo di M_x

Nell'ambito dell'adozione del sistema di riferimento elementare, si precisa che le azioni flettenti di trave sono da intendersi:

- POSITIVE: se le fibre tese sono rivolte all'estradosso trave
- NEGATIVE: se le fibre tese sono rivolte all'intradosso trave

Si riporta la convenzione dei segni rispettivamente per il momento flettente e per il taglio negli schemi seguenti.

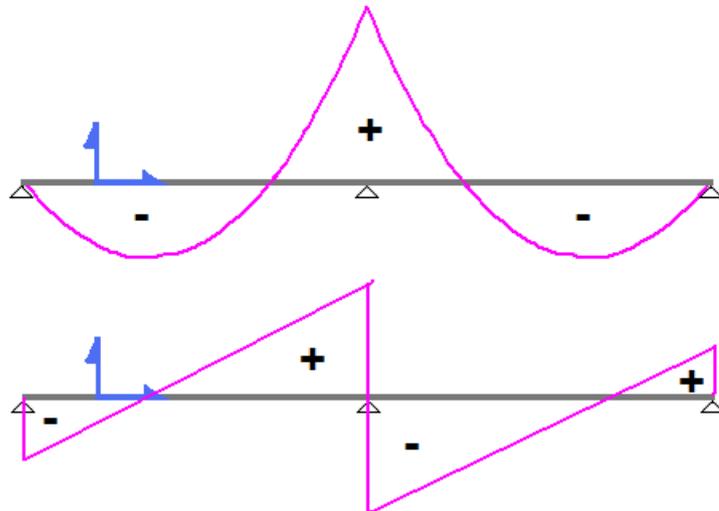


Figura 1-9: Convenzione sui segni

2 IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE

2.1 IPOTESI DI BASE

La struttura, nel suo complesso, presenta una notevole estensione.

Ai fini del calcolo, per alleggerire l'onere computazionale, sono state introdotte le ipotesi semplificative di seguito descritte e motivate.

2.1.1 Struttura di riferimento

Come accennato in premessa, la sovrastruttura di impalcato è composta da tre unità indipendenti, denominate, convenzionalmente "viadotto 1" (da spalla S1 a pila P7), "viadotto 2" (da pila P7 a pila P14), e "viadotto 3" (da pila P14 a spalla S2).

Le tre unità sono caratterizzate dalle medesime luci tipiche, ovvero:

33.40 m: campata di riva

48.5 m: campata tipo

Ai fini del dimensionamento / verifica della sovrastruttura, si fisserà l'attenzione sul viadotto 2, estendendo quindi il dimensionamento di tutti i vari dettagli alla struttura afferente al viadotto 1 e 3.

2.1.2 Variabilità larghezza soletta

Come accennato in premessa, la soletta presenta due larghezze "tipiche", di poco differenti (rispettivamente 11.85 e 11.25 m).

Per semplicità, ed a favore di sicurezza, si terrà conto, nei calcoli della larghezza di soletta maggiore.

2.2 ANALISI DELLA STRUTTURA COMPOSTA

La struttura composta acciaio-calcestruzzo verrà analizzata secondo il metodo classico adottato per questi tipi di strutture, che prevede il calcolo delle caratteristiche geometrico-statiche delle varie sezioni sulla base di una sezione equivalente, in cui la porzione in calcestruzzo viene "omogeneizzata" ad acciaio in funzione del rapporto $E_s/E_{c(t)}$, essendo $E_{c(t)}$ il modulo elastico del calcestruzzo valutato in funzione del tipo di carico applicato, tenendo conto, ove opportuno, dei fenomeni a lungo termine.

Viene pertanto effettuata l'analisi separata e conseguente sovrapposizione dei quadri tensionali afferenti alle varie "fasi" attraversate dalla struttura, ciascuna delle quali si differenzia dalle altre per lo schema statico di analisi e/o per la proprietà delle sezioni.

2.3 FASI

Le caratteristiche geometrico-statiche delle sezioni di impalcato si differenziano in funzione delle caratteristiche della soletta in c.a., per la quale verranno considerati gli effetti dovuti alla viscosità, sulla base di coefficienti di omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo opportunamente modificati. Nel caso più generale, si studieranno pertanto le seguenti fasi:

- fase 1: assenza soletta (fase iniziale);
- fase 2a: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante successivo al getto, e di intensità costante nel tempo (es. permanenti di finitura);

- fase 2b: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante t_1 immediatamente dopo il getto, ed aventi sviluppo nel tempo parallelo a quello dei fenomeni differiti (ritiro);
- fase 2c: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per coazioni e/o cedimenti vincolari imposti all'istante t_1 dal il getto, ed aventi sviluppo nel tempo costante.
- fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine
- fase "cracked" soletta fessurata schematizzata mediante il conteggio delle sole armature longitudinali presenti in soletta.

Per il caso in esame non è prevista l'applicazione di coazioni imposte, pertanto la fase "2c" non verrà considerata.

La tabella seguente riporta, fase per fase, i vari contributi di carico considerati nelle analisi.

Fase	Carico	Sezione resistente	Connessione
1	P.p. acciaio P.p. soletta	Sezione metallica	Non attiva
2a	Permanententi portati	Sezione omogeneizzata con $n = nL$ perm.	Attiva
2b	Ritiro Cedimenti vincolari	Sezione omogeneizzata con $n = nL$ ritiro.	Attiva
3	Carichi da traffico Variazioni termiche - Vento	Sezione omogeneizzata con $n = n0$	Attiva

Tabella 2-1: Carichi agenti nelle varie fasi

3 DATI GENERALI DELLE SEZIONI DI IMPALCATO

3.1 LARGHEZZE COLLABORANTI DI SOLETTA

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni, l'ampiezza collaborante della soletta viene determinata in PEC4 e viene inserita nella modellazione tramite la definizione di opportune sezioni trasversali "Bridge Deck (Grillage) Geometric Attribute", composte da trave in acciaio e soletta in cls avente quest'ultima massa e rigidità variabile nelle varie fasi.

Le verifiche sezionali vengono condotte integrando sul modello FEM le sollecitazioni "di trave". Ai fini delle verifiche, si tiene conto delle opportune larghezze collaboranti di soletta con riferimento ai criteri contenuti in EN 1994-2, punto 5.4.1.2 (NTC 2018, punto 4.3.2.3.), e richiamati nella figura seguente.

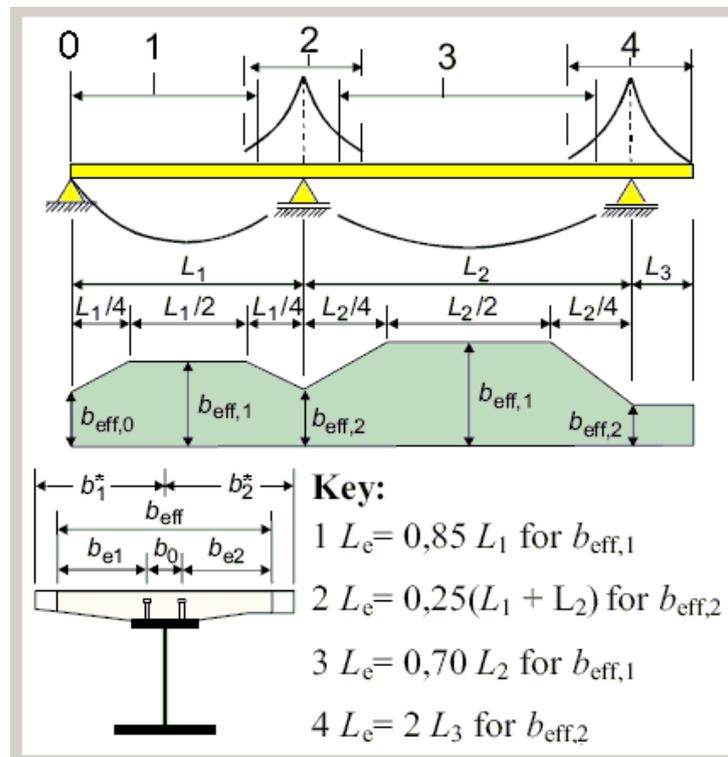


Figura 3-1: Criteri per la determinazione della larghezza collaborante di soletta

I calcoli, riferiti alla trave posta sul lato esterno curva (che chiameremo nel proseguo "trave esterna" per semplicità), sono riportati nelle tabelle e nei grafici che seguono.

X (m)	b1* (mm)	b2* (mm)	b0 (mm)	Tipo	beff (mm)	Le (m)	be1 (mm)	be2 (mm)	beta1	beta2
0	3'500	2'425	600	0	4'965	28.73	3'200	2'125	0.774	0.888
8.45	3'500	2'425	600	1	5'925	28.73	3'200	2'125	1.000	1.000
25.35	3'500	2'425	600	1	5'925	28.73	3'200	2'125	1.000	1.000
33.8	3'500	2'425	600	2	5'301	20.61	2'576	2'125	1.000	1.000
45.955	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
70.265	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
82.42	3'500	2'425	600	2	5'764	24.31	3'039	2'125	1.000	1.000
94.575	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
118.885	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
131.04	3'500	2'425	600	2	5'764	24.31	3'039	2'125	1.000	1.000
143.195	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
167.505	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
179.66	3'500	2'425	600	2	5'764	24.31	3'039	2'125	1.000	1.000
191.815	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
216.125	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
228.28	3'500	2'425	600	2	5'764	24.31	3'039	2'125	1.000	1.000
240.435	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
264.745	3'500	2'425	600	3	5'925	34.03	3'200	2'125	1.000	1.000
276.9	3'500	2'425	600	2	5'301	20.61	2'576	2'125	1.000	1.000
285.35	3'500	2'425	600	1	5'925	28.73	3'200	2'125	1.000	1.000
302.25	3'500	2'425	600	1	5'925	28.73	3'200	2'125	1.000	1.000
310.7	3'500	2'425	600	0	4'965	28.73	3'200	2'125	0.774	0.888

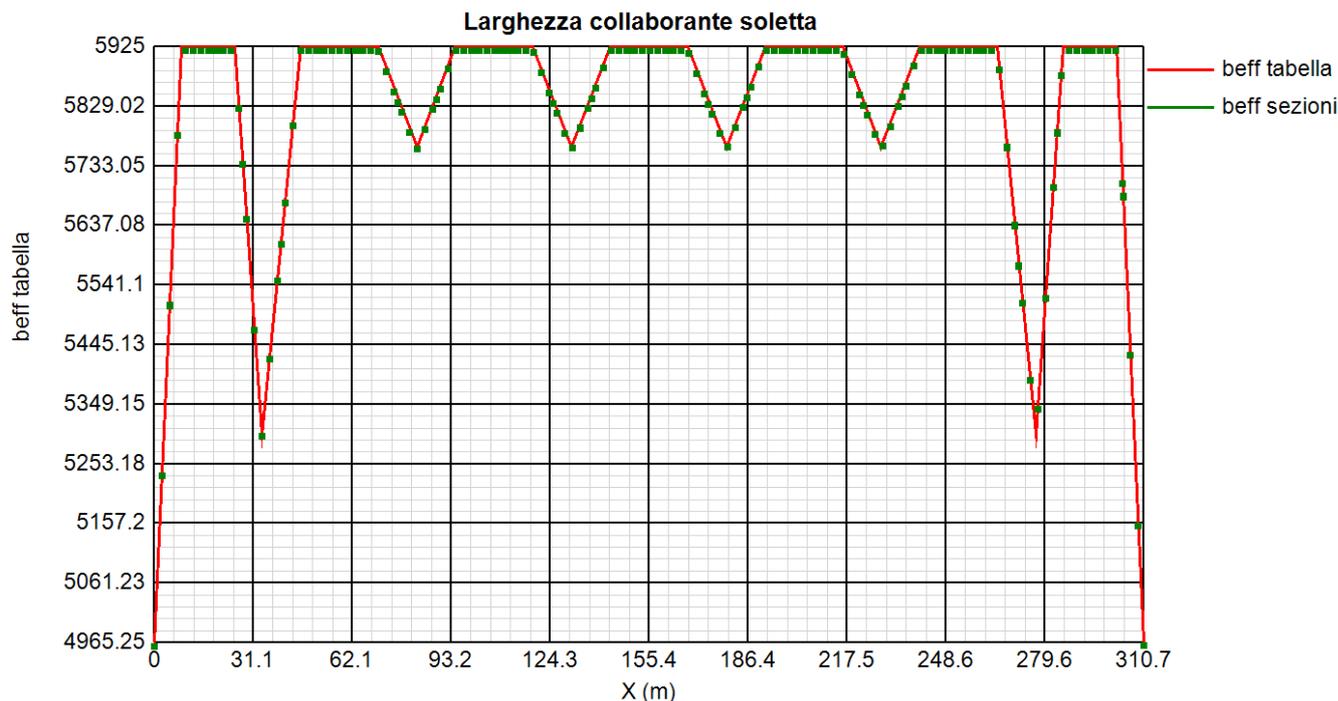


Figura 3-2: Larghezza collaborante della soletta lungo la trave

3.2 FESSURAZIONE DELLA SOLETTA

In fase di calcolo delle sollecitazioni, si terrà conto degli effetti dovuti alla fessurazione della soletta nella zona posta in prossimità del testa pila, con riferimento ai criteri contenuti in EN 1994-2 5.4.2.3.(3)/ NTC.

Secondo questi criteri, è possibile tenere conto della fessurazione della soletta in c.a., escludendo il contributo del calcestruzzo, nel calcolo delle caratteristiche geometrico-statiche, per un'estensione pari al 15 % della luce, da ciascun lato dell'appoggio interno.

Per il caso in esame, per semplicità di modellazione, si sono assunte le caratteristiche "cracked" in corrispondenza del concio di testa pila, per una lunghezza; quindi, pari a 12 m (6 m da ciascun lato del testa pila); pertanto, la percentuale considerata "cracked", è risultata quindi:

- campata riva da 34.00m: $l_{cracked}/l = 17.6 \% m$
- campate centrali da 48.50m: $l_{cracked}/l = 12.4 \% m$

In fase di verifica sezionale, la fessurazione della soletta sarà debitamente valutata con riferimento all'effettivo quadro tensionale derivante da ciascuna combinazione di verifica, escludendone il contributo in presenza di trazione.

3.3 CARATTERISTICHE SEZIONI DI IMPALCATO

Le travi principali sono suddivise in concii. Vengono analizzate le sezioni di inizio, centro e fine concio. Nella figura e tabelle seguenti si riportano per ogni concio, le dimensioni delle lamiera, l'armatura in soletta, ed il numero e tipo di pioli.

Dati comuni a tutti i concii:

Altezza trave: 2500 mm
 Diametro pioli: 22 mm
 Altezza pioli: 200 mm
 Altezza soletta: 60+240=300 mm

Sections	LAMIERE							PIOLI		
	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)	d pioli (mm)	h pioli (mm)	n pioli (/m)
C1	2500	1000	30	2435	18	1100	35	22	200	30 - 6φ22/200
C2	2500	1000	35	2415	18	1100	50	22	200	20 - 4φ22/200
C3	2500	1000	35	2415	20	1100	50	22	200	20 - 4φ22/200
C4	2500	1000	50	2400	22	1100	60	22	200	25 - 5φ22/200
C2riva	2500	1000	30	2420	18	1100	50	22	200	20 - 4φ22/200
C3riva	2500	1000	35	2415	20	1100	50	22	200	20 - 4φ22/200

Lunghezze teoriche conci in asse impalcato								
Campate di riva da 33.70 m			Campate di riva da 33.05 m			Campata tipo 48.5m		
C1	8.6	m	C1	7.65	m	C4	12	m
C2r	9.7	m	C2r	10	m	C3	12.25	m
C3r	10	m	C3r	10	m	C2	12	m
C4	12	m	C4	12	m	C3	12.25	m
						C4	12	m

NOTA C1 include coda impalcato da 0.60 m

BARRE ARMATURA LONGIUDINALI				
Sections	Fisup (mm)	pbsup (mm)	Fiinf (mm)	pbinf (mm)
C1	24	200	24	200

Viadotto Marroggia - RELAZIONE DI CALCOLO impalcato

C2	20	200	20	200
C3	24	200	24	200
C4	24	100	24	100
C2riva	20	200	20	200
C3riva	24	200	24	200

Per tutte le sezioni si riportano gli esiti delle verifiche in forma grafica e tabellare; per le sezioni per le quali si hanno le condizioni più sfavorevoli nei vari SL, si riportano anche dei report di verifica dettagliati.

Di seguito si riporta l'elenco delle sezioni verificate.

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)
C1_4_1	0	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_4_11	2.415	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_7_1	2.42	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_7_11	4.831	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_10_1	4.836	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_10_11	7.241	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C2riva_13_1	7.246	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_13_11	9.666	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_16_1	9.671	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_16_11	12.093	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_19_1	12.098	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_19_11	14.502	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_22_1	14.507	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_22_11	16.919	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_25_1	16.924	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_25_11	17.777	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C3riva_28_1	17.782	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_28_11	19.342	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_31_1	19.347	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_31_11	21.751	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_34_1	21.756	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_34_11	24.178	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_37_1	24.183	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_37_11	26.603	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_40_1	26.608	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_40_11	27.825	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_43_1	27.83	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_43_11	29.019	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_46_1	29.024	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_46_11	31.434	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_49_1	31.439	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_49_11	33.854	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_52_1	33.859	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_52_11	36.287	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_55_1	36.292	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_55_11	38.725	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_58_1	38.73	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_58_11	39.883	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)
C3_61_1	39.888	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_61_11	41.171	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_64_1	41.176	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_64_11	43.601	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_67_1	43.606	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_67_11	46.049	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_70_1	46.054	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_70_11	48.472	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_73_1	48.477	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_73_11	50.901	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_76_1	50.906	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_76_11	52.191	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_79_1	52.196	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_79_11	53.349	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_82_1	53.354	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_82_11	55.785	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_85_1	55.79	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_85_11	58.22	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_88_1	58.225	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_88_11	60.664	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_91_1	60.669	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_91_11	63.092	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_94_1	63.097	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_94_11	64.249	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_97_1	64.254	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_97_11	65.521	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_100_1	65.526	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_100_11	67.968	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_103_1	67.973	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_103_11	70.4	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_106_1	70.405	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_106_11	72.839	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_109_1	72.844	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_109_11	75.279	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_112_1	75.284	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_112_11	76.558	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_115_1	76.563	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_115_11	77.716	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)
C4_118_1	77.721	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_118_11	80.162	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_121_1	80.167	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_121_11	82.587	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_124_1	82.592	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_124_11	85.015	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_127_1	85.02	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_127_11	87.458	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_130_1	87.463	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_130_11	88.616	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_133_1	88.621	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_133_11	89.898	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_136_1	89.903	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_136_11	92.334	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_139_1	92.339	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_139_11	94.777	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_142_1	94.782	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_142_11	97.205	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_145_1	97.21	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_145_11	99.63	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_148_1	99.635	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_148_11	100.92	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_151_1	100.93	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_151_11	102.08	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_154_1	102.09	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_154_11	104.52	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_157_1	104.52	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_157_11	106.95	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_160_1	106.96	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_160_11	108.17	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_163_1	108.18	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_163_11	109.39	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_166_1	109.4	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_166_11	110.62	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_169_1	110.62	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_169_11	111.83	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_172_1	111.84	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_172_11	112.99	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)
C3_175_1	113	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_175_11	114.29	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_178_1	114.29	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_178_11	116.71	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_181_1	116.72	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_181_11	119.15	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_184_1	119.15	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_184_11	121.58	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_187_1	121.59	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_187_11	124.02	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_190_1	124.02	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_190_11	125.3	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_193_1	125.31	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_193_11	126.46	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_196_1	126.46	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_196_11	128.89	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_199_1	128.9	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_199_11	131.33	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_202_1	131.34	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_202_11	133.77	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_207_1	133.77	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_207_11	136.2	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_210_1	136.21	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_210_11	137.36	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_213_1	137.36	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_213_11	138.64	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_216_1	138.64	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_216_11	141.08	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_219_1	141.08	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_219_11	143.51	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_222_1	143.52	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_222_11	145.95	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_225_1	145.95	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_225_11	148.39	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_228_1	148.4	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_228_11	149.67	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_231_1	149.67	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_231_11	150.83	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)
C2_234_1	150.83	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_234_11	153.25	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_237_1	153.26	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_237_11	155.7	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_240_1	155.7	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_240_11	158.13	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_243_1	158.14	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_243_11	160.57	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_246_1	160.57	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_246_11	161.73	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_249_1	161.73	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_249_11	163.01	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_252_1	163.02	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_252_11	165.44	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_255_1	165.45	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_255_11	167.88	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_258_1	167.89	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_258_11	170.32	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_261_1	170.32	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_261_11	172.75	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_264_1	172.75	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_264_11	174.03	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_267_1	174.04	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_267_11	175.19	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_270_1	175.2	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_270_11	177.63	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_273_1	177.63	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_273_11	180.06	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_276_1	180.07	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_276_11	182.5	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_279_1	182.5	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_279_11	184.93	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_282_1	184.94	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_282_11	186.09	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_285_1	186.1	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_285_11	187.37	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_288_1	187.37	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_288_11	189.81	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)
C3_291_1	189.82	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_291_11	192.25	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_294_1	192.25	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_294_11	194.68	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_297_1	194.69	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_297_11	197.12	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_300_1	197.13	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_300_11	198.4	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_303_1	198.41	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_303_11	199.56	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_306_1	199.56	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_306_11	201.99	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_309_1	202	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_309_11	204.43	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_312_1	204.43	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_312_11	206.86	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_315_1	206.87	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_315_11	209.3	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_318_1	209.31	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_318_11	210.46	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_321_1	210.46	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_321_11	211.74	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_324_1	211.75	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_324_11	214.18	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_327_1	214.18	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_327_11	216.61	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_330_1	216.62	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_330_11	219.05	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_333_1	219.05	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_333_11	221.47	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_336_1	221.48	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_336_11	222.77	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_339_1	222.77	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_339_11	223.92	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_342_1	223.93	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_342_11	226.36	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_345_1	226.36	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_345_11	228.8	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)
C4_348_1	228.8	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_348_11	231.23	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_351_1	231.24	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_351_11	233.67	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_354_1	233.67	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_354_11	234.82	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_357_1	234.83	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_357_11	236.12	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_360_1	236.12	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_360_11	238.54	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_363_1	238.55	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_363_11	240.98	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_366_1	240.98	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_366_11	243.41	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_369_1	243.42	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_369_11	245.85	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_372_1	245.86	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_372_11	247.13	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_375_1	247.14	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_375_11	248.29	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_378_1	248.3	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_378_11	250.73	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_381_1	250.73	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_381_11	253.16	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_384_1	253.17	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_384_11	255.6	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_387_1	255.6	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_387_11	258.03	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_390_1	258.04	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_390_11	259.19	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_393_1	259.2	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_393_11	260.47	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_396_1	260.48	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_396_11	262.91	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_399_1	262.91	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_399_11	265.35	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_402_1	265.35	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_402_11	267.78	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)
C3_405_1	267.79	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_405_11	270.23	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_408_1	270.23	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_408_11	271.5	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_411_1	271.5	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_411_11	272.66	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_414_1	272.66	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_414_11	275.09	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_417_1	275.09	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_417_11	277.52	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_420_1	277.53	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_420_11	279.94	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_423_1	279.94	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_423_11	282.36	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_426_1	282.36	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_426_11	283.55	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3riva_429_1	283.56	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_429_11	284.8	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_432_1	284.8	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_432_11	287.2	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_435_1	287.21	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_435_11	289.62	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_438_1	289.62	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_438_11	292.04	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_441_1	292.04	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_441_11	293.6	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2riva_444_1	293.61	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_444_11	294.45	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_447_1	294.46	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_447_11	296.88	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_450_1	296.89	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_450_11	299.3	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_453_1	299.31	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_453_11	301.72	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_456_1	301.73	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_456_11	304.13	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_459_1	304.14	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_459_11	304.32	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50

Sections	X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)
C1_462_1	304.32	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_462_11	306.57	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_465_1	306.57	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_465_11	308.99	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_468_1	308.99	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_468_11	310.69	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35

3.3.1.1 Proprietà geometrico-statiche

Le proprietà geometrico statiche delle sezioni lorde di impalcato vengono valutate dal programma di verifica PontiEC4 e sono riportate in forma tabellare per ogni concio.

Tutti i dati indicati sono espressi in mm e sono riferiti alla trave metallica singola, con relativa porzione di soletta collaborante.

Per i dati relativi a ciascuna riga, si rimanda alla legenda ed alla figura riportate di seguito.

- A Area sezione
- z_G Distanza baricentro da intradosso
- J_y Inerzia verticale
- J_z Inerzia orizzontale
- $W_{y,0}$ Modulo resistenza lembo inf. piatt. inferiore
- $W_{y,1}$ Modulo resistenza lembo sup.. piatt. inferiore
- $W_{y,3}$ Modulo resistenza lembo inf. piatt. superiore
- $W_{y,4}$ Modulo resistenza lembo sup. piatt. superiore
- $W_{y,5}$ Modulo resistenza lembo inferiore soletta in c.a.
- $W_{y,6}$ Modulo resistenza layer inferiore armatura
- $W_{y,7}$ Modulo resistenza layer superiore armatura
- $W_{y,8}$ Modulo resistenza lembo superiore soletta in c.a.
- $S_{y,1}$ Momento statico attacco anima/piatt. inferiore
- $S_{y,2}$ Momento statico rispetto baricentro
- $S_{y,3}$ Momento statico attacco anima/piatt. superiore
- $S_{y,4}$ Momento statico interfaccia trave/soletta
- e Eccentricità tra baricentro globale e linea d'azione N

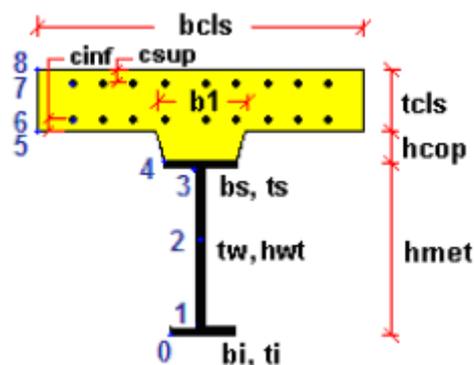


Figura 3-3: Dati caratterizzanti la sezione mista acciaio-calcestruzzo

Sezione C1_4_1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2500 mm
Piattabanda superiore	1000x30 mm
Piattabanda inferiore	1100x35 mm
Anima	18x2435 mm, Inclinazione: 0

Soletta	4965x240 mm
Raccordo	600x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 76 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 36 mm
Pioli	diametro 22 mm, altezza 200 mm, numero 30/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4900 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	250x25 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.123E+5	2.036E+5	2.119E+5	1.907E+5	3.24E+5	1.348E+5
z _G (mm)	1158.38	1838.312	1871.331	1781.232	2151.1	1408.617
J _y (mm ⁴)	1.25E+11	2.412E+11	2.469E+11	2.314E+11	2.954E+11	1.673E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.079E+8	-1.312E+8	-1.32E+8	-1.299E+8	-1.373E+8	-1.187E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.112E+8	-1.338E+8	-1.345E+8	-1.325E+8	-1.396E+8	-1.218E+8
W _{y,3} (mm ³)	9.527E+7	3.819E+8	4.125E+8	3.359E+8	9.263E+8	1.576E+8
W _{y,4} (mm ³)	9.314E+7	3.646E+8	3.928E+8	3.219E+8	8.467E+8	1.533E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.343E+8	3.586E+8	2.971E+8	7.225E+8	1.453E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.184E+8	3.407E+8	2.84E+8	6.64E+8	1.409E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	2.724E+8	2.896E+8	2.454E+8	5.156E+8	1.272E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.508E+8	2.659E+8	2.271E+8	4.552E+8	1.202E+8
S _{y,1} (mm ³)	4.392E+7	7.01E+7	7.137E+7	6.79E+7	8.214E+7	5.356E+7
S _{y,2} (mm ³)	5.528E+7	9.937E+7	1.017E+8	9.535E+7	1.224E+8	7.054E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.98E+7	9.578E+7	9.85E+7	9.108E+7	1.215E+8	6.04E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	7.638E+7	8.009E+7	6.996E+7	1.115E+8	2.811E+7
n _E	1E+300	17.317	15.451	21.325	6.298	1E+300

Sezione C2 79_1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2500 mm
Piattabanda superiore	1000x35 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	18x2415 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5925x240 mm
Raccordo	600x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 76 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 36 mm
Pioli	diametro 22 mm, altezza 200 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4850 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	250x25 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.335E+5	2.342E+5	2.441E+5	2.188E+5	3.779E+5	1.521E+5
z _G (mm)	1070.848	1761.351	1798.682	1696.556	2110.654	1265.348
J _y (mm ⁴)	1.526E+11	3.01E+11	3.091E+11	2.87E+11	3.768E+11	1.939E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.425E+8	-1.709E+8	-1.718E+8	-1.692E+8	-1.785E+8	-1.532E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.494E+8	-1.759E+8	-1.767E+8	-1.743E+8	-1.829E+8	-1.595E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.094E+8	4.278E+8	4.639E+8	3.735E+8	1.063E+9	1.616E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.068E+8	4.075E+8	4.407E+8	3.572E+8	9.679E+8	1.57E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.769E+8	4.06E+8	3.324E+8	8.386E+8	1.498E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.606E+8	3.876E+8	3.191E+8	7.764E+8	1.457E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.127E+8	3.34E+8	2.793E+8	6.144E+8	1.329E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.898E+8	3.087E+8	2.601E+8	5.467E+8	1.263E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.752E+7	9.55E+7	9.755E+7	9.194E+7	1.147E+8	6.822E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.69E+7	1.219E+8	1.251E+8	1.163E+8	1.529E+8	8.151E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.941E+7	1.174E+8	1.211E+8	1.11E+8	1.518E+8	6.856E+7
S _{y,4} (mm ³)	-7.451E-9	9.216E+7	9.714E+7	8.351E+7	1.388E+8	2.596E+7
n _E	1E+300	17.317	15.451	21.325	6.298	1E+300

Sezione C3 61 1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2500 mm
Piattabanda superiore	1000x35 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	20x2415 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5613x240 mm
Raccordo	600x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 76 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 36 mm
Pioli	diametro 22 mm, altezza 200 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4850 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	250x25 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.383E+5	2.415E+5	2.509E+5	2.269E+5	3.776E+5	1.637E+5
z _G (mm)	1077.366	1760.078	1794.539	1700.801	2091.701	1322.885
J _y (mm ⁴)	1.551E+11	3.064E+11	3.141E+11	2.932E+11	3.807E+11	2.089E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.439E+8	-1.741E+8	-1.75E+8	-1.724E+8	-1.82E+8	-1.579E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.509E+8	-1.792E+8	-1.801E+8	-1.776E+8	-1.865E+8	-1.641E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.118E+8	4.347E+8	4.685E+8	3.836E+8	1.02E+9	1.829E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.09E+8	4.141E+8	4.453E+8	3.668E+8	9.325E+8	1.775E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.831E+8	4.104E+8	3.412E+8	8.13E+8	1.689E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.666E+8	3.919E+8	3.275E+8	7.55E+8	1.641E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.179E+8	3.38E+8	2.865E+8	6.021E+8	1.491E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.946E+8	3.124E+8	2.667E+8	5.375E+8	1.414E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.788E+7	9.543E+7	9.732E+7	9.217E+7	1.137E+8	7.138E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.843E+7	1.247E+8	1.278E+8	1.194E+8	1.554E+8	8.759E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.918E+7	1.197E+8	1.233E+8	1.136E+8	1.54E+8	7.454E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	9.442E+7	9.919E+7	8.622E+7	1.403E+8	3.396E+7
n _E	1E+300	17.317	15.451	21.325	6.298	1E+300

Sezione C4 43 1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2500 mm
Piattabanda superiore	1000x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2400 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5742x240 mm
Raccordo	600x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 76 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 36 mm
Pioli	diametro 22 mm, altezza 200 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4850 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	250x25 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.588E+5	2.903E+5	2.999E+5	2.754E+5	4.296E+5	2.108E+5
z _G (mm)	1056.096	1788.191	1816.775	1739.764	2077.266	1451.462
J _y (mm ⁴)	1.782E+11	3.666E+11	3.741E+11	3.54E+11	4.421E+11	2.791E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.687E+8	-2.05E+8	-2.059E+8	-2.035E+8	-2.129E+8	-1.923E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.789E+8	-2.121E+8	-2.129E+8	-2.108E+8	-2.192E+8	-2.006E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.269E+8	5.457E+8	5.816E+8	4.915E+8	1.155E+9	2.767E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.234E+8	5.151E+8	5.475E+8	4.657E+8	1.046E+9	2.661E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.75E+8	5.033E+8	4.316E+8	9.159E+8	2.517E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.539E+8	4.801E+8	4.135E+8	8.524E+8	2.438E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.918E+8	4.123E+8	3.597E+8	6.837E+8	2.193E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.624E+8	3.805E+8	3.339E+8	6.118E+8	2.069E+8
S _{y,1} (mm ³)	6.772E+7	1.16E+8	1.179E+8	1.128E+8	1.351E+8	9.382E+7
S _{y,2} (mm ³)	7.864E+7	1.489E+8	1.519E+8	1.439E+8	1.799E+8	1.151E+8
S _{y,3} (mm ³)	5.696E+7	1.439E+8	1.473E+8	1.382E+8	1.783E+8	1.039E+8
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.163E+8	1.208E+8	1.086E+8	1.622E+8	6.278E+7
n _E	1E+300	17.317	15.451	21.325	6.298	1E+300

Sezione C2riva 13 1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2500 mm
Piattabanda superiore	1000x30 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	18x2420 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5788x240 mm
Raccordo	600x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 76 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 36 mm
Pioli	diametro 22 mm, altezza 200 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4900 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	250x25 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.286E+5	2.27E+5	2.367E+5	2.119E+5	3.673E+5	1.467E+5
z _G (mm)	1017.506	1736.699	1775.328	1669.591	2097.161	1221.04
J _y (mm ⁴)	1.426E+11	2.965E+11	3.048E+11	2.82E+11	3.743E+11	1.857E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.402E+8	-1.707E+8	-1.717E+8	-1.689E+8	-1.785E+8	-1.521E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.474E+8	-1.758E+8	-1.766E+8	-1.741E+8	-1.828E+8	-1.586E+8
W _{y,3} (mm ³)	9.819E+7	4.043E+8	4.387E+8	3.523E+8	1.004E+9	1.487E+8
W _{y,4} (mm ³)	9.62E+7	3.884E+8	4.206E+8	3.396E+8	9.292E+8	1.452E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.601E+8	3.884E+8	3.167E+8	8.087E+8	1.387E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.45E+8	3.714E+8	3.044E+8	7.503E+8	1.35E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.003E+8	3.213E+8	2.675E+8	5.971E+8	1.235E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.788E+8	2.974E+8	2.495E+8	5.326E+8	1.176E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.459E+7	9.414E+7	9.627E+7	9.045E+7	1.14E+8	6.578E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.301E+7	1.197E+8	1.231E+8	1.141E+8	1.517E+8	7.812E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.402E+7	1.149E+8	1.187E+8	1.083E+8	1.504E+8	6.409E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	9.246E+7	9.743E+7	8.383E+7	1.388E+8	2.617E+7
n _E	1E+300	17.317	15.451	21.325	6.298	1E+300

Sezione C3riva 28 1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2500 mm
Piattabanda superiore	1000x35 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	20x2415 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5925x240 mm
Raccordo	600x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 76 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 36 mm
Pioli	diametro 22 mm, altezza 200 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4900 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	250x25 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.383E+5	2.472E+5	2.571E+5	2.318E+5	3.909E+5	1.651E+5
z _G (mm)	1077.366	1781.278	1815.951	1721.45	2111.622	1334.301
J _y (mm ⁴)	1.551E+11	3.111E+11	3.189E+11	2.978E+11	3.852E+11	2.114E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.439E+8	-1.747E+8	-1.756E+8	-1.73E+8	-1.824E+8	-1.584E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.509E+8	-1.797E+8	-1.806E+8	-1.781E+8	-1.868E+8	-1.646E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.118E+8	4.55E+8	4.913E+8	4.005E+8	1.09E+9	1.87E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.09E+8	4.329E+8	4.662E+8	3.824E+8	9.918E+8	1.814E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.995E+8	4.286E+8	3.551E+8	8.591E+8	1.725E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.819E+8	4.088E+8	3.405E+8	7.953E+8	1.676E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.3E+8	3.512E+8	2.97E+8	6.29E+8	1.521E+8

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	3.054E+8	3.24E+8	2.761E+8	5.596E+8	1.442E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	5.788E+7	9.66E+7	9.85E+7	9.33E+7	1.148E+8	7.201E+7
$S_{y,2}$ (mm ³)	6.843E+7	1.266E+8	1.297E+8	1.212E+8	1.573E+8	8.851E+7
$S_{y,3}$ (mm ³)	4.918E+7	1.219E+8	1.255E+8	1.157E+8	1.56E+8	7.572E+7
$S_{y,4}$ (mm ³)	1.49E-8	9.735E+7	1.021E+8	8.908E+7	1.43E+8	3.553E+7
n_E	1E+300	17.317	15.451	21.325	6.298	1E+300

3.3.1.2 Proprietà plastiche delle sezioni

Ai fini della classificazione e delle verifiche sezionali, vengono valutate le proprietà plastiche di base delle sezioni, con il tracciamento dei domini N/M rispettivamente per la sezione completa e per la sezione formata dalle sole flange in acciaio. Le proprietà vengono sistematicamente valutate per tutte le sezioni considerate nelle verifiche (cfr. mappa delle sezioni ai punti precedenti).

Per la valutazione di N_{pl} e M_{pl} si seguono i criteri contenuti in EN 1994-2, cap. 6.2.1.2. (4.3.2.1.2. delle NTC 2018).

Il calcolo di M_{pl} viene effettuato mediante semplici considerazioni di equilibrio delle forze plastiche sviluppate dai singoli elementi componenti la sezione, e della eventuale azione assiale concomitante, sotto opportune ipotesi, verificate a posteriori, riguardanti la posizione dell'asse neutro plastico.

In generale, quindi, indicato con:

$N_{abf} = t_{inf} \times b_{inf} \times f_{yinf} / \gamma_{m0}$	azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda inferiore;
$N_{aweb} = t_{web} \times h_{web} \times f_{yweb} / \gamma_{m0}$	azione assiale plastica sviluppabile dalla anima;
$N_{atf} = t_{sup} \times b_{sup} \times f_{ysup} / \gamma_{m0}$	azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda superiore;
$N_{c1} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c1} / \gamma_c$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c1}) compreso tra il layer superiore di armatura e l'estradosso della soletta (agente solo a compressione);
$N_{c2} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c2} / \gamma_c$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c2}) compreso tra i due layers di armatura (agente solo a compressione);
$N_{c3} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c3} / \gamma_c$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c3}) compreso tra la piattabanda superiore e il layer di armatura inferiore (agente solo a compressione);
$N_{layer1} = A_{sinf} \times f_{yk} / \gamma_s$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer inferiore di armatura (di area complessiva A_{sinf});
$N_{layer2} = A_{slsup} \times f_{yk} / \gamma_s$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer superiore di armatura (di area complessiva A_{slsup});
N_e	azione assiale esterna, agente in corrispondenza del baricentro geometrico della sezione;
$f_{yinf}, f_{ysup}, f_{yweb}$	resistenze caratteristiche di snervamento dell'acciaio componente rispettivamente la piattabanda inferiore, la piattabanda superiore e l'anima;

La posizione dell'asse neutro plastico, per un dato segno dell'azione flettente, è immediatamente e univocamente determinabile dall'esame di relazioni simili alla seguente, esplicitata per il caso di momento flettente negativo (soletta compressa), e asse neutro plastico disposto nell'anima:

$$z_{pl} = t_{inf} + (-N_e + N_{layer1} + N_{layer2} + N_{atf} - N_{abr} + N_{aweb}) / (2 t_{web} f_{yweb} \gamma_{m0})$$

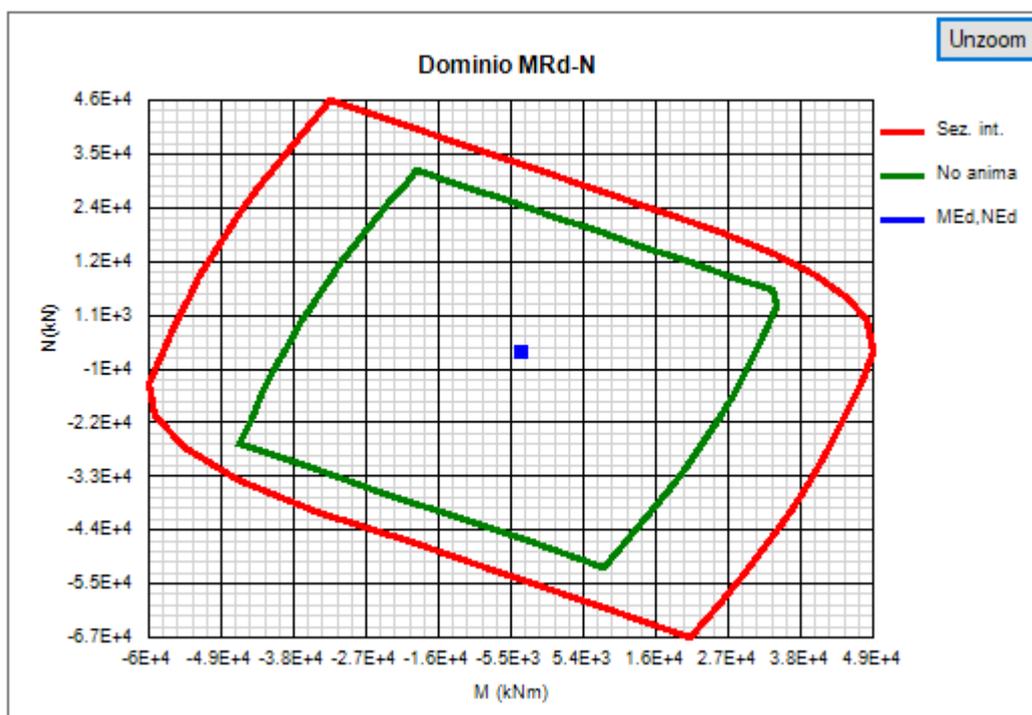
Si evidenzia inoltre che:

- l'azione assiale plastica sviluppata dal calcestruzzo in compressione viene valutata sulla base di uno stress block equivalente, di altezza pari a quella effettiva, ma di intensità ridotta all'85 % (cfr. EN 1994-2, cap. 6.2.1.2.(1), punto d),
- le armature in compressione vengono considerate, al fine di evitare possibili punti di discontinuità nella ricerca di a.n.p. per azione assiale variabile, rinunciando all'ipotesi semplificativa contemplata da EN 1994-2, cap. 6.2.1.2.(1), punto c
- per i medesimi motivi indicati al punto precedente, i layer di armatura vengono modellati con "strisce" di spessore equivalente.

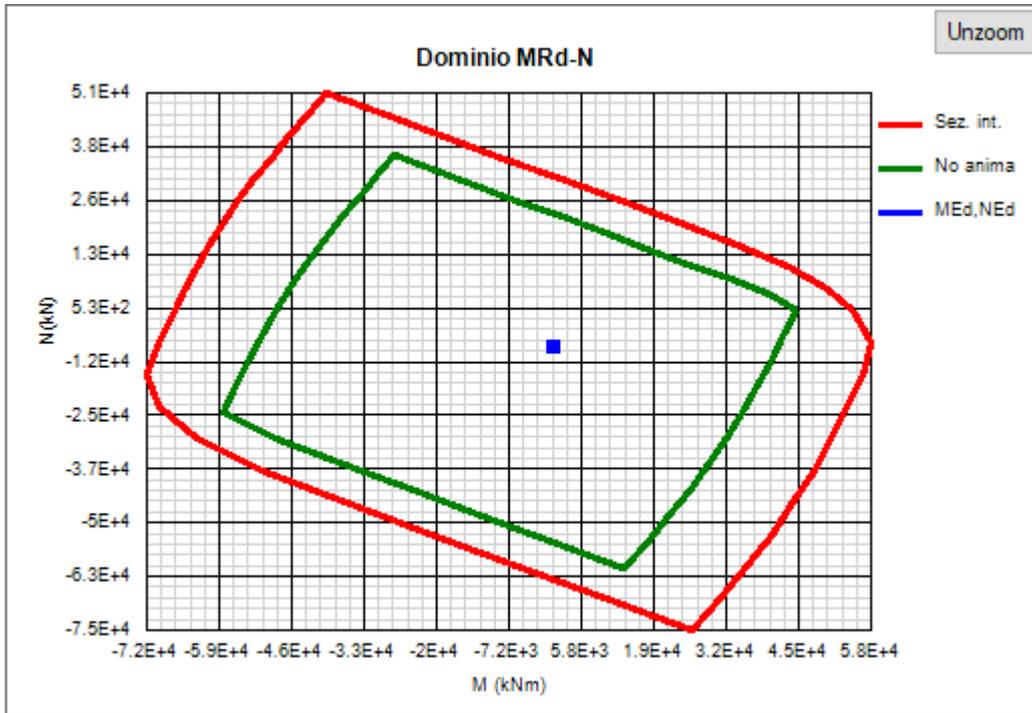
Il tracciamento dei domini viene effettuato per punti, valutando di volta in volta la posizione dell'asse neutro plastico e il valore di M_{pl} sotto l'azione dell'azione assiale N incrementata da 0 (flessione semplice, positiva o negativa) fino a $\pm N_{pl}$ con incrementi pari a $N_{pl}/10$.

Le immagini seguenti riportano i grafici qualitativi inerenti il dominio plastico delle sezioni in esame, tracciato indipendentemente dalla effettiva classificazione finale, rispettivamente per la sezione in acciaio "completa", e per le sole flange (escludendo la resistenza dell'anima).

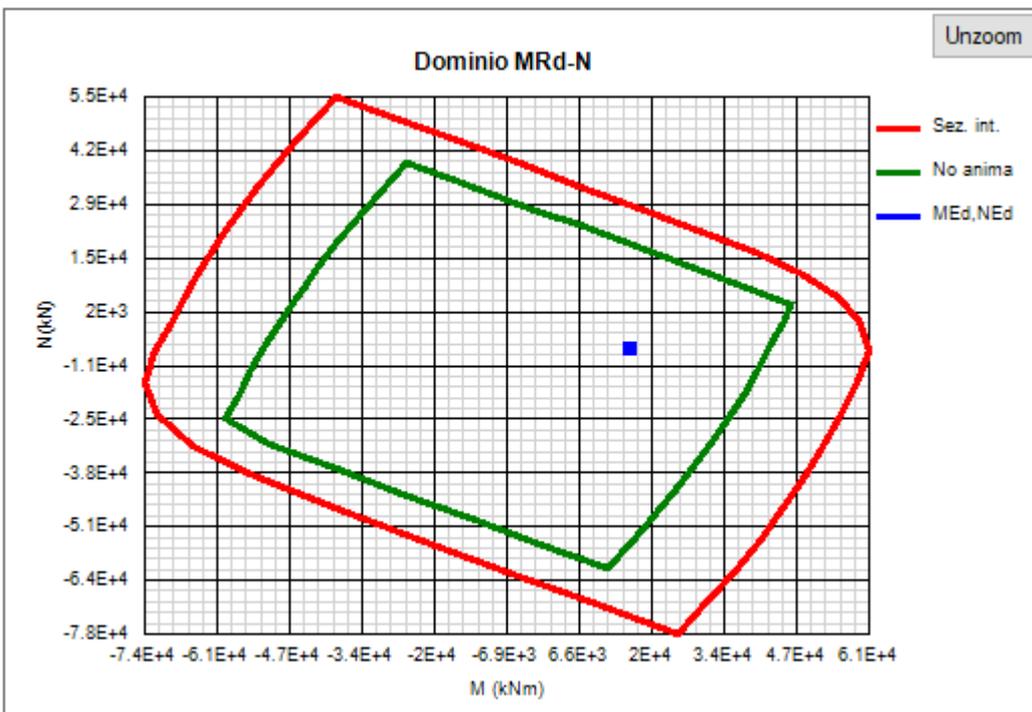
Sezione C1



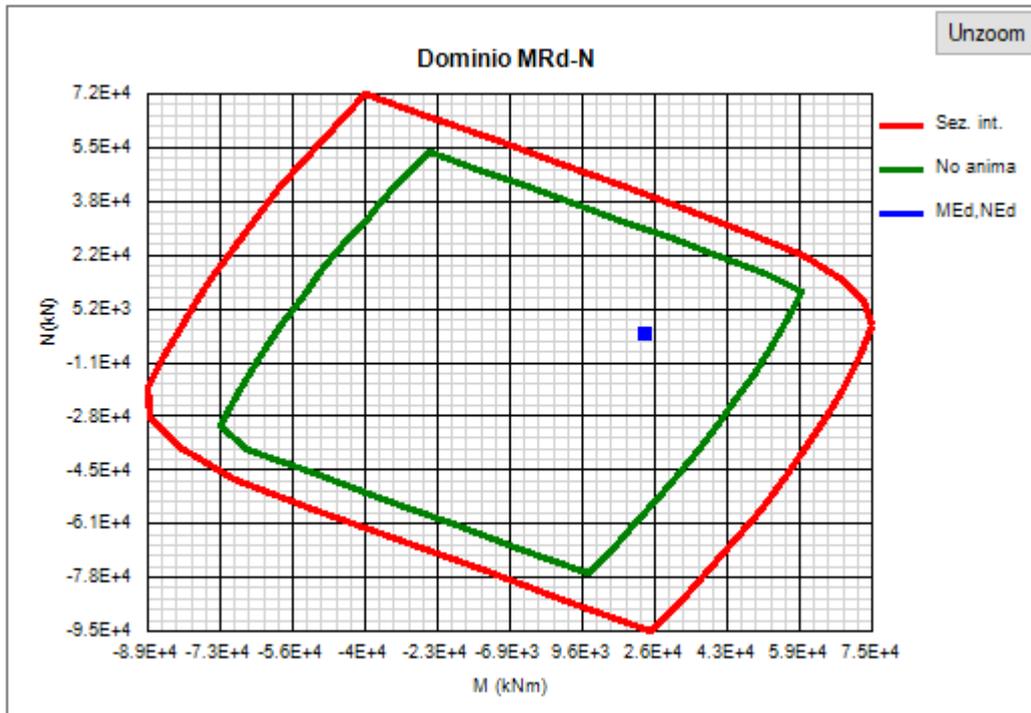
Sezione C2



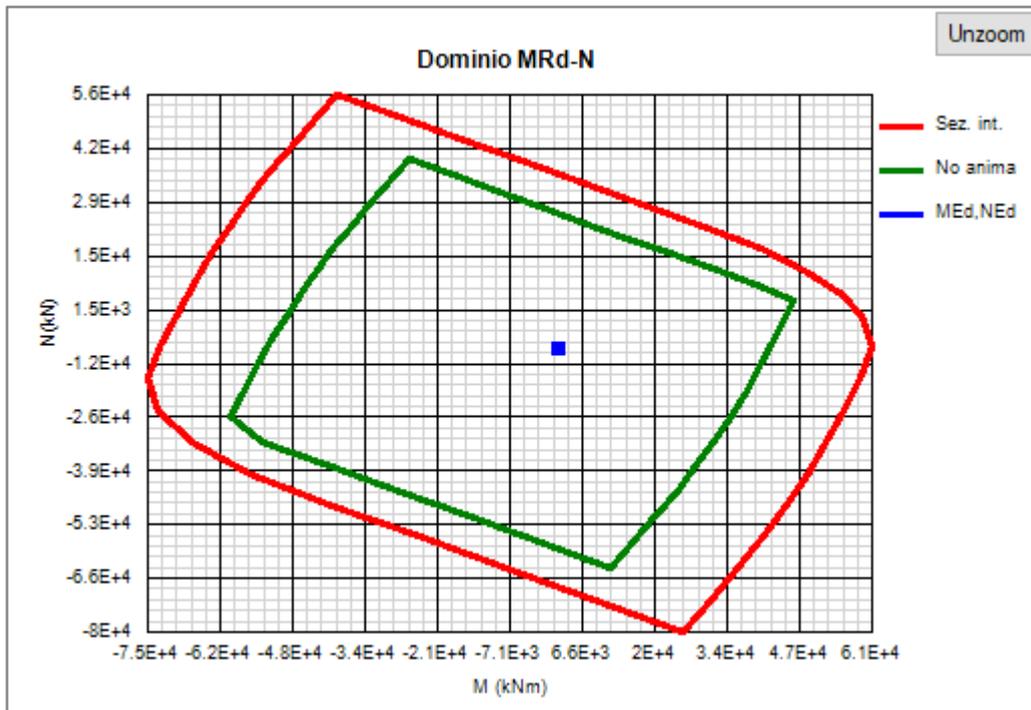
Sezione C3



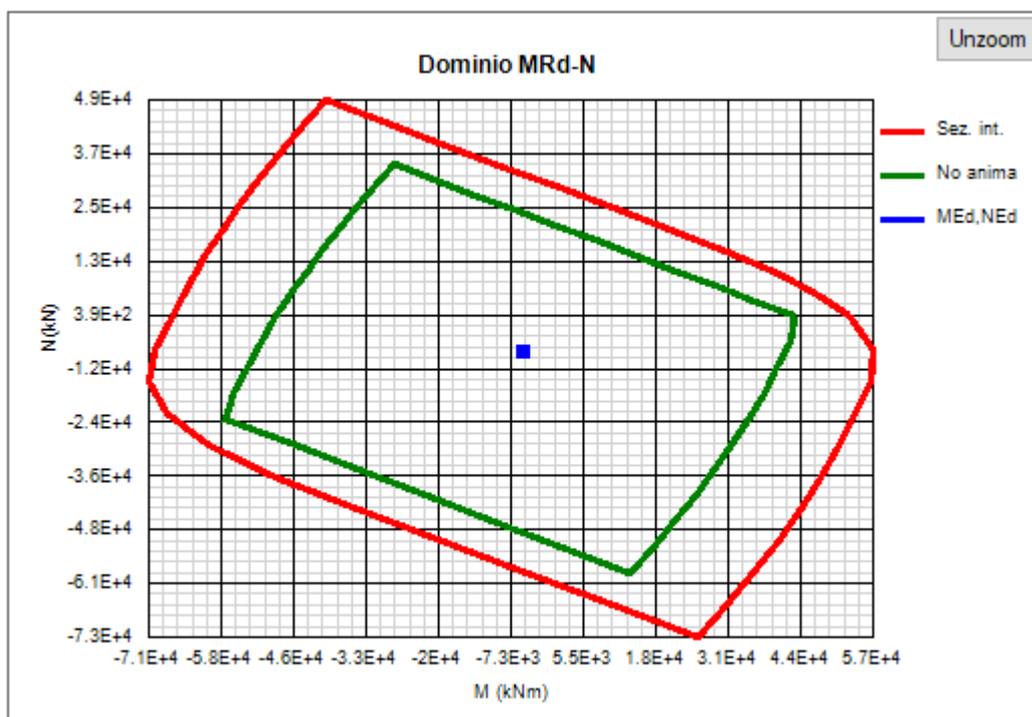
Sezione C4



Sezione C3riva



Sezione C2riva



3.4 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI IRRIGIDIMENTO (RIBS E STIFFENERS)

Le caratteristiche dimensionali degli irrigidimenti d'anima vengono predefinite sulla base dei criteri contenuti in EN 1993-1-5, cap. 9.

Le anime delle travi vengono irrigidite mediante un sistema irrigidimenti così composto:

- Irrigidimenti verticali d'appoggio (spalle e pile)

Si prevede l'adozione di una coppia di stiffeners, costituiti da un piatto 450x35, con disposizione simmetrica rispetto all'anima.

- Irrigidimenti verticali intermedi

Si prevede l'adozione di una coppia di stiffeners, costituiti da un piatto 350x25, posto sul lato interno trave

- Irrigidimenti verticali sollevamento (pile)

Si prevede l'adozione di una coppia di stiffeners, costituiti da un piatto 250x25, posto simmetricamente rispetto all'anima, in asse alla posizione prevista per i martinetti di sollevamento

- Irrigidimenti verticali sollevamento (spalle e pila spalla)

Il posizionamento dei martinetti di sollevamento impalcato in corrispondenza delle spalle e delle pile-spalla verrà effettuato posizionando i dispositivi a fianco dei dispositivi di appoggio, prevedendo una opportuna espansione laterale della piattabanda inferiore e conseguentemente del piatto dell'irrigidimento verticale interno. Quest'ultimo sarà irrigidito sul bordo mediante applicazione di un piatto di spessore 30 mm.

- Irrigidimenti longitudinali

Non si prevede la disposizione di irrigidenti longitudinali.

4 DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO

Qui di seguito si riportano le generalità del modello impiegato per la verifica dell'impalcato, che viene implementato e risolto mediante il sistema ad elementi finiti LUSAS, V20.0.

4.1 MODELLAZIONE E TIPO DI ANALISI

La struttura viene studiata mediante un semplice modello F.E.M. a grigliato, elaborato con il sistema Lusas V20.

La mesh a elementi finiti si compone dei due fili di travi principali collegate trasversalmente da traversi sulla cui mezzera insiste la trave di spina, costituenti l'impianto metallico, e da elementi di connessione trasversale, dotati di sbalzi, atti a modellare gli elementi di soletta ed a consentire la ripartizione dei carichi di soletta sulla sottostante struttura metallica. Il piano nodale viene convenzionalmente posizionato in corrispondenza dell'estradosso trave metallica. A tale piano sono riferiti, applicando le rispettive eccentricità, tutti i rimanenti elementi.

Le travi principali vengono modellate tramite la definizione di opportune sezioni trasversali "Bridge Deck (Grillage) Geometric Attribute", composte da trave in acciaio e soletta in cls avente quest'ultima massa e rigidità (in direzione longitudinale) variabile nelle varie fasi.

Per l'elaborazione del modello FEM è stata formulata le seguenti ipotesi semplificative, esposta in dettaglio in 2.1, e qui richiamate:

- L'analisi strutturale della sovrastruttura viene limitata al viadotto 2, estendendo quindi il dimensionamento di tutti i vari dettagli alla struttura afferente al viadotto 1 e al viadotto 3.
- Si considera la soletta di ampiezza maggiore

Per la modellazione degli elementi a trave vengono impiegati elementi "BMI21", lineari a due nodi,

L'analisi della struttura composta è stata condotta sovrapponendo i risultati di singole analisi statiche lineari, ciascuna condotta con riferimento ad appropriate proprietà geometrico-statiche (o di materiale), proprie di ciascuna "fase" analizzata.

Allo scopo, sono stati elaborati più modelli agli elementi finiti per tener conto delle reali fasi costruttive. In particolare, i modelli elaborati sono descritti nel seguito.

L'analisi della struttura composta è stata condotta sovrapponendo i risultati di singole analisi statiche lineari, ciascuna condotta con riferimento ad appropriate proprietà geometrico-statiche (o di materiale), proprie di ciascuna "fase" analizzata.

Allo scopo, sono stati elaborati più modelli agli elementi finiti per tener conto delle reali fasi costruttive. In particolare i modelli elaborati sono descritti nel seguito.

- **FASE 1 - Realizzazione delle sottostrutture, delle strutture in acciaio e getto soletta in c.a.**

Il modello di calcolo è formato dall'intera parte metallica.

Le azioni applicate sono il peso proprio di tutte le membrature metalliche, il peso proprio della soletta, non reagente. Ai fini della modellazione si considera che il getto del calcestruzzo avviene in un'unica fase.

- **FASE 2a - Maturazione della soletta, applicazione dei sovraccarichi permanenti**

Si considera la struttura completa formata dall'acciaio e dal calcestruzzo.

In questo caso, le proprietà geometriche delle travi sono quelle afferenti all'assieme trave + soletta omogeneizzata, con coefficiente di omogeneizzazione di "fase 2a", valutato sulla base dei parametri reologici propri delle sollecitazioni di lungo termine applicate istantaneamente.

La soletta è considerata fessurata a ridosso di ogni pila e quindi si utilizza un modulo elastico equivalente alla rigidezza delle sole armature longitudinali (proprietà intrinseca dell'attributo per la definizione delle sezioni trasversali "Bridge Deck (Grillage) Geometric Attribute").

Le azioni applicate sono i carichi permanenti.

- **FASE 2b – Valutazione degli effetti del ritiro**

Si considera la struttura completa formata dall'acciaio e dal calcestruzzo.

In questo caso, le proprietà geometriche delle travi sono quelle afferenti all'assieme trave + soletta omogeneizzata, con coefficiente di omogeneizzazione di "fase 2b", valutato sulla base dei parametri reologici propri delle sollecitazioni di coazione interna, di entità variabile con il tempo.

La soletta è considerata fessurata a ridosso di ogni pila e quindi si utilizza un modulo elastico equivalente alla rigidezza delle sole armature longitudinali.

Le azioni applicate sono il ritiro e dei cedimenti vincolari.

- **FASE 2c – Coazioni imposte**

Per il caso in esame non è prevista l'applicazione di coazioni imposte, pertanto la fase normalmente denominata "2c" non verrà considerata.

- **FASE 3 - Applicazione dei carichi istantanei (mobili ed accidentali in genere)**

Si considera la struttura completa formata dall'acciaio e dal calcestruzzo.

In questo caso, le proprietà geometriche delle travi sono quelle afferenti all'assieme trave + soletta omogeneizzata, con coefficiente di omogeneizzazione di "fase 3", valutato sulla base dei parametri di breve termine.

La soletta è considerata fessurata a ridosso di ogni pila e quindi si utilizza un modulo elastico equivalente alla rigidezza delle sole armature longitudinali.

Le azioni applicate sono i carichi da traffico, le variazioni termiche, il vento, le azioni centrifughe ed il frenamento.

Si riporta una rappresentazione grafica della geometria e della mesh, con rendering della struttura dell'impalcato.

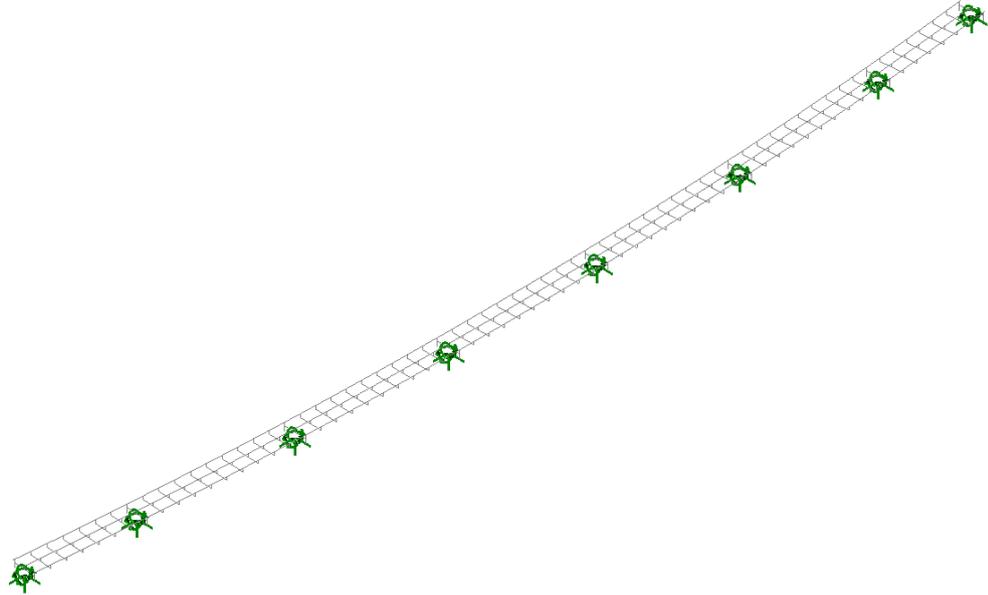


Figura 4-1: *Modello fem in FASE 1-Mesh dei soli elementi metallici*

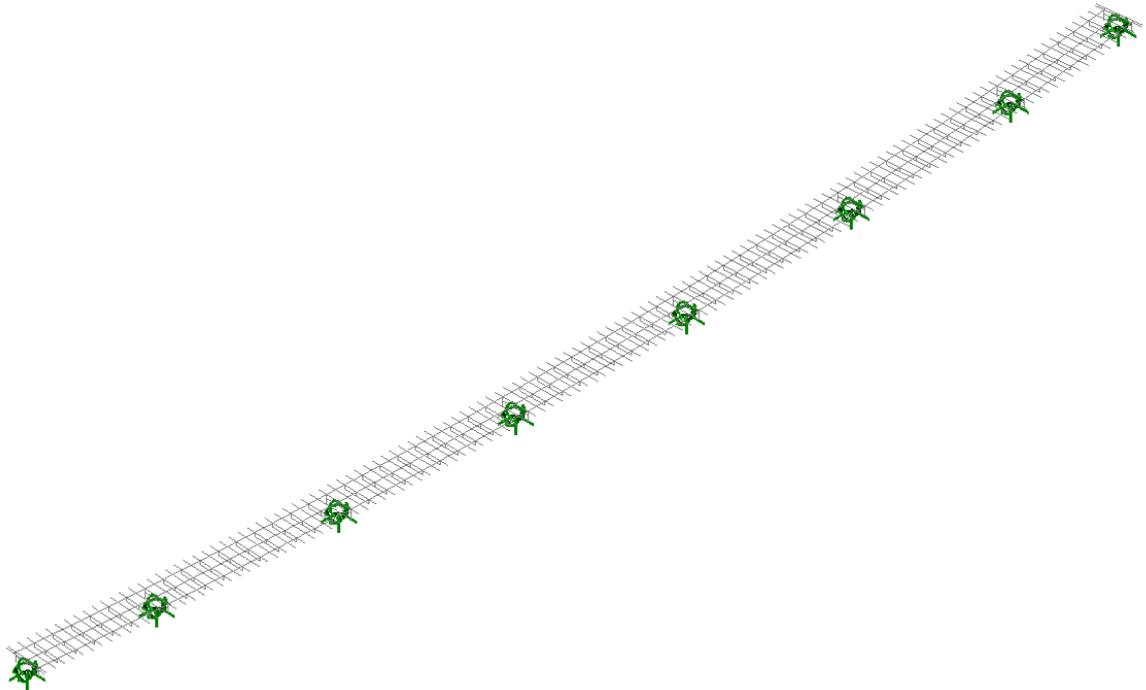


Figura 4-2: *Modello FEM in fase 3 - Mesh intero impalcato*

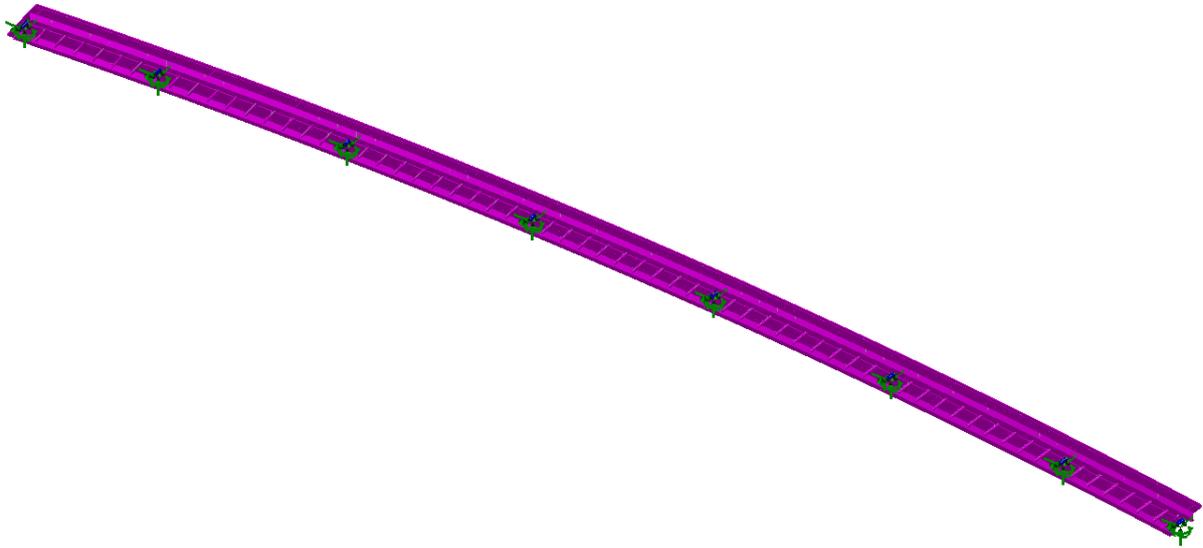


Figura 4-3: Modello FEM in fase 3 – Rendering

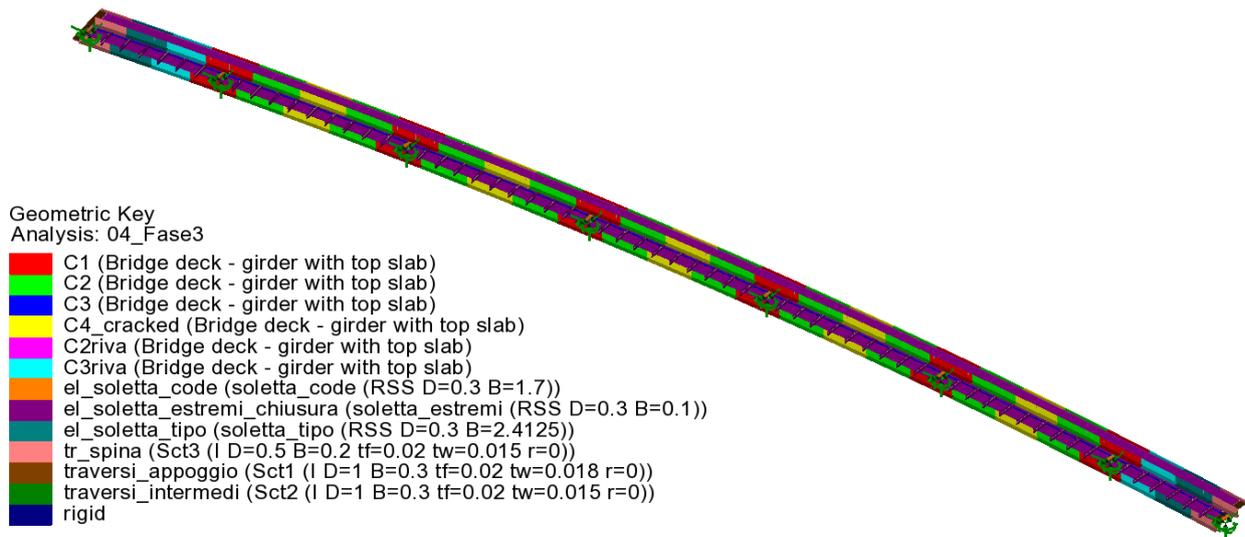


Figura 4-4: Modello FEM in fase 3 – Rendering e attributi geometrici membrature

I dispositivi di vincolo dell'impalcato (rappresentati dagli isolatori elastomerici) sono modellati tramite dei Joint (molle) i quali sono caratterizzati da un nodo "slave", solidale all'impalcato, ed un nodo "master", vincolato rigidamente, tramite dei "rigid link", al sistema di vincolo esterno posto nel baricentro degli appoggi.

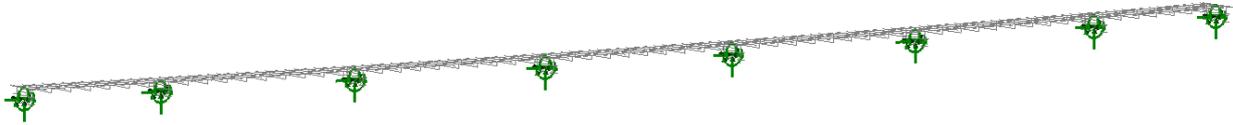


Figura 4-5: Vincoli esterni presenti nel modello

I dispositivi prescelti sono di forma circolare, e quindi caratterizzati da rigidità orizzontale uguale in tutte le direzioni.

L'orientamento convenzionale assunto per i dispositivi è pertanto quello indicato in figura (asse x locale = longitudinale).

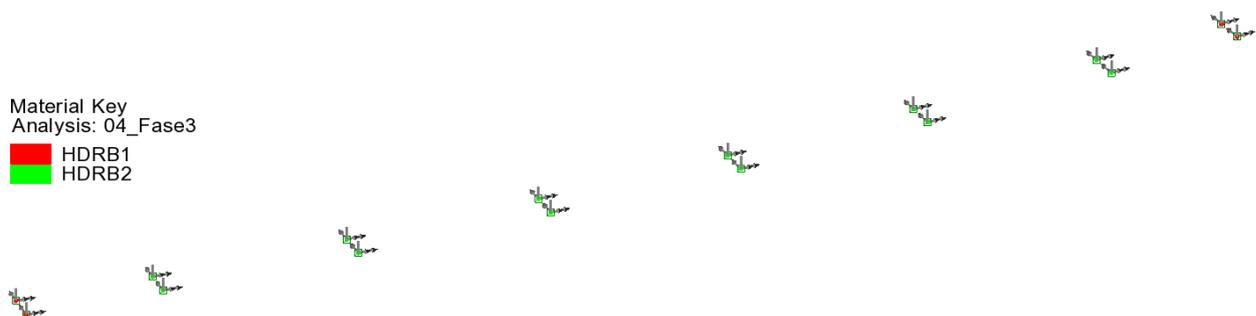


Figura 4-6 Orientamento convenzionale assi appoggio modello FEM

Si evidenzia che le sollecitazioni e le deformazioni orizzontali agli isolatori verranno estratte in termini di "risultante orizzontale" (F_h , δ_h) ottenuta combinando quadraticamente le componenti F_x ed F_y (concomitanti) in modo da cogliere gli effetti di progetto più sfavorevoli.

I dispositivi di vincolo verranno inghisati in maniera definitiva solamente dopo il getto della soletta e la posa dei sovraccarichi permanenti. Questo accorgimento consente di "depurare" le deformazioni parassite sui dispositivi, che intercorrono soprattutto durante la fase di getto della soletta.

L'analisi di fase 1 sarà pertanto condotta riferendosi a rigidità orizzontali del sistema di isolamento praticamente nulle.

5 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta la descrizione dei vari contributi di carico presi in esame ai fini dell'analisi globale della struttura.

Le sollecitazioni per le verifiche sezionali sono state dedotte dall'analisi globale.

5.1 CARICHI AGENTI IN FASE 1

5.1.1 Peso proprio acciaio (G_{k1}')

Il peso della struttura in acciaio è stato calcolato automaticamente applicando una accelerazione gravitazionale incrementata del 10% (per tener conto dei controventi di montaggio, irrigidenti verticali, piastrame, bullonature, ecc.) alle masse degli elementi finiti delle travi longitudinali e dei traversi correnti ed ai sostegni.

Si è assunta una densità di massa convenzionale di 7850 kg/m^3 .

5.1.2 Peso proprio soletta (G_{k1}'')

Il peso della soletta di impalcato e' pari a:

- soletta inclusa predalles $0.3 * 25 \text{ kN/m}^3 = 7.50 \text{ KN/m}^2$

Il contributo equivalente al peso della soletta + predalles è stato implementato nel modello tramite un sovraccarico per unità di lunghezza agente sugli allineamenti delle travi longitudinali e sulla trave di spina in funzione dell'effettiva ripartizione trasversale secondo lo schema di trave su tre appoggi come di seguito.



Figura 5-1 Ripartizione peso soletta tra travi e trave di spina/m

5.1.3 Peso proprio sottostrutture (G_{k1}''')

5.1.3.1 Peso sostegni

Il peso delle sottostrutture è stato calcolato automaticamente applicando l'accelerazione gravitazionale alle masse degli elementi finiti delle pile dei pulvini e dei plinti.

5.1.3.2 Peso del reinterro

Ai fini del calcolo delle azioni sulle sottofondazioni, è stato considerato il peso del reinterro delle fondazioni pila, assumendo convenzionalmente uno spessore di reinterro pari a 1 m.

Il peso del terreno viene calcolato considerando la superficie del plinto, depurata dall'impronta della sezione pila.

5.2 CARICHI AGENTI IN FASE 2A - 2B

5.2.1 Cordoli e sovraccarichi permanenti (G_{k2}')

Qui di seguito si riportano i vari contributi di carico permanente, applicati al modello come carico di superficie, oppure di linea, uniformemente distribuito.

$G_{2_permanenti}$		t (m)	γ (N/m ³)	G_2 (N/m - (N/m ²))
1)	gk2_manto			-3000 N/m ²
2)	gk2_cordolo_dx	0.16	-25000	-4000 N/m ²
3)	gk2_cordolo_sx	0.16	-25000	-4000 N/m ²
4)	gk2_barriera intergata_dx			-5000 N/m
5)	gk2_barriera integrata_sx			-5000 N/m
6)	gk2_veletta_dx			-2000 N/m
7)	gk2_veletta_sx			-2000 N/m
8)	gk2_impianti_dx			-2000 N/m
9)	gk2_impianti_sx			-2000 N/m

Tabella 5-1 Sovraccarichi permanenti

5.2.2 Ritiro ($G_{sh,k}$)

Nei punti precedenti sono stati valutati i parametri di base inerenti alla reologia del calcestruzzo (ritiro/viscosità). Gli effetti del creep vengono valutati con l'ausilio di coefficienti di omogeneizzazione opportunamente modificati e della deformazione di ritiro come esposto nel paragrafo relativo ai materiali.

Per quanto riguarda il ritiro della soletta, si valuta, in linea generale, l'effetto coattivo indotto dalla contrazione della soletta, primariamente rispetto alla trave composta acciaio calcestruzzo (effetti primari del ritiro), secondariamente rispetto alla statica globale della struttura continua (effetti secondari, o iperstatici).

Gli effetti primari vengono valutati con la formula:

$$N_r = \varepsilon_{sh} * E_s / n_{f2b} * b_{eff} * t_{cls}$$

$$M_r = N_r * e$$

In particolare, con "e" si è indicata l'eccentricità fra il baricentro della soletta ed il baricentro della sezione composta omogeneizzata in fase 2b. In sede di verifica tensionale, nella soletta, alle tensioni indotte da N_r ed M_r si aggiunge lo stato di coazione locale di trazione $\sigma_{sh} = \varepsilon_{sh} * E_s / n_{f2b}$

Gli effetti del ritiro primario nelle verifiche sono calcolati automaticamente dal postprocessore "Ponti EC4" sezione per sezione, e vengono ignorati nelle zone fessurate in accordo a EN1994-2, 5.4.2.2 (8); gli effetti secondari (iperstatici) vengono presi in conto dalla modellazione globale effettuata con LUSAS, applicando, in uno specifico loadcase, una contrazione uniforme specifica agli elementi di soletta pari a $\varepsilon_{sh} = - 2.703E-04$.

5.2.3 Cedimenti vincolari ($G_{k,sett}$)

Il calcolo dei cedimenti vincolari è convenzionalmente fatto considerando un possibile spostamento verticale pari al 0.2‰ della lunghezza media in base alle luci adiacenti l'appoggio. Nel caso specifico i valori dei cedimenti sono riportati di seguito.

Cedimenti	0.0002 0.5 (l_1+l_2)		=1/5000 media L
	L sx	L dx	
qsettl_P7	34.65	34.7	0.0069 m
qsettl_P8	34.65	48.5	0.0083 m
qsettl_P9	48.50	48.50	0.0097 m
qsettl_P10	48.50	48.50	0.0097 m
qsettl_P11	48.50	48.50	0.0097 m
qsettl_P12	48.50	48.50	0.0097 m
qsettl_P13	48.50	34.65	0.0083 m
qsettl_P14	34.65	34.65	0.0069 m

Tabella 5-2 Cedimenti differenziali ai sostegni

In tabella i valori dei cedimenti, applicati separatamente a ciascun sostegno, e successivamente combinati con l'obiettivo di ottenere di volta in volta l'effetto più sfavorevole.

5.3 CARICHI AGENTI IN FASE 2C

5.3.1 Coazioni impresse

Non è prevista alcuna coazione impressa.

5.4 CARICHI AGENTI IN FASE 3

5.4.1 Variazioni termiche (QT_k)

I criteri per la determinazione degli effetti della temperatura sono contenuti in NTC, cap. 3.5 (rif. Eurocodici EN 1991-1-5). Dal momento che NTC non riporta prescrizioni specifiche per il calcolo degli effetti della temperatura (in particolare i gradienti termici) per i ponti si farà riferimento ai criteri contenuti negli Eurocodici.

5.4.1.1 Variazioni termiche uniformi e lineari Δt_N e Δt_M

L'effetto delle variazioni termiche viene valutato con riferimento ai criteri contenuti in EN 1991-1-5, corredato dall'annesso nazionale, calibrando il fattore di quota sulla base di una quota sito di 330 m.

Si fa riferimento ad un manufatto da ponte di gruppo 2, sito in Umbria.

La temperatura media ambientale viene posta pari a T_0 a 15.0 °C; si considera, inoltre, quale fattore di correzione per la tolleranza di posa, l'ulteriore variazione di +/- 20 °C, come prescritto da EN 1991-1-5, 6.1.3.3. nota 2.

Gli effetti delle variazioni termiche vengono modellati attraverso l'applicazione di una variazione termica uniforme Δt_n ed una variazione termica lineare (gradiente), Δt_m .



Figura 5-2 Isotherme (cfr. N.A.D. En 1991-1-5)

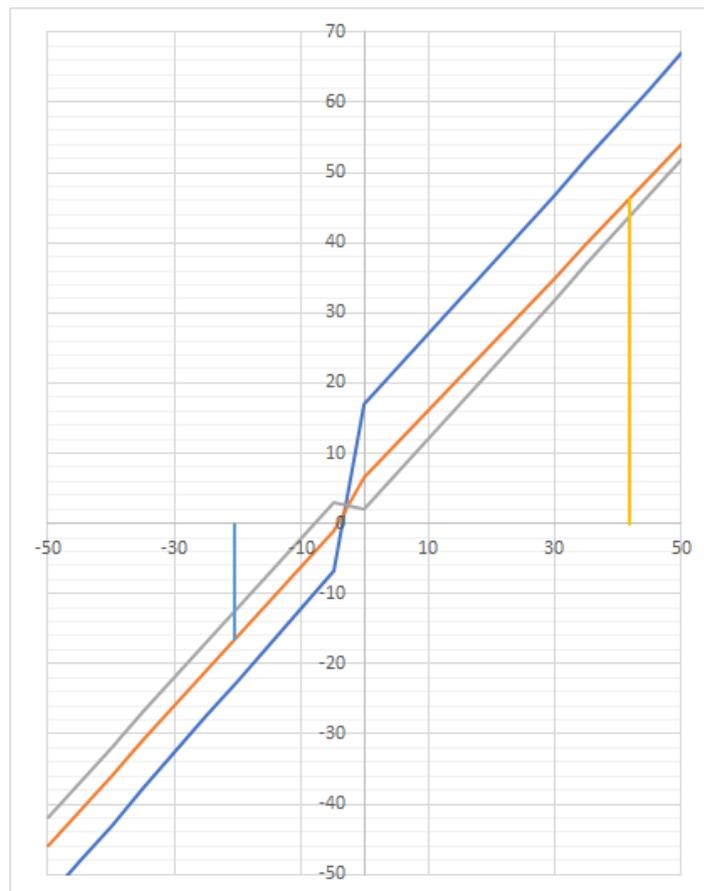


Figura 5-3 Correlazione tra T e T_e

Calcolo componenti temperatura Ponti secondo EN 1991-1-5 + NAD			
Tipo ponte	2	Ponte composto in acciaio calcestruzzo	
Tipo rivestimento	4	100 mm	
Zona termica	2	Liguria-Toscana-Umbria-Lazio-Sardegna-Campania-Basilicata	
Quota sito (m)	330		
T _{min} (°C)	-8.0	Min T aria all'ombra al livello del mare	
T _{max} (°C)	42.0	Max T aria all'ombra al livello del mare	
T ₀ (°C)	15.0	Temperatura media stagionale	
Correzione delle temperature aria all'ombra per effetto della quota			
Correzione T _{min} (°C)		-1.812	Min T aria all'ombra (con correzione quota)
Correzione T _{max} (°C)		-0.644	Max T aria all'ombra (con correzione quota)
Calcolo componente uniforme		Calcolo componente lineare (approccio 1)	
T _{min,h}	-9.8 °C	ΔT _{M,heat}	15.0 °C
T _{max,h}	41.4 °C	ΔT _{M,cool}	-18.0 °C
T _{e,min}	-5.8 °C	Correzione spessore rivestimento	
T _{e,max}	45.8 °C	k _{sur,heat}	1.0
ΔT _N	51.6 °C	k _{sur,cool}	1.0
T _{max,h} -T _{min,h} =	-51.2 °C		
Correzione della temperatura media di posa EN 1991-1-5, 6.1.3.3 Nota 2			
Correzione ΔT _N	20.0 °C	(Temperatura dichiarata T _o = 15°C)	
ΔT _{N,con}	-40.8 °C	ΔT _{M,heat}	15.0 °C
ΔT _{N,exp}	50.79 °C	ΔT _{M,cool}	-18.0 °C
Riferimenti:			
Tipo ponte: EN 1991-1-4 figg. 6.2a, b, c			
Rivestimento: EN 1991-1-4 figg. Tab. 6.2			
Zone termiche: NAD EN 1991-1-4			

Tabella 5-3 Calcolo var. termiche uniformi e lineari (EN 1991-1-5)

Le variazioni termiche vengono implementate come “thermal loads” e sono caratterizzate da variazioni uniformi e gradienti.

I gradienti, variabili lungo lo sviluppo della trave assieme all'altezza, vengono automaticamente calcolati dal sistema FEM conteggiando le proprietà della sezione in fase 3 con riferimento all'altezza effettiva della membratura.

5.4.1.2 Combinazione degli effetti uniformi e lineari

La combinazione degli effetti dovuti alla variazione termica uniforme e lineare verrà effettuata sfruttando la formula di combinazione proposta dalla normativa, che prevede due combinazioni principali in cui Δt_M e Δt_N sono amplificati mediante differenti coefficienti di combinazione:

$$C1: \Delta t_M + 0.35 \Delta t_N$$

$$C2: 0.75 \Delta t_M + \Delta t_N$$

5.4.2 Carichi mobili (Q_k)

5.4.2.1 Modelli di carico per verifiche globali

Per le verifiche globali dell'impalcato si utilizza il modello globale FEM precedentemente descritto.

Si seguono le disposizioni contenute nel D.M. 2018, cap. 5.1.3.3.5, equivalenti a quelle contenute in EN 1991-2. Si fa riferimento a ponti di I categoria.

Corsia di carico n.1 costituita da:

- ✓ Schema di carico n.1: n. 4 carichi concentrati da 150 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione trasversale al viadotto e 1.2 m in direzione longitudinale
- ✓ Carico uniformemente ripartito di intensità 9.0 kN/m² su una larghezza di 3.00m

Corsia di carico n. 2 costituita da:

- ✓ - Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione trasversale al viadotto e 1.2 m in direzione longitudinale
- ✓ - Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kN/m² su una larghezza di 3.00m

Corsia di carico n. 3 costituita da:

- ✓ - Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 500 kN cadauno disposti ad interasse 2.00 m in direzione trasversale al viadotto e 1.2 m in direzione longitudinale
- ✓ - Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kN/m² su una larghezza di 3.00m

Corsia di carico n. 4 (Remaining area RA) costituita da :

- ✓ - Carico uniformemente ripartito di intensità 2.5 kN/m² sulla larghezza residua di impalcato.

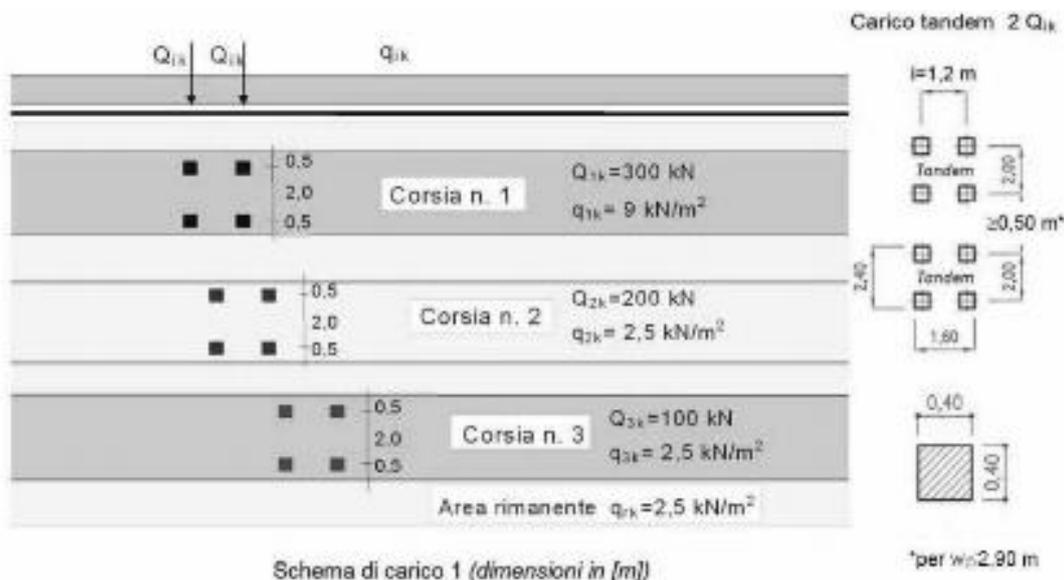


Figura 5-4: Schema di carico convenzionale 1

Nel caso in esame, la carreggiata ha una larghezza utile costante pari a 10.35 m, quindi, si prevede la presenza di 3 corsie convenzionali da 3.00 m, ed una r.a. da 1.35 m. Non sono presenti marciapiedi pedonabili.

L'individuazione delle posizioni di carico mobile atte a restituire le massime/minime azioni di progetto sui vari elementi di interesse viene effettuata tramite una procedura automatizzata, propria del sistema ad elementi finiti lusas, che prevede l'elaborazione delle superfici di influenza delle varie caratteristiche di sollecitazione nei punti di interesse tramite una "Direct Method Influence" analysis (DMI), e la successiva analisi di tali superfici, finalizzata alla ricerca della posizione più sfavorevole di carico mobile, tramite una "Vehicle Load Optimization" analysis (VLO); da tale ultima analisi vengono ricavati gli involuipi delle sollecitazioni da carico mobile, caratteristiche e di combinazione.

La simmetria dell'impalcato attorno all'asse longitudinale e la ripetitività delle campate ci consente di ridurre il numero delle l.d.i. da studiare. Pertanto si fisserà l'attenzione sull'intera travata esterna e sui trasversi e trave di spina delle prime quattro campate dell'impalcato considerato.

In linea generale, le superfici di influenza vengono predisposte con i seguenti obiettivi:

- Valutazione massima/minima Flessione, Taglio sulla trave esterna, in corrispondenza delle estremità di ciascun concio, della mezzeria campata, e del testa pila;
- Valutazione massimo/minimo momento flettente e taglio nei trasversi correnti e ai sostegni, in corrispondenza dei giunti ed in mezzeria, delle campate 1, 2, 3 e 4;
- Valutazione massima/minima Flessione e Taglio sulla trave di spina, nelle campate 1, 2, 3 e 4, in corrispondenza delle estremità di ciascun concio, della mezzeria campata, e del testa pila;

Le figure seguenti riportano il posizionamento schematico delle varie linee di influenza studiate nelle travi, nei trasversi e nella trave di spina.

Viadotto Marroggia - RELAZIONE DI CALCOLO impalcato

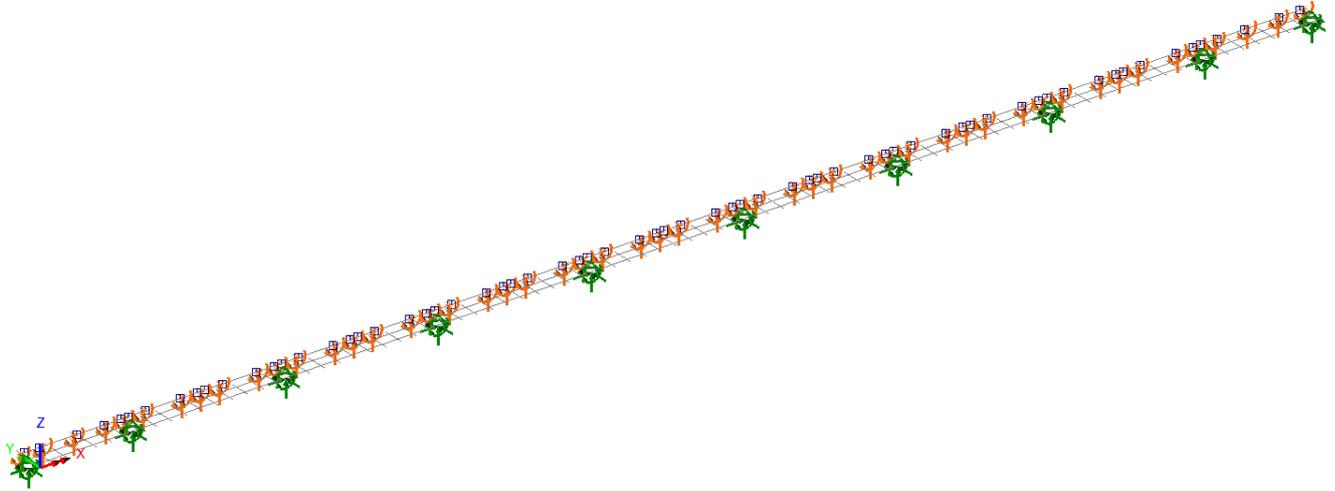


Figura 5-5 Posizione punti linee di influenza DMI verifica travi

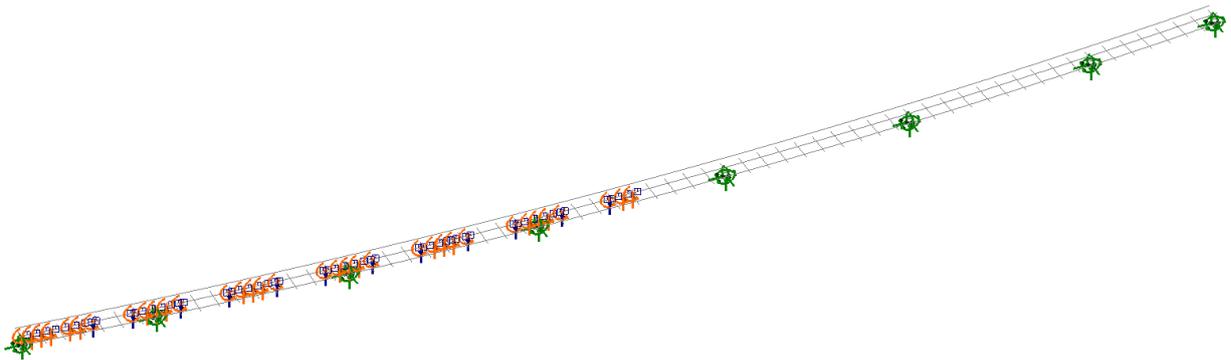


Figura 5-6 Posizione punti linee di influenza DMI verifica trave di spina.

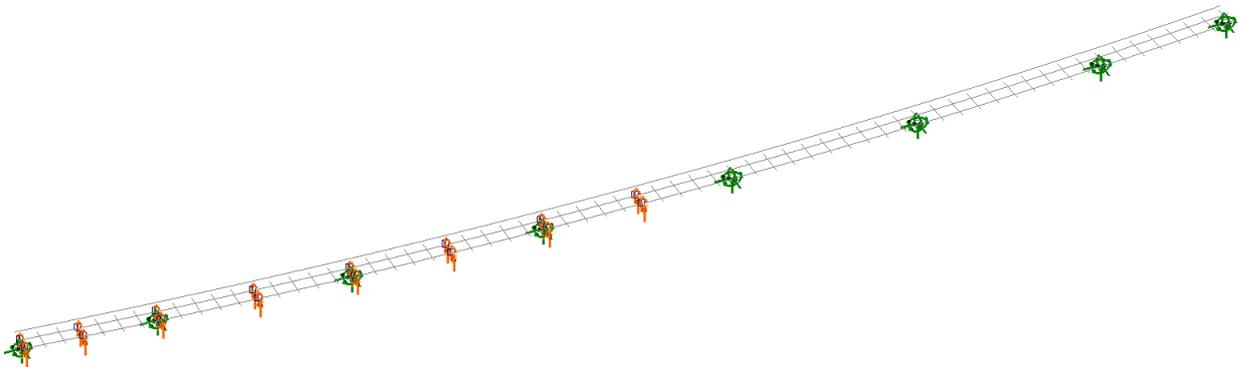


Figura 5-7 Posizione punti linee di influenza DMI verifica traversi

5.4.2.2 Modelli di carico per verifiche locali

Per le verifiche locali della soletta d'impalcato si ricorre allo schema di carico 1 ed allo schema di carico 2, composto da un veicolo ad un solo asse, avente un peso complessivo pari a 400 kN.

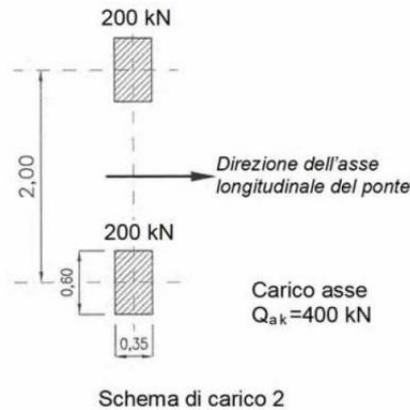


Figura 5-8: Schema di carico convenzionale 2

Dettagli riguardo alle posizioni più significative di tale carico vengono forniti nel paragrafo relativo alle verifiche locali della soletta.

Tale modello veicolare verrà impiegato anche in concomitanza al modello di urto.

5.4.2.3 Modelli di carico per verifiche a fatica

Le verifiche a fatica vengono effettuate con riferimento al metodo dei coefficienti λ . Pertanto si considera il transito sulla corsia lenta del veicolo FLM3, formato da 4 assi da 120.0 kN ciascuno, ed avente la configurazione planimetrica indicata in figura.

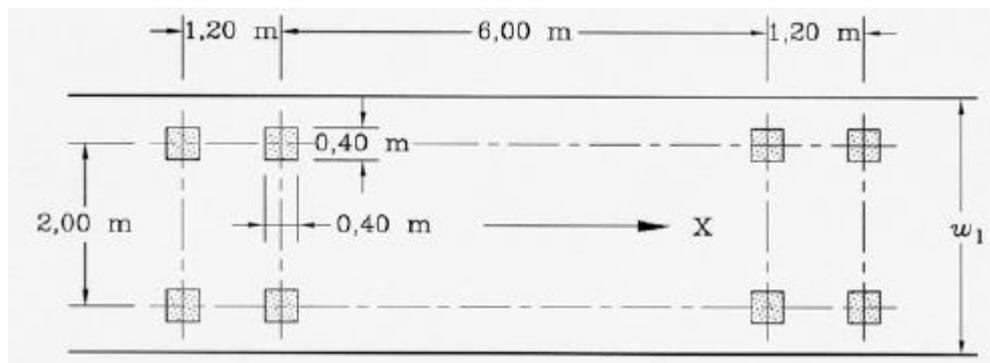


Figura 5-9: Carico convenzionale per verifiche a fatica

La struttura in esame è a carreggiata unica con unico senso di marcia e pertanto si considera la presenza di una corsia lenta, posizionata nelle corsie convenzionali. Il veicolo FLM3 è stato quindi movimentato lungo la corsia convenzionale posta sull'esterno curva a passo di 1.5 m. Mediante involuppo sono stati calcolati per ogni sezione le sollecitazioni massime e minime di taglio e flessione.

5.4.3 Azioni associate ai carichi mobili

5.4.3.1 Azioni di frenatura (Q_{fk})

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

$$180 \text{ kN} \leq Q_{fk} = 0.6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

Essendo in questo caso:

Frenamento (q_l, k)				
	L _{calc} (m)	n travi	Q _{ltot} (N)	Q _{l,i} (N/m)
Q _{l,k,i,viadotto1}	311.42	2	900000	1445.02
Q _{l,k,i,viadotto2}	311.71	2	900000	1443.65
Q _{l,k,i,viadotto3}	311.42	2	900000	1445.02

5.4.3.2 Azione centrifuga (Q_{ck})

La forza centrifuga agisce come forza concentrata radiale applicata al piano finito dell'impalcato. Il valore caratteristico è calcolato in funzione del raggio secondo le formule seguenti.

$Q_{ck} = 0,2Q_v$ (kN)	if $r < 200$ m
$Q_{ck} = 40Q_v / r$ (kN)	if $200 \leq r \leq 1500$ m
$Q_{ck} = 0$	if $r > 1500$ m

Il tracciato del manufatto si sviluppa su di una successione di clotoidi, il cui raggio minimo risulta pari a 1504.38 m.

La forza centrifuga associata risulta pertanto di entità pressochè nulla. Non si ritiene quindi significativo lo studio dello specifico gruppo di carichi.

5.4.4 Azione del vento ($F_{w,k}$)

5.4.4.1 Vento in fase di esercizio

Le azioni del vento vengono valutate con riferimento ai criteri contenuti in EN 1991-1-4, corredata dal relativo annesso nazionale.

Qui di seguito di riporta la tabella contenente i parametri di sito ed il calcolo della pressione del vento sull'impalcato.

Ai fini del calcolo, si è considerata cautelativamente la superficie di prospetto individuata dall'ingombro della trave di impalcato, su cui si ipotizza installata una barriera antirumore di altezza pari a 3.50 m.

Calcolo azioni del vento su impalcato da ponte stradale secondo EN 1991-1-4 + NAD			
Calcolo parametri di base		Caratteristiche impalcato	
Categoria sito	III I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)	b_{imp}	11.15 m (cfr. figura)
Zona	3 UNI EN 1991-1-4	z	10 m quota baricentro struttura da p.c.
a_s	330 m - quota sito	d_{sagoma}	3 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
v_{bo}	27 m/s, 4.1.(1) P	$d_{scarico}$	6.46 (m) d_{it} a ponte scarico (cfr. figura)
a_0	500 m, (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	d_{carico}	6.46 (m) d_{it} a ponte carico (cfr. figura)
k_a	0.02 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	ψ_0	0.6 coefficiente di combinazione (EN 1990)
v_{b0}	27 m/s, 4.1.(1) P	$C_{fx, scarico}$	1.93 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
v_b	28.7 m/s, velocità di base del vento	$C_{fx, carico}$	1.93
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2	$b/d_{scarico}$	1.73
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3	b/d_{carico}	1.73
C_r	0.92 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)	$f_{w, orzz. scarico}$	2106 (N/m ²)
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomand. da N.A.D.)	$f_{w, orzz. carico}$	2106 (N/m ²)
C_0	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3	F_w^*	1820 (N/m ²) press. Spec. nominale (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
T_r	100 anni, periodo di ritorno	$F_{w, orzz. scarico}$	13604 (N/m) Risultante a ponte scarico, caratteristico
α_r	1.06 coeff. Aggiustamento T_r (CNR-DT 2017-2018) 3.2.2	$F_{w, orzz. carico}$	13604 (N/m) Ris. a ponte carico, caratteristico
z_0	0.1 EN 1991-1-4 §4.3.2	$\min(\psi_0 F_{w, orzz. scarico}; F_w^*)$	8162 (N/m) Ris. a ponte carico, valore di combinazione
z_{0it}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1		
z_{min}	5.00 EN 1991-1-4 §4.3.2	C_{fz}	0.9 EN 1991-1-4 - §8.3.3 (1)
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2	$f_{w, vert.}$	984 (N/m ²)
k_r	0.20 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)		
$v_m(z)$	26.4 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)		
σ_v	5.72 scarto comp. tur. vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)		
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)		
$l_v(z)$	0.22 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)		
$C_{e1}(z)$	2.13 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione		
$q_{e1}(z)$	1093.76 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)		
v_b^*	25.82 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD		
$v_m^*(z)$	23.72 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)		
$I_v^*(z)$	0.24 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)		
$C_{e1}^*(z)$	2.27 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione		
$q_{e1}^*(z)$	945.32 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)		

Il valore della pressione del vento verticale $f_{w, vert.}$ è molto inferiore a quello dei carichi permanenti pari a circa 10000 N/m² e viene quindi trascurato nei calcoli come anche da indicazione di EN 1991-1-4 - §8.3.3 (1) Valori di d_{tot} per impalcato con barriera e con sagoma di veicolo stradale

EN 1991-1-4 - figura 8.3



Figura 5-10 Calcolo azioni globali del vento

Gli effetti del vento sul manufatto si traducono, in linea generale, in un'azione orizzontale ed una coppia torcente distribuite. Quest'ultimo contributo viene valutato, per semplicità, approssimando in corrispondenza del baricentro soletta la quota del centro di taglio dell'assieme.

Le azioni vengono quindi applicate al modello distribuendo sui due allineamenti longitudinali le azioni globali orizzontale e torcente (cfr. Tabella 5-4).

Vento (Fw) - impalcato

Dati impalcato NB piano di riferimento = estradosso travi metalliche (impostato su h media)

hrif	2.50 m	quota di riferimento (q. applicazione di Fy)
ntravi	2	
itravi	7.000 m	
d, scarico	6.46 m	
d, carico	6.46 m	valutata sulla base di sup prospetto media

Azioni globali a piano di riferimento

	Fy,w (N/m)	ez (m)	Mx,w (Nm/m)
Dati di base az. Vento	13603.95	0.730	-9930.88

	ey (m)	1/Wxx (1/m ³)	Fy,i (N/m)	Fz,i (N/m)
Fw,trave1	-3.5	-1.43E-01	6801.97	1418.70
Fw,trave2	3.500	1.43E-01	6801.97	-1418.70

Tabella 5-4 Azioni del vento sulle travi

Oltre alla pressione del vento agente sull'impalcato si considera anche la pressione trasversale agente sul fusto delle pile.

Ai fini del calcolo, si considera per semplicità, ed a favore di sicurezza, il valore della pressione calcolata in sommità alle pile, quota assunta convenzionalmente pari a 7.5 m.

Qui di seguito la tabella di calcolo della pressione sulla pila.

Calcolo parametri di base		Caratteristiche sezione pila	
Categoria sito	III I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)	b	3 m (cfr. figura)
Zona	3 UNI EN 1991-1-4	d	6 (m) EN 1991-1-4 §8.1.(5) + NAD
a_s	330 m - quota sito	r	1.5 raggio smusso (m)
v_{ref}	27 4.1.(1) P	Z_{max}	7.5 m quota massima testa pila
a_T	500 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	d/b	2.000
k_s	0.02 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	h/b	2.50
v_{ref}	27 4.1.(1) P	r/b	0.5000
v_b	28.7 velocità di base del vento	λ	70.00 snellezza effettiva EN 1991-1-4 cap. 7.13(2) prosp. 7.16 caso 4
c_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2	C_{f,0}	1.65 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.23
C_{s,ref}	1.00 4.2.(2) P - nota 3	ψ_r	0.50 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.24
$c_s(z)$	0.86 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)	W_L	1.00 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.36
$c_s(0)$	0.78 Coeff. Rugosità terreno, q 0 (EN 1991-1-4 §4.3.2)	C_r	0.83 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) (7.9)
C_{sd}	1.00 fattore di struttura	f_{w,0}	720.75 N/m ²
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)	f_{w,(z=max)}	825.01 N/m ²
c_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3		
T_r	100 periodo di ritorno		
a_r	1.06 coeff. Aggiustamento Tr (CNR-DT 2017-2018) 3.2.2		
z_0	0.1 EN 1991-1-4 §4.3.2		
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1		
z_{0III}	5.00 EN 1991-1-4 §4.3.2		
z_{0IV}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2		
k_z	0.20 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)		
$v_m(z)$	24.7 Velocità media del vento quota z max		
$v_m(0)$	22.4 Velocità media del vento quota p.c.		
σ_v	5.72 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)		
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)		
$I_v(z)$	0.23		
$I_v(0)$	0.26		
$c_{pe}(z)$	1.9437		
$q_p(z)$	1000.02		
$q_p(0)$	873.64		

EN 1991-1-4 figura 7.24

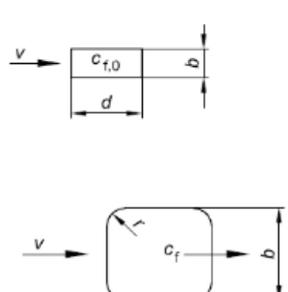


Figura 5-11 Vento sui sostegni

La pressione del vento agente sulla superficie di prospetto dei pulvini viene assunta, per semplicità, pari a quella agente sui fusti pila.

Limitatamente alla valutazione degli effetti locali, si riporta qui di seguito il calcolo della pressione del vento insistente sulla barriera fonoassorbente. I coefficienti di forza sono calcolati con riferimento ai criteri contenuti in EN 1991-1-4 7.4.1.

La tabella seguente riporta il calcolo delle pressioni locali insistenti sulla barriera fonoassorbente, assunta di altezza pari a 3.50 m, sulle 4 "zone" di pressione individuate da EN 1991-1-4.

Calcolo parametri di base		Caratteristiche installazione	
Categoria sito	II I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)	Z_{base}	15.00 m quota piede barriera
Zona	3 UNI EN 1991-1-4	$h_{barriera}$	3.50 m - altezza barriera da base (*) 7.4.1.(2)
a_s	100 m - quota sito	Z_s	18.50 m - altezza barriera da base (*) 7.4.1.(2)
v_{b0}	27 4.1.(1) P	l	100.00 lunghezza totale tratto (cfr. fig.)
a_0	500 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	l/h	28.57142857
k_a	0.02 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	$C_{p,net}$ (*)	f_w (N/m ²)
v_{b0}	27 4.1.(1) P	zonaA	3.40 4270.57
v_b	27.0 velocità di base del vento	zonaB	2.10 2637.71
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2	zonaC	1.70 2135.29
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3	zonaD	1.20 1507.26
C_r	1.12 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)		
C_{scd}	1.00 fattore di struttura		
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)		
C_D	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3		
T_r	50 periodo di ritorno		
α_r	1.00		
z_0	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2		
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1		
z_{min}	4.00 EN 1991-1-4 §4.3.2		
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2		
k_r	0.19 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)		
$v_m(z)$	30.3 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)		
σ_v	5.13 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)		
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)		
$I_v(z)$	0.17 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)		
$C_0(z)$	2.76 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione		
$Q_p(z)$	1256.05 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)		
v_b	24.30 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD		

Tabella 5-5 Pressione del vento su barriera fonoassorbente

Ai fini delle verifiche locali della soletta, si considererà, a favore di sicurezza, la pressione insistente lungo la zona "B", di intensità pari a:

$$f_w = 2638 \text{ N/m}$$

5.4.4.2 Vento in fase di costruzione

Ai fini della valutazione delle azioni insistenti sul controvento di montaggio, si considera l'azione del vento insistente sulla superficie di prospetto della sola travata metallica, assumendo, nel calcolo, un periodo di ritorno ridotto a 10 anni.

La tabella seguente riporta i parametri di calcolo e la deduzione del valore di pressione.

Calcolo azioni del vento su impalcato da ponte stradale secondo EN 1991-1-4 + NAD		
	Calcolo parametri di base	Caratteristiche impalcato
Categoria sito	III III-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)	b_{imp} 7 m (cfr. figura)
Zona	3 UNI EN 1991-1-4	z 10 m quota baricentro struttura da p.c.
a_s	330 m - quota sito	d_{sagoma} 3 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
v_{b0}	27 m/s, 4.1.(1) P	$d_{scarico}$ 2.50 (m) d_{rif} . A ponte scarico (cfr. figura)
a_0	500 m, (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	d_{carico} 2.50 (m) d_{rif} a ponte carico (cfr. figura)
k_a	0.02 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	ψ_0 0.6 coefficiente di combinazione (EN 1990)
v_{b0}	27 m/s, 4.1.(1) P	$C_{fx scarico}$ 1.63 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
v_b	24.4 m/s, velocità di base del vento	$C_{fx carico}$ 1.63
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2	$b/d_{scarico}$ 2.80
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3	b/d_{carico} 2.80
C_r	0.92 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)	$f_{w, orizz. scarico}$ 1288 (N/m ²)
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomand. da N.A.D.)	$f_{w, orizz. carico}$ 1288 (N/m ²)
C_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3	f_w^* 1113 (N/m ²) press. Spec. nominale (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
T_r	10 anni, periodo di ritorno	$F_{w, orizz. scarico}$ 3220 (N/m) Risultante a ponte scarico, caratteristico
α_r	0.90 coeff. Aggiustamento T_r (CNR-DT 2017-2018) 3.2.2	$F_{w, orizz. carico}$ 3220 (N/m) Ris. a ponte carico, caratteristico
z_0	0.1 EN 1991-1-4 §4.3.2	$\min(\psi_0 F_w; F_w^*)$ 1932 (N/m) Ris. a ponte carico, valore di combinazione
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1	
z_{min}	5.00 EN 1991-1-4 §4.3.2	
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2	C_{fz} 0.9 EN 1991-1-4 - §8.3.3 (1)
k_r	0.20 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)	$f_{w, vert.}$ 711 (N/m ²)
$v_m(z)$	22.4 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)	
σ_v	4.86 scarto comp. tur. vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)	
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)	
$l_v(z)$	0.22 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)	
$c_e(z)$	2.13 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione	
$q_p(z)$	790.08 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)	
v_b^*	21.95 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD	
$v_m^*(z)$	20.16 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)	
$l_v^*(z)$	0.24 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)	
$c_e^*(z)$	2.27 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione	
$q_p^*(z)$	682.85 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)	

Il valore della pressione del vento verticale $f_{w, vert.}$ è molto inferiore a quello dei carichi permanenti pari a circa 10000 N/m² e viene quindi trascurato nei calcoli come anche da indicazione di EN 1991-1-4 - §8.1. Valori di d_{tot} per impalcato con barriera e con sagoma di veicolo stradale

EN 1991-1-4 - figura 8.3

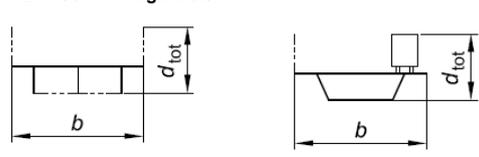


Tabella 5-6 Vento in fase di costruzione

Su ciascuna trave si intende quindi applicata un'azione orizzontale pari a:

$$F_{y,w} = 0.75 \times 1610 = 2415.0 \text{ kN/m}$$

5.4.5 Azioni sismiche (E)

5.4.5.1 Generalità e spettri di progetto

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale V_N pari a 50 anni e considerando una classe d'uso IV ("Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico") ai sensi delle NTC 2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_u = 2$.

Le azioni sismiche di progetto vengono determinate in funzione della pericolosità sismica del sito, compiutamente individuato in termini geografici e geomorfologici, attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno

F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come F_0 descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica. Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

Latitudine: 12.66752

Longitudine: 42.79838

Stato limite	V_N (anni)	C_u	V_R (anni)	T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T^*c	$a_g(m/s^2)$	F_v
SLO	50	2	100	60	0.086	2.456	0.284	0.844	0.972
SLD	50	2	100	101	0.106	2.436	0.293	1.040	1.071
SLV	50	2	100	949	0.237	2.464	0.330	2.325	1.619
SLC	50	2	100	1950	0.291	2.493	0.342	2.855	1.816

Tabella 5-7: Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

Con riferimento alla tabella, V_N è la vita nominale dell'opera; C_u è il coefficiente relativo alla classe d'uso; V_R è il periodo di riferimento per l'azione sismica, $V_R=C_u*V_N$; T_R è il periodo di ritorno associato alla probabilità di non superamento dello stato limite della salvaguardia della vita; a_g è la massima accelerazione riferita a quella di gravità attesa sul sito su suolo di riferimento; F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; F_v è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale; T_c^* è il periodo, espresso in secondi, corrispondente alla fine del tratto orizzontale dello spettro su suolo di riferimento.

Gli spettri di progetto verranno desunti con riferimento ad un fattore di struttura $q = 1$, fattore impiegato per le verifiche sismiche di tutti gli elementi strutturali.

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente orizzontale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Parametri per la definizione dello spettro orizzontale

Stato limite	Suolo	Categ. Top.	S_S	S_T	S	C_C	T_B	T_C	T_D
SLO	C	T1	1.50	1.00	1.50	1.591	0.151	0.452	1.944
SLD	C	T1	1.50	1.00	1.50	1.574	0.154	0.461	2.024
SLV	C	T1	1.35	1.00	1.35	1.514	0.167	0.500	2.548
SLC	C	T1	1.26	1.00	1.26	1.496	0.171	0.512	2.764

Tabella 5-8: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

La tipologia di suolo presente in corrispondenza dell'opera, tipologia "C", determina i valori di S_S ed S_T , rispettivamente il fattore di amplificazione stratigrafica e di amplificazione topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione $S=S_S \cdot S_T$; T_B è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale; C_C è il coefficiente che modifica il valore del periodo T_C^* , $T_C = C_C \cdot T_C^*$ è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente orizzontale; T_D è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro della componente orizzontale. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

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

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

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

L'impalcato è isolato con isolatori elastomerici ad elevato smorzamento (ξ 15%).

Pertanto, in osservanza alle disposizioni normative, i valori di accelerazione orizzontale verranno "scalati" per il campo di periodi a partire dal periodo $T = 0.8 T_{is}$ (T_{is} = periodo fondamentale della sovrastruttura).

La scalatura viene effettuata per mezzo del fattore η qui sotto richiamato:

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

Qui di seguito il calcolo del fattore η

Tisol	2.054 s
csi	15.000 %
q	1.00
η	0.69

Tabella 5-9: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

Con riferimento al caso specifico, si riporta in figura lo spettro elastico per componente orizzontale.

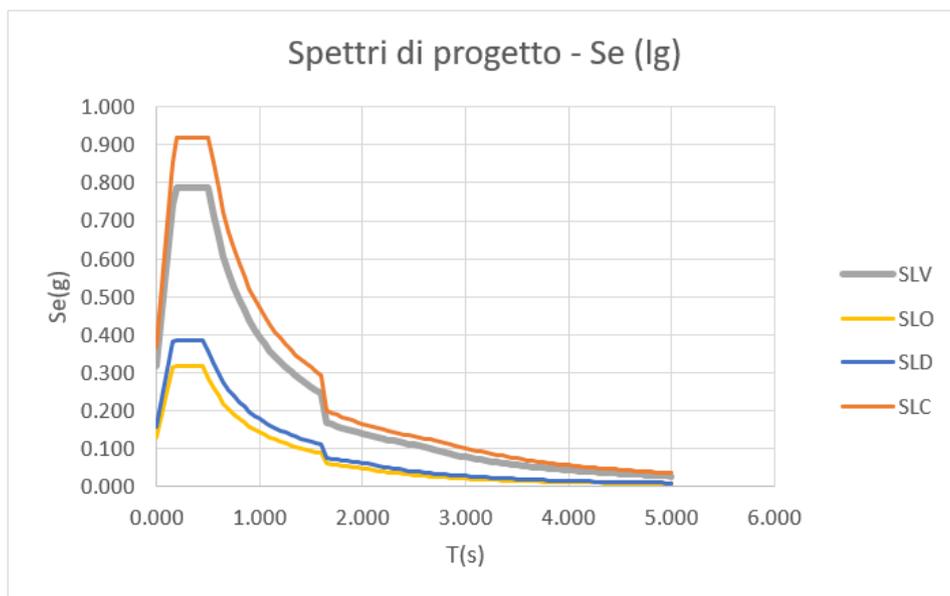


Figura 5-12: Spettro elastico per la componente orizzontale

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente verticale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Parametri per la definizione dello spettro verticale

Stato limite	Suolo	Categ. Top.	S_S	S_T	S	C_C	T_B	T_C	T_D
SLO	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.591	0.050	0.150	1.000
SLD	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.574	0.050	0.150	1.000
SLV	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.514	0.050	0.150	1.000
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.496	0.050	0.150	1.000

Tabella 5-13: Parametri per la definizione dello spettro elastico verticale

In quest'ultima la tipologia di suolo presente in corrispondenza dell'opera, tipologia "C", determina i valori di S_S ed S_T , rispettivamente il fattore di amplificazione stratigrafica e di amplificazione topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione $S=S_S \cdot S_T$; T_B è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale; C_C è il coefficiente che modifica il valore del periodo T_C^* , $T_C = C_C \cdot T_C^*$ è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente orizzontale; T_D è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro della componente verticale. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{se} \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se} \quad T_D \leq T$$

Con riferimento al caso specifico, si riporta in figura lo spettro elastico per componente verticale.

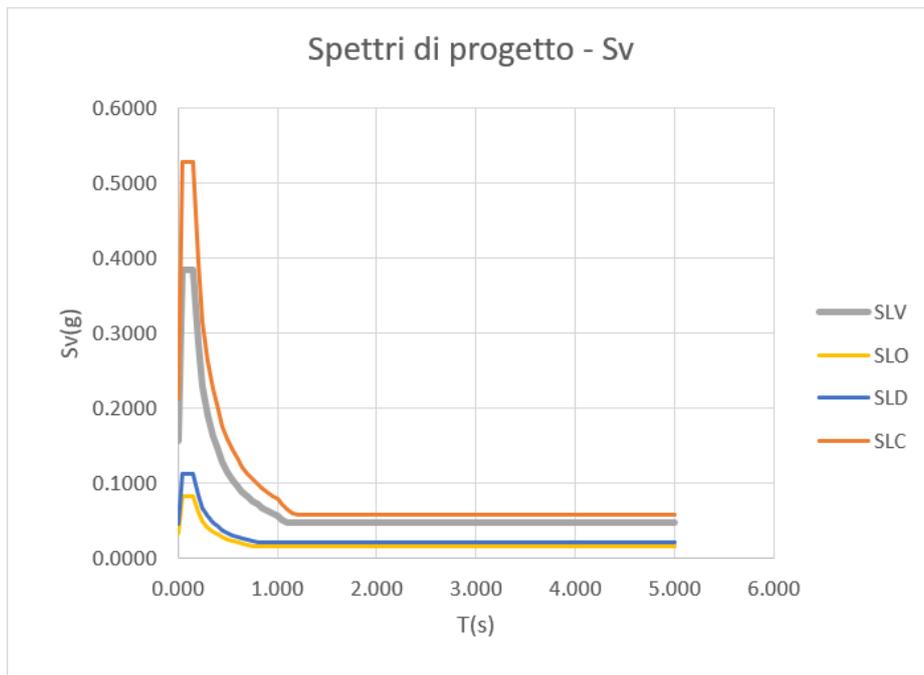


Figura 5-14: Spettro elastico per la componente verticale

5.4.5.2 Effetti della variabilità spaziale del moto sismico

In accordo con quanto prescritto da NT2018 cap. 3, data la rilevante lunghezza della struttura, viene considerato l'effetto della variabilità spaziale del moto, seguendo l'approccio semplificato proposto da EN 1998-2, cap. 3.3

A tal fine, si studiano gli effetti indotti da due prefissati "set" di spostamenti assegnati ai vincoli in fondazione, caratterizzati come segue:

set "A"

Il set è composto di un sistema di spostamenti impressi, valutati con riferimento alla distanza del singolo sostegno rispetto all' "origine" del ponte. Allo scopo, per coprire tutte le possibili occorrenze, si prenderà alternativamente come "origine" la spalla S1 e la spalla S2, valutando lo spostamento relativo di ciascun sostegno.

Set "B"

Il set è composto da un sistema di spostamenti impressi, valutati con riferimento alla distanza relativa del sostegno in esame rispetto ai contigui.

L'effetto di ciascun "set" viene applicato indipendentemente nelle due direzioni.

Pertanto, considerando le due origini prese in esame per il set "A", verranno in totale valutati i seguenti casi:

Set A

- Set di spostamenti con origine spalla 1 x due direzioni x due segni = 4 condizioni
- Set di spostamenti con origine spalla 2 x due direzioni x due segni = 4 condizioni

Set B

- Set di spostamenti relativi x due direzioni x due segni = 4 condizioni

Per un totale di 12 differenti scenari, studiati rispettivamente con riferimento allo SLV ed allo SLC.

Var. Spaziale moto - scenari SLV				Var. Spaziale moto - scenari SLC			
n.	set	nome LC	sgn	n.	set	nome LC	sgn
1	SET A	SLV_VSM_A_S1_x	pos	1	SET A	SLC_VSM_A_S1_x	pos
2			neg	2			neg
3			pos	3			pos
4			neg	4			neg
5		SLV_VSM_A_S2_x	pos	5		SLC_VSM_A_S2_x	pos
6			neg	6			neg
7			pos	7			pos
8			neg	8			neg
9	SET B	SLV_VSM_B_x	pos	9	SET B	SLC_VSM_B_x	pos
10			neg	10			neg
11		SLV_VSM_B_y	pos	11		SLC_VSM_B_y	pos
12			neg	12			neg

Tabella 5-10 combinazioni VSM

Successivamente all'analisi dei singoli contributi, gli effetti risultanti in direzione longitudinale verranno combinati con gli effetti del sisma agente in direzione longitudinale provenienti dall'analisi modale, e gli effetti risultanti in direzione trasversale vanno combinati con quelli indotte dal sisma agente in direzione trasversale, applicando una regola di combinazione quadratica (cfr. NTC2018, cap. 7.3.5).

$$\bar{E}_x = 1.00 \cdot \sqrt[2]{E_x^2 + E_{VSM,x}^2} + 0.30 \cdot \sqrt[2]{E_y^2 + E_{VSM,y}^2} + 0.30 \cdot E_z$$

$$\bar{E}_y = 0.30 \cdot \sqrt[2]{E_x^2 + E_{VSM,x}^2} + 1.00 \cdot \sqrt[2]{E_y^2 + E_{VSM,y}^2} + 0.30 \cdot E_z$$

$$\bar{E}_z = 0.30 \cdot \sqrt[2]{E_x^2 + E_{VSM,x}^2} + 0.30 \cdot \sqrt[2]{E_y^2 + E_{VSM,y}^2} + 1.00 \cdot E_z$$

Figura 5-15 Combinazione degli effetti sismici con gli effetti da Var. Spaz. Moto

Per il caso in esame, si riporta di seguito il calcolo dei vari set di spostamenti.

Variabilità spaziale del moto (ipotesi suolo uniforme) - EN 1998-2 cap. 3.3

Parametri generali

suolo tipo

C

l_g (m)

400 prospetto 3.1N EN 1998-2 3.3(6)

β_r

0.500 EN 1998-2 3.3(6) b.

	SLV	SLC
a_g (m/s ²)	2.370	2.910
S	1.350	1.265
T_c (s)	0.500	0.512
T_d (s)	2.548	2.764
d_g (m)	0.102	0.130 (NTC18 3.2.12 / EN 1998-1 3.2.2.4(1))
ε_r	3.60E-04	4.60E-04 EN 1998-2 3.3(6) a.

Tabella 5-11 Var. Spaz- Moto - dati di base

SET A							
sostegno	x(m)	L _i (S1)	L _i (S2)	SLV		SLC	
				d _{ri} (S1) (mm)	d _{ri} (S2) (mm)	d _{ri} (S1) (mm)	d _{ri} (S1) (mm)
S1	0.00	0.00	933.50	0.00	143.95	0.00	184.02
P1	33.70	33.70	899.80	12.13	143.95	15.50	184.02
P2	82.20	82.20	851.30	29.58	143.95	37.82	184.02
P3	130.70	130.70	802.80	47.04	143.95	60.13	184.02
P4	179.20	179.20	754.30	64.49	143.95	82.44	184.02
P5	227.70	227.70	705.80	81.94	143.95	104.75	184.02
P6	276.20	276.20	657.30	99.40	143.95	127.07	184.02
P7	310.85	310.85	622.65	111.87	143.95	143.01	184.02
P8	345.50	345.50	588.00	124.34	143.95	158.95	184.02
P9	394.00	394.00	539.50	141.79	143.95	181.26	184.02
P10	442.50	442.50	491.00	143.95	143.95	184.02	184.02
P11	491.00	491.00	442.50	143.95	143.95	184.02	184.02
P12	539.50	539.50	394.00	143.95	141.79	184.02	181.26
P13	588.00	588.00	345.50	143.95	124.34	184.02	158.95
P14	622.65	622.65	310.85	143.95	111.87	184.02	143.01
P15	657.30	657.30	276.20	143.95	99.40	184.02	127.07
P16	705.80	705.80	227.70	143.95	81.94	184.02	104.75
P17	754.30	754.30	179.20	143.95	64.49	184.02	82.44
P18	802.80	802.80	130.70	143.95	47.04	184.02	60.13
P19	851.30	851.30	82.20	143.95	29.58	184.02	37.82
P20	899.80	899.80	33.70	143.95	12.13	184.02	15.50
S2	933.50	933.50	0	143.95	0.00	184.02	0.00
giuntoS1	0.00	0.00	933.5	0.00	143.95	0.00	184.02
giuntoS2	933.50	933.50	0	143.95	0.00	184.02	0.00
NOTE:							
L _i (S1):	distanza del sostegno "i" rispetto a spalla S1						
L _i (S2):	distanza del sostegno "i" rispetto a spalla S2						
In grassetto i valori di progetto afferenti al set A							

Tabella 5-12 Spostamenti VSM - set A (SLV e SLC)

SET B								
	x(m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	L _{av} (m)	SLV		SLC	
					Δdi (mm)	d _i (mm)	Δdi (mm)	d _i (mm)
S1	0.00	0.00	33.70	33.70	6.06	3.03	7.75	3.88
1	33.70	33.70	48.50	41.10	7.40	-3.70	9.45	-4.73
2	82.20	48.50	48.50	48.50	8.73	4.36	11.16	5.58
3	130.70	48.50	48.50	48.50	8.73	-4.36	11.16	-5.58
4	179.20	48.50	48.50	48.50	8.73	4.36	11.16	5.58
5	227.70	48.50	48.50	48.50	8.73	-4.36	11.16	-5.58
6	276.20	48.50	34.65	41.58	7.48	3.74	9.56	4.78
7	310.85	34.65	34.65	34.65	6.23	-3.12	7.97	-3.99
8	345.50	34.65	48.50	41.58	7.48	3.74	9.56	4.78
9	394.00	48.50	48.50	48.50	8.73	-4.36	11.16	-5.58
10	442.50	48.50	48.50	48.50	8.73	4.36	11.16	5.58
11	491.00	48.50	48.50	48.50	8.73	-4.36	11.16	-5.58
12	539.50	48.50	48.50	48.50	8.73	4.36	11.16	5.58
13	588.00	48.50	34.65	41.58	7.48	-3.74	9.56	-4.78
14	622.65	34.65	34.65	34.65	6.23	3.12	7.97	3.99
15	657.30	34.65	48.50	41.58	7.48	-3.74	9.56	-4.78
16	705.80	48.50	48.50	48.50	8.73	4.36	11.16	5.58
17	754.30	48.50	48.50	48.50	8.73	-4.36	11.16	-5.58
18	802.80	48.50	48.50	48.50	8.73	4.36	11.16	5.58
19	851.30	48.50	48.50	48.50	8.73	-4.36	11.16	-5.58
20	899.80	48.50	33.70	41.10	7.40	3.70	9.45	4.73
S2	933.50	33.70	0.00	33.70	6.06	-3.03	7.75	-3.88
giuntoS1	0.00	0.00	33.70	33.70	6.06	3.03	7.75	3.88
giuntoS2	933.50	33.70	0.00	33.70	6.06	-3.03	7.75	-3.88
NOTE:								
L ₁	distanza pila precedente dal sostegno in esame							
L ₂	distanza pila successiva dal sostegno in esame							
L _{av}	distanza media (luce campata di riva, se spalla)							
In grassetto i valori di progetto afferenti al set B								

Tabella 5-13 Spostamenti VSM - set B (SLV e SLC)

I diagrammi seguenti riepilogano l'andamento degli spostamenti impressi in corrispondenza dei vari sostegni, per i due set considerati.

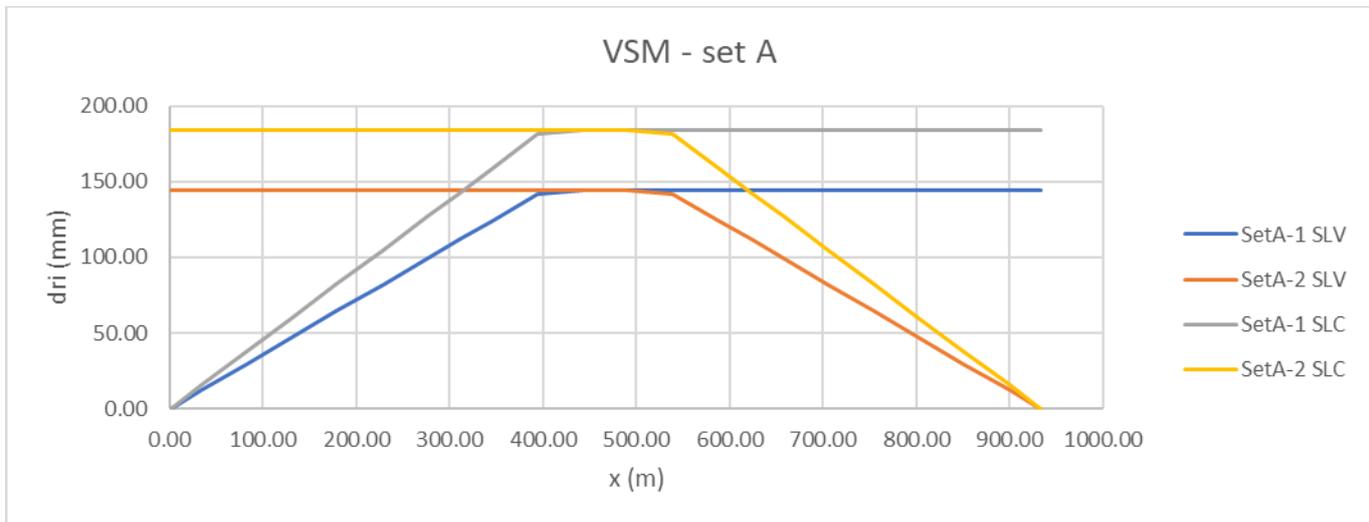


Figura 5-16 VSM - set A

(* set A-1: origine su spalla S1

(* set A-2: origine su spalla S2



Figura 5-17 VSM - set B

Gli effetti della variabilità spaziale del moto vengono considerati ai fini del dimensionamento/verifica delle sottostrutture e del sistema di vincolo.

5.4.6 Sollevamento impalcato

Si considera la condizione di sollevamento dell'impalcato per manutenzione dei dispositivi di vincolo.

Le operazioni di sollevamento verranno effettuate posizionando dei martinetti in prossimità dell'asse appoggi, lungo l'anima della trave per i sostegni intermedi (pile) ed all'interno dell'asse per le spalle e la pila spalla.

In tali zone, sulle travi sono predisposti specifici piatti di irrigidimento d'anima. Per il sollevamento in corrispondenza delle pile, si posizioneranno i martinetti simmetricamente rispetto all'asse appoggi (totale 4 punti di sollevamento), mentre per il sollevamento in corrispondenza della spalla e pila spalla, i martinetti verranno posizionati solamente lato al lato interno (2 punti di sollevamento).

Ai fini delle verifiche, si valuta l'effetto coattivo indotto sulla struttura da tale variazione di quota, applicando un sollevamento δ_z in corrispondenza di ciascun asse appoggi, di entità minima pari a:

$$\delta_{z,\min} = + 20 \text{ mm}$$

Si opererà esclusivamente in contemporanea sui punti di sollevamento di ciascun sostegno.

Al fini delle verifiche, si considera una specifica combinazione di carico di tipo "transient".

5.5 COMBINAZIONI DI CARICO

Per l'impalcato in esame, si evidenzia preliminarmente che, tra le azioni variabili da traffico nelle verifiche globali, si considereranno solamente i carichi di gruppo 1.

Per le formulazioni generali delle combinazioni di carico nell'ambito dei vari S.L. si rimanda a NTC-08 cap. 2.5.3 (rif. Eurocodice EN 1990-annex.A2, cap. A2.3, A2.4).

S.L.U. - fondamentale

Con riferimento ai carichi significativi, la combinazione assume la seguente forma:

$$E_d = \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{Sp} G_{Sp} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,1} (Q_{k,TS} + Q_{k,UDL}) + \gamma_{q,2} \psi_{0,2} Q_{k,T} + \gamma_{q,3} \psi_{0,3} Q_{k,v}$$

Per quanto riguarda i coefficienti moltiplicativi, si fa riferimento a quanto contenuto in NTC-08, cap. 5.1.3.12, tab. 5.1.V, ripreso da EN 1990, annex A.2, e relativo N.A.D.. Per i coefficienti si considera quanto segue:

γ_{G1}	1.35 - 1	coefficiente moltiplicativo dei sovraccarichi permanenti strutturali
γ_{Sp}	1.0 - 1.0	coefficiente moltiplicativo degli spostamenti o deformazioni impresse
γ_{G2}	1.35 - 1	dal momento che sono di carattere compiutamente definiti, i carichi permanenti portati verranno trattati alla stessa stregua dei carichi permanenti strutturali
$\gamma_{sett.}$	1.2 - 0	coefficiente moltiplicativo per i cedimenti vincolari
γ_{sh}	1.2 - 1.2	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro,
γ_{Q1}	1.35 - 0	coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
γ_{Q2}	+/- 1.5	coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.
γ_{Q3}	+/- 1.5	coefficiente moltiplicativo per i carichi dovuti al vento.

I coefficienti di combinazione dell'azione di temperatura e del vento, risultano (cfr. NTC-08, tab. 5.1.VI):

$$\psi_{0,2} = 0.6 \quad \psi_{0,3} = 0.6$$

Quanto evidenziato è relativo alla verifica allo S.L.U. della trave d'impalcato, per la quale risulta significativa la sola combinazione con carichi mobili dominanti.

Per le verifiche S.L.U. nei confronti della situazione transitoria di sollevamento, si considera:

$$S_d = \gamma_{G1} G_k + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{soll.} G_{ksoll.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,1} (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL})$$

In cui (in aggiunta):

$\gamma_{soll.}$ 1.2 coefficiente moltiplicativo per le azioni indotte dal sollevamento

S.L.E. - fondamentale

Con riferimento ai carichi significativi, si ha la seguente combinazione dei valori caratteristici dei carichi (indice "k").

$$E_d = G_{k1} + G_{Sp} + G_{k2} + G_{ksett.} + G_{sh} + (Q_{k,TS} + Q_{k,UDL}) + \psi_{0,2} Q_{k,T} + \psi_{0,3} Q_{k,v}$$

Il coefficiente di combinazione dell'azione di temperatura e del vento, risultano (cfr. NTC-08, tab. 5.1.VI):

$$\psi_{0,2} = 0.6 \quad \psi_{0,3} = 0.6$$

La combinazione S.L.E. fondamentale verrà impiegata ai fini delle seguenti verifiche:

- verifica allo S.L.E., limitazione delle tensioni

Per le verifiche S.L.E. nei confronti della situazione transitoria di sollevamento, si considera:

$$S_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{ksoll.} + G_{sh} + F_{wk} + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL})$$

S.L.E. - frequente

$$E_d = G_{k1} + G_{Sp} + G_{k2} + G_{ksett.} + G_{sh} + (\psi_{1,1TS} Q_{k,TS} + \psi_{1,1UDL} Q_{k,UDL}) + \psi_{2,2} Q_{k,T} + \psi_{2,3} Q_{k,v}$$

I coefficienti di combinazione (NTC-08, tab. 5.1.VI, EN 1991-2,) risultano:

$$\psi_{1,1} = 0.75 \text{ per i contributi TS}$$

$$\psi_{1,1} = 0.4 \text{ per i contributi UDL}$$

$$\psi_{2,2} = 0.5 \text{ per la temperatura}$$

$$\psi_{2,3} = 0.0 \text{ per il vento}$$

La combinazione S.L.E. frequente viene impiegata per:

- verifiche a fessurazione

- verifiche di deformabilità

- verifica "web breathing" per la struttura composta

Si evidenzia che tale relazione costituisce anche la combinazione "base" da prendere in esame per la valutazione della parte non ciclica delle verifiche a fatica (cfr. pp seguenti).

S.L.E. - quasi permanente

$$E_d = G_{k1} + G_{Sp} + G_{k2} + G_{ksett.} + G_{sh} + \psi_{2,2} Q_{k,T} + \psi_{2,3} Q_{k,v}$$

Risultano assenti i carichi mobili da traffico, i cui coefficienti quasi permanenti di combinazione sono nulli, mentre la temperatura viene associata al coefficiente di combinazione $\psi_{2,2} = 0.5$. e $\psi_{2,3} = 0.0$ per il vento.

S.L.U. – S.L.E. - sismica

$$E_d = E + G_{k1} + G_{k2} + G_{ksett.} + G_{sh} + (\psi_{2,1TS} Q_{k,TS} + \psi_{2,1UDL} Q_{k,UDL}) + \psi_{2,2} Q_{k,T} + \psi_{2,3} Q_{k,v}$$

I coefficienti di combinazione (NTC-08, tab. 5.1.VI, EN 1991-2,) risultano:

$$\psi_{2,1} = 0 \text{ per i contributi TS}$$

$$\psi_{2,1} = 0 \text{ per i contributi UDL}$$

$$\psi_{2,2} = 0.5 \text{ per la temperatura}$$

$$\psi_{2,3} = 0.0 \text{ per il vento}$$

S.L.U. - eccezionale

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{ksett.} + G_{sh} + (\psi_{2,1TS} Q_{k,TS} + \psi_{2,1UDL} Q_{k,UDL}) + \psi_{2,2} Q_{k,T} + \psi_{2,3} Q_{k,v}$$

I coefficienti di combinazione (NTC-08, tab. 5.1.VI, EN 1991-2,) risultano:

$\psi_{2,1} = 0$ per i contributi TS

$\psi_{2,1} = 0$ per i contributi UDL

$\psi_{2,2} = 0.5$ per la temperatura

$\psi_{2,3} = 0.0$ per il vento

S.L.U. - fatica

L'approccio scelto per le verifiche a fatica è quello definito "a danneggiamento".

Per la modellazione della parte ciclica dei carichi si adotta il modello di carico per fatica n.3, unitamente al metodo dei coefficienti λ , i cui criteri generali sono contenuti nelle istruzioni NTC-08 C.4.2.4.1.4.6.3 (rif. Eurocodice EN1993-1-8 cap. 6.3).

L'elaborazione della combinazione di verifica a fatica viene effettuata con riferimento a quanto previsto in EN 1992-1-1 cap. 6.8.3(P1), sovrapponendo le sollecitazioni indotte dalla parte ciclica dei carichi a quello indotto dalla parte non ciclica. Relativamente alla parte non ciclica, si fa riferimento alla combinazione S.L.E. frequente, in cui i carichi variabili sono costituiti dai contributi "non leading" significativi (in questo caso la sola temperatura), mentre la parte ciclica è costituita dalle sollecitazioni indotte dal transito del veicolo FLM3, sulla corsia lenta reale predisposta sul piano viabile.

Pertanto, l'ampiezza del Δ di tensione viene valutata sulla base di:

$$\Sigma G_{k,j} + \psi_{2,2} Q_{k,T} + Q_{fat(FLM3)}$$

Si evidenzia che, come necessario, si tiene conto, nell'ambito del calcolo del massimo/minimo effetto, dell'eventuale cambio di "stato" (cracked/uncracked) della soletta.

Le combinazioni di carico vengono elaborate dal sistema ad elementi finiti Lusas, con un algoritmo denominato "Smart Combination" che procede, in automatico, a selezionare i due coefficienti moltiplicativi delle azioni γ_{fav} , γ_{unfav} per massimizzare/minimizzare la caratteristica di sollecitazione prescelta.

Tale possibilità rende estremamente semplice ed immediato l'elaborazione di tutte le combinazioni, individuando la situazione più sfavorevole.

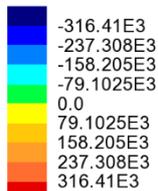
6 ANALISI STRUTTURALE IMPALCATO

6.1 SOLLECITAZIONI TRAVE

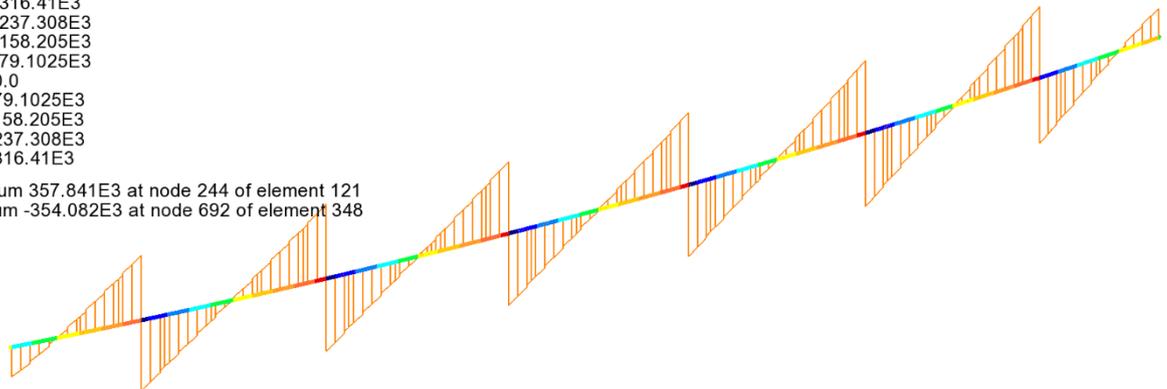
A valle dell'analisi strutturale, effettuate per le singole condizioni di carico, vengono eseguiti gli involuppi e le combinazioni pertinenti ai vari scopi, rispettivamente per max/min V e max/min M.

Nel seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni della trave di bordo lato interno impalcato, organizzati per condizioni di carico elementari e per involuppi di progetto.

Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 2:G1_acciaio
Results file: Marroggia_rev01_g~01_Fase1.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

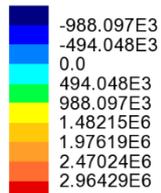


Maximum 357.841E3 at node 244 of element 121
Minimum -354.082E3 at node 692 of element 348

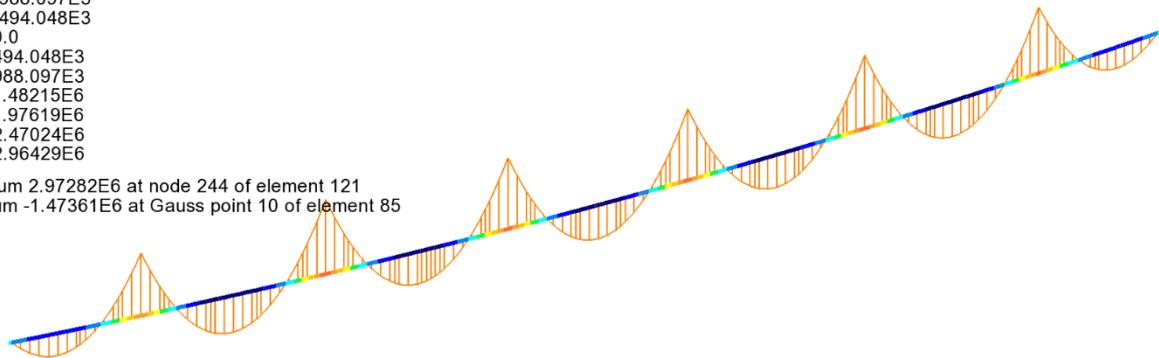


Gk1 - Peso proprio acciaio - Fz

Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 2:G1_acciaio
Results file: Marroggia_rev01_g~01_Fase1.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

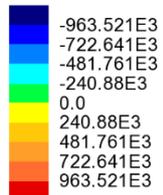


Maximum 2.97282E6 at node 244 of element 121
Minimum -1.47361E6 at Gauss point 10 of element 85

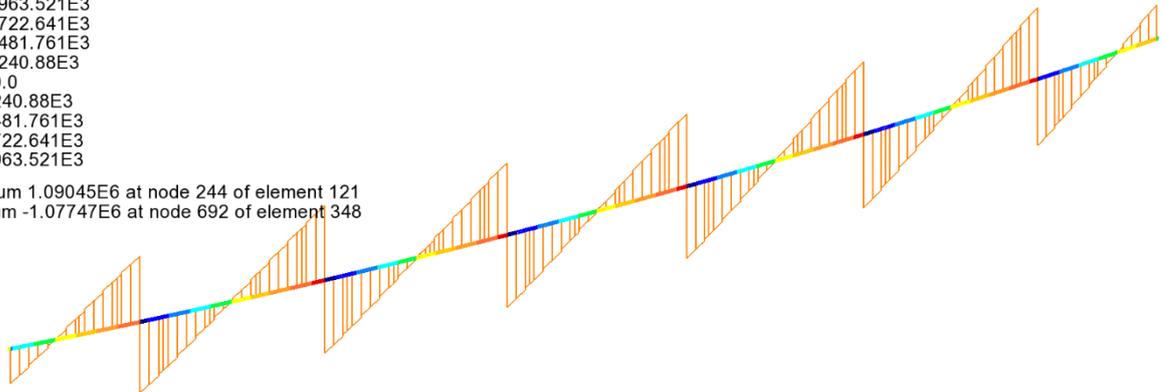


Gk1 - Peso proprio acciaio - My

Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 8:G1_getto_soletta
Results file: Marroggia_rev01_g~01_Fase1.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

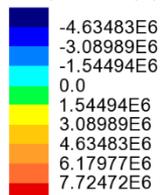


Maximum 1.09045E6 at node 244 of element 121
Minimum -1.07747E6 at node 692 of element 348

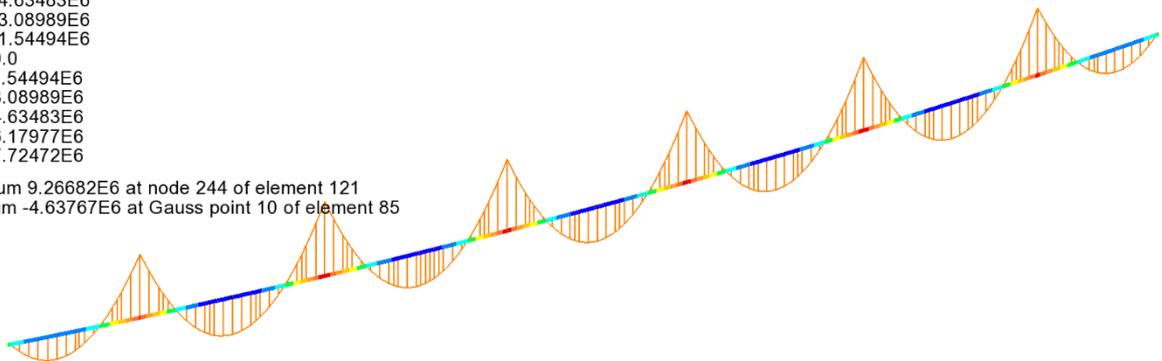


Gk1 - Peso proprio soletta - Fz

Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 8:G1_getto_soletta
Results file: Marroggia_rev01_g~01_Fase1.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

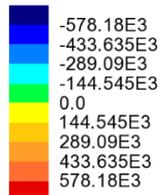


Maximum 9.26682E6 at node 244 of element 121
Minimum -4.63767E6 at Gauss point 10 of element 85

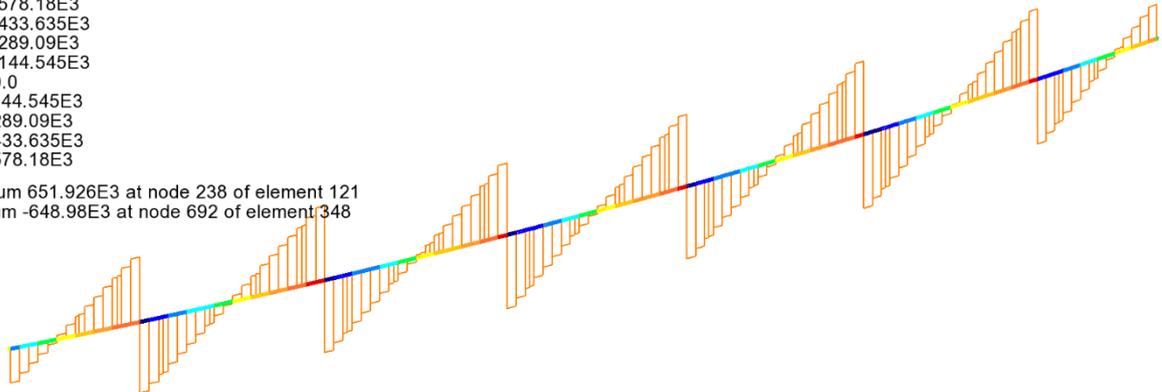


Gk1 - Peso proprio soletta - My

Analysis: 02_Fase2a
Loadcase: 3:G2_permanenti
Results file: Marroggia_rev01_g~02_Fase2a.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

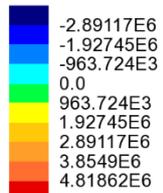


Maximum 651.926E3 at node 238 of element 121
Minimum -648.98E3 at node 692 of element 348

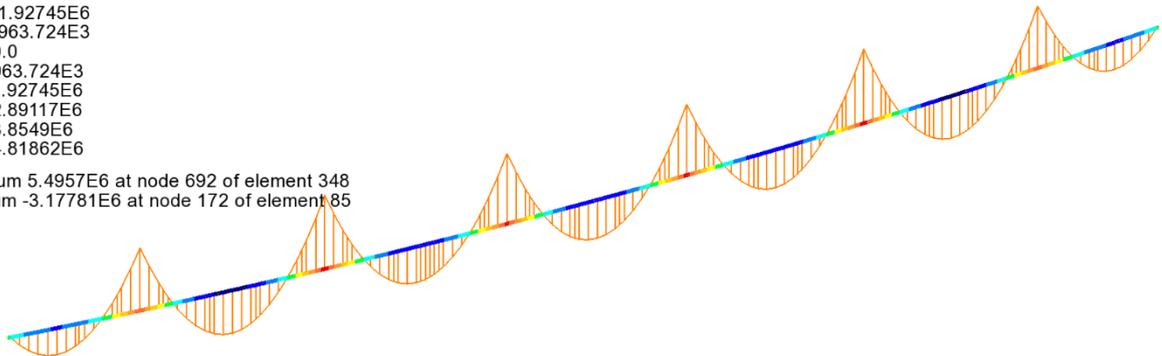


Gk2 - Permanenti non strutturali - Fz

Analysis: 02_Fase2a
Loadcase: 3:G2_permanenti
Results file: Marroggia_rev01_g~02_Fase2a.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

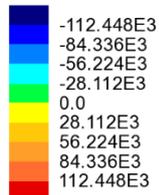


Maximum 5.4957E6 at node 692 of element 348
Minimum -3.17781E6 at node 172 of element 85



Gk2 - Permanenti non strutturali - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 4:Gsh
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

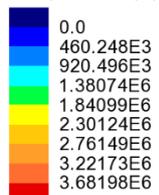


Maximum 126.254E3 at node 16 of element 10
Minimum -126.754E3 at node 908 of element 456

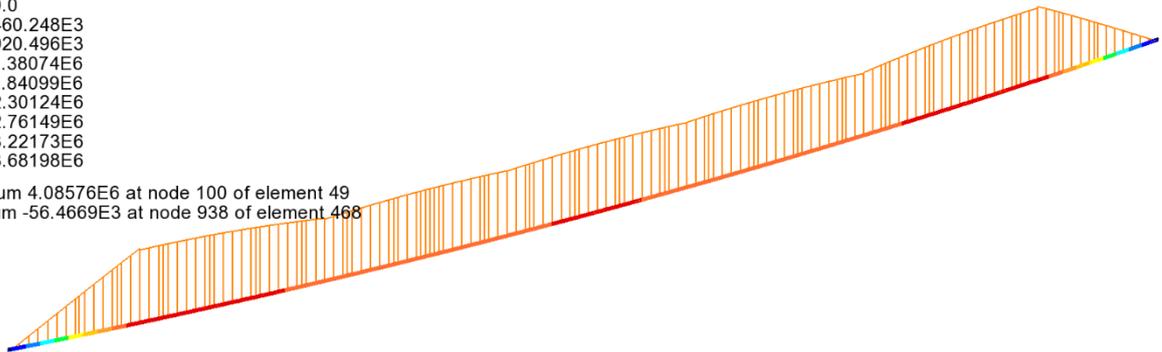


Gsh - Ritiro - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 4:Gsh
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

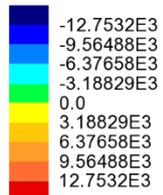


Maximum 4.08576E6 at node 100 of element 49
Minimum -56.4669E3 at node 938 of element 468



Gsh - Ritiro - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 5:Gsettl_P7
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

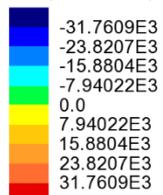


Maximum 15.3621E3 at node 2 of element 4
Minimum -13.3325E3 at node 208 of element 106

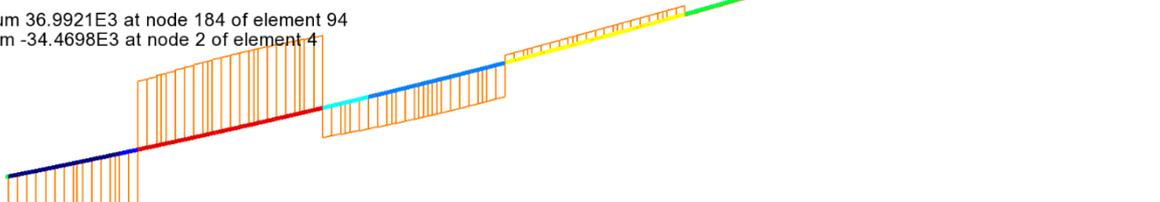


Qkc - Cedimenti Pila P7 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 6:Gsettl_P8
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

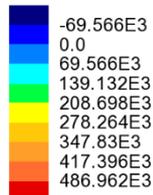


Maximum 36.9921E3 at node 184 of element 94
Minimum -34.4698E3 at node 2 of element 4

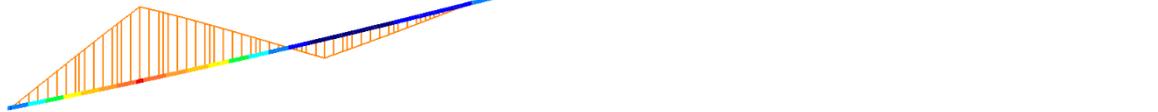


Qkc - Cedimenti Pila P8 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 5:Gsettl_P7
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

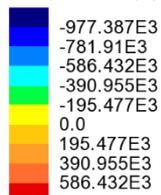


Maximum 498.951E3 at node 100 of element 49
Minimum -127.143E3 at node 244 of element 121



Qkc - Cedimenti Pila P7 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 6:Gsettl_P8
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

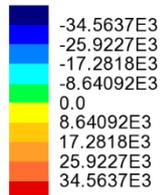


Maximum 638.064E3 at node 244 of element 121
Minimum -1.12123E6 at node 100 of element 49

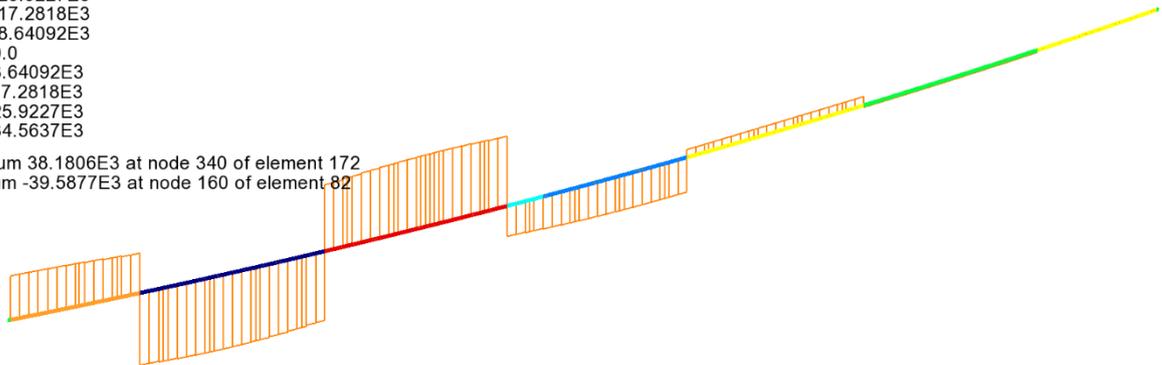


Qkc - Cedimenti Pila P8 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 11:Gsettl_P9
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

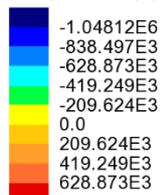


Maximum 38.1806E3 at node 340 of element 172
Minimum -39.5877E3 at node 160 of element 82

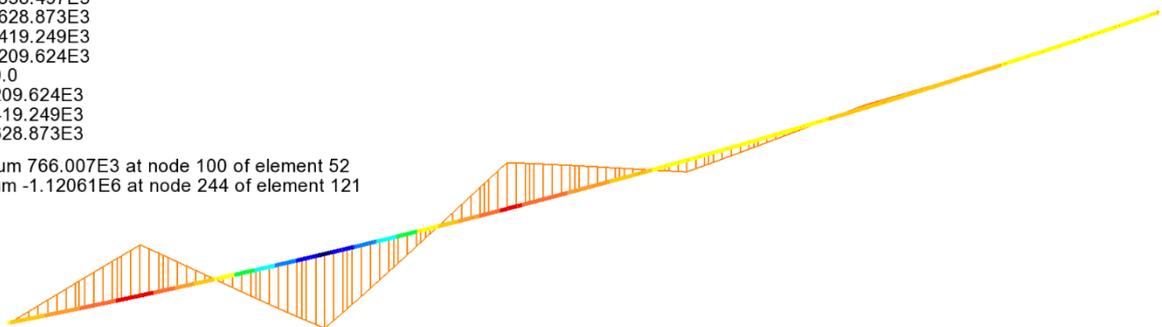


Qkc - Cedimenti Pila P9 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 11:Gsettl_P9
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

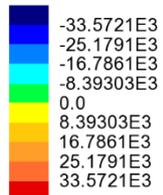


Maximum 766.007E3 at node 100 of element 52
Minimum -1.12061E6 at node 244 of element 121

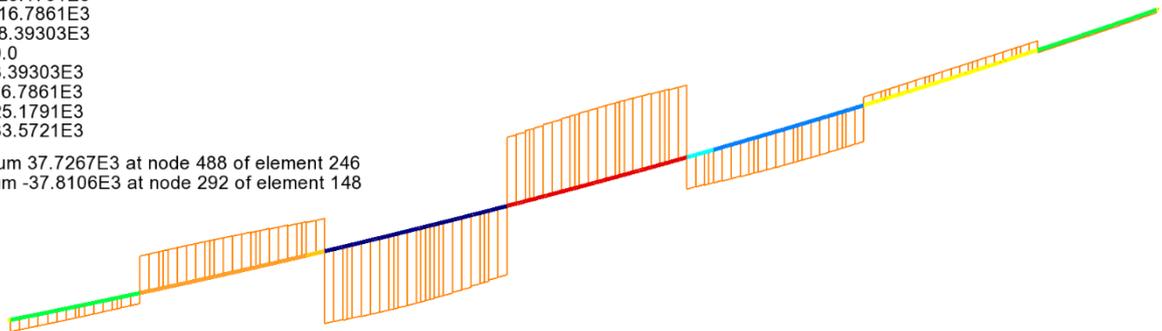


Qkc - Cedimenti Pila P9 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 12:Gsettl_P10
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

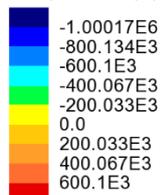


Maximum 37.7267E3 at node 488 of element 246
Minimum -37.8106E3 at node 292 of element 148

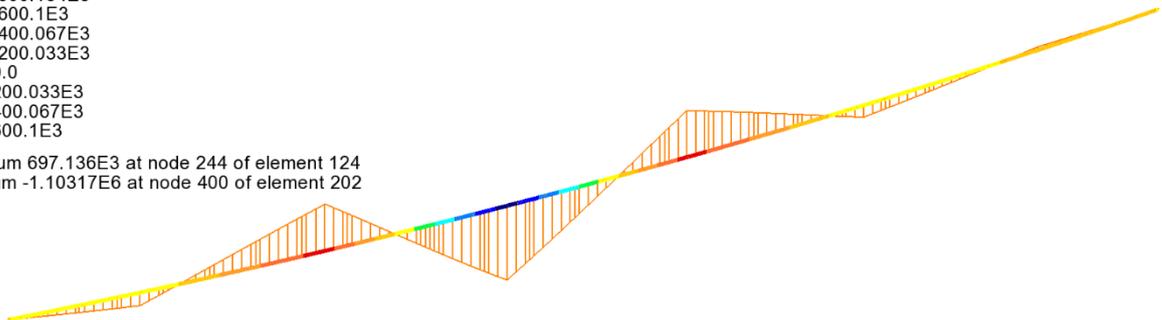


Qkc - Cedimenti Pila P10 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 12:Gsettl_P10
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

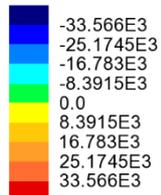


Maximum 697.136E3 at node 244 of element 124
Minimum -1.10317E6 at node 400 of element 202

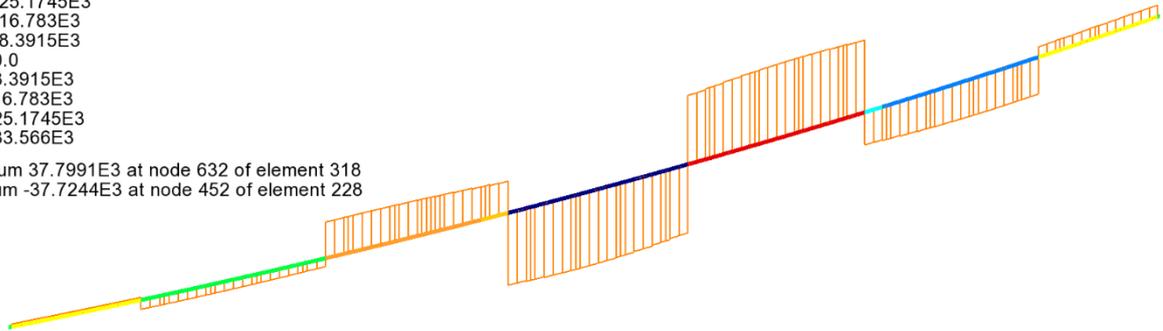


Qkc - Cedimenti Pila P10 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 13:Gsettl_P11
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

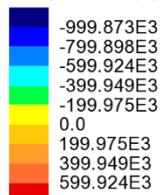


Maximum 37.7991E3 at node 632 of element 318
Minimum -37.7244E3 at node 452 of element 228

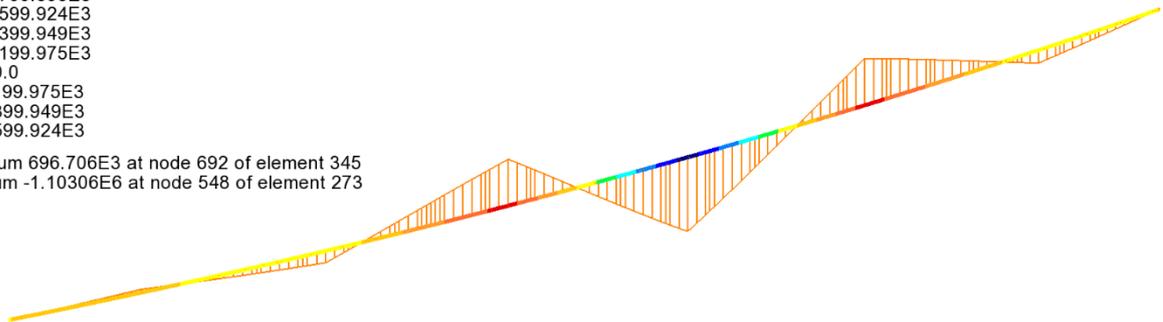


Qkc - Cedimenti Pila P11 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 13:Gsettl_P11
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

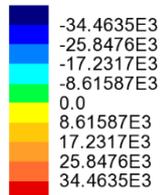


Maximum 696.706E3 at node 692 of element 345
Minimum -1.10306E6 at node 548 of element 273

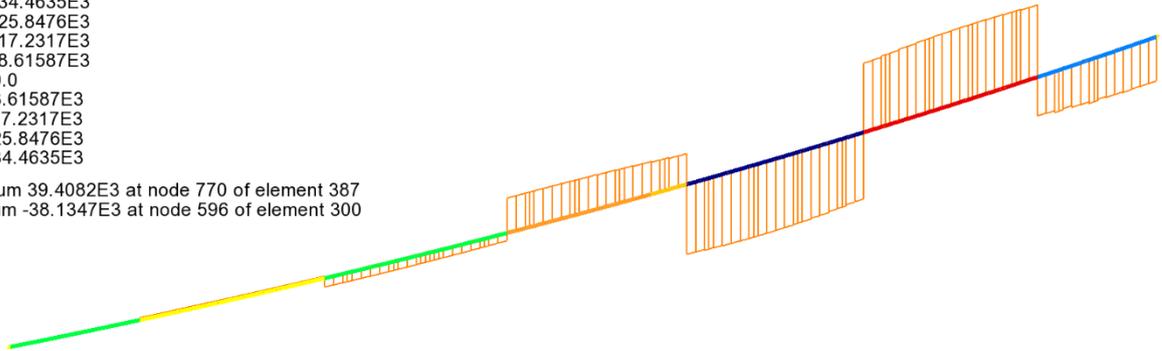


Qkc - Cedimenti Pila P11 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 14:Gsettl_P12
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

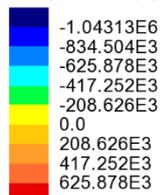


Maximum 39.4082E3 at node 770 of element 387
Minimum -38.1347E3 at node 596 of element 300

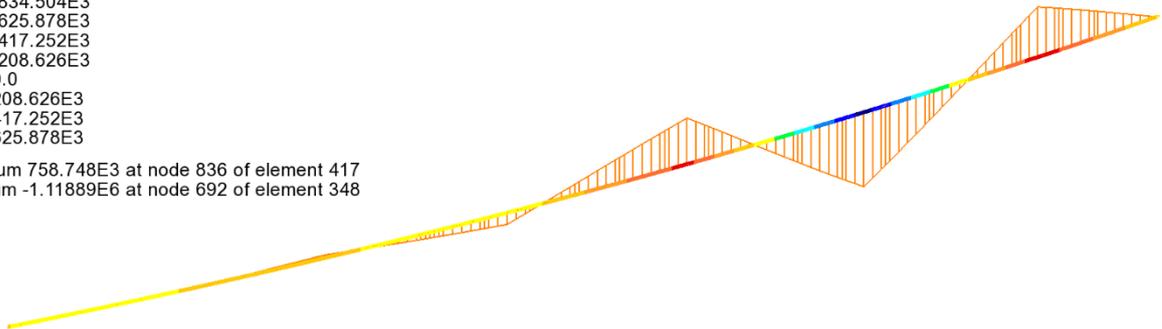


Qkc - Cedimenti Pila P12 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 14:Gsettl_P12
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

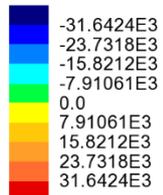


Maximum 758.748E3 at node 836 of element 417
Minimum -1.11889E6 at node 692 of element 348

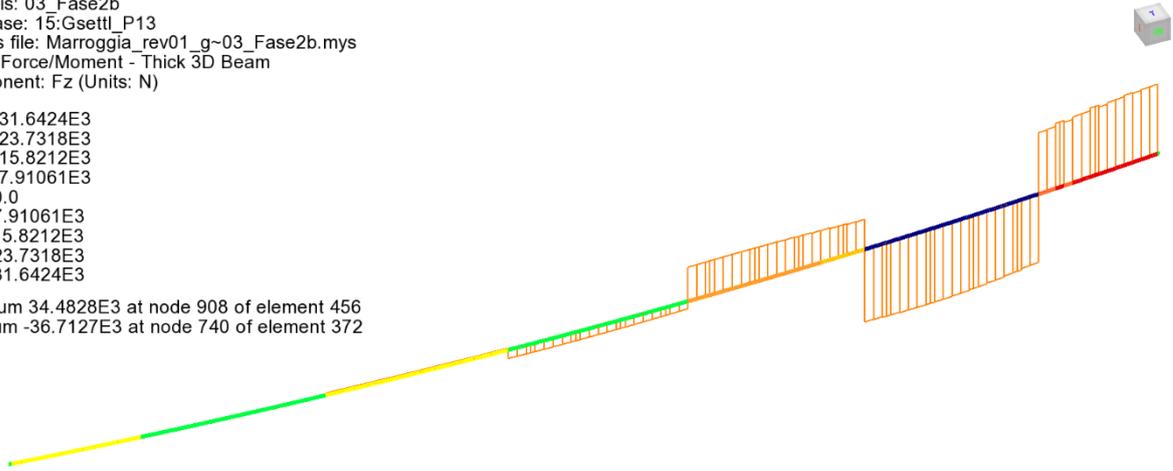


Qkc - Cedimenti Pila P12 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 15:Gsettl_P13
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

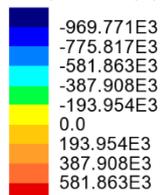


Maximum 34.4828E3 at node 908 of element 456
Minimum -36.7127E3 at node 740 of element 372

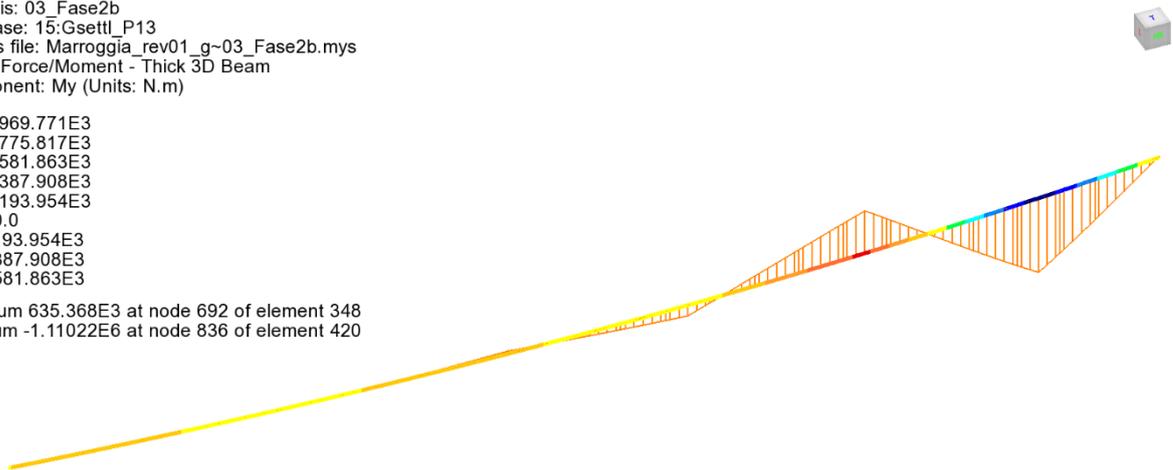


Qkc - Cedimenti Pila P13 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 15:Gsettl_P13
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

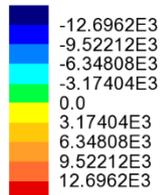


Maximum 635.368E3 at node 692 of element 348
Minimum -1.11022E6 at node 836 of element 420

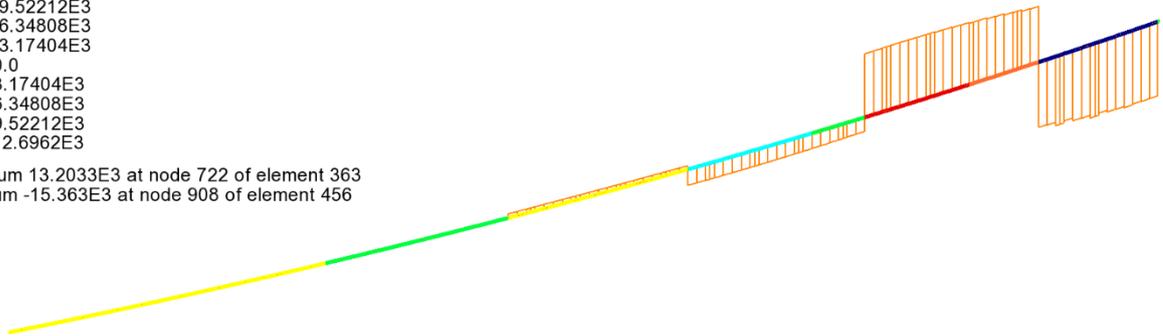


Qkc - Cedimenti Pila P13 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 16:Gsettl_P14
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

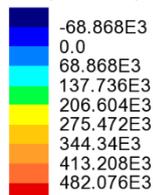


Maximum 13.2033E3 at node 722 of element 363
Minimum -15.363E3 at node 908 of element 456

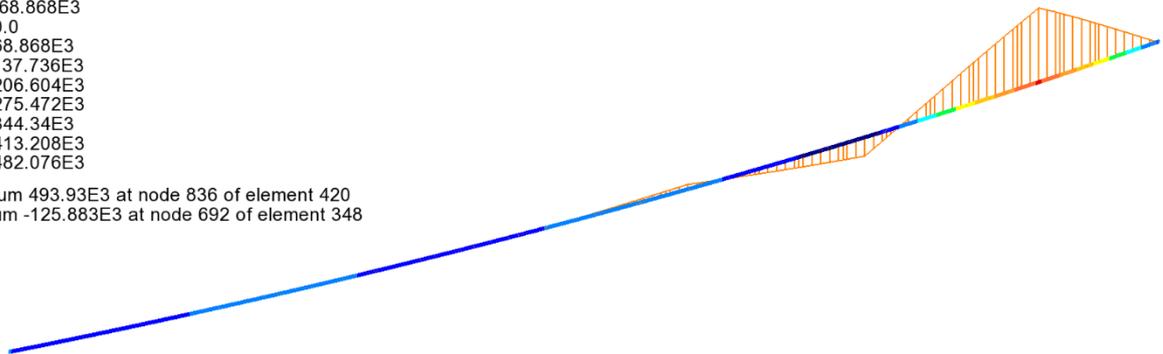


Qkc - Cedimenti Pila P14 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 16:Gsettl_P14
Results file: Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

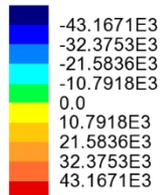


Maximum 493.93E3 at node 836 of element 420
Minimum -125.883E3 at node 692 of element 348

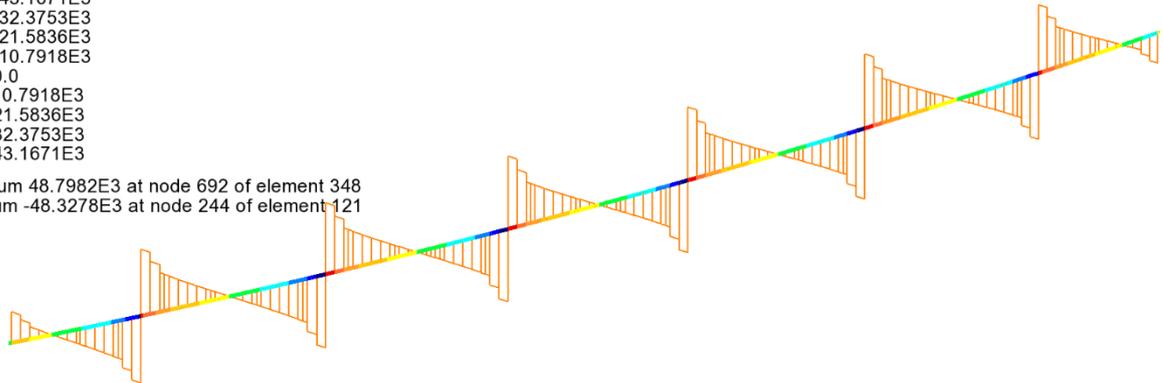


Qkc - Cedimenti Pila P14 - My

Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 50:Fw
Results file: Marroggia_rev01_g~04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

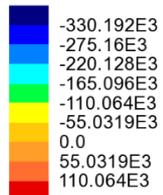


Maximum 48.7982E3 at node 692 of element 348
Minimum -48.3278E3 at node 244 of element 121

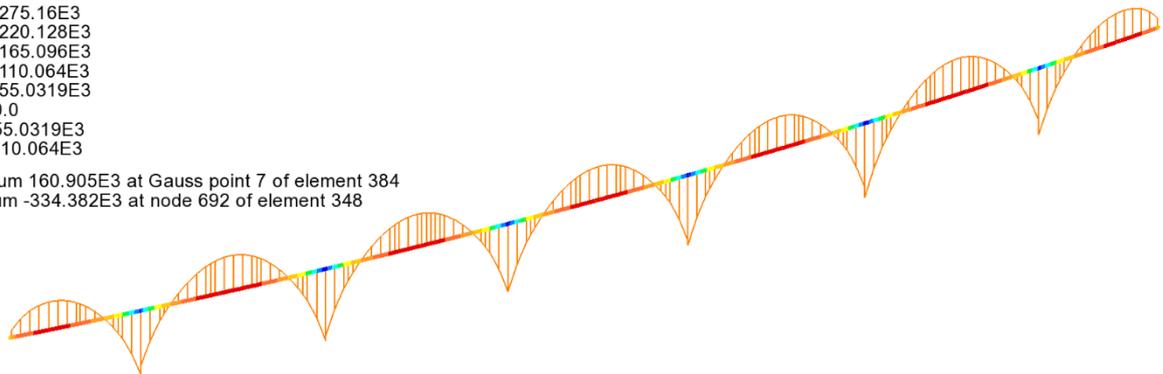


Qkv - Vento - Fz

Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 50:Fw
Results file: Marroggia_rev01_g~04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

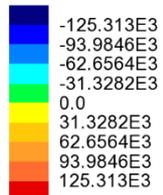


Maximum 160.905E3 at Gauss point 7 of element 384
Minimum -334.382E3 at node 692 of element 348

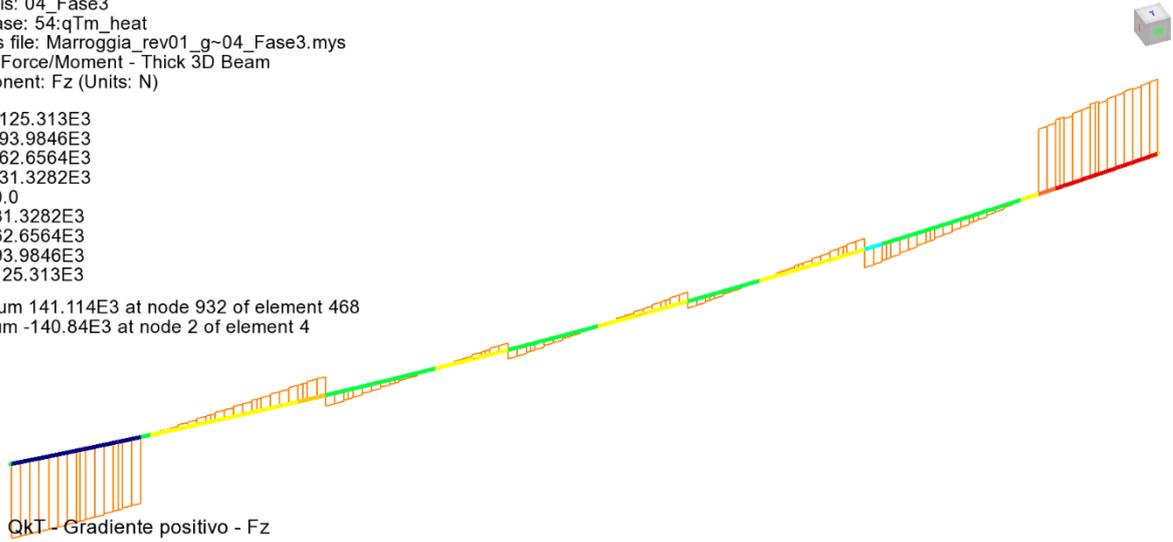


Qkv - Vento - My

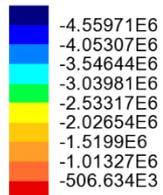
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 54:qTm_heat
Results file: Marroggia_rev01_g~04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



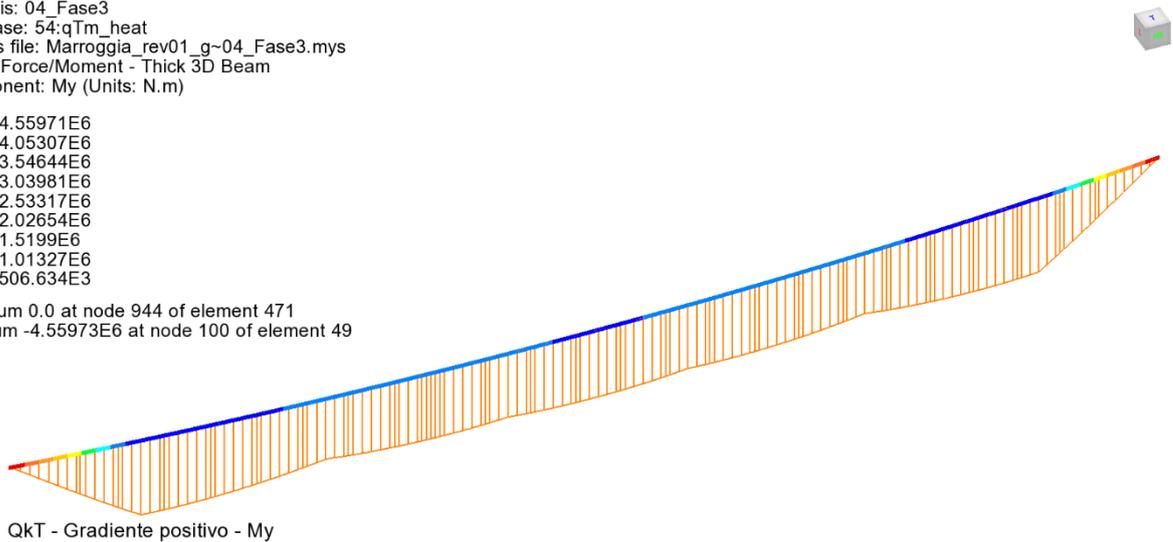
Maximum 141.114E3 at node 932 of element 468
Minimum -140.84E3 at node 2 of element 4



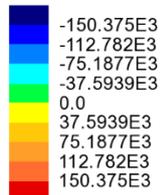
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 54:qTm_heat
Results file: Marroggia_rev01_g~04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



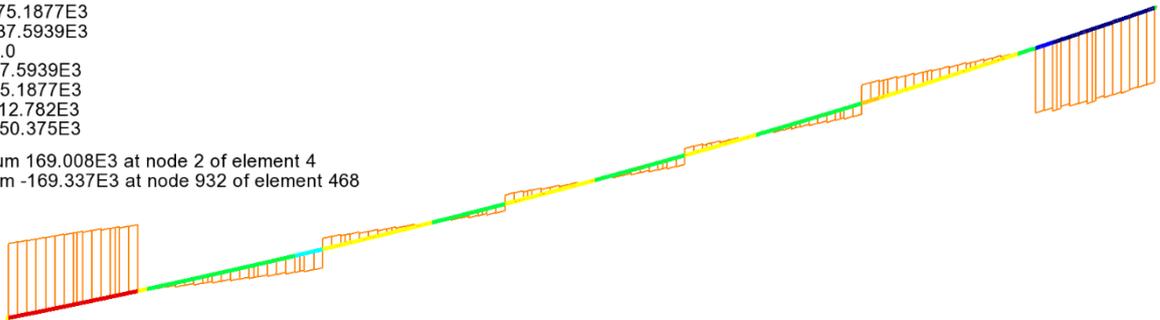
Maximum 0.0 at node 944 of element 471
Minimum -4.55973E6 at node 100 of element 49



Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 53:qTm_cool
Results file: Marroggia_rev01_g~04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

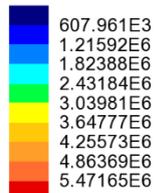


Maximum 169.008E3 at node 2 of element 4
Minimum -169.337E3 at node 932 of element 468

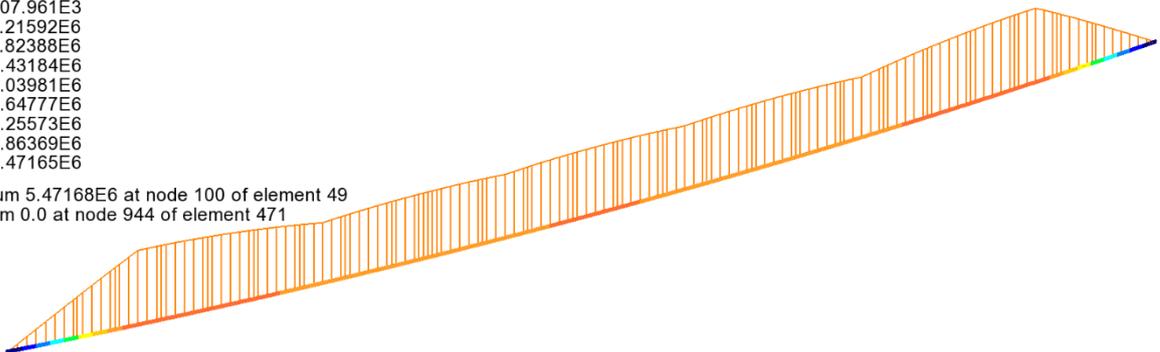


QkT - Gradiente negativo - Fz

Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 53:qTm_cool
Results file: Marroggia_rev01_g~04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

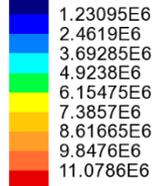


Maximum 5.47168E6 at node 100 of element 49
Minimum 0.0 at node 944 of element 471

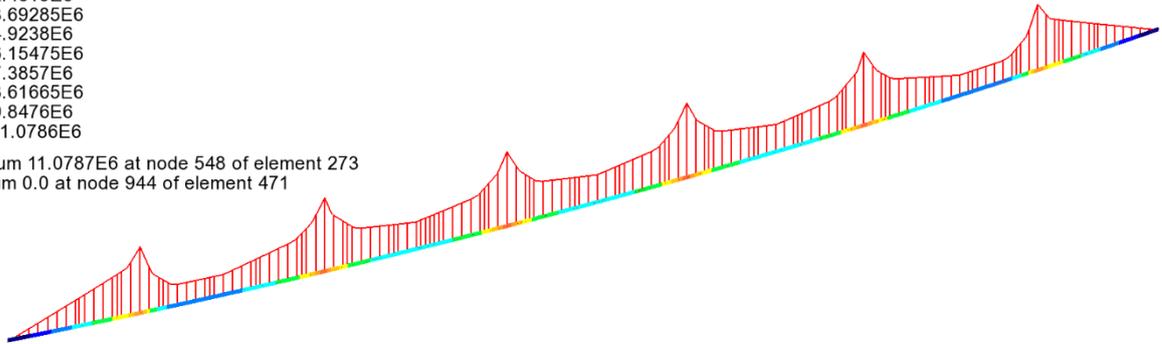


QkT - Gradiente negativo - My

Combining on: My
Env_Qk_char (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

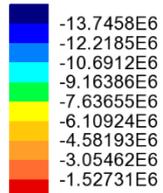


Maximum 11.0787E6 at node 548 of element 273
Minimum 0.0 at node 944 of element 471

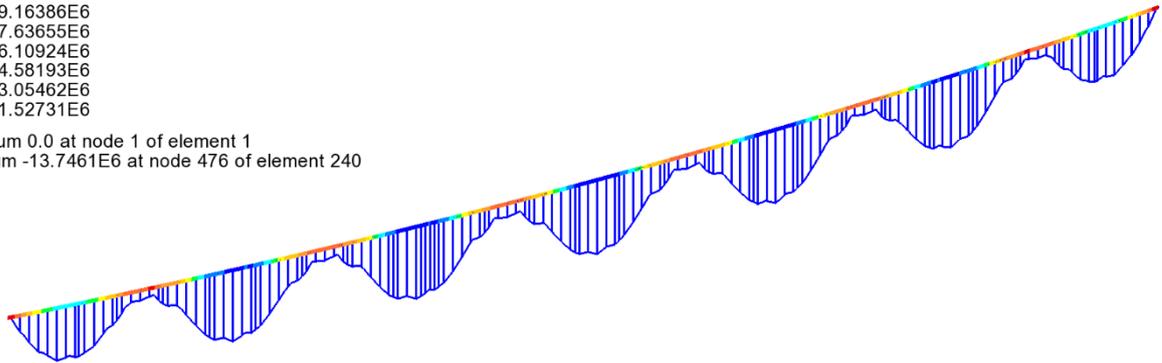


Qk - Traffico caratteristico My (max)

Combining on: My
Env_Qk_char (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

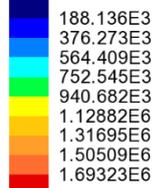


Maximum 0.0 at node 1 of element 1
Minimum -13.7461E6 at node 476 of element 240

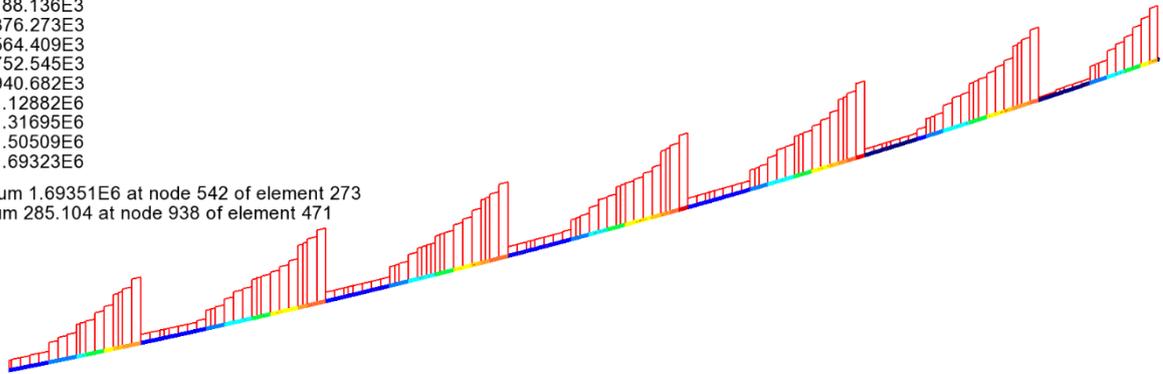


Qk - Traffico caratteristico My (min)

Combining on: Fz
Env_Qk_char (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

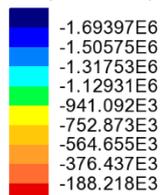


Maximum 1.69351E6 at node 542 of element 273
Minimum 285.104 at node 938 of element 471

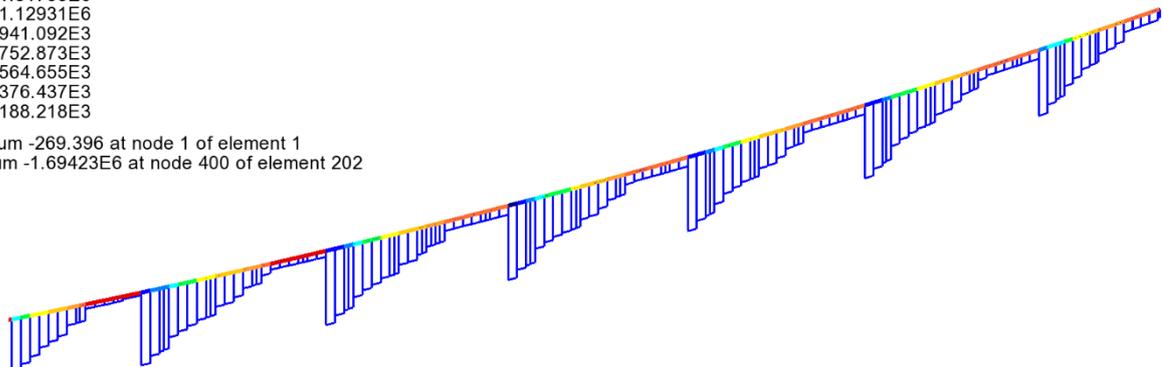


Qk - Traffico caratteristico Fz (max)

Combining on: Fz
Env_Qk_char (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

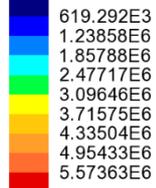


Maximum -269.396 at node 1 of element 1
Minimum -1.69423E6 at node 400 of element 202

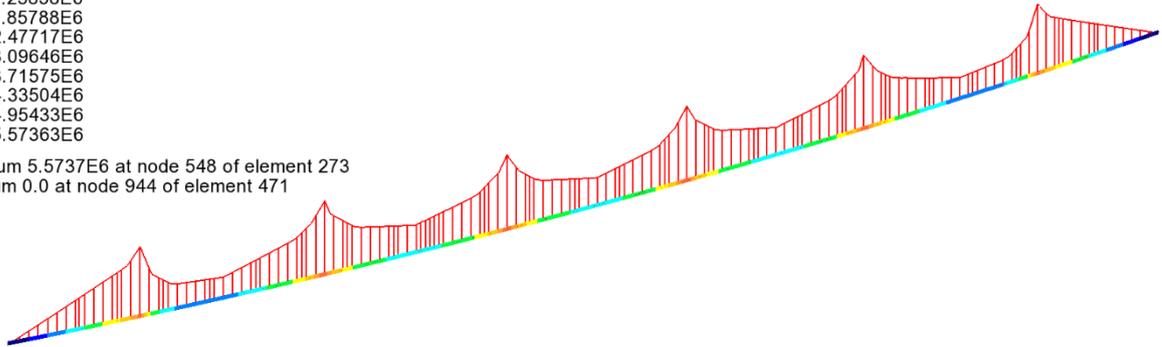


Qk - Traffico caratteristico Fz (min)

Combining on: My
Env_Qk_comb (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

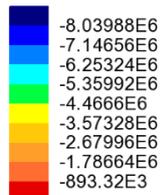


Maximum 5.5737E6 at node 548 of element 273
Minimum 0.0 at node 944 of element 471

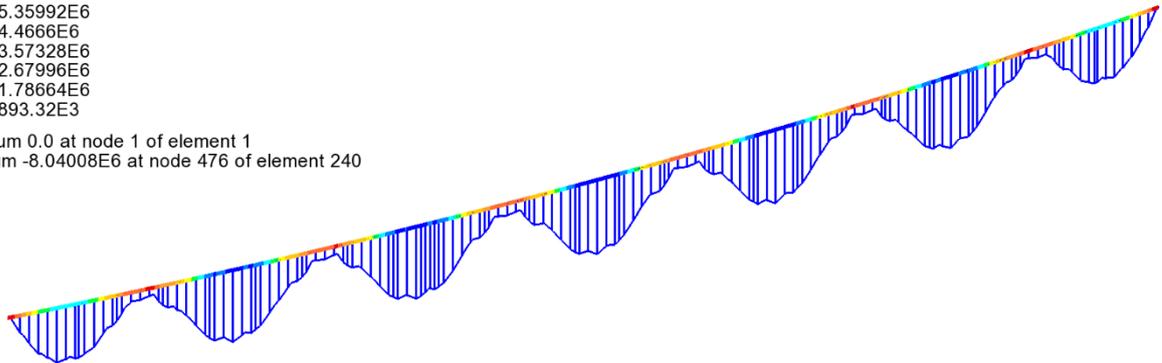


Qk - Traffico frequente My (max)

Combining on: My
Env_Qk_comb (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

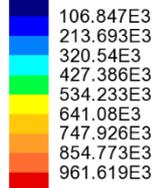


Maximum 0.0 at node 1 of element 1
Minimum -8.04008E6 at node 476 of element 240

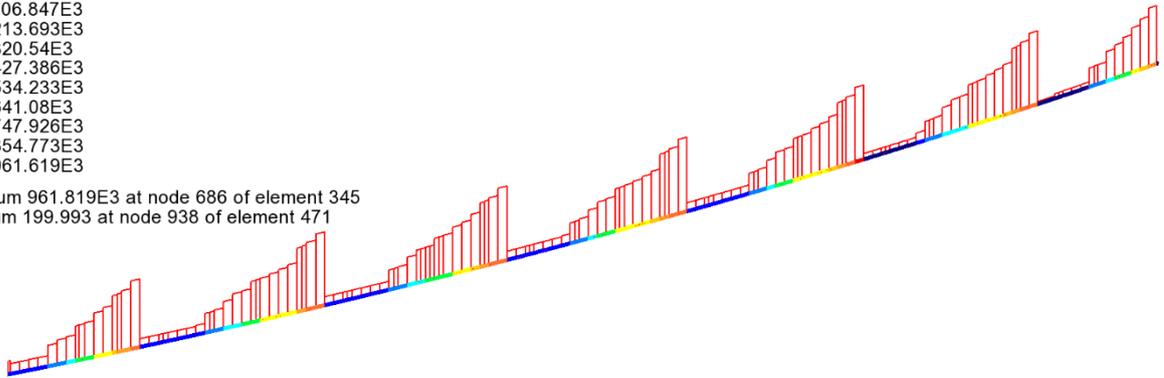


Qk - Traffico frequente My (min)

Combining on: Fz
Env_Qk_comb (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

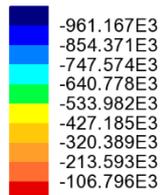


Maximum 961.819E3 at node 686 of element 345
Minimum 199.993 at node 938 of element 471

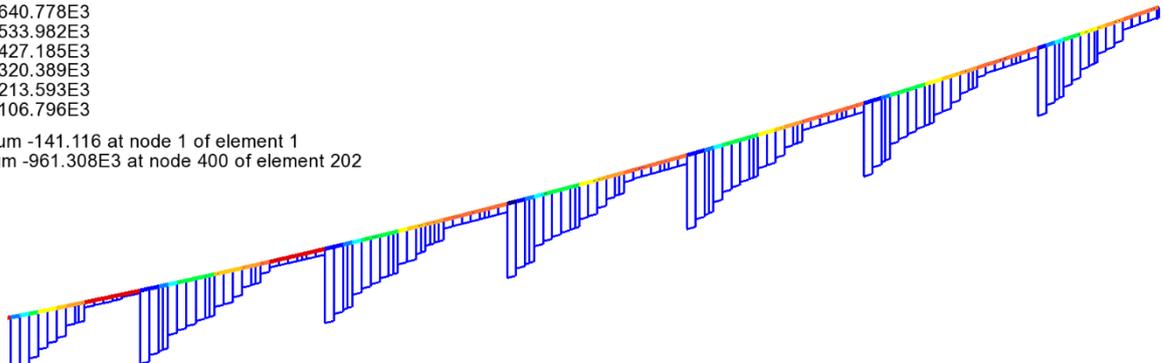


Qk - Traffico frequente Fz (max)

Combining on: Fz
Env_Qk_comb (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

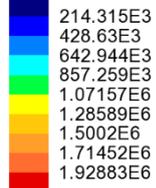


Maximum -141.116 at node 1 of element 1
Minimum -961.308E3 at node 400 of element 202

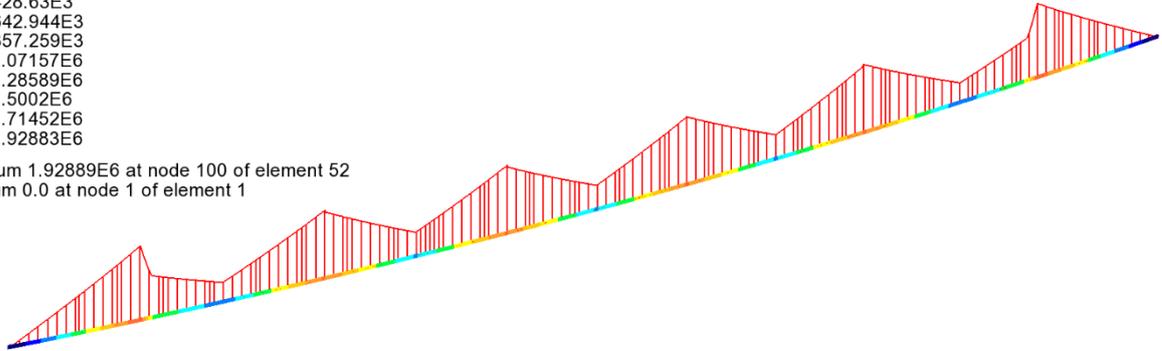


Qk - Traffico frequente Fz (min)

Combining on: My
Env_FLM3 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

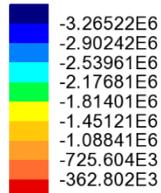


Maximum 1.92889E6 at node 100 of element 52
Minimum 0.0 at node 1 of element 1

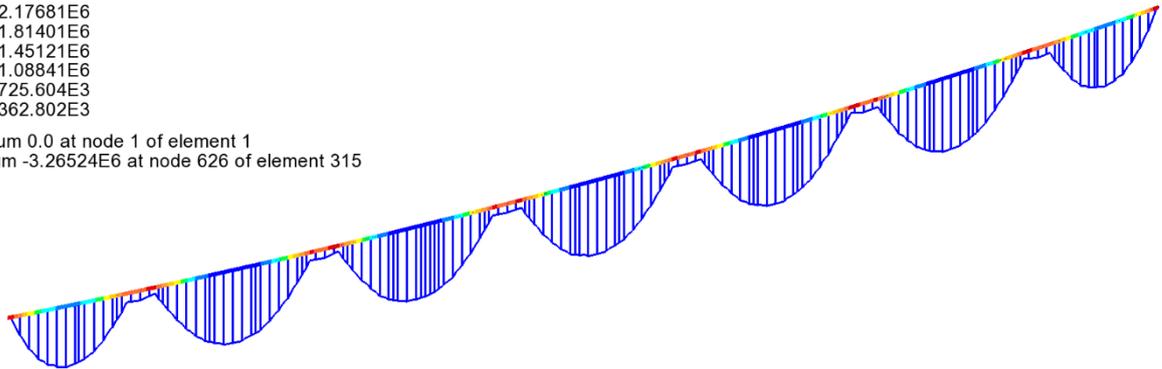


FLM3 - Fatica My (max)

Combining on: My
Env_FLM3 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

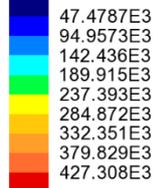


Maximum 0.0 at node 1 of element 1
Minimum -3.26524E6 at node 626 of element 315

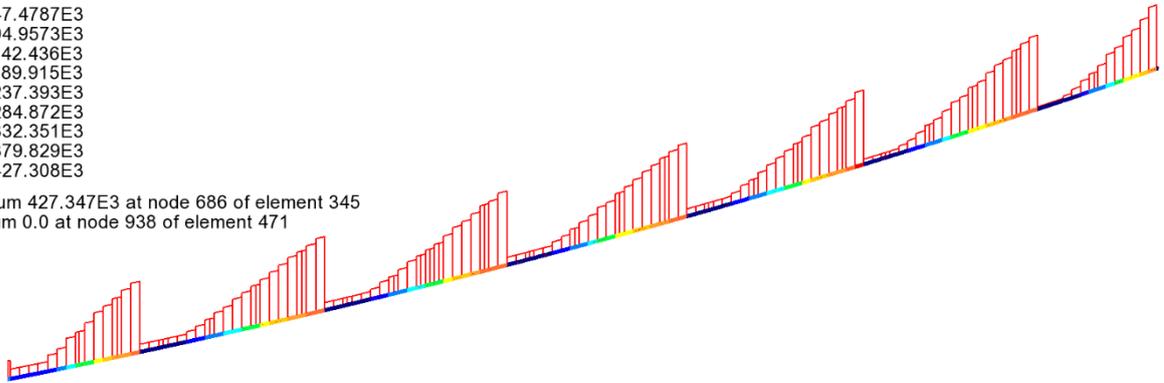


FLM3 - Fatica My (min)

Combining on: Fz
Env_FLM3 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

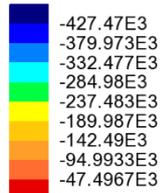


Maximum 427.347E3 at node 686 of element 345
Minimum 0.0 at node 938 of element 471

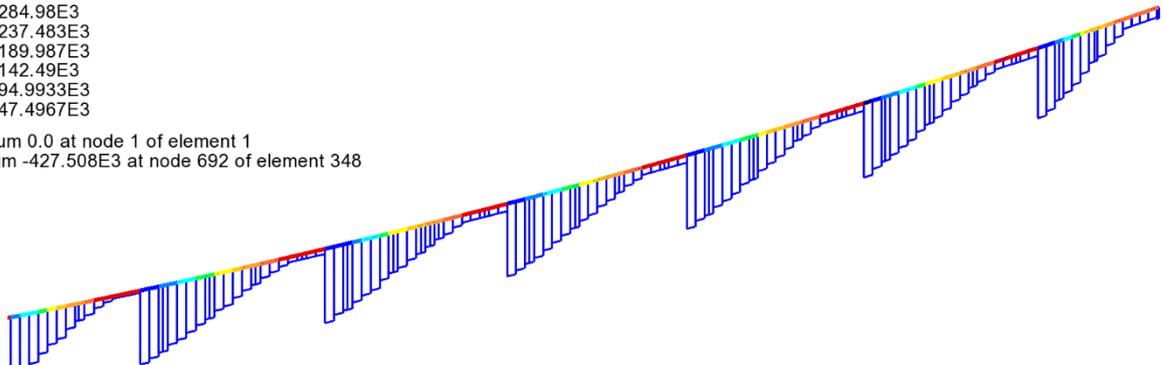


FLM3 - Fatica Fz (max)

Combining on: Fz
Env_FLM3 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

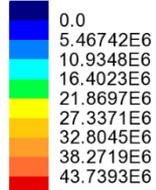


Maximum 0.0 at node 1 of element 1
Minimum -427.508E3 at node 692 of element 348

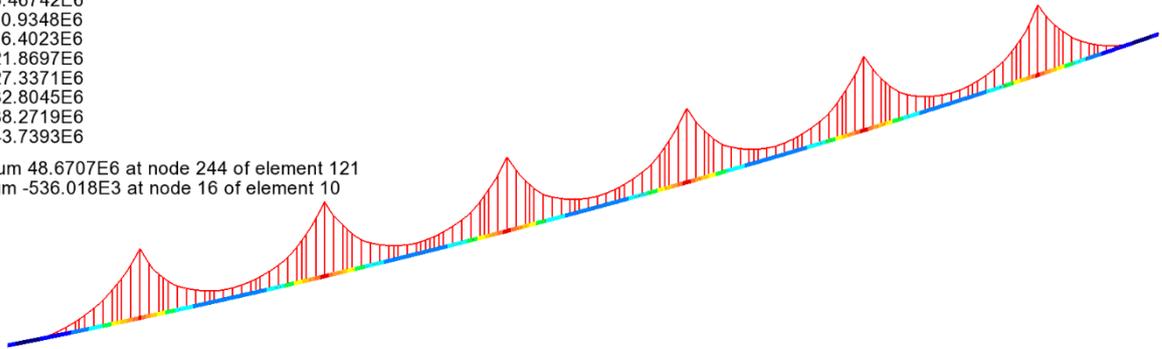


FLM3 - Fatica Fz (min)

Combining on: My
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

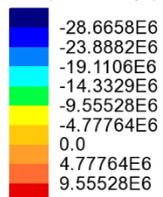


Maximum 48.6707E6 at node 244 of element 121
Minimum -536.018E3 at node 16 of element 10

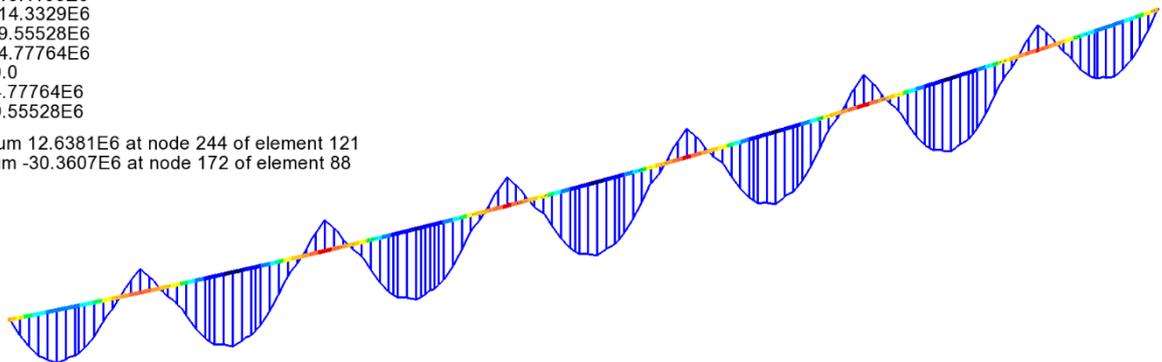


SLU fondamentale My (max)

Combining on: My
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

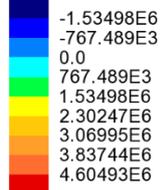


Maximum 12.6381E6 at node 244 of element 121
Minimum -30.3607E6 at node 172 of element 88

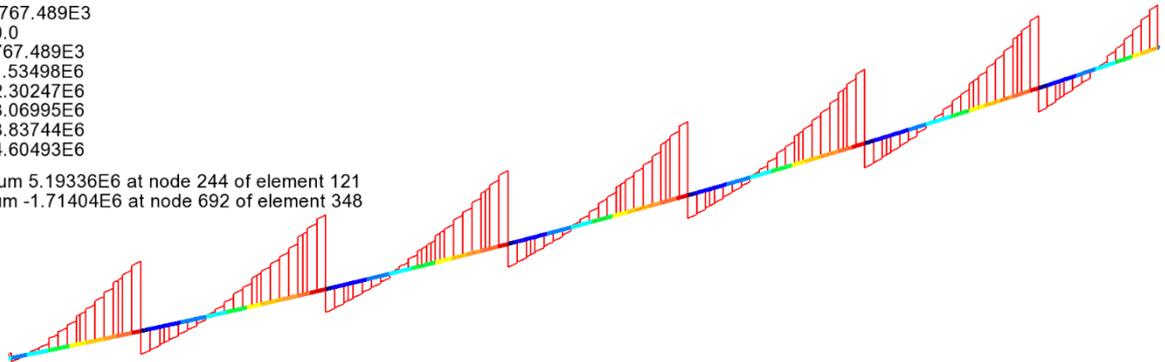


SLU fondamentale My (min)

Combining on: Fz
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

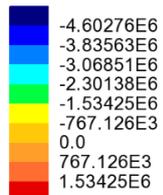


Maximum 5.19336E6 at node 244 of element 121
Minimum -1.71404E6 at node 692 of element 348

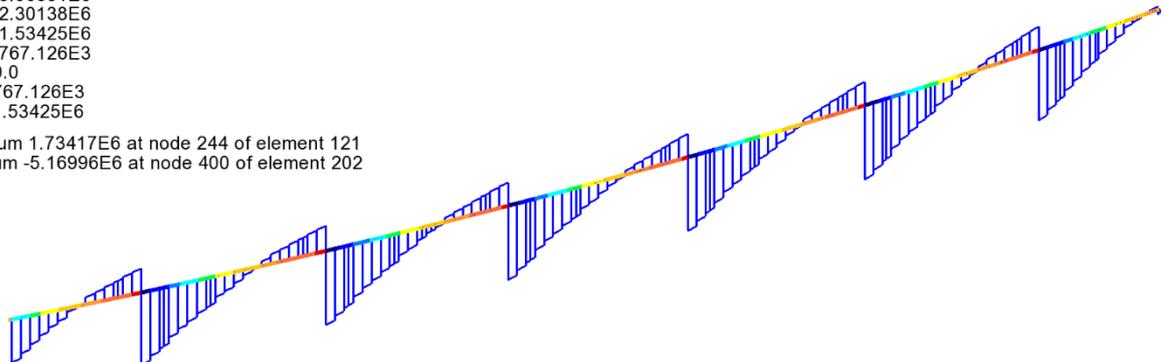


SLU fondamentale Fz (max)

Combining on: Fz
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

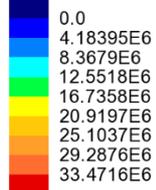


Maximum 1.73417E6 at node 244 of element 121
Minimum -5.16996E6 at node 400 of element 202

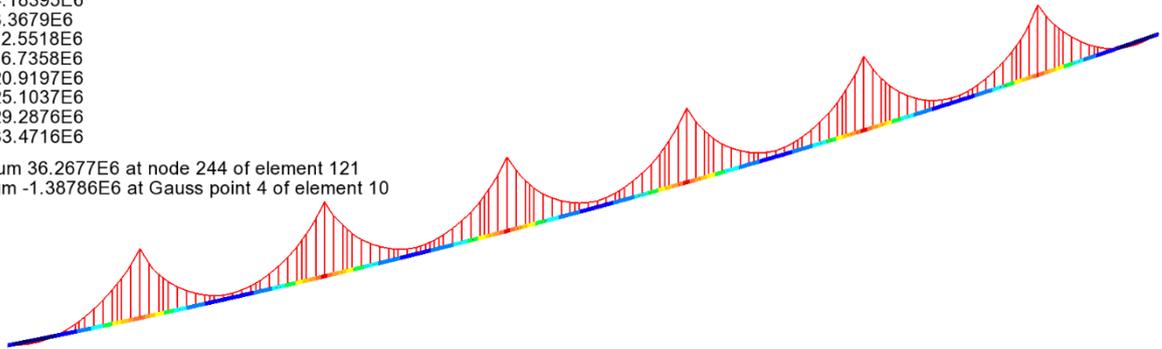


SLU fondamentale Fz (min)

Combining on: My
SLE RARA (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

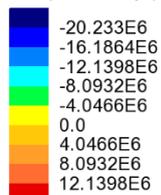


Maximum 36.2677E6 at node 244 of element 121
Minimum -1.38786E6 at Gauss point 4 of element 10

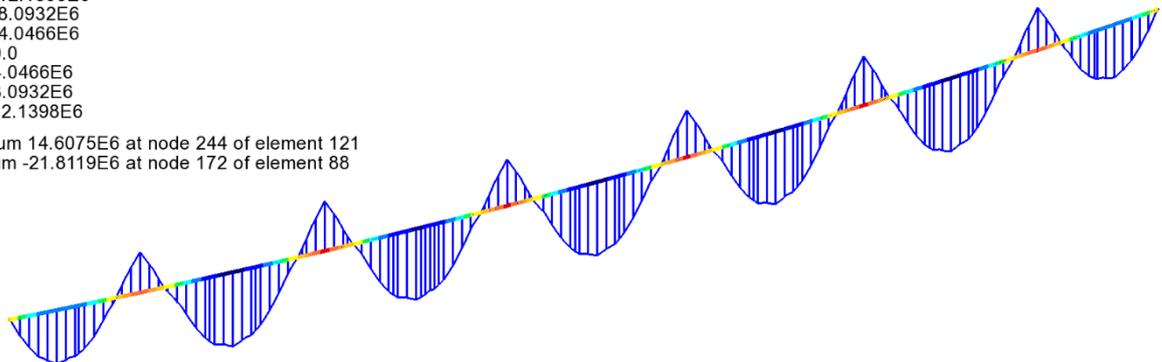


SLE caratteristica My (max)

Combining on: My
SLE RARA (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

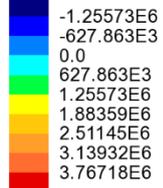


Maximum 14.6075E6 at node 244 of element 121
Minimum -21.8119E6 at node 172 of element 88

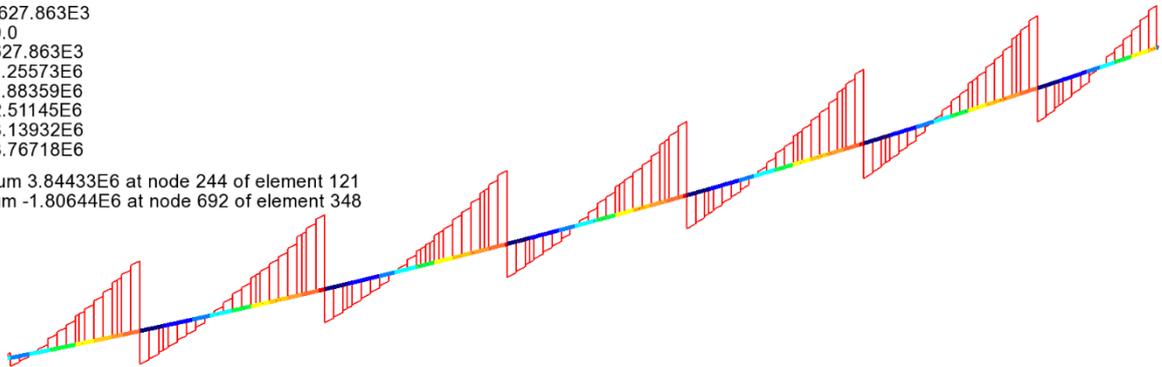


SLE caratteristica My (min)

Combining on: Fz
SLE RARA (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

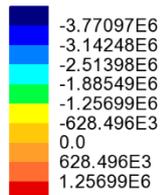


Maximum 3.84433E6 at node 244 of element 121
Minimum -1.80644E6 at node 692 of element 348

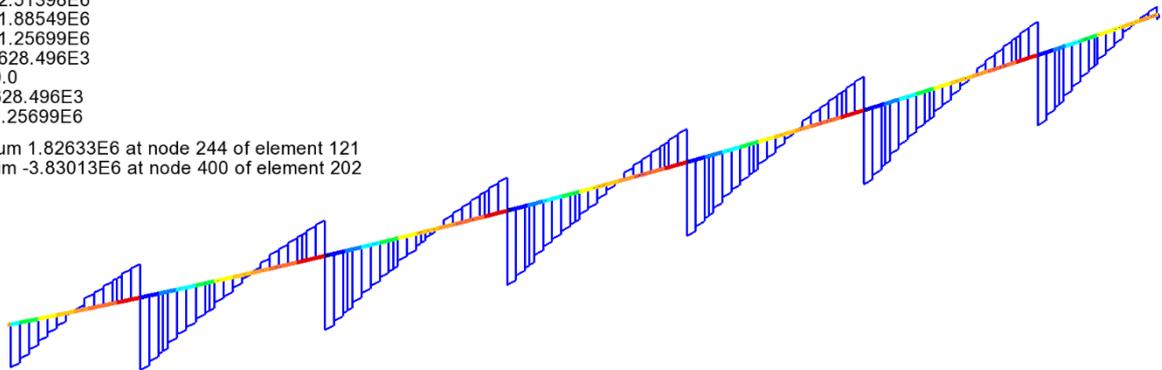


SLE caratteristica Fz (max)

Combining on: Fz
SLE RARA (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

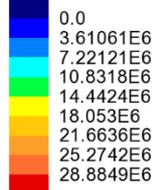


Maximum 1.82633E6 at node 244 of element 121
Minimum -3.83013E6 at node 400 of element 202

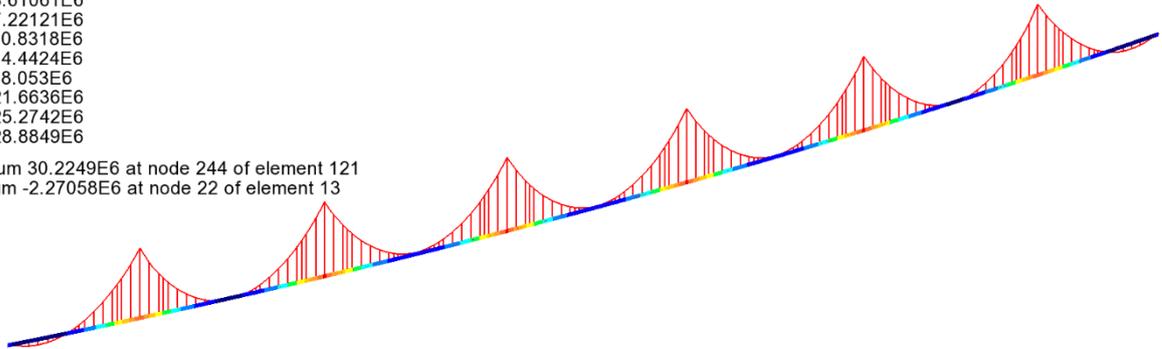


SLE caratteristica Fz (min)

Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

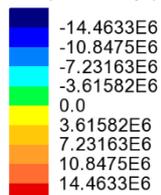


Maximum 30.2249E6 at node 244 of element 121
Minimum -2.27058E6 at node 22 of element 13

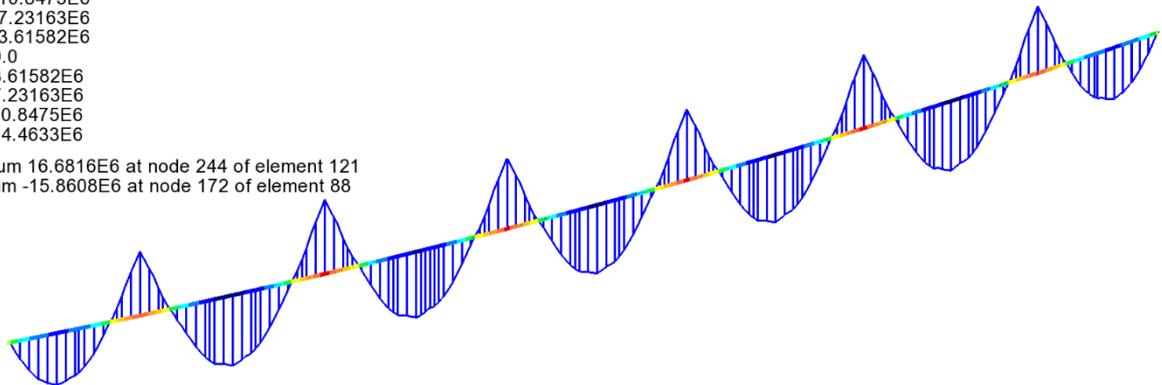


SLE frequente My (max)

Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

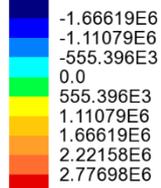


Maximum 16.6816E6 at node 244 of element 121
Minimum -15.8608E6 at node 172 of element 88

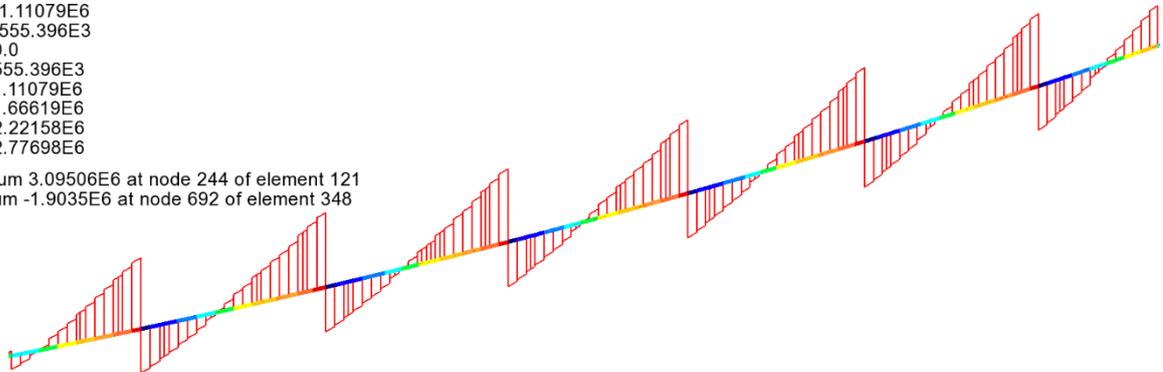


SLE frequente My (min)

Combining on: Fz
SLE FREQUENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

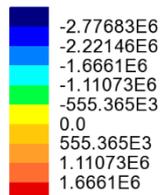


Maximum 3.09506E6 at node 244 of element 121
Minimum -1.9035E6 at node 692 of element 348

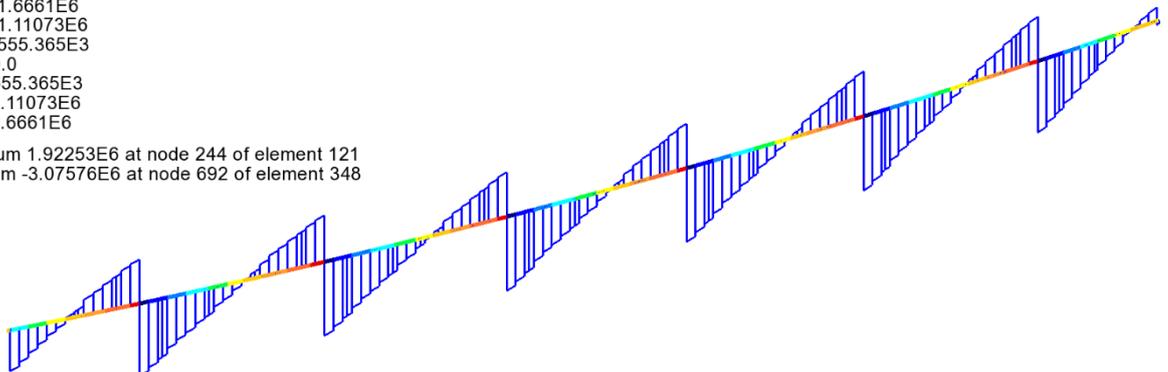


SLE frequente Fz (max)

Combining on: Fz
SLE FREQUENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 1.92253E6 at node 244 of element 121
Minimum -3.07576E6 at node 692 of element 348



SLE frequente Fz (min)

6.2 DEFORMAZIONI E CONTROFRECCE

Si riporta di seguito lo stato deformato dell'impalcato a tempo infinito a fenomeni lenti esauriti, per la travata esterna in cui sono stati massimizzate le deformazioni.

Scale: 1: 868.014
Zoom: 88.4956
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
G1_acciaio+G1_soletta
Maximum displacement 0.0353248 at Gauss point 9 of element 85
Deformation exaggeration: 614.31

Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 1.0126E-3 at node 944
Peak/value minimum -0.0352933 at node 172

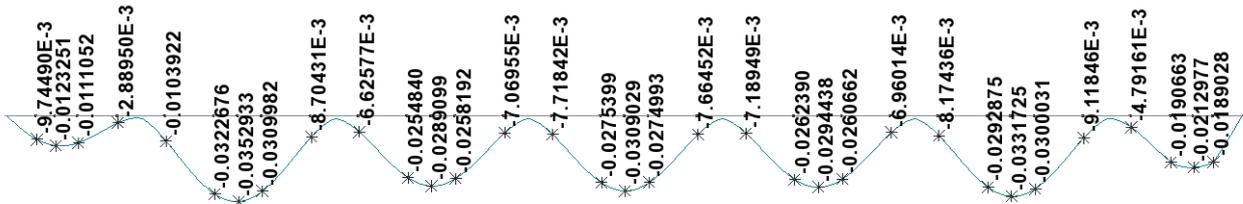


Figura 6-1: Deformata verticale e Spostamenti DZ dovuti al peso proprio (Fase 1)

Scale: 1: 868.014
Zoom: 88.4956
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 02_Fase2a
Loadcase: 3:G2_permanenti
Results file: Marroggia_rev01_g~02_Fase2a.mys
Maximum displacement 9.10431E-3 at Gauss point 9 of element 85
Deformation exaggeration: 2.38352E3

Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum -82.5701E-6 at node 944
Peak/value minimum -9.09956E-3 at node 172

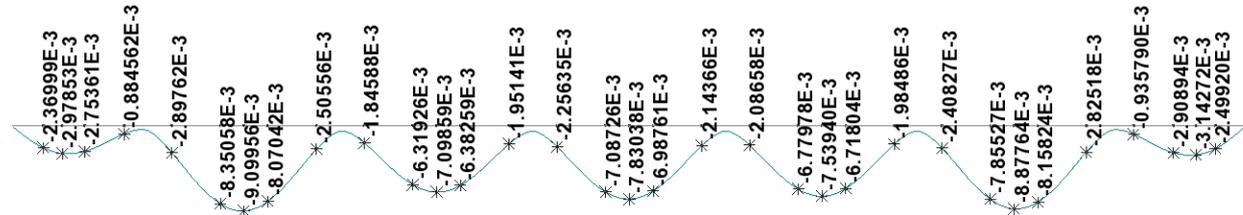


Figura 6-2: Deformata verticale e Spostamenti DZ dovuti ai permanenti (Fase 2a)

Scale: 1: 868.014
 Zoom: 88.4956
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
 Combining on: DZ
 Env_Qk_char (Min)
 Deformation exaggeration: 0.0
 Peak/value entity: Displacement
 Peak/value component: DZ (Units: m)
 Peak range(%): 10.0
 Peak/value maximum -0.709231E-3 at node 944
 Peak/value minimum -0.0337207 at node 476



Figura 6-3: Spostamenti DZ da carico da traffico

6.2.1 Verifica massime deformazioni impalcato

Come si può notare, le frecce permangono contenute entro limiti ampiamente soddisfacenti, rilevandosi:

$$L/\delta_{\max} = 48.50/0.034 = 1426 \quad \text{per effetto dei soli carichi mobili}$$

6.2.2 Contromonte di progetto

Si prevede di predisporre apposite contromonte di officina, progettate per il recupero della totalità della freccia da carico permanente, e di un'aliquota della freccia da carico mobile pari al 20 %.

Vista la sostanziale uniformità del quadro deformativo, la controfrecchia viene definita con riferimento al quadro deformativo della trave esterna, ed applicata ad entrambe le travi.

Si sottolinea che questa contromonta dovrà essere sommata a quella dovuta alla livelletta di progetto. Il grafico seguente riporta l'andamento della freccia dovuta a $gk1 + gk2 + 0.2 Qk$ (cambiata di segno), sovrapposta alla linea teorica di contromonta dell'asse trave.

Spostamenti teorici e contromonte nei giunti

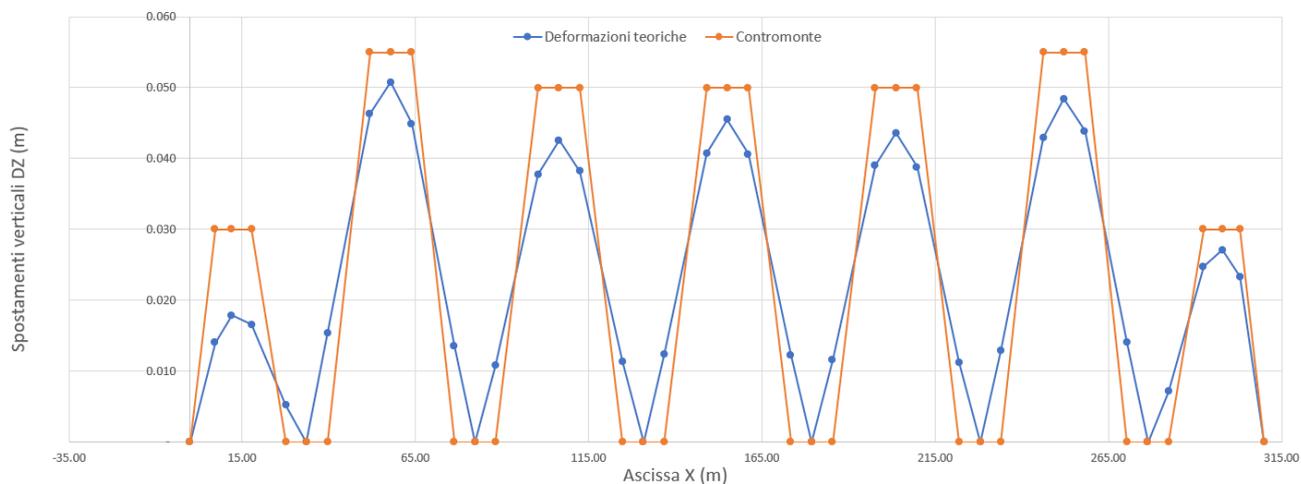


Figura 6-4 sovrapposizione deformata (-1) / contromonte

Considerata l'uniformità del comportamento, i risultati, in termini di contromonta verranno estesi ai viadotti 1, e 3, in particolare assegnando le medesime contromonte rilevate rispettivamente per le campate di riva, le campate direttamente adiacenti, e le campate interne.

La tabella seguente riporta le contromonte fornite in corrispondenza di ciascuna giunzione.

	PP	PERM	TRAFFICO K	PP+PERM+20% TRAFFICO K	CONTROFRECCIA
X [m]	DZ[m]	DZ[m]	DZ[m]	DZ[m]	DZ[m]
0.00	-	-	-	-	-
7.20	0.0097	0.0024	0.0095	0.014	0.030
12.00	0.0123	0.0030	0.0129	0.018	0.030
17.70	0.0111	0.0028	0.0136	0.017	0.030
27.60	0.0029	0.0009	0.0071	0.005	-
33.60	-	-	-	-	-
39.70	0.0104	0.0029	0.0106	0.015	-
51.90	0.0323	0.0084	0.0285	0.046	0.055
57.90	0.0353	0.0091	0.0317	0.051	0.055
63.90	0.0310	0.0081	0.0291	0.045	0.055
76.20	0.0087	0.0025	0.0113	0.013	-
82.20	-	-	-	-	-
88.20	0.0066	0.0018	0.0114	0.011	-
100.50	0.0255	0.0063	0.0297	0.038	0.050
106.50	0.0289	0.0071	0.0328	0.043	0.050
112.50	0.0258	0.0064	0.0300	0.038	0.050
124.80	0.0071	0.0020	0.0116	0.011	-
130.80	-	-	-	-	-
136.80	0.0077	0.0023	0.0118	0.012	-
149.10	0.0275	0.0071	0.0307	0.041	0.050
155.10	0.0309	0.0078	0.0337	0.045	0.050
161.10	0.0275	0.0070	0.0307	0.041	0.050
173.40	0.0077	0.0021	0.0118	0.012	-
179.40	-	-	-	-	-
185.40	0.0072	0.0021	0.0117	0.012	-
197.70	0.0262	0.0068	0.0303	0.039	0.050
203.70	0.0294	0.0075	0.0332	0.044	0.050
209.70	0.0261	0.0067	0.0301	0.039	0.050
222.00	0.0070	0.0020	0.0114	0.011	-
228.00	-	-	-	-	-
234.00	0.0082	0.0024	0.0113	0.013	-
246.20	0.0293	0.0079	0.0292	0.043	0.055
252.20	0.0332	0.0089	0.0318	0.048	0.055
258.20	0.0300	0.0082	0.0285	0.044	0.055
270.40	0.0091	0.0028	0.0106	0.014	-
276.40	-	-	-	-	-
282.40	0.0048	0.0009	0.0072	0.007	-
292.40	0.0191	0.0029	0.0139	0.025	0.030

	PP	PERM	TRAFFICO K	PP+PERM+20% TRAFFICO K	CONTROFRECCIA
<i>X [m]</i>	<i>DZ[m]</i>	<i>DZ[m]</i>	<i>DZ[m]</i>	<i>DZ[m]</i>	<i>DZ[m]</i>
298.00	0.0213	0.0031	0.0132	0.027	0.030
303.00	0.0189	0.0025	0.0096	0.023	0.030
310.00	-	-	-	-	-

Tabella 6-1 contromonte

7 ANALISI SISMICA

Le sollecitazioni per le verifiche sotto carichi statici vengono estratte a valle di analisi statiche lineari. I contributi di carico, valutati per ciascuna singola condizione basandosi sul relativo valore caratteristico, vengono combinati in automatico dal sistema E.F. Lusas, applicando gli opportuni coefficienti moltiplicativi e di combinazione atti a fornire il quadro tensionale più sfavorevole nell'ambito delle caratteristiche di interesse.

Per la fase sismica, si è operato tramite un'analisi dinamica lineare, basata sulla preventiva estrazione delle frequenze e modi principali di vibrare, e successiva combinazione lineare mediante metodo CQC.

7.1 ANALISI DINAMICA

L'analisi dinamica dell'opera viene effettuata considerando le masse afferenti pesi propri e sovraccarichi permanenti di impalcato e sottostrutture.

Il modello impiegato è il medesimo adottato ai fini dell'analisi statica. L'estrazione viene effettuata sui primi 10 modi, anche se, come si dimostra dall'esame dell'output, la quasi totalità della massa attiva della sovrastruttura viene eccitata in corrispondenza dei primi due modi, rispettivamente trasversale e longitudinale.

La tabella seguente riporta i dati identificativi dei primi 10 modi estratti.

PARTICIPATION FACTORS IN GLOBAL DIRECTIONS

MODE	X DIRECTION			Y DIRECTION			Z DIRECTION		
	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.
1	-29.43	0.1634E-03	0.1634E-03	2276.	0.9773	0.9773	0.2205E-01	0.9176E-10	0.9176E-10
2	2301.	0.9992	0.9994	29.19	0.1607E-03	0.9774	0.4539E-03	0.3887E-13	0.9180E-10
3	56.23	0.5967E-03	1.000	25.42	0.1220E-03	0.9776	-0.3176E-01	0.1904E-09	0.2822E-09
4	-4.678	0.4130E-05	1.000	344.3	0.2237E-01	0.9999	0.3520E-01	0.2337E-09	0.5159E-09
5	-6.505	0.7985E-05	1.000	-0.1136	0.2434E-08	0.9999	0.1092E-01	0.2249E-10	0.5384E-09
6	-0.4170E-02	0.3280E-11	1.000	0.2451E-01	0.1134E-09	0.9999	-23.33	0.1027E-03	0.1027E-03
7	0.2600	0.1275E-07	1.000	-18.06	0.6151E-04	1.000	-0.3268	0.2015E-07	0.1027E-03
8	0.2014E-01	0.7655E-10	1.000	-0.1764E-01	0.5869E-10	1.000	66.38	0.8313E-03	0.9340E-03
9	-0.1813	0.6202E-08	1.000	-0.1231E-01	0.2857E-10	1.000	7.154	0.9658E-05	0.9437E-03
10	0.6019	0.6835E-07	1.000	-0.1309E-01	0.3235E-10	1.000	-12.80	0.3093E-04	0.9746E-03

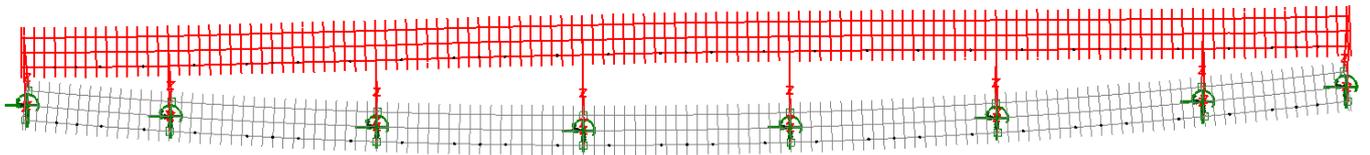
Tabella 8.1 Risultati analisi dinamica

Essendo stata eccitata il 100% della massa l'analisi risulta accettabile.

Qui di seguito si riportano le deformate modali dei modi principali dell'impalcato.

Modo 1 (f = 0.478 Hz, T = 2.09 s)

Scale: 1: 869.426
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06_Modale
Loadcase: 5474:masse, 5474:Mode 1 Frequency = 0.478580
Results file: Marroggia_rev01_g~06_Modale.mys
Eigenvalue: 9.0421
Natural frequency: 0.47858
Error norm: 1.97404E-6
Maximum displacement 0.506595E-3 at Gauss point 9 of element 238
Deformation exaggeration: 42.9053E3



Modo 2 (f = 0.488 Hz, T = 2.05 s)

Scale: 1: 869.426
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06_Modale
Loadcase: 5474:masse, 5474:Mode 2 Frequency = 0.488315
Results file: Marroggia_rev01_g~06_Modale.mys
Eigenvalue: 9.41369
Natural frequency: 0.488315
Error norm: 1.94509E-6
Maximum displacement 0.442429E-3 at node 2557
Deformation exaggeration: 49.128E3



8 VERIFICA STRUTTURA METALLICA

8.1 VERIFICA TRAVI LONGITUDINALI

Nei capitoli seguenti si riportano tutti i risultati inerenti al ciclo di verifica della sezione composta, risultati che vengono esposti in forma diagrammatica, in termini di rapporto di sfruttamento.

Le sollecitazioni di verifica vengono direttamente dedotte dalle combinazioni del modello ad elementi finiti.

Di seguito si riportano tutti i risultati delle verifiche per la trave oggetto di verifica (trave Esterna).

8.1.1 S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento

Si riportano di seguito i diagrammi, per l'intero impalcato, dei seguenti rapporti di sfruttamento per la trave oggetto di verifica:

max η assoluto

Derivante dall'interazione N/M/V (EN1993-1-5, 7.1.(1)); nei casi in cui non vi è interazione, tale valore coincide con il rapporto di sfruttamento a flessione η_1 .

max η_1/η_{1p}

Rapporto di sfruttamento a flessione; nell'ambito delle condizioni di applicabilità dell'analisi plastica, esso coincide con il rapporto $\eta_{1p} = M_{Ed}/M_{pl}$ (rapporto di sfruttamento plastico); in tutti gli altri casi è pari a $\eta_1 = \sigma_{Ed}/(\gamma_{mo}f_{yk})$. I rapporti di sfruttamento a flessione, risp. elastici e plastici vengono tracciati indipendentemente dal campo di applicabilità; in ogni caso, il valore considerato nel calcolo del rapporto di sfruttamento assoluto considera di volta in volta il rapp. elastico/plastico in funzione degli effettivi limiti di applicabilità.

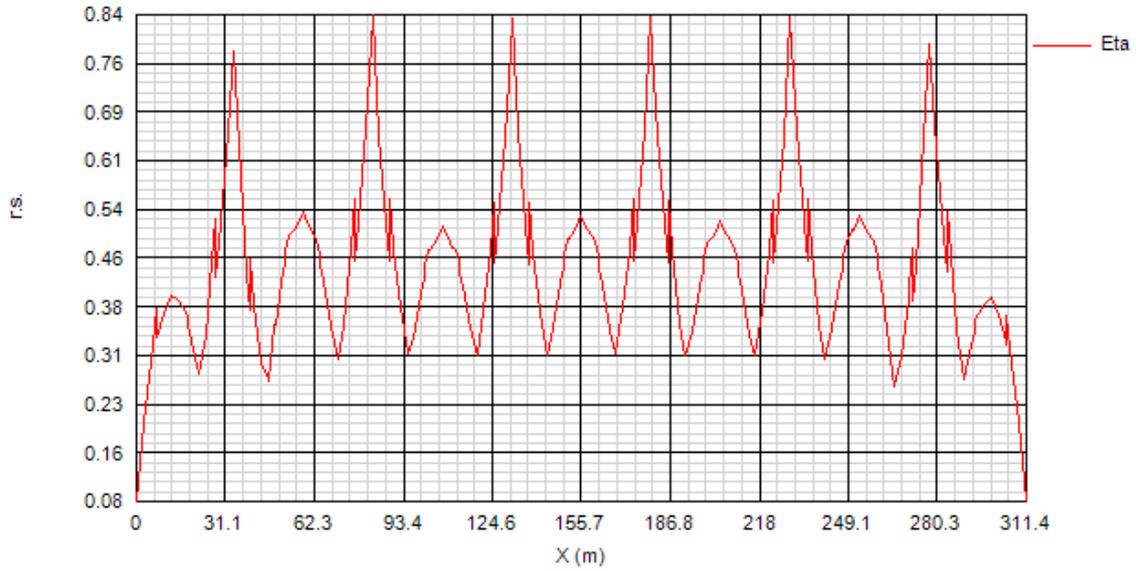
max η_3 (*)

Rapporto di sfruttamento a taglio $\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd}$

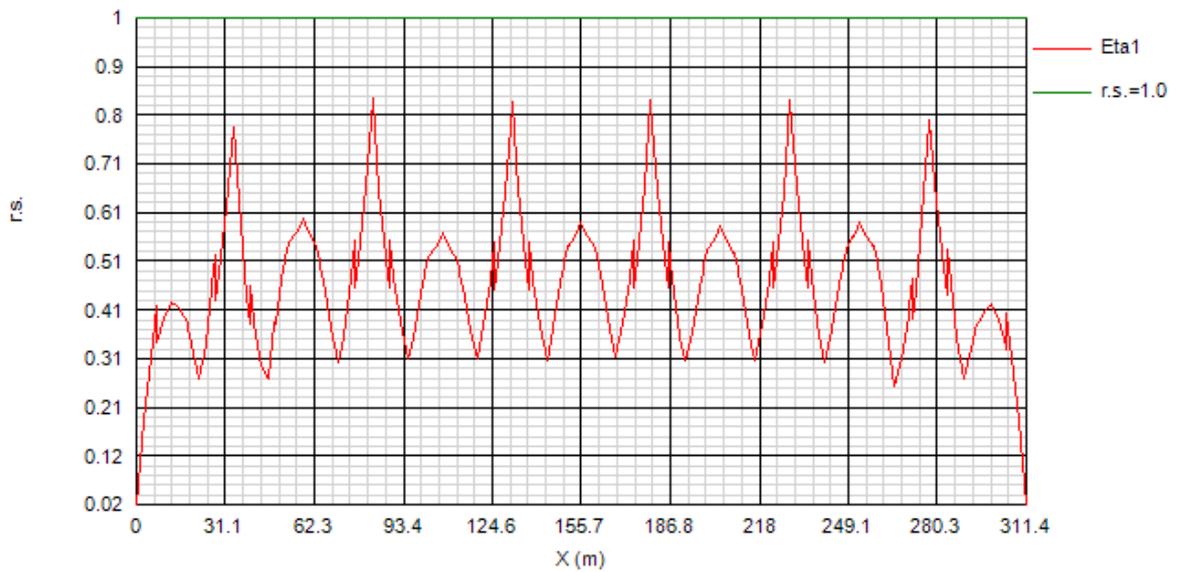
(*) Si riporta il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio, nella condizione più gravosa, corrispondente a "non rigid" end post. Nella condizione "rigid" end post si hanno infatti coefficienti di sfruttamento inferiori.

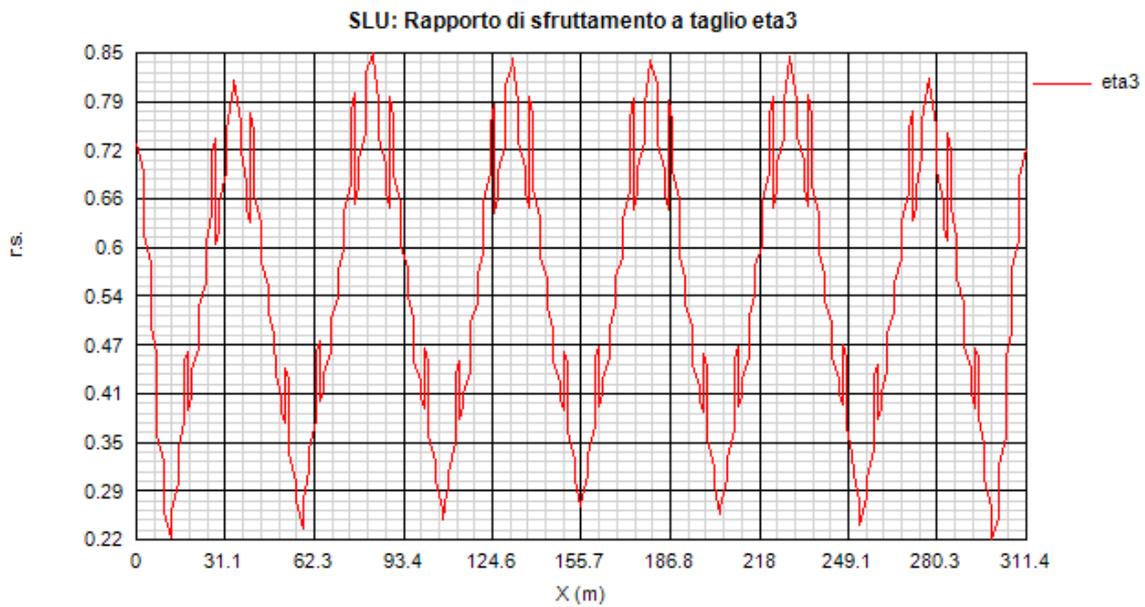
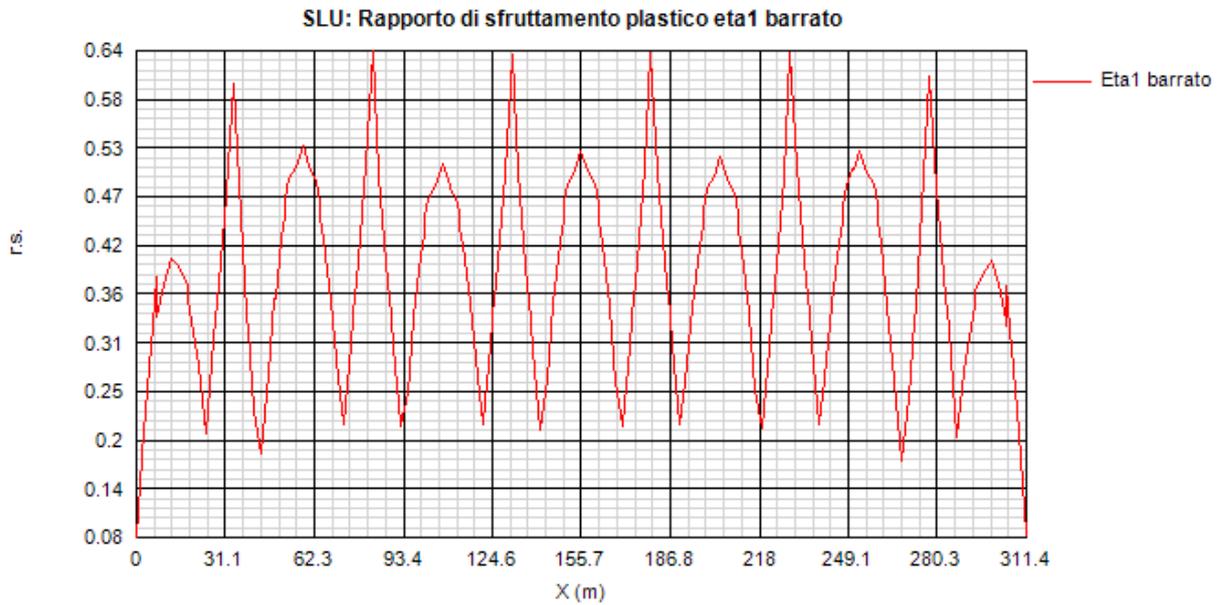
Si riportano di seguito i diagrammi dei rapporti di sfruttamento.

SLU: Rapporto di sfruttamento assoluto eta



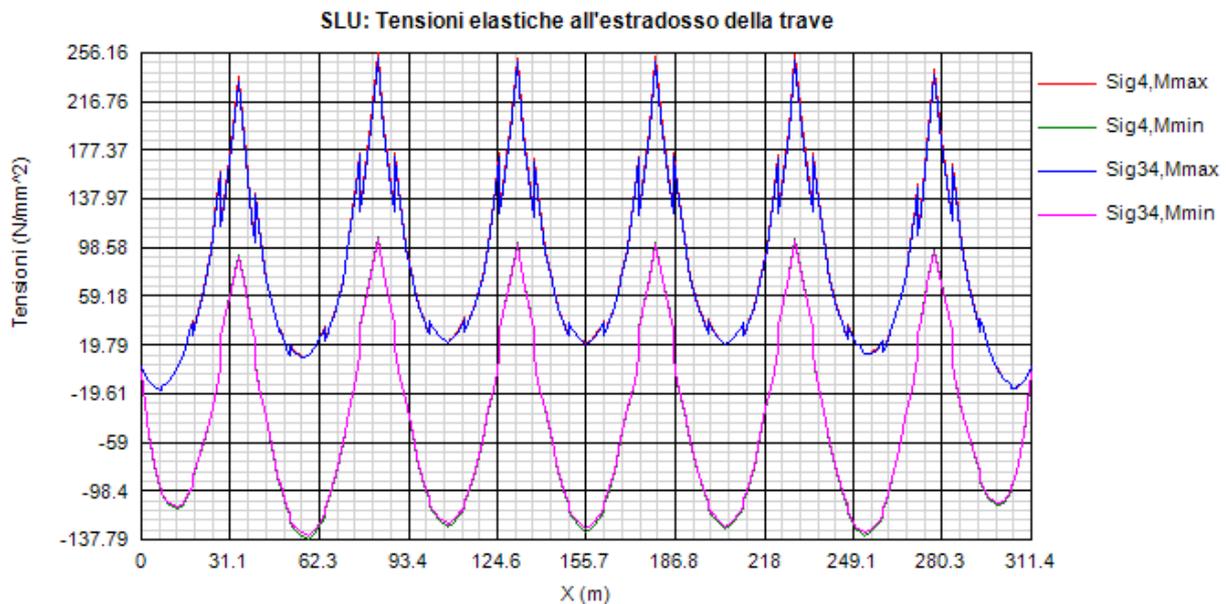
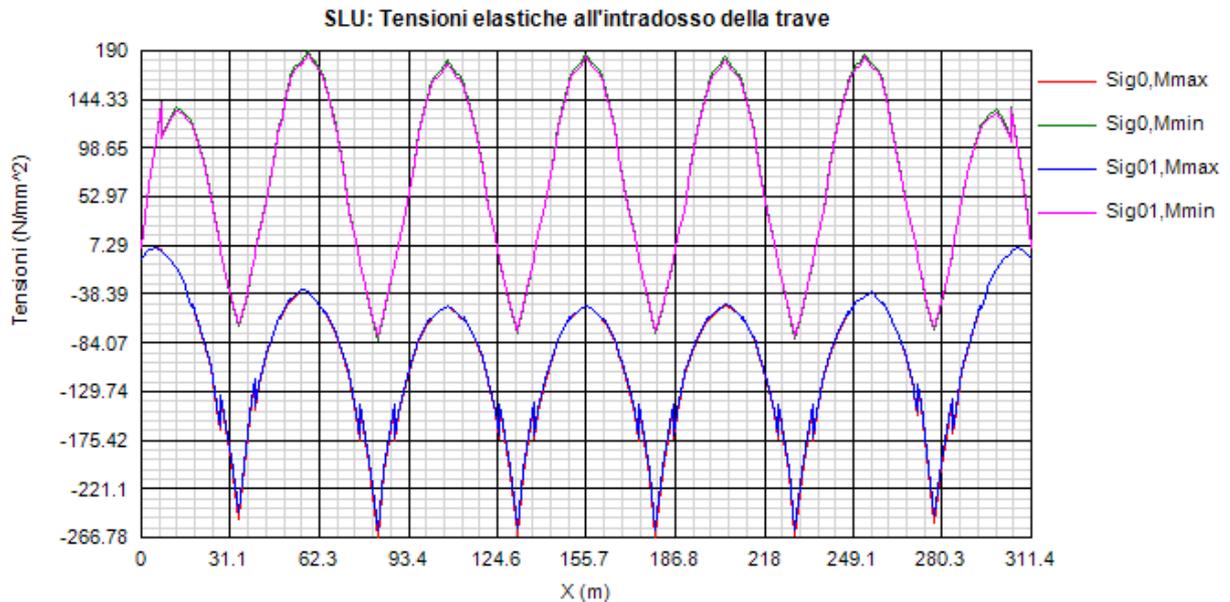
SLU: Rapporto di sfruttamento elastico eta1





Come si può notare, i rapporti di sfruttamento rilevati risultano in tutti i casi soddisfacentemente al di sotto dell'unità.

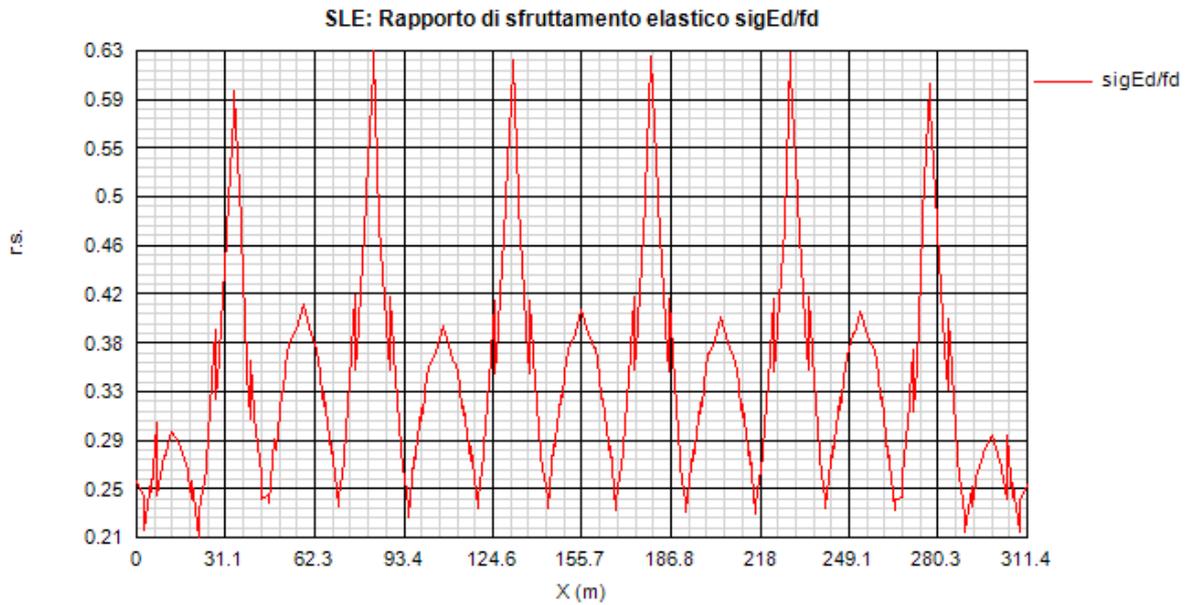
Si riportano anche i diagrammi relativi alle tensioni S.L.U. rilevate sulla piattabanda inferiore e superiore della trave (valori in MPa).



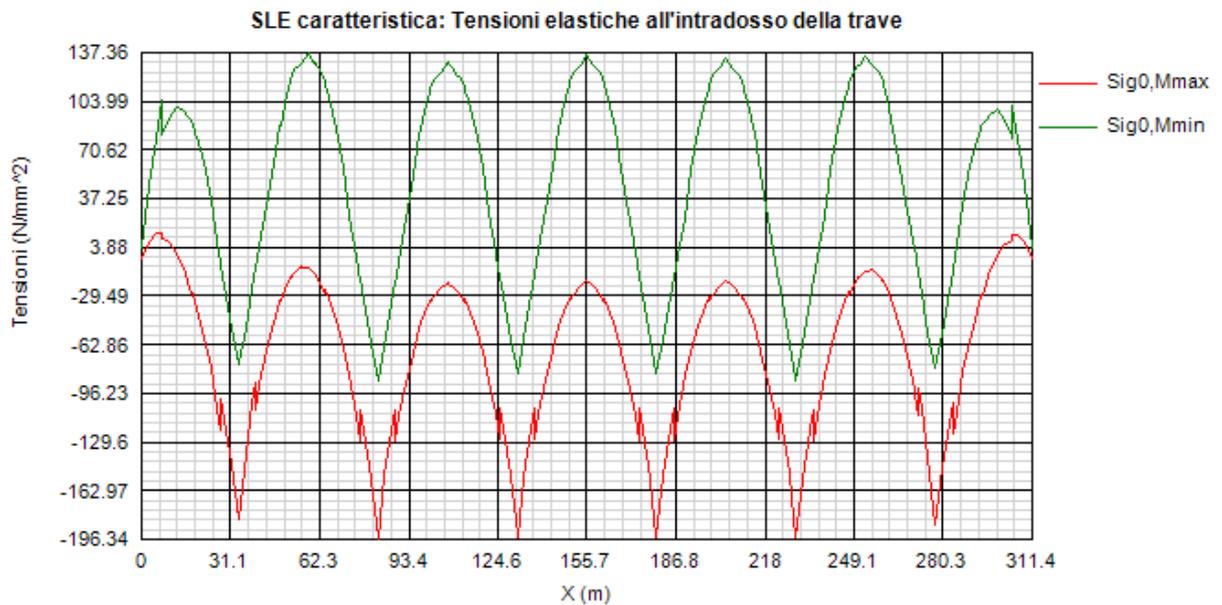
8.1.2 S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento

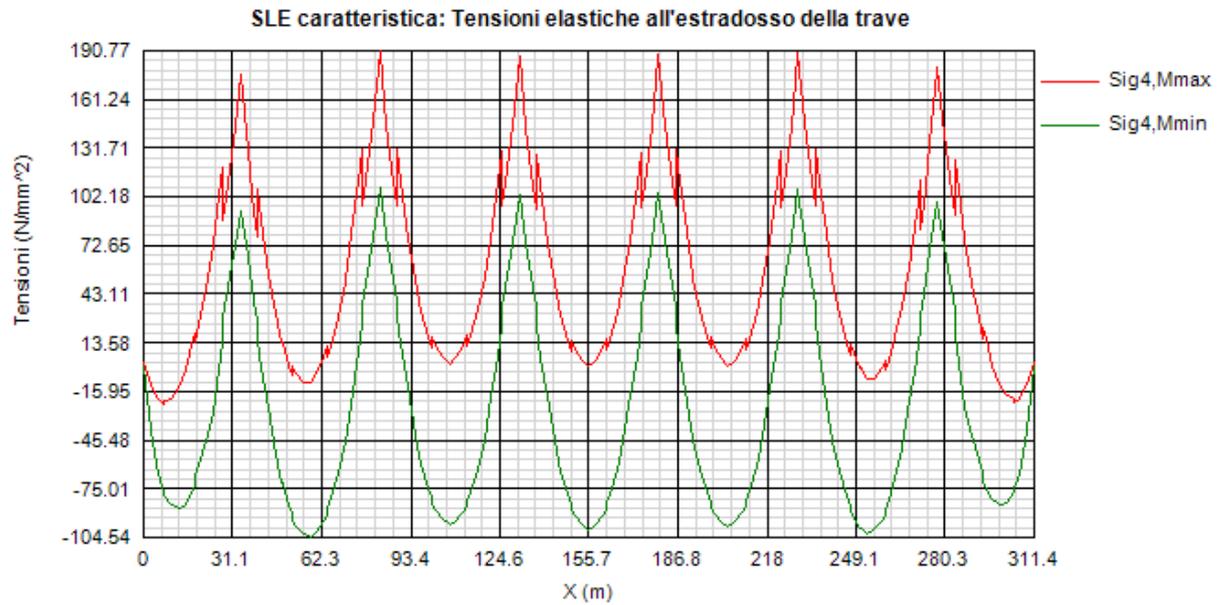
Di seguito si riporta l'andamento del rapporto di sfruttamento S.L.E. tra tensione di Von Mises e tensione di riferimento.

Come si può notare dall'esame del diagramma, i rapporti di sfruttamento S.L.E. appaiono soddisfacentemente al di sotto dell'unità.



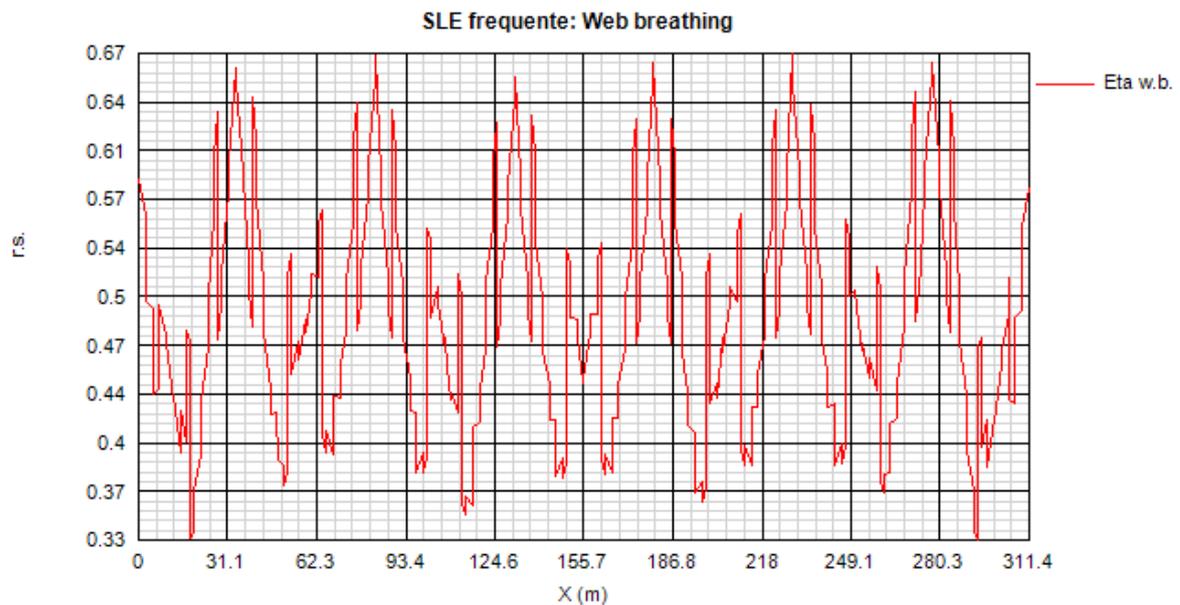
Si riportano anche in questo caso i diagrammi relativi alle tensioni all'intradosso ed estradosso della trave. (MPa).





8.1.3 S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento

Relativamente alla verifica di Web Breathing, i diagrammi seguenti riportano l'andamento del rapporto di sfruttamento.



8.1.4 Verifiche a fatica – calcolo $\Delta\sigma E$

Per la determinazione dei coefficienti λ per il calcolo delle tensioni equivalenti, si sono adottate le ipotesi riassunte in tabella.

<i>Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:</i>	
Metodo di verifica:	Safe life
Conseguenza del danno:	High consequence
γ_{Ff}	1
γ_{Mf}	1.35
<i>Fattore equivalente di danno per flessione e taglio:</i>	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4$
<i>Dati per il calcolo di λ_1</i>	
Campata	
Luce per il momento (m):	Luce della campata
Luce per il taglio (m):	0.4*Luce della campata
Appoggi:	
Luce per il momento (m):	Media delle luci adiacenti
Luce per il taglio (m):	Luce della campata considerata
<i>Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}</i>	
Q_0 (kN)	480
N_0	500000
N_{obs}	500000
Q_{ml} (kN)	457.37
Categoria di traffico (Table 4.5n - EN 1991-2):	Roads and motorways with medium flow rates of lorries
Distribuzione del traffico (Table 4.7 - EN 1991-2) :	Long distance (20% Q1, 5% Q2, 50% Q3, 15% Q4, 10% Q5)
<i>Dati per il calcolo di λ_3, λ_{v3}</i>	
Vita di progetto in anni:	100
<i>Fattore equivalente di danno per i pioli:</i>	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4}$
<i>Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:</i>	
γ_{Ff}	1
γ_{Mf}	1.35

Per la verifica a fatica dei **dettagli di carpenteria**, si prendono in esame i dettagli di seguito elencati unitamente alla categoria/num. dettaglio dedotti dalle rispettive tabelle di EN 1993-1-9:

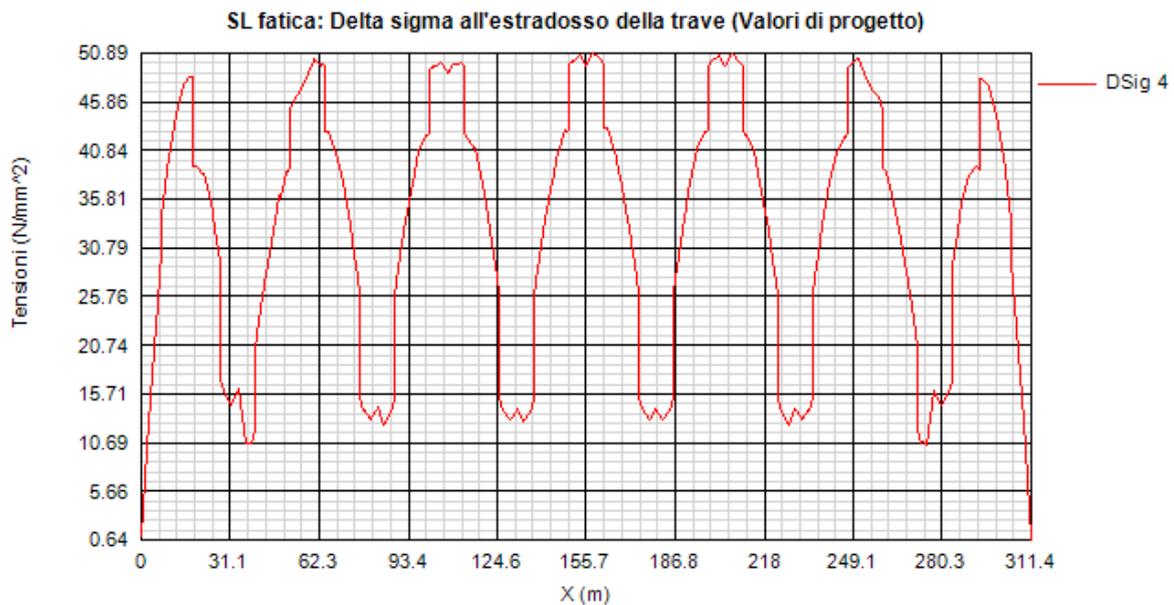
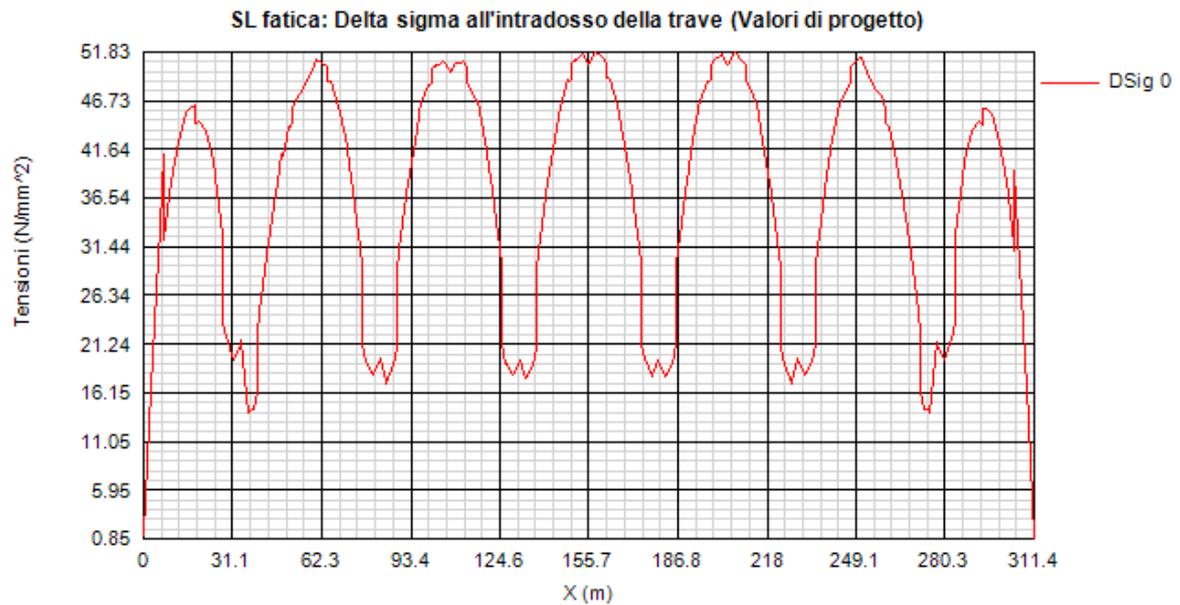
Elementi strutturali	cat./dett.	Rif. EN 1993-1-9
Piattabande - tensioni normali	125/5	tab. 8.1
Anima - tensioni tangenziali	100/6	tab. 8.1
Saldatura composizione anima-piatt.	112/3	tab. 8.2
Saldatura di testa piatt inf. e sup.	112/4(*)	tab. 8.3
Attacco irr. vert. - piattabande	80/6(**)	tab. 8.4
Attacco irr. vert. - anima	80/7(**)	tab. 8.4
Attacco irr. long. – anima	80/3(***)	tab. 8.4
Attacco piatti per controventi - anima	80/3(***)	tab. 8.4

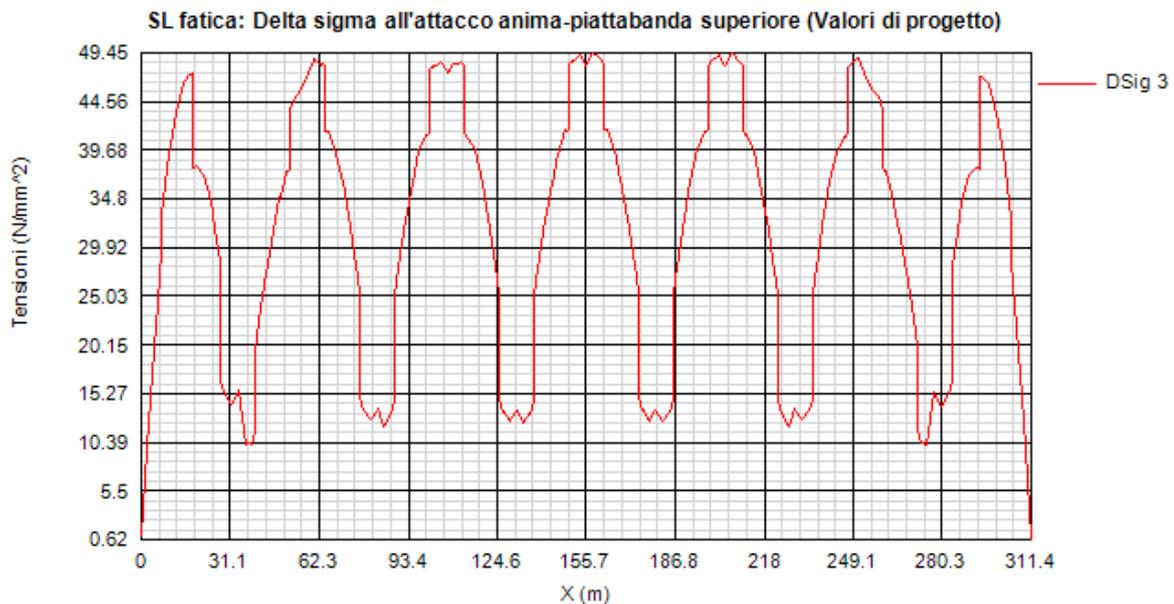
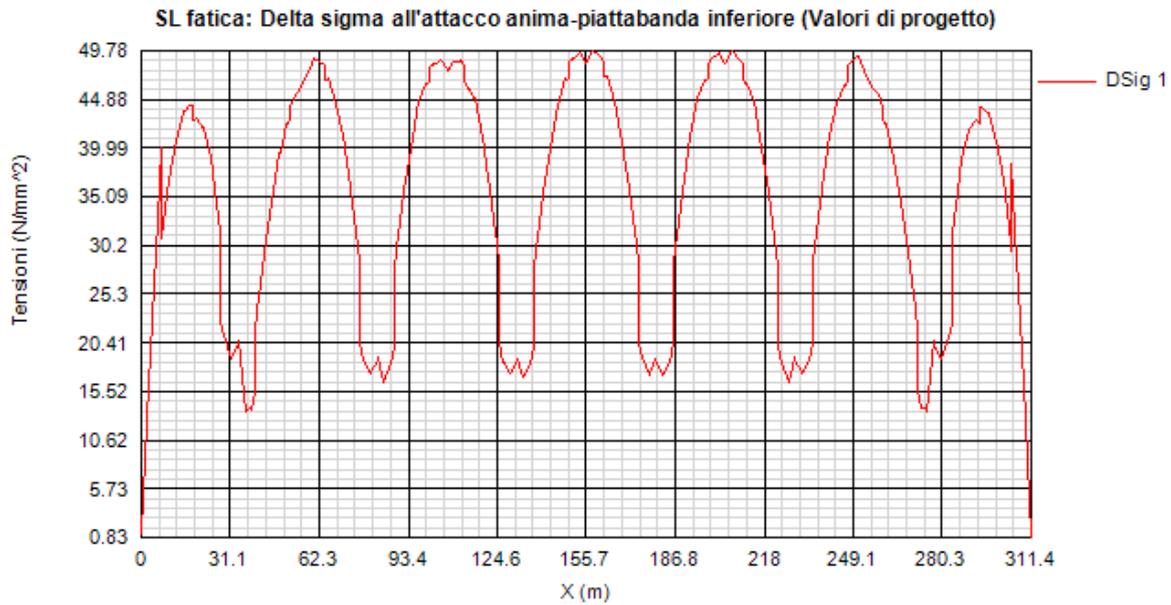
(*) si conteggia il size effect $k_s = (25/t)^{0.2}$

(**) $t < 50$ mm in tutti i casi

(**) $L > 100$ mm, $r > 150$ mm

Di seguito si riporta l'ampiezza di $\Delta\sigma_E$ rilevati in corrispondenza della piattabanda inferiore e superiore e dell'attacco anima/piattabanda inferiore e superiore di ciascun concio.





Si esplicita pertanto, a titolo di esempio, la verifica del dettaglio più critico, rappresentato dalla saldatura piattabanda superiore/irrigidente (cat. 80), sulla sezione maggiormente critica, caratterizzata da $\gamma_f \Delta \sigma_E = 49.45$ MPa (concio 2, Sez. 315_1).

$$\gamma_f \Delta \sigma_E = 49.45 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{R_s} / \gamma_m = 80 / 1.35 = 59.26 \text{ MPa}$$

su attacco piattabanda superiore/ irrigidente

Le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

8.2 VERIFICA CONNESSIONE TRAVE/SOLETTA

8.2.1 Caratteristiche piolatura e detailing

Il sistema di connessione trave/soletta è formato da pioli tipo Nelson elettrosaldati, di diametro $\phi 22$ mm ed altezza pari a 200 mm, come dettagliato in tabella.

Sections	n pioli (/m)	disposizione
C1	30	6 $\phi 22/200$, h=200mm
C2	20	4 $\phi 22/200$, h=200mm
C3	20	4 $\phi 22/200$, h=200mm
C4	25	5 $\phi 22/200$, h=200mm
C2riva	20	4 $\phi 22/200$, h=200mm
C3riva	20	4 $\phi 22/200$, h=200mm

Tabella 8-1 Organizzazione piolature

Per il singolo piolo, i valori di riferimento nell'ambito delle verifiche S.L.U. e S.L.E. sono pertanto i seguenti:

$$P_{Rd,SLU} = 109.48 \text{ kN}$$

Ponendo $k_s = 0.60$, conformemente a quanto previsto dal N.A.D. di EN 1994-2 (cfr. Istruzioni della NTC-08) si ha

$$P_{Rd,SLE} = 0.6 * P_{Rd,SLU} = 65.69 \text{ kN}$$

8.2.2 Dettagli costruttivi

Con riferimento alle figure sottostanti, si riportano le varie verifiche dei dettagli costruttivi dei connettori.

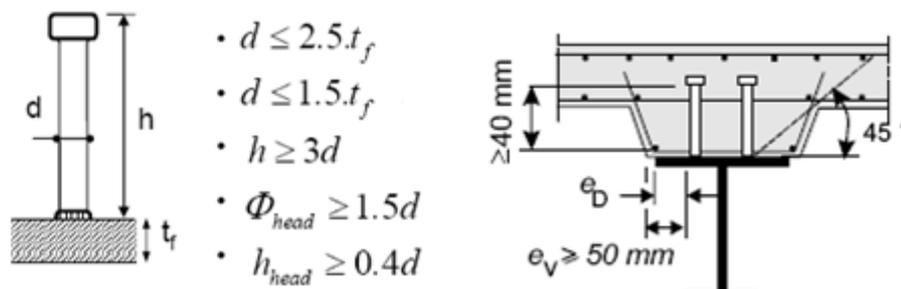


Figura 8-1: Dettagli dei pioli

DETTAGLI PER I CONNETTORI A TAGLIO		
Dettagli per i pioli		
$\varepsilon =$	0.81	
$t_{f \text{ min}} =$	30 mm	
$h_{\text{ pioli}} =$	200 mm	
$d_{\text{ pioli}} =$	22 mm	
$t_{\text{ slab}} =$	300 mm	
$h_{\text{ min}} =$	66 mm (=3*d)	EN 1994-2 6.6.5.7 (1)
$\Phi_{\text{ head}} \geq$	33 mm (=1.5*d)	EN 1994-2 6.6.5.7 (2)
$h_{\text{ head}} \geq$	8.8 mm (= 0.4*d)	EN 1994-2 6.6.5.7 (2)
$d \leq$	45 mm (=1.5*t _{f min})	EN 1994-2 6.6.5.7 (3)
Spaziatura longitudinale e		
$e_{\text{ long}} \leq$	535 mm (= 22 * t _{f min} * ε)	EN1994-2 6.6.5.5 (2)
$e_{\text{ long}} \leq$	800 mm (= min { 4*t _{slab} , 800 mm })	EN1994-2 6.6.5.5 (3)
$e_{\text{ long}} \geq$	110 mm (= 5*d)	EN1994-2 6.6.5.7.(4)
Spaziatura trasversale		
$e_{\text{ trasv}} \geq$	55 mm (=2.5*d)	EN1994-2 6.6.5.7.(4)
Distanza pioli esterni - bordo flangia e_D		
$e_D \leq$	219 mm (= 9 * t _{f min} * ε)	EN1994-2 6.6.5.5 (2)

Tabella 8-2 Dettagli dei pioli

8.2.3 Riepilogo rapporti di sfruttamento verifica elastica S.L.U. - S.L.E. - Fatica

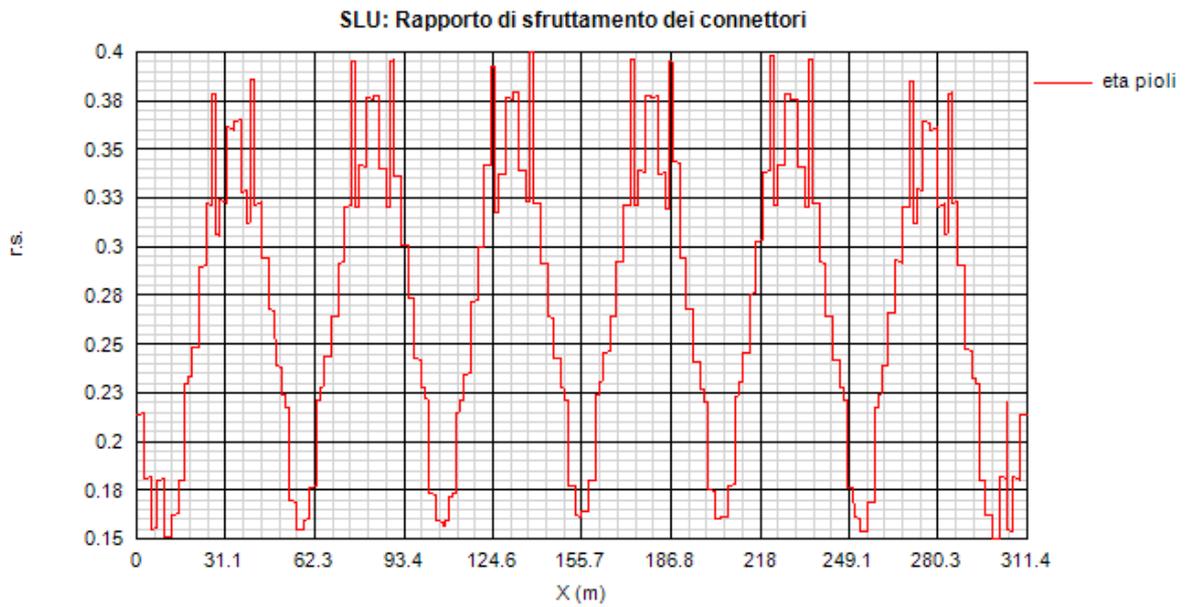
Il calcolo dello scorrimento nelle varie sezioni di verifica ed il confronto con la piolatura di progetto viene effettuato in automatico dal programma PontiEC4 nell'ambito delle condizioni considerate ($M_{\text{max/min}}$ e $V_{\text{max/min}}$).

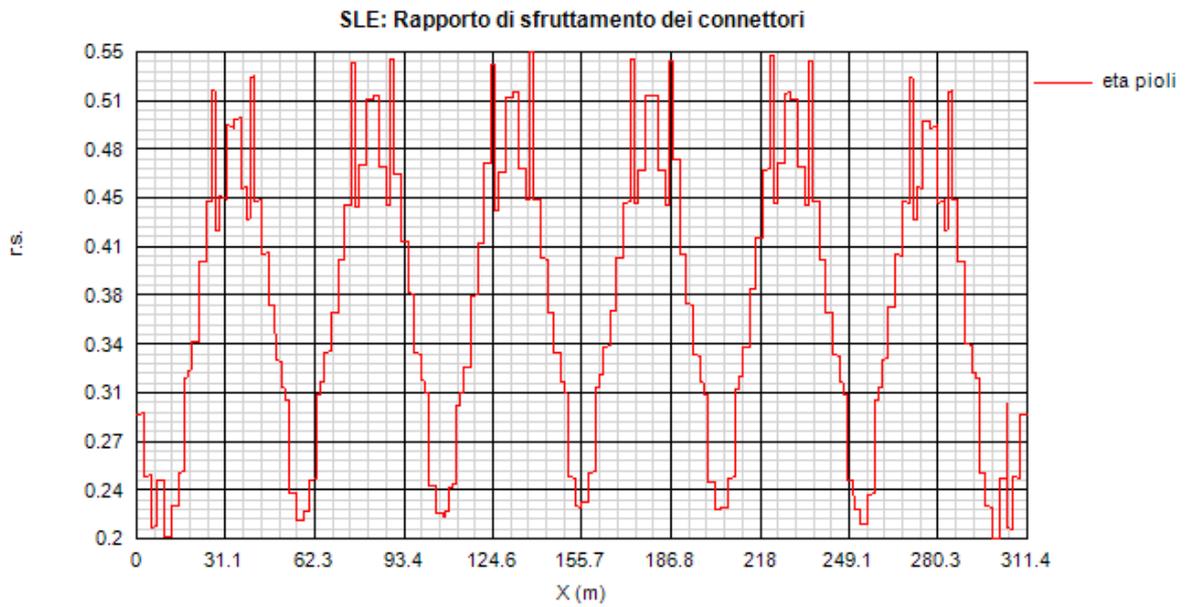
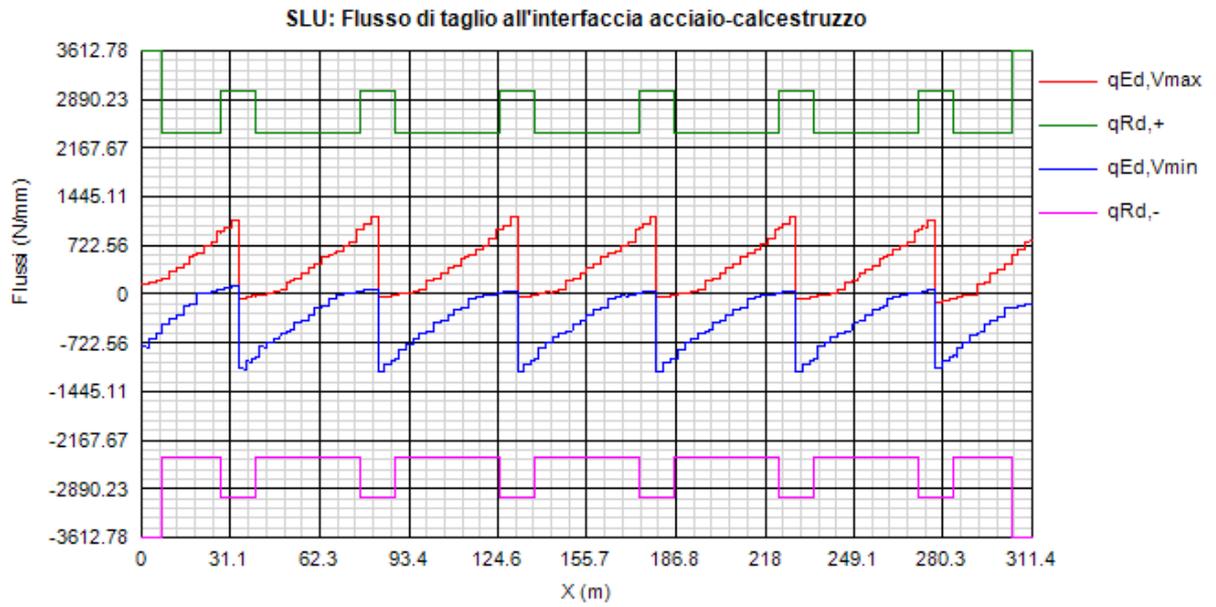
I diagrammi seguenti riportano, oltre alla copertura S.L.U. del flusso di taglio acciaio calcestruzzo, l'andamento del rapporto di sfruttamento dei connettori allo S.L.U., S.L.E. e S.L.F.; in quest'ultimo caso, il rapporto di sfruttamento indicato è il maggiore relativo alle varie modalità di collasso.

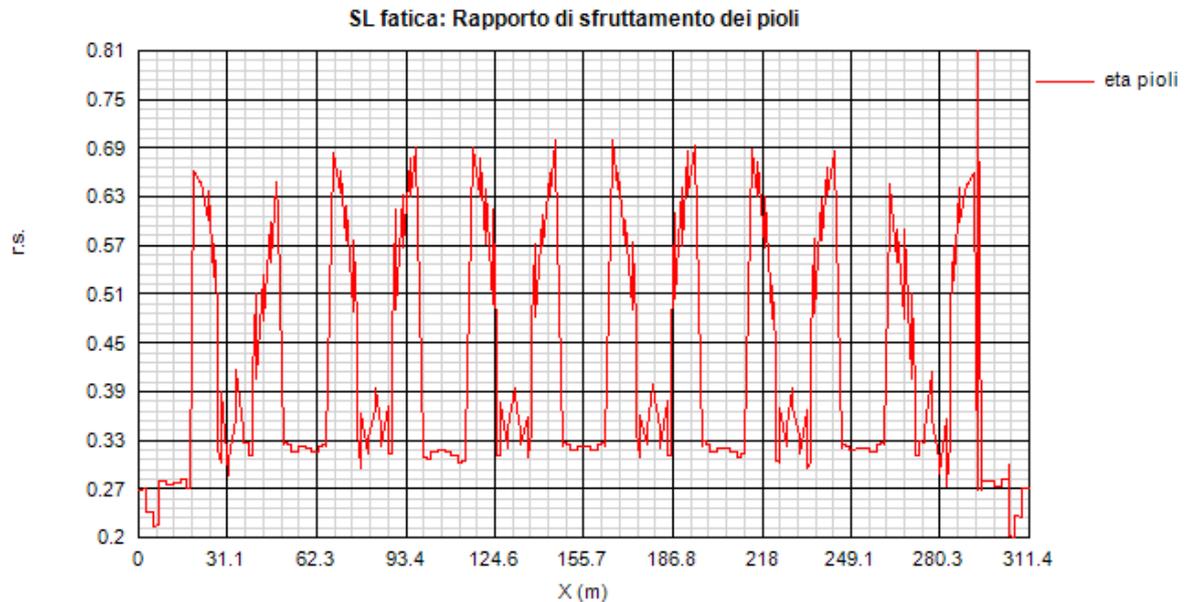
Per la determinazione dei coefficienti λ_v per il calcolo delle tensioni equivalenti a fatica, si sono adottate le ipotesi riassunte in tabella.

<i>Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:</i>	
<i>Fattore equivalente di danno per i pioli:</i>	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4}$
λ_{v1}	1.55
<i>Dati per il calcolo di λ_{v2}, λ_{v3}</i>	
Q_0 (kN)	480
N_0	500000
N_{obs}	500000
Q_{mi} (kN)	457.37
Categoria di traffico (Table 4.5n - EN 1991-2):	Roads and motorways with medium flow rates of lorries
Distribuzione del traffico (Table 4.7 - EN 1991-2) :	Long distance (20% Q1, 5% Q2, 50% Q3, 15% Q4, 10% Q5)
<i>Dati per il calcolo di λ_{v3}, λ_{v4}</i>	
Vita di progetto in anni:	100

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:		
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:		
γ_{Ff}	1	
γ_{Mf}	1.35	







8.2.4 Verifica dei pioli di estremità - influenza di ritiro e variazione termica - (SLU)

Si riporta il calcolo del numero minimo dei pioli da disporre alle estremità delle travi, per una lunghezza pari ad almeno $b_{eff} = 5.625$ m, per assorbire gli sforzi di scorrimento prodotti dalle azioni di Ritiro e di Variazione termica.

Resistenza a taglio del piolo, $P_{Rd1} = 0.8 f_u \pi d^2 / 4 \gamma_v$, (N)	109478
Resistenza per schiacciamento del calcestruzzo, $P_{Rd2} = 0.29 \alpha d^2 (f_{ck} E_{cm})^{0.5} / \gamma_v$, (N)	115992
Resistenza di progetto del piolo $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (N)	109478
Flusso caratteristico per Ritiro: $v_{L,k}$ (N/mm)	882
Flusso caratteristico per Variazione termica (-): $v_{L,k}$ (N/mm)	800
Flusso di progetto totale: $v_{L,Ed}$ (N/mm)	$1.2 \cdot 882 + 1.5 \cdot 800 = 2258$
Numero minimo di pioli in testata: n_{min} (m^{-1})	$2258 \cdot 1000 / 109478 = 20.62$

Nel concio C1 sono presenti 30 pioli/m $> n_{min} = 20.62$ pioli/m.

8.3 VERIFICA DEL SISTEMA DI IRRIGIDIMENTO

Il sistema di irrigidimento d'anima si compone di:

- Irrigidente longitudinale;
- Irrigidenti verticali intermedi all'attacco dei traversi di campata;

- Irrigidenti verticali d'appoggio in asse a pile e spalle;

Le verifiche "standard" degli stiffeners vengono effettuate secondo i criteri di EN 1993-3-5, cap. 9. Vengono effettuate le seguenti verifiche (*):

- 1) Verifica requisiti di rigidezza (EN 1993-1-5. cap. 9.3.3.(2))
- 2) Verifica a torsional buckling (EN 1993-1-5. cap. 9.2.1.(9.3))
- 3) Verifica di resistenza (S.L.U.) (EN 1993.1.5., cap. 9.2.1)

Le verifiche vengono effettuate in automatico dal programma Ponti EC4, con riferimento all'effettivo quadro tensionale rilevato nelle varie sezioni, ed alle caratteristiche geometriche di riferimento.

8.3.1 Irrigidenti verticali intermedi all'attacco dei traversi di campata

Si prevede l'adozione di stiffeners costituiti da un singolo piatto avente dimensioni costruttive pari a 350x25. Ai fini dei calcoli di verifica della trave si assumono le dimensioni teoriche ridotte pari a 250x25.

Verifica dei requisiti di rigidezza

La verifica dei requisiti di rigidezza viene effettuata per tutte le tipologie di concio.

Di seguito si riporta l'esito della verifica nella situazione peggiore (sezione C3_360_1).

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

$$I_{ST} \geq 1.5 h_W^3 t_W^3 / a^2 \quad a / h_W < \sqrt{2}$$

$$I_{ST} \geq 0.75 h_W t_W^3 \quad a / h_W \geq \sqrt{2}$$

$$I_{st} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 1.449E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4850 \text{ mm} \quad h_W = 2415 \text{ mm} \quad a/h_W = 2.008$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Verifica a torsional buckling

Si riporta l'esito della seguente verifica per stiffner rettangolari:

$$\frac{I_T}{I_P} \geq 5.3 \frac{f_y}{E}$$

Check	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr}	--
$6 \cdot f_y$	--
ICr	--
lw	--
IT	1.302E+6
IP	1.305E+8
IT/IP	0.01
5.3 f_y/E	0.009
$c\theta$	--
E	210000
f_y	355
G	80769
a	4850

Verifica resistenza

La verifica di resistenza al di fuori delle zone di appoggio presenta coefficienti di utilizzo trascurabili vista la significativa resistenza a taglio dei pannelli d'anima della trave.

Di seguito i valori massimi riscontrati:

Vertical Stiffeners Sig/($f_y/gM1$)	Vertical Stiffeners $w/(h_w/300)$
0.001	0.002

8.3.2 Irrigidenti verticali ai sostegni

In appoggio viene disposta una coppia di irrigidenti rettangolari di dimensioni costruttive 400x35 mm, disposta simmetricamente rispetto all'anima. Ai fini dei calcoli di verifica della trave si assumono le dimensioni teoriche ridotte pari a 350x35 per ciascun piatto.

La verifica viene effettuata considerando, oltre alla funzione di stabilizzazione anima, anche considerando la massima reazione verticale d'appoggio:

$$N_{sd,S.L.U.} = -10000 \text{ kN}$$

Di seguito le verifiche nei confronti di rigidità e resistenza nella sezione C4_121_11 relativa alla sezione di appoggio in corrispondenza della pila P9.

Verifica dei requisiti di rigidità

La verifica dei requisiti di rigidità viene effettuata per tutte le tipologie di concio.

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

$$I_{ST} \geq 1.5 h_W^3 t_W^3 / a^2 \quad a / h_W < \sqrt{2}$$

$$I_{ST} \geq 0.75 h_W t_W^3 \quad a / h_W \geq \sqrt{2}$$

$$I_{st} = 1.098E+9 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 1.917E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4850 \text{ mm} \quad h_W = 2400 \text{ mm} \quad a/h_W = 2.021$$

$$t_W = 22 \text{ mm} \quad b_W = 572 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 37083.7 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Verifica a torsional buckling

Si riporta l'esito della seguente verifica per stiffner rettangolari:

$$\frac{I_T}{I_P} \geq 5.3 \frac{f_y}{E}$$

Check	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr}	--
$6 \cdot f_y$	--
I_{Cr}	--
I_w	--
IT	5.002E+6
IP	5.015E+8
IT/IP	0.01
$5.3 f_y/E$	0.009
$c\theta$	--
E	210000
f_y	355
G	80769
a	4851

Verifica resistenza

La verifica di resistenza è riportata di seguito.

Requisiti minimi per gli stiffeners trasversali

Tensione massima	Spostamento massimo
$\sigma_{\max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$	$w \leq \frac{h_w}{300}$
$\sigma_{\max} = 297 < 322.7 \text{ N/mm}^2$	$w = 0.2 < 8 \text{ mm}$

VERIFICA SODDISFATTA

$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 1E+7 + 1.201E+5 = 1.012E+7 \text{ N}$

$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 1E+7 = 1E+7 \text{ N}$

$\sigma_m = 0.206 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C)/\sigma_{cr}(P) = 0.011 \Rightarrow 0.5$

$\sigma_{cr}(P) = 369.91 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C) = 3.91 \text{ N/mm}^2$

$N_{Ed} = 2.396E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.426 \quad N_{cr,st} = 3.952E+8 \text{ N}$

$e1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\max} = 361 \text{ mm} \quad w0 = 8 \text{ mm}$

8.4 VERIFICA TRAVERSI DI CAMPATA

8.4.1 Sollecitazioni

I traverzi correnti sono costituiti da profili a I saldati aventi altezza totale 1000 mm, piattabande costituite da piatti 300x20 mm e spessore dell'anima pari a 15 mm.

Qui di seguito si riporta il quadro delle sollecitazioni insistenti sui traverzi dedotti dagli involucri max/min M, max/min V e max/min N per i seguenti S.L.:

S.L.U. fondamentale;

S.L.E. caratteristica;

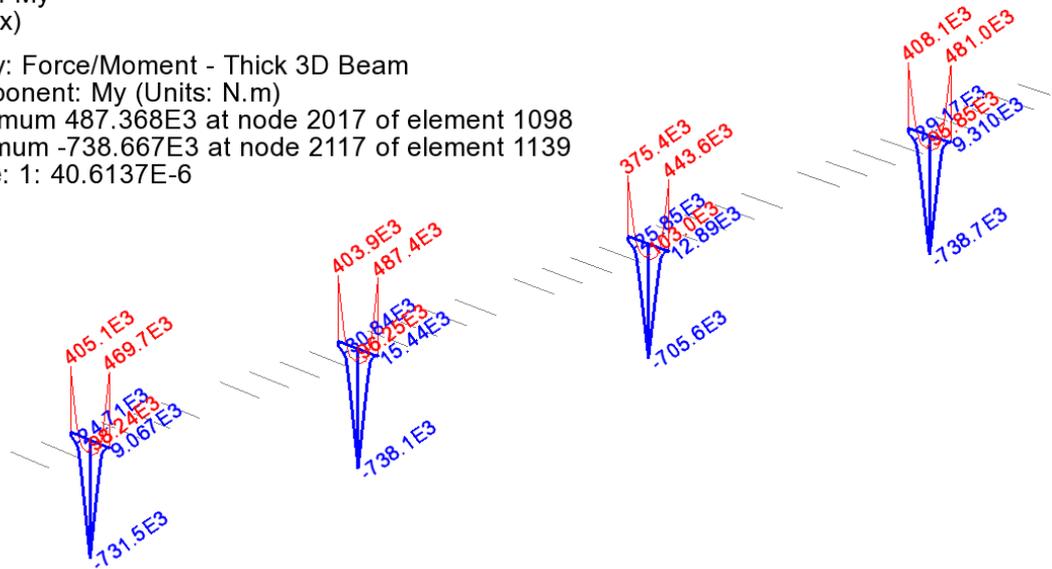
S.L.V. Sisma Y (trasversale);

S.L.F.

I diagrammi delle singole caratteristiche della sollecitazione si riferiscono ai traverzi correnti delle prime quattro campate (rappresentative della totalità del viadotto, coerentemente alle linee di influenza adottate per la massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni).

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: My
SLU STR (Max)

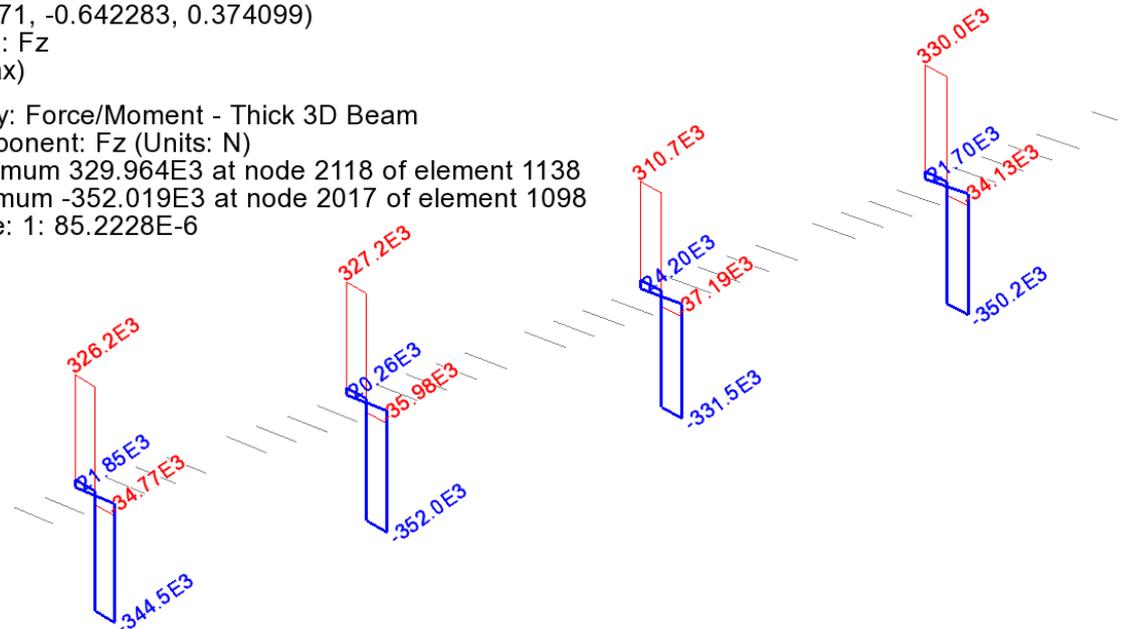
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 487.368E3 at node 2017 of element 1098
Diagram minimum -738.667E3 at node 2117 of element 1139
Diagram scale: 1: 40.6137E-6



SLU fondamentale (STR) - My

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: Fz
SLU STR (Max)

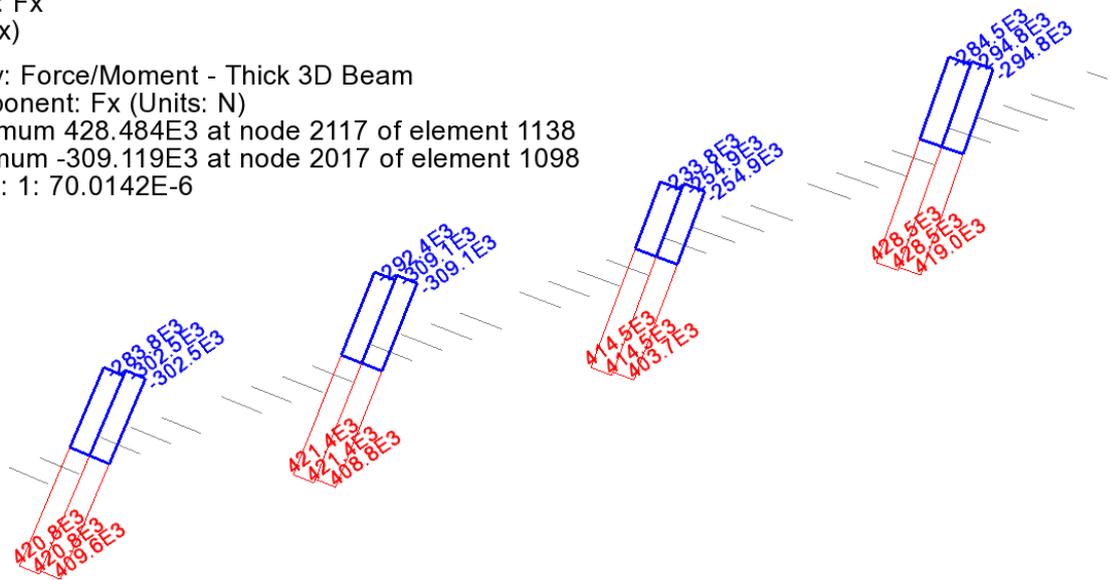
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 329.964E3 at node 2118 of element 1138
Diagram minimum -352.019E3 at node 2017 of element 1098
Diagram scale: 1: 85.2228E-6



SLU fondamentale (STR) - Fz

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

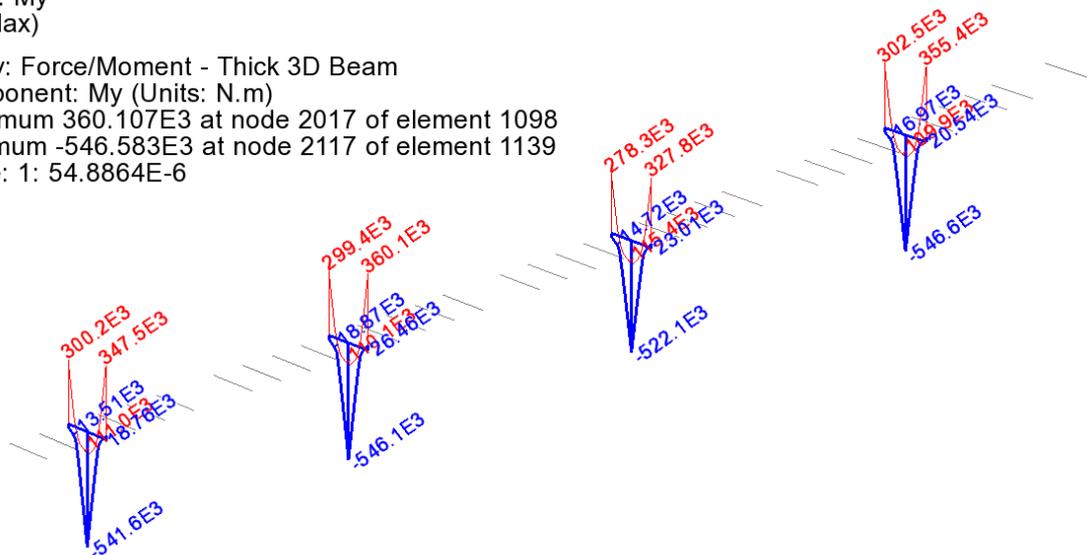
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 428.484E3 at node 2117 of element 1138
Diagram minimum -309.119E3 at node 2017 of element 1098
Diagram scale: 1: 70.0142E-6



SLU fondamentale (STR) - Fx

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

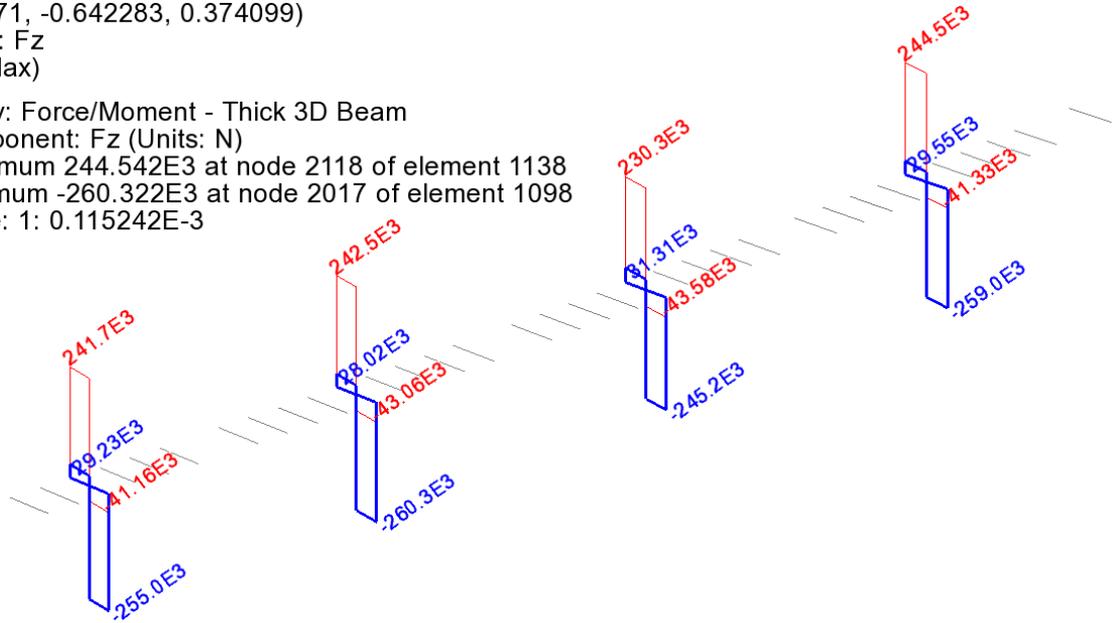
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 360.107E3 at node 2017 of element 1098
Diagram minimum -546.583E3 at node 2117 of element 1139
Diagram scale: 1: 54.8864E-6



SLE RARA - My

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: Fz
SLE RARA (Max)

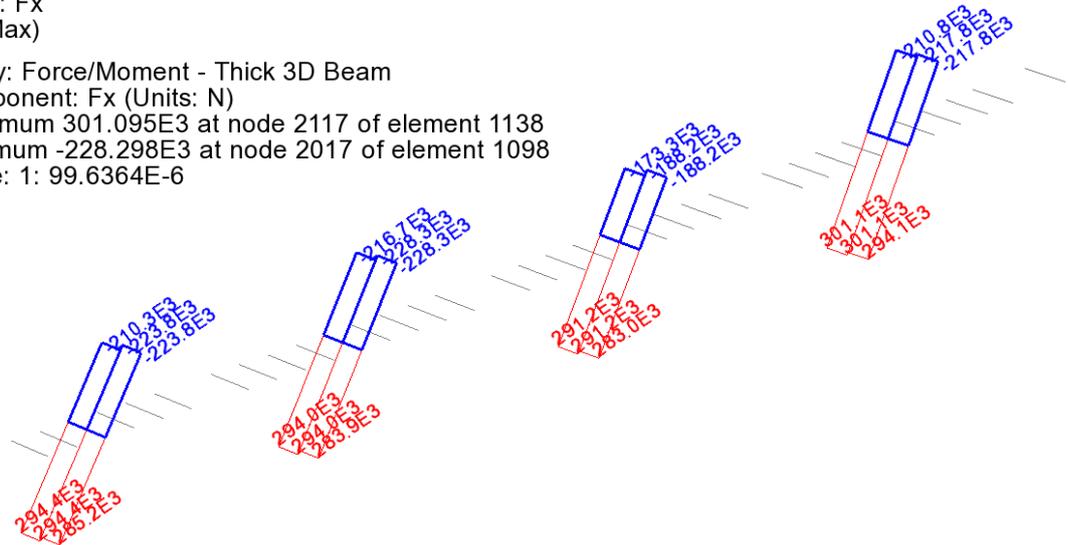
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 244.542E3 at node 2118 of element 1138
Diagram minimum -260.322E3 at node 2017 of element 1098
Diagram scale: 1: 0.115242E-3



SLE RARA - Fz

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

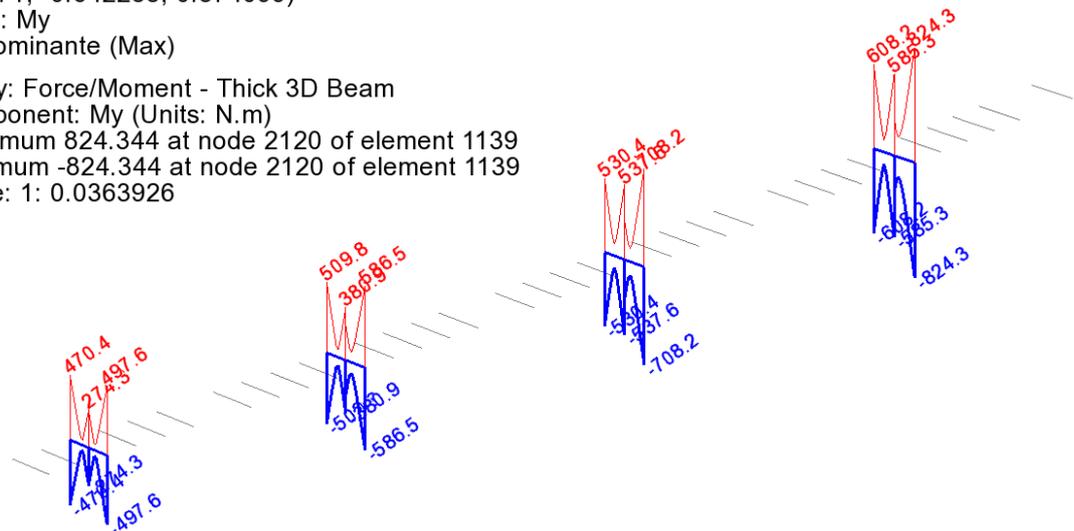
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 301.095E3 at node 2117 of element 1138
Diagram minimum -228.298E3 at node 2017 of element 1098
Diagram scale: 1: 99.6364E-6



SLE RARA - Fx

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: My
Ed SLV - tv dominante (Max)

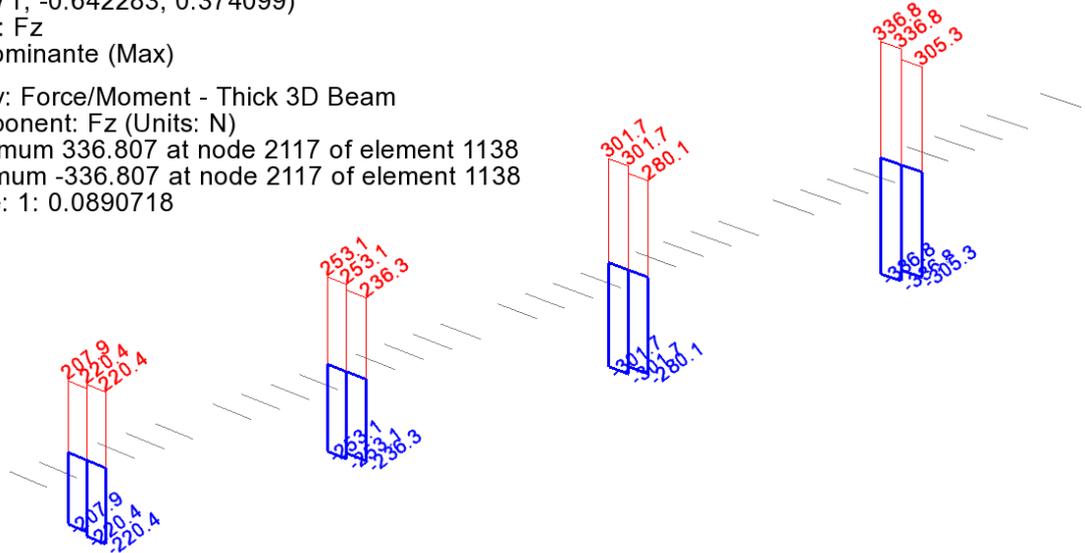
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 824.344 at node 2120 of element 1139
Diagram minimum -824.344 at node 2120 of element 1139
Diagram scale: 1: 0.0363926



SLV SismaY My

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: Fz
Ed SLV - tv dominante (Max)

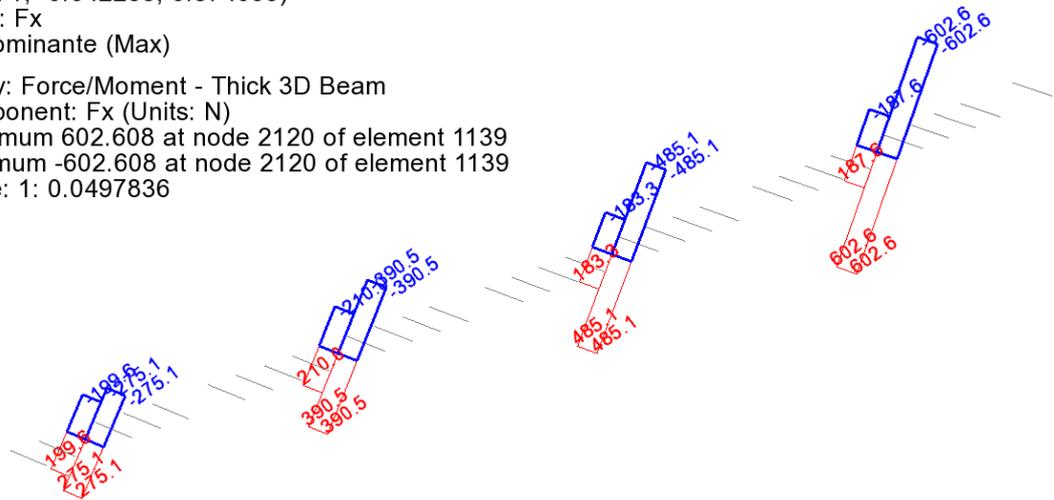
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 336.807 at node 2117 of element 1138
Diagram minimum -336.807 at node 2117 of element 1138
Diagram scale: 1: 0.0890718



SLV SismaY Fz

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: Fx
Ed SLV - tv dominante (Max)

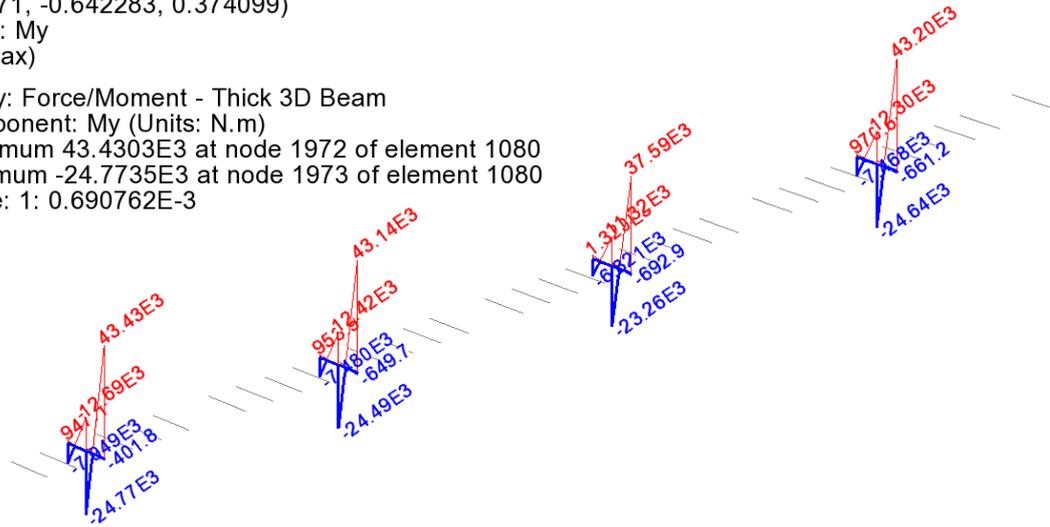
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 602.608 at node 2120 of element 1139
Diagram minimum -602.608 at node 2120 of element 1139
Diagram scale: 1: 0.0497836



SLV SismaY Fx

Scale: 1: 418.231
Zoom: 80.6452
Eye: (-0.668971, -0.642283, 0.374099)
Combining on: My
Env_FLM3 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 43.4303E3 at node 1972 of element 1080
Diagram minimum -24.7735E3 at node 1973 of element 1080
Diagram scale: 1: 0.690762E-3



FLM3 My

8.4.2 Verifica tensionale

Le verifiche verranno effettuate in due sezioni significative, sezione d'incastro (S1) e sezione di mezzeria (S2).

Per la generica sezione di verifica si utilizza il massimo momento flettente ed il massimo taglio in valore assoluto, associando ad essi lo sforzo normale massimo e minimo non concomitanti:

F_x max, $|F_z|$ max, $|M_y|$ max

F_x min, $|F_z|$ max, $|M_y|$ max

Le verifiche della membratura vengono effettuate, previa classificazione del profilo, allo S.L.U. elastico. Pertanto le verifiche S.L.E. – tensioni non verranno effettuate perché automaticamente soddisfatte.

Le azioni di combinazione S.L.E. verranno considerate ai soli fini del calcolo dello scorrimento dell'unione bullonata in corrispondenza del giunto.

Le azioni di combinazione SLV Sisma Y (trasversale) non vengono considerate nelle verifiche in quanto di modesta entità.

Negli involuppi S.L.U., vengono poi inclusi tramite un calcolo separato gli effetti inerenti la stabilizzazione della piattabanda inferiore delle travi, valutati realizzando un modello locale del traverso opportunamente vincolato in corrispondenza dell'attacco delle travi alla soletta e dove, a favore di sicurezza, è stata trascurata la presenza della trave di spina. La sezione dei tratti di anima della trave comprendenti l'irrigidente, a cui si collega il traverso è una sezione a T.

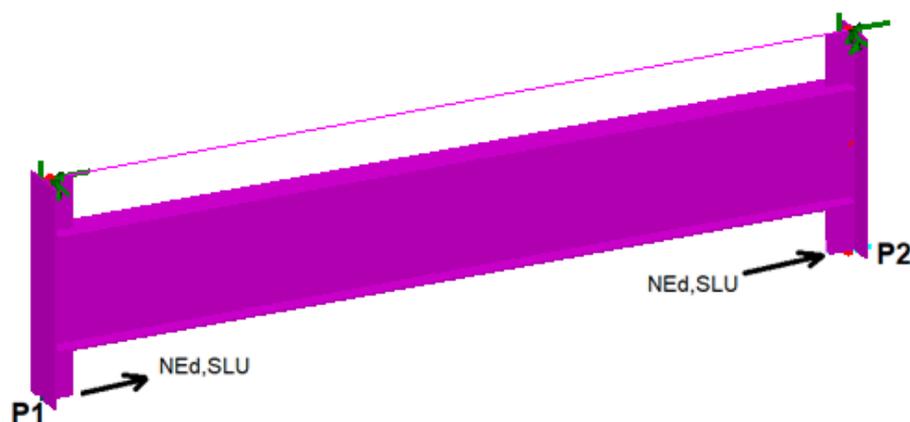


Figura 8-2 Modello locale per valutazione effetto NEd,SLU su travso per instabilità Pinf travi

Le azioni indotte dall'effetto di stabilizzazione della piattabanda inferiore vengono dedotte considerando 1/100 dell'azione assiale media insistente sulla piattabanda inferiore, nella zona di massimo impegno, e risulta (cfr. diagrammi riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**):

$$|N_{Ed,SLU}| = \sigma_{max} * A_{Pinf} / 100 = 17000000 / 100 = 170000 \text{ N}$$

La forza N_{Ed} agisce sulle piattabande inferiori con verso concorde o discorde; sono possibili quindi le seguenti 4 condizioni di carico:

Condizione di carico 1:	$N_{Ed,SLU} (P1) = +170000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = +170000 \text{ N}$
Condizione di carico 2:	$N_{Ed,SLU} (P1) = -170000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = -170000 \text{ N}$
Condizione di carico 3:	$N_{Ed,SLU} (P1) = +170000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = -170000 \text{ N}$
Condizione di carico 4:	$N_{Ed,SLU} (P1) = -170000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = +170000 \text{ N}$

Si ottengono le sollecitazioni seguenti, riportate per il solo travso.

Combining on: My
CC1-CC2 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 323.0E3 at node 13 of element 13
Diagram minimum -323.0E3 at node 13 of element 13
Diagram scale: 1: 30.9598E-6

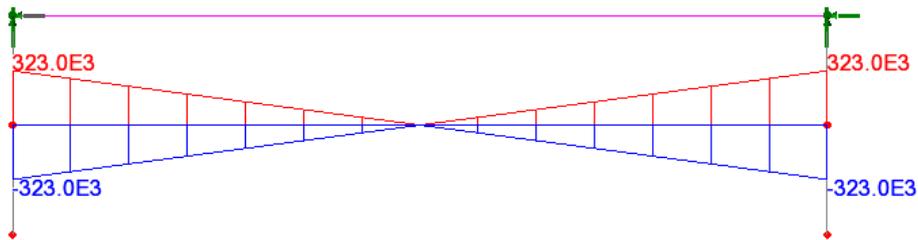


Figura 8-3 Momento My (Nm) – condizioni di carico 1-2

Combining on: Fz
CC1-CC2 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 92.2857E3 at node 13 of element 13
Diagram minimum -92.2857E3 at node 13 of element 13
Diagram scale: 1: 0.108359E-3

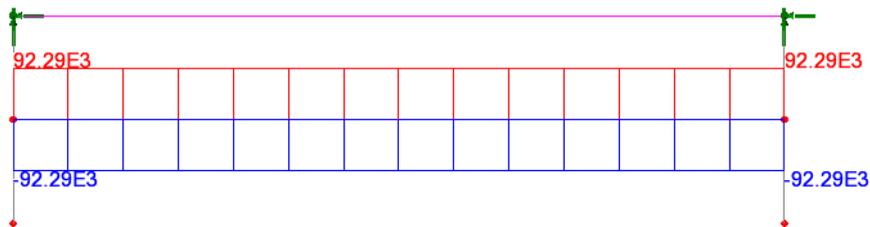


Figura 8-4 Taglio Fz (N) – condizioni di carico 1-2

Combining on: My
CC3-CC4 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 139.591E3 at node 43 of element 41
Diagram minimum -139.591E3 at node 43 of element 41
Diagram scale: 1: 71.6377E-6

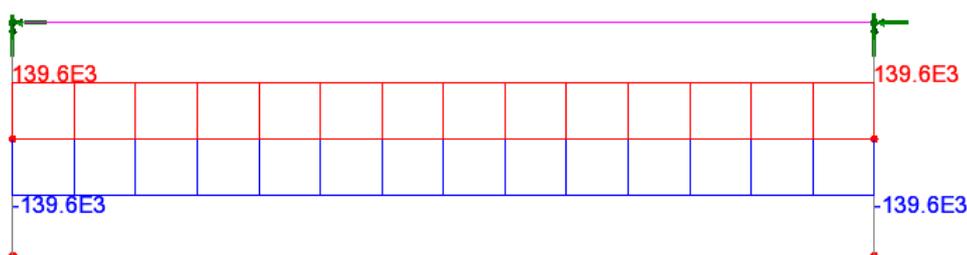


Figura 8-5 Momento My (Nm) – condizioni di carico 3-4

Combining on: Fx
CC3-CC4 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 193.062E3 at node 43 of element 41
Diagram minimum -193.062E3 at node 43 of element 41
Diagram scale: 1: 51.7969E-6

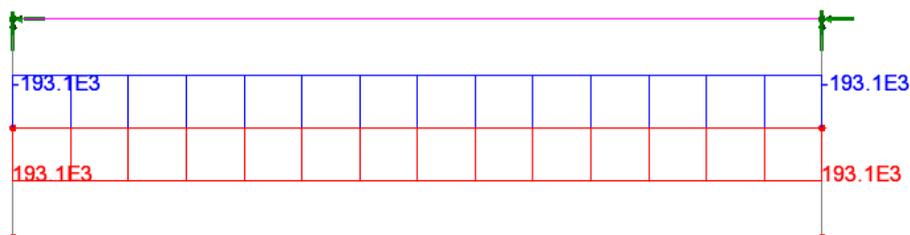


Figura 8-6 Sforzo normale Fx (N) – condizioni di carico 3-4

I segni delle sollecitazioni si invertono nel passare dalla condizione 1 alla 2 e nel passare dalla condizione 3 alla 4.

Sommando alle sollecitazioni derivanti dal modello globale quelle derivanti da quest'ultimo modello locale si ottengono le sollecitazioni di progetto riepilogate nella tabella che segue, in appoggio (verifica giunto + profilo) ed in campata (verifica solo profilo).

Fase	Fx (N)	Fz (N)	My (Nm)
S1-SLU- Fx max	430000+195000=625000	355000+92500=447500	490000+323000=813000
S1-SLU- Fx min	-310000-195000=-505000	355000+92500=447500	490000+323000=813000

S1-SLV - Fx max	605	350	830
S1-SLV - Fx min	605	350	830
S2-SLU- Fx max	430000+195000=625000	355000+92500=447500	740000+140000=880000
S2-SLU- Fx min	-310000-195000=-505000	355000+92500=447500	740000+140000=880000
S2-SLV - Fx max	605	350	830
S2-SLV - Fx min	605	350	830

Tabella 8-3 Sezione all'incastro. SLU.

Fase	My min (Nm)	My max (Nm)
S1-SLF	1500	43500
S2-SLF	25000	13000

Tabella 8-4 Sezione in mezzzeria. SLF.

Fase	Fx (N)	Fz (N)	My (Nm)
S1-SLU- Fx max	302000	265000	365000
S1-SLU- Fx min	-229000	265000	365000

Tabella 8-5 Sezione in mezzzeria. SLE Rara.

Verifica di stato limite ultimo – SLU

Si riporta l'esito della verifica a pressoflessione plastica ed elastica, ed a taglio.

Sezione	Classe F3b	MEd/MR	SigEd /fy	VEd/VRd
S1-SLU- Fx max	1	0.26	(.372)	0.18
S1-SLU- Fx min	3	(.26)	0.358	0.18
S2-SLU- Fx max	1	0.28	(.396)	0.18
S2-SLU- Fx min	3	(.28)	0.383	0.181

Tabella 8-6 Coefficienti di utilizzo a SLU

Classe	Classificazione della sezione
MEd/MR	Coefficiente di utilizzo a pressoflessione plastica
SigEd /fy	Coefficiente di utilizzo a pressoflessione elastico
VEd/VRd	Coefficiente di utilizzo a taglio

Si riporta l'esito della verifica a fatica nelle due sezione per i vari dettagli costruttivi.

	Psup	Pinf	Web	Web-Psup	Web-Pinf	IrrV-Web	IrrV-Psup	IrrV-Pinf

S1-SLF	0.146	0.146	0	0.156	0.156	0.219	0.219	0.219
S2-SLF	0.123	0.123	0	0.132	0.132	0.185	0.185	0.185

Tabella 8-7 Coefficienti di utilizzo a SLF

Si riportano in modo esteso le verifiche della sezione di campata (S2) per la combinazione peggiore (SLU-Fxmax) e le verifiche della sezione di incastro (S1) per la combinazione SLF.

Sezione Traverso S2-SLU(Fxmax)

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1000 mm
Piattabanda superiore	300x20 mm
Piattabanda inferiore	300x20 mm
Anima	15x960 mm, Inclinazione: 0

Caratteristiche geometriche lorde

A (mm ²)	2.64E+4
z _G (mm)	500
J _y (mm ⁴)	3.988E+9
W _{y,0} (mm ³)	-7.975E+6
W _{y,1} (mm ³)	-8.307E+6
W _{y,3} (mm ³)	8.307E+6
W _{y,4} (mm ³)	7.975E+6
S _{y,1} (mm ³)	2.94E+6
S _{y,2} (mm ³)	4.668E+6
S _{y,3} (mm ³)	2.94E+6
S _{y,4} (mm ³)	0E+00

Verifiche S.L.U. sezione composta (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	6.25E+5	4.47E+5	8.8E+5	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	64	438.38	0.44	-1.58	1
Piattabanda superiore	7.12				1
Piattabanda inferiore	7.12				1

classe della sezione					1
Analisi plastica: APPLICABILE					

Verifica plastica a Presso-Tenso flessione (Comb. Mmax)

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	6.25E+5	M _{Ed} (Nm)	8.8E+5	N _{Ed} (N)	6.25E+5
N _{Rd} (N)	8.926E+6	M _{Rd} (Nm)	3.156E+6	M _{Ed} (Nm)	8.8E+5
				M _{Rd} (Nm)	3.137E+6
N _{Ed} /N _{Rd}	0.07	M _{Ed} /M _{Rd}	0.279	M _{Ed} /M _{Rd}	0.281
VERIFICA SODDISFATTA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

		η_1
σ_4	134	0.396
σ_3	129.6	0.383
σ_2	23.7	0.07
σ_1	-82.3	0.243
σ_0	-86.7	0.256

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.396 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=64 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=48.911 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=2.48E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=7.292, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=5.415$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=2.465E+6 \text{ N, contributo flange: } V_{bf,Rd}=1.526E+4 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.919, \quad \lambda_w=0.903, \quad \tau_{cr}=251.2, \quad C=1847.2$$

$$M_{Ed}=8.8E+5 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=1.687E+6 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.522$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=3.373E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=2.48E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.18, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.182, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.281$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

$$\eta_3 < 0.5, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} < 1$$

NON C'E' INTERAZIONE

Sezione Traverso S1-SLF

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1000 mm
Piattabanda superiore	300x20 mm
Piattabanda inferiore	300x20 mm

Anima	15x960 mm, Inclinazione: 0
-------	----------------------------

Caratteristiche geometriche lorde

A (mm ²)	2.64E+4
z _G (mm)	500
J _y (mm ⁴)	3.988E+9
W _{y,0} (mm ³)	-7.975E+6
W _{y,1} (mm ³)	-8.307E+6
W _{y,3} (mm ³)	8.307E+6
W _{y,4} (mm ³)	7.975E+6
S _{y,1} (mm ³)	2.94E+6
S _{y,2} (mm ³)	4.668E+6
S _{y,3} (mm ³)	2.94E+6
S _{y,4} (mm ³)	0E+00

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
3b max	0E+00	0E+00	4.35E+4	0E+00
3b max	0E+00	0E+00	-1.5E+3	0E+00

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria (Comb. Mmax)

	Max	Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_4	5.5	-0.2	5.6
σ_3	5.2	-0.2	5.4
σ_2	0	0	0
σ_1	-5.2	0.2	5.4
σ_0	-5.5	0.2	5.6

Dati di calcolo per i coefficienti di sicurezza e i fattori equivalenti di danno

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:	γ_{Ft}	1
	γ_{Mf}	1.35
Fattore equivalente di danno per flessione per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.58 x 0.928 x 1 x 1 = 2.394 < 2.6 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.622 x 0.928 x 1 x 1 = 2.433 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	7
	Luce per il taglio (m):	2.8
Dati per il calcolo di λ_2	Q ₀ (kN)	480
	N ₀	500000
	N _{obs}	500000
	Q _{mi} (kN)	0
	Categoria di traffico (Table 4.5n - EN 1991-2):	Roads and motorways with medium flow rates of lorries
	Distribuzione del traffico (Table 4.7 - EN 1991-2) :	Long distance (20% Q1, 5% Q2, 50% Q3, 15% Q4, 10% Q5)

Dati per il calcolo di λ_3	Vita di progetto in anni:	100
Dati per il calcolo di γ_{Mf} per la carpenteria:	Metodo di verifica:	Safe life
	Conseguenza del danno:	High consequence

Verifica a fatica dei dettagli di carpenteria

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	13.51	92.593	0.146
Piattabanda inferiore	13.509	92.593	0.146
Anima	0	74.074	0
Attacco anima-piattabanda superiore	12.968	82.963	0.156
Attacco anima-piattabanda inferiore	12.968	82.963	0.156
Attacco irrigidente verticale - anima	12.968	59.259	0.219
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	12.968	59.259	0.219
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	12.968	59.259	0.219

8.4.3 Stabilità laterale torsionale

Si effettua la valutazione del momento critico per stabilità laterale torsionale del profilo.

La valutazione viene effettuata con il tool LTBeam, applicando alle estremità del profilo il massimo momento di progetto S.L.U. .

Per una valutazione qualitativa completa del comportamento nei confronti della stabilità laterale torsionale, la valutazione viene effettuata considerando sia una situazione di carico ai nodi "asimmetrica", in cui le coppie agiscono con identico verso nell'ipotesi, cautelativa, di assenza di trave di spina, sia una situazione "simmetrica", con momento indotto dal carico concentrato della trave di spina nell'ipotesi, cautelativa, di svincolo flessionale in corrispondenza delle estremità del traverso.

Qui di seguito si riporta il calcolo di $M_{cr,LT}$ nei due casi.

Beam - Section - Steel

Beam

Total Length L: m Nb elements N:

Steel

E: MPa ν : G: MPa

Section

In Catalogue By Dimensions By Properties

h: mm

tw: mm

bf: mm

tf: mm

r: mm

OK

lz: cm⁴

lt: cm⁴

lw: cm⁶

Bz: mm

More...

Tabella 8-8 Caratteristiche profilo

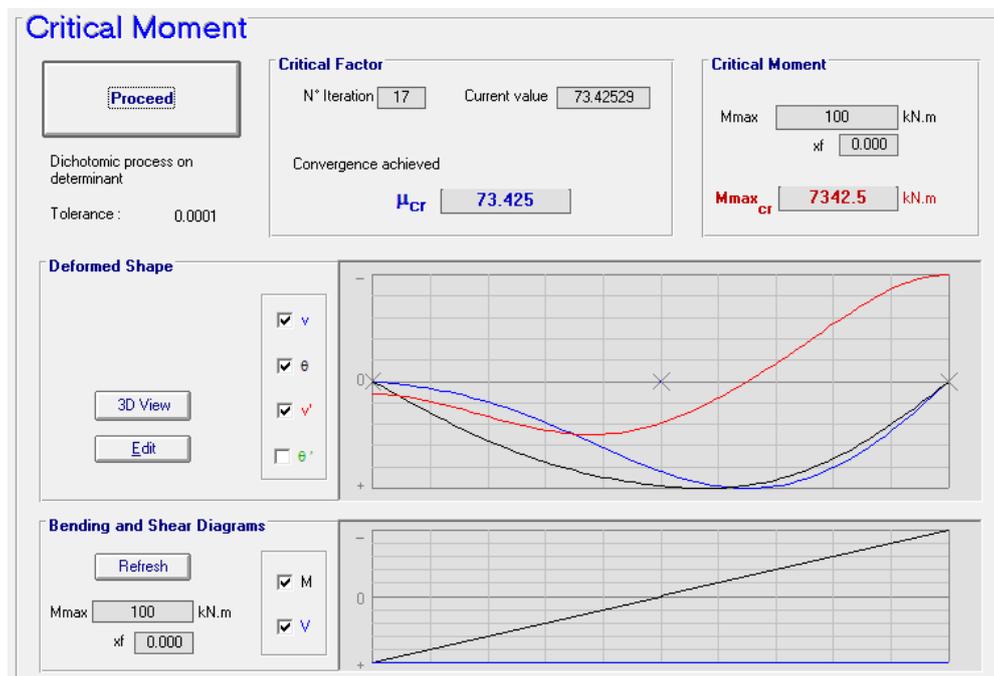


Figura 8-7 Stabilità torsionale - caso asimmetrico

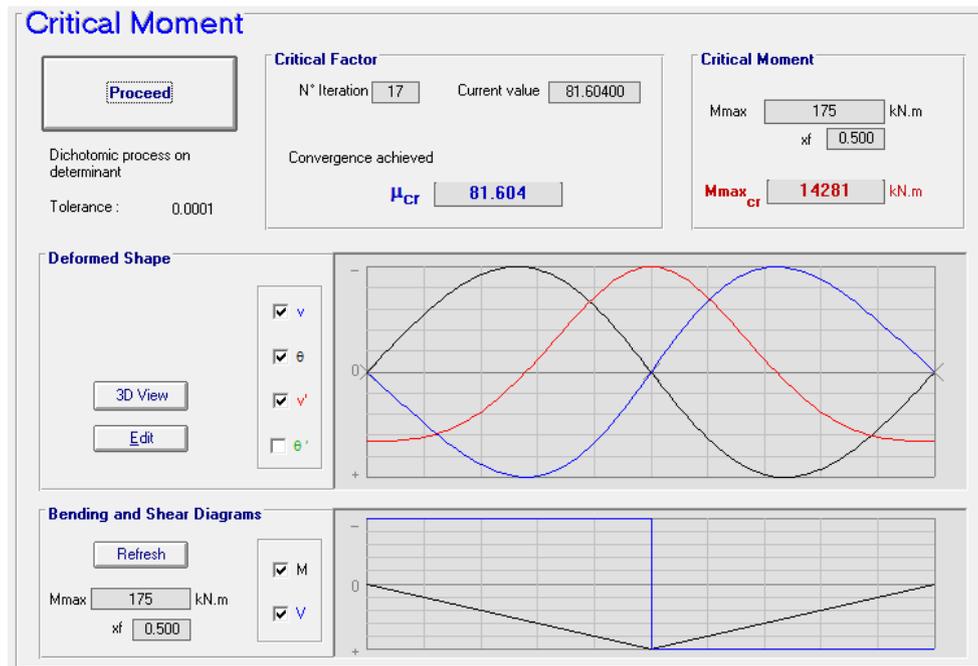


Figura 8-8 Stabilità torsionale - caso simmetrico

La valutazione preliminare degli effetti della stabilità laterale torsionale viene effettuata con riferimento ai criteri contenuti in EN 1993-1-1 cap. 6.3.2.2.(1)), valutando la snellezza adimensionalizzata, effettiva λ_{LT} e di base $\lambda_{LT,0}$. Per le verifiche si fa riferimento alla curva di stabilità "d" (sezioni saldate ad "I", $h/b > 2$).

Verifica stabilità laterale torsionale (EN 1993-1-1 6.3.2.2)			
Traversi correnti			
			App
f_y	355 Mpa	$M_{cr,LT,min}$	7342 kNm
W	7.98E+06 mm ³	M_{Ed}	880 kNm
γ_{M1}	1.1	$M_{Ed}/M_{cr,LT}$	0.120
Curva imperf. (tab. 6.3)		λ_{LT}	0.62
α_{LT}	0.76	λ_{LT0}	0.4
Curva d		λ_{LT0}^2	0.16
Welded I-sections $h/b > 2$			
h	1000	ϕ_{LT}	0.853
b	300	χ_{LT}	0.696
h/b=	3.333333	$M_{b,Rd}$	1790.74 kNm
		$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.491

8.4.4 Giunto bullonato

Il giunto bullonato risulta essere verificato in tutti i suoi elementi strutturali come riportato nelle tabelle dei coefficienti di utilizzo per le varie combinazioni.

	Dim_Check	Comb	Comp	F_{vEd}/F_{vRd}	F_{bEd}/F_{bRd}	$V_{Ed}/V_{pl,netRd}$	$N-M_{Ed}/N-M_{RD}$	V_{Ed}/V_{pyRd}	$N-M_{Ed}/N-M_{pRd}$	Comb	Comp	F_{vEd}/F_{sRd}
S1-SLU Fx max	Ali sup.:True	SLU	Ali sup.	0.461	0.293	-	0.393	-	0.429	SLE car.	Ali sup.	0.44
	Anima:True		Anima	0.444	0.361	0.218	0.46	0.187	0.447		Anima	0.447
	Ali inf.:True		Ali inf.	0.284	0.181	-	0.225	-	0.225		Ali inf.	0.261
S1-SLU Fx min	Ali sup.:True	SLU	Ali sup.	0.301	0.192	-	0.257	-	0.28	SLE car.	Ali sup.	0.283
	Anima:True		Anima	0.431	0.35	0.218	0.441	0.187	0.431		Anima	0.431
	Ali inf.:True		Ali inf.	0.444	0.282	-	0.352	-	0.352		Ali inf.	0.418

	Comb.	Comp	$\Delta\sigma_{Ed}/\Delta\sigma_{Rd}$	$\Delta\sigma_{Edp}/\Delta\sigma_{Rdp}$
S1-SLF	SLF	Ali sup.	0.237	0.455
		Anima	0.244	0.441
		Ali inf.	0.237	0.455

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche della sezione più penalizzata nei confronti delle combinazioni SLU e SLE e della sezione più penalizzata nei confronti della SLF.

DATI DI INPUT

Definizione del giunto

Categoria

B: Unioni a taglio per attrito allo SLE

Bulloni

Classe

10.9

Taglio su sezione:

filettata

f_{yb} (N/mm²)

900

f_{ub} (N/mm²)

1000

Coefficienti resistenza allo scorrimento

k_s

1

μ

0.3

Fatica

$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4$

2.39

γ_{Ff}

1

γ_{Mf}

1.35

$\Delta\sigma_c$ Profilo in acciaio (N/mm²)

90

$\Delta\sigma_c$ riferito a sezione componente

netta

$\Delta\sigma_c$ Piatti (N/mm²)

50

$\Delta\sigma_c$ riferito a sezione piatti

netta

Coefficienti di sicurezza

γ_{M2}

1.25

γ_{M3} (SLU)

1.25

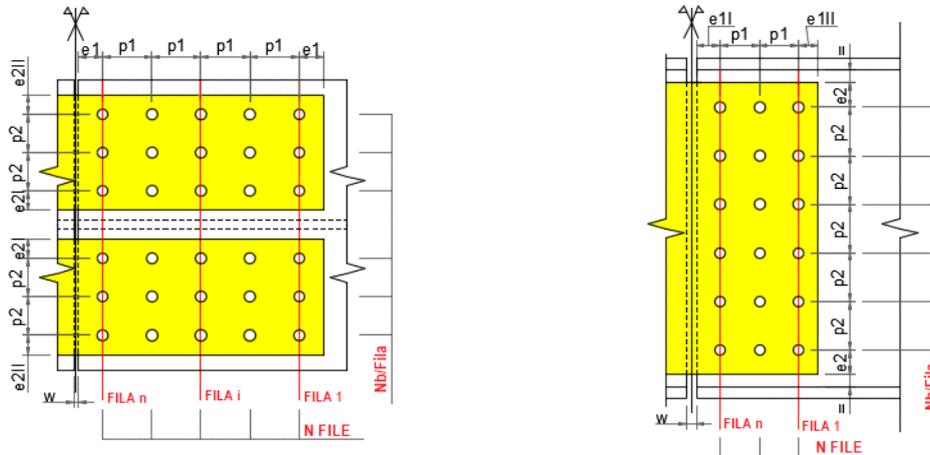
γ_{M3} (SLE)

1.1

Piatti

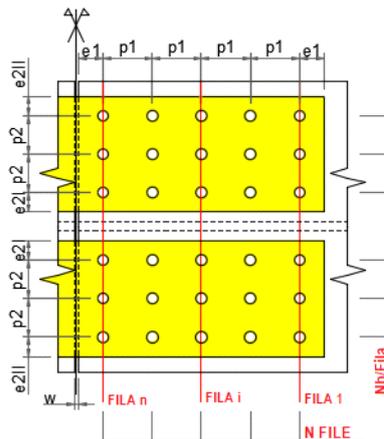
S355	$f_y(N/mm^2)$
$0 < t \leq 40$ mm	355
$40 < t \leq 200$ mm	335
$0 < t \leq 40$ mm	$f_u(N/mm^2)$
$40 < t \leq 200$ mm	510
	470

GIUNTO: Traverso S1-SLU(Fxmax)



Ala superiore: Distr. Rettangolare regolare

Anima: Distr. Rettangolare regolare



Ala inferiore: Distr. Rettangolare regolare

A DATI GENERALI

Ala superiore			Anima			Ala inferiore		
Bulloni	SX	DX	Bulloni	SX	DX	Bulloni	SX	DX
Tipo di distribuzione	Rettangolare golare		Tipo di distribuzione	Rettangolare golare		Tipo di distribuzione	Rettangolare golare	
Nb/fila	2		Nb/fila	12		Nb/fila	2	
N file	4		N file	2		N file	4	
d (mm)	20		d (mm)	20		d (mm)	20	
d ₀ (mm)	22		d ₀ (mm)	22		d ₀ (mm)	22	
A _{nomb} (mm ²)	314		A _{nomb} (mm ²)	314		A _{nomb} (mm ²)	314	
A _{resb} (mm ²)	251		A _{resb} (mm ²)	251		A _{resb} (mm ²)	251	
A _{Vb} (mm ²)	251		A _{Vb} (mm ²)	251		A _{Vb} (mm ²)	251	
Piatti			Piatti			Piatti		
t piatti d'imbottitura (mm)	0	0	t piatti d'imbottitura (mm)	0	0	t piatti d'imbottitura (mm)	0	0
t piatti interni - esterni (mm)	15		t piatti interni - esterni (mm)	10		t piatti interni - esterni (mm)	15	
A _p (mm ²)	6000		A _p (mm ²)	17400		A _p (mm ²)	6000	
A _{np} (mm ²)	4710		A _{np} (mm ²)	12240		A _{np} (mm ²)	4710	
Profilo in acciaio			Profilo in acciaio			Profilo in acciaio		
A (mm ²)	6000	6000	A (mm ²)	14400	14400	A (mm ²)	6000	6000
A _{net} (mm ²)	5140	5140	A _{net} (mm ²)	10530	10530	A _{net} (mm ²)	5140	5140
Distanze - Interassi			Distanze - Interassi			Distanze - Interassi		
e ₁ (mm)	50		e ₁₁ (mm)	50		e ₁ (mm)	50	
p ₁ (mm)	70		e ₁₁₁ (mm)	50		p ₁ (mm)	70	
e ₂₁ (mm)	50		p ₁ (mm)	70		e ₂₁ (mm)	50	
e ₂₁₁ (mm)	50		e ₂ (mm)	50		e ₂₁₁ (mm)	50	
p ₂ (mm)	0		p ₂ (mm)	70		p ₂ (mm)	0	
			w (mm)	10				

B LIMITI DIMENSIONALI

Ala superiore		Anima		Ala inferiore	
e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26	e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26	e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	100	e ₁ max = 4t+40 (mm)	80	e ₁ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₁	True	Check e ₁	True	Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26	e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26	e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	100	e ₂ max = 4t+40 (mm)	80	e ₂ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₂	True	Check e ₂	True	Check e ₂	True
p ₁ min = 2.2d ₀ (mm)	47	p ₁ min = 2.4d ₀ (mm) ¹	52	p ₁ min = 2.2d ₀ (mm)	47
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	200	p ₁ max = min(14t;200) (mm)	140	p ₁ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₁	True	Check p ₁	True	Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52	p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52	p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52
p ₂ max = min(14t;200) (mm)	200	p ₂ max = min(14t;200) (mm)	140	p ₂ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₂	NA	Check p ₂	True	Check p ₂	True

C RIEPILOGO RISULTATI

Dim_Check	Comb.	Comp.	F _{vEd} /F _{vRd}	F _{bEd} /F _{bRd}	V _{Ed} /V _{pIinetRd}	N-M _{Ed} /N-M _{RD}	V _{Ed} /V _{pyRd}	N-M _{Ed} /N-M _{pRd}	Comb.	Comp.	F _{vEd} /F _{sRd}
Ali sup.:True	SLU, Mmax	Ali sup.	0.461	0.293	-	0.393	-	0.429	SLE c., Mmax	Ali sup.	0.44
Anima:True		Anima	0.444	0.361	0.218	0.46	0.187	0.447		Anima	0.447
Ali inf.:True		Ali inf.	0.284	0.181	-	0.225	-	0.225		Ali inf.	0.261

D DETTAGLIO RISULTATI: Comb. Mmax

SOLLECITAZIONI

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
N _{Ed} (SLU) (N)	7.415E+5	7.415E+5	N _{Ed} (SLU) (N)	3.409E+5	3.409E+5	N _{Ed} (SLU) (N)	-4.574E+5	-4.574E+5
			M _{Ed} (SLU) (N*m)	2.255E+5	2.255E+5			

N_{Ed} (SLE) (N)	3.378E+5	3.378E+5	$ V_{Ed} $ (SLU) (N)	4.475E+5	4.475E+5	N_{Ed} (SLE) (N)	-2.005E+5	-2.005E+5
			N_{Ed} (SLE) (N)	1.647E+5	1.647E+5			
			M_{Ed} (SLE) (N*m)	1.012E+5	1.012E+5			
			$ V_{Ed} $ (SLE) (N)	2.65E+5	2.65E+5			

VERIFICHE

RESISTENZA A TAGLIO (SLU)

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
α_v	0.5		α_v	0.5		α_v	0.5	
$\beta_p = 9*d/(8*d+3*t_p) (<=1)$	1	1	$\beta_p = 9*d/(8*d+3*t_p) (<=1)$	1	1	$\beta_p = 9*d/(8*d+3*t_p) (<=1)$	1	1
			$M_b = M_{Ed} + V_{Ed} *u$ (N*m)	2.658E+5	2.658E+5			
			J_b (mm ²)	1.431E+6				
			$V_{1b} = V_{Ed} /N_b$ (N)	1.865E+4	1.865E+4			
			$V_{2b} = M_b/J_b*x_{maxb}$ (N)	6.501E+3	6.501E+3			
			$V_b = V_{1b}+V_{2b}$ (N)	2.515E+4	2.515E+4			
			$H_{1b} = N_{Ed} /N_b$ (N)	1.42E+4	1.42E+4			
			$H_{2b} = M_b/J_b*y_{maxb}$ (N)	7.151E+4	7.151E+4			
			$H_b = H_{1b}+H_{2b}$ (N)	8.571E+4	8.571E+4			
$F_{VEd} = N_{Ed} /2/N_b$ (N)	4.634E+4	4.634E+4	$F_{VEd} = ((V_b^2+H_b^2)^{0.5})/2$ (N)	4.466E+4	4.466E+4	$F_{VEd} = N_{Ed} /2/N_b$ (N)	2.859E+4	2.859E+4
$F_{VRd} = \beta_p*\alpha_v*f_{ub}*A_{vb}/\gamma_{M2}$ (N)	1.005E+5	1.005E+5	$F_{VRd} = \beta_p*\alpha_v*f_{ub}*A_{vb}/\gamma_{M2}$ (N)	1.005E+5	1.005E+5	$F_{VRd} = \beta_p*\alpha_v*f_{ub}*A_{vb}/\gamma_{M2}$ (N)	1.005E+5	1.005E+5
$cu_{Fv} = F_{VEd}/F_{VRd}$	0.461	0.461	$cu_{Fv} = F_{VEd}/F_{VRd}$	0.444	0.444	$cu_{Fv} = F_{VEd}/F_{VRd}$	0.284	0.284

RESISTENZA A RIFOLLAMENTO (SLU)

Ala superiore Piatti	SX	DX	Anima Piatti	SX	DX	Ala inferiore Piatti	SX	DX
$\alpha_{b,ed}$ long.	0.775		$\alpha_{b,ed}$ long.	0.775		$\alpha_{b,ed}$ long.	0.775	
$\alpha_{b,in}$ long.	0.835		$\alpha_{b,in}$ long.	0		$\alpha_{b,in}$ long.	0.835	
$k_{1,ed}$ long.	2.5		$k_{1,ed}$ long.	2.5		$k_{1,ed}$ long.	2.5	
$k_{1,in}$ long.	0		$k_{1,in}$ long.	2.5		$k_{1,in}$ long.	0	
			$\alpha_{b,ed}$ transv.	0.775				
			$\alpha_{b,in}$ transv.	0.835				
			$k_{1,ed}$ transv.	2.5				
			$k_{1,in}$ transv.	0				
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,ed})$ long. (N)	2.372E+5		$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,ed})$ long. (N)	1.581E+5		$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,ed})$ long. (N)	2.372E+5	
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00		$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,in})$ long. (N)	1.581E+5		$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00	
$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,ed})$ long. (N)	2.556E+5		$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,ed})$ long. (N)	0E+00		$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,ed})$ long. (N)	2.556E+5	
$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00		$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00		$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00	
$F_{bRd,min}$ long. (N)	2.372E+5		$F_{bRd,min}$ long. (N)	1.581E+5		$F_{bRd,min}$ long. (N)	2.372E+5	
$F_{bRd,max}$ long. (N)	2.556E+5		$F_{bRd,max}$ long. (N)	1.581E+5		$F_{bRd,max}$ long. (N)	2.556E+5	
$F_{bRd,tot}$ long. (N)	1.971E+6		$F_{bRd,tot}$ long. (N)	3.163E+5		$F_{bRd,tot}$ long. (N)	1.971E+6	
$F_{bEd,1b}$ long. (N)	4.634E+4	4.634E+4	$F_{bEd,1b}$ long. (N)	4.286E+4	4.286E+4	$F_{bEd,1b}$ long. (N)	2.859E+4	2.859E+4
Check plastico	False		Check plastico	False		Check plastico	False	
$cu_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd}$ long.	0.195	0.195	$cu_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd}$ long.	0.271	0.271	$cu_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd}$ long.	0.121	0.121
			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,ed})$ transv. (N)	1.581E+5				
			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,in})$ transv. (N)	0E+00				
			$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,ed})$ transv. (N)	1.704E+5				
			$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,in})$ transv. (N)	0E+00				
			$F_{bRd,min}$ transv. (N)	1.581E+5				
			$F_{bRd,max}$ transv. (N)	1.704E+5				
			$F_{bRd,tot}$ transv. (N)	2.02E+6				
			$F_{bEd,1b}$ transv. (N)	1.257E+4	1.257E+4			
			Check plastico	False				
			$cu_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd}$ transv.	0.08	0.08			
Profilo in acciaio			Profilo in acciaio			Profilo in acciaio		
$\alpha_{b,ed}$ long.	0.775	0.775	$\alpha_{b,ed}$ long.	0.775	0.775	$\alpha_{b,ed}$ long.	0.775	0.775
$\alpha_{b,in}$ long.	0.835	0.835	$\alpha_{b,in}$ long.	0	0	$\alpha_{b,in}$ long.	0.835	0.835
$k_{1,ed}$ long.	2.5		$k_{1,ed}$ long.	2.5		$k_{1,ed}$ long.	2.5	
$k_{1,in}$ long.	0		$k_{1,in}$ long.	2.5		$k_{1,in}$ long.	0	
			$\alpha_{b,ed}$ transv.	0.775	0.775			
			$\alpha_{b,in}$ transv.	0.835	0.835			
			$k_{1,ed}$ transv.	2.5				
			$k_{1,in}$ transv.	0				
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,ed})$ long. (N)	3.163E+5	3.163E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,ed})$ long. (N)	2.372E+5	2.372E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,ed})$ long. (N)	3.163E+5	3.163E+5
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,in})$ long. (N)	2.372E+5	2.372E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00
$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,ed})$ long. (N)	3.408E+5	3.408E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,ed})$ long. (N)	0E+00	0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,ed})$ long. (N)	3.408E+5	3.408E+5
$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00
$F_{bRd,min}$ long. (N)	3.163E+5	3.163E+5	$F_{bRd,min}$ long. (N)	2.372E+5	2.372E+5	$F_{bRd,min}$ long. (N)	3.163E+5	3.163E+5
$F_{bRd,max}$ long. (N)	3.408E+5	3.408E+5	$F_{bRd,max}$ long. (N)	2.372E+5	2.372E+5	$F_{bRd,max}$ long. (N)	3.408E+5	3.408E+5
$F_{bRd,tot}$ long. (N)	2.628E+6	2.628E+6	$F_{bRd,tot}$ long. (N)	4.744E+5	4.744E+5	$F_{bRd,tot}$ long. (N)	2.628E+6	2.628E+6
$F_{bEd,1b}$ long. (N)	9.268E+4	9.268E+4	$F_{bEd,1b}$ long. (N)	8.571E+4	8.571E+4	$F_{bEd,1b}$ long. (N)	5.717E+4	5.717E+4
Check plastico	False	False	Check plastico	False	False	Check plastico	False	False
$cu_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd}$ long.	0.293	0.293	$cu_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd}$ long.	0.361	0.361	$cu_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd}$ long.	0.181	0.181

$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed})$ transv. (N)	2.372E+5	2.372E+5
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in})$ transv. (N)	0E+00	0E+00
$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed})$ transv. (N)	2.556E+5	2.556E+5
$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in})$ transv. (N)	0E+00	0E+00
$F_{bRd,min}$ transv. (N)	2.372E+5	2.372E+5
$F_{bRd,max}$ transv. (N)	2.556E+5	2.556E+5
$F_{bRd,tot}$ transv. (N)	3.03E+6	3.03E+6
$F_{bEd,1b}$ transv. (N)	2.515E+4	2.515E+4
Check plastico	False	False
$CU_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd}$ transv.	0.106	0.106

RESISTENZA PIATTI (SLU)

<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
$N_{pyRd} = A_p \cdot f_{yp}/\gamma_{M0}$ (N)	2.029E+6		$N_{pyRd} = A_{np} \cdot f_{yp}/\gamma_{M0}$ (N)	4.138E+6		$N_{pyRd} = A_p \cdot f_{yp}/\gamma_{M0}$ (N)	2.029E+6	
$N_{puRd} = 0.9 \cdot A_{np} \cdot f_{up}/\gamma_{M2}$ (N)	1.73E+6		$W_{np} = J_{np}/(h_p/2)$ (mm ³)	1.83E+6		$N_{puRd} = 0.9 \cdot A_{np} \cdot f_{up}/\gamma_{M2}$ (N)	1.73E+6	
			$M_{pyRd} = W_{np} \cdot f_{yp}/\gamma_{M0}$ (N*mm)	6.188E+8				
			$f_{ypRed}(V_{Ed} /N_{pyRd} > 0.5)$ (N/mm ²)	355	355			
$CU_{Np} = \max(N_{Ed}/N_{pyRd}, N_{Ed}/N_{puRd})$	0.429	0.429	$CU_{Np} = N_{Ed} /N_{pyRd} \cdot (f_{yp}/f_{ypRed})$	0.082	0.082	$CU_{Np} = N_{Ed} /N_{pyRd}$	0.225	0.225
			$CU_{Mp} = M_{Ed} /M_{pyRd} \cdot (f_{yp}/f_{ypRed})$	0.364	0.364			
			$CU_{Nmp} = CU_{Np} + CU_{Mp}$	0.447	0.447			
			$V_{pyRd} = A_{np} \cdot f_{yp}/\gamma_{M0} \cdot (3^{0.5})$ (N)	2.389E+6				
			$CU_{Vp} = V_{Ed} /V_{pyRd}$	0.187	0.187			

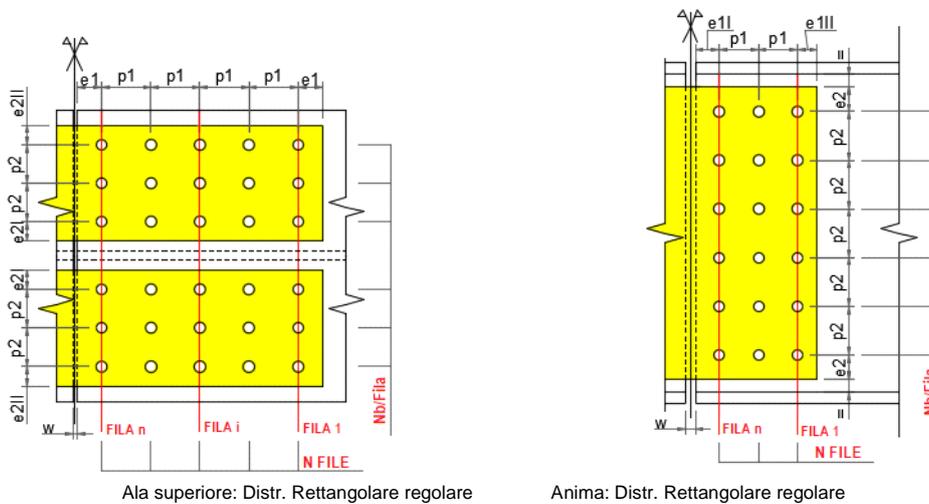
RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO (SLE)

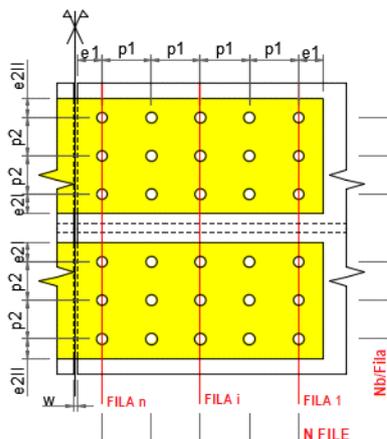
<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
$F_{pCd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_{resb}$ (N)	1.759E+5		$F_{pCd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_{resb}$ (N)	1.759E+5		$F_{pCd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_{resb}$ (N)	1.759E+5	
$F_{sRd} = k_s \cdot \mu \cdot F_{pCd}/\gamma_{M3}$ (N)	4.798E+4		$F_{sRd} = k_s \cdot \mu \cdot F_{pCd}/\gamma_{M3}$ (N)	4.798E+4		$F_{sRd} = k_s \cdot \mu \cdot F_{pCd}/\gamma_{M3}$ (N)	4.798E+4	
$CU_{Fs} = F_{vEd}/F_{sRd}$	0.44	0.44	$CU_{Fs} = F_{vEd}/F_{sRd}$	0.447	0.447	$CU_{Fs} = F_{vEd}/F_{sRd}$	0.261	0.261

RESISTENZA SEZIONE PROFILO (SLU)

<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
$N_{pl,Rd}$ (N)	2.029E+6	2.029E+6	Sezione con 12 fori			$N_{pl,Rd}$ (N)	2.029E+6	2.029E+6
Sezione con 2 fori			$N_{net,Rd}$ (N)	3.56E+6	3.56E+6	$CU_N (N_{Ed} < 0)$	0.225	0.225
$N_{u,Rd}$ (N)	1.887E+6	1.887E+6	$M_{net,Rd}$ (N*mm)	6.198E+8	6.198E+8			
$CU_N (N_{Ed} > 0)$	0.393	0.393	W_{net} (mm ³)	1.833E+6	1.833E+6			
			f_{ykRed}/γ_{M0} (N/mm ²)	338.095	338.095			
			CU_{NM}	0.46	0.46			
			$V_{plnetRd}$ (N)	2.055E+6	2.055E+6			
			CU_{Vnet}	0.218	0.218			

GIUNTO: Traverso S1-SLF





Ala inferiore: Distr. Rettangolare regolare

A DATI GENERALI

Definizione del giunto

Ala superiore		SX	DX	Anima		SX	DX	Ala inferiore		SX	DX
Bulloni				Bulloni				Bulloni			
Tipo di distribuzione	Rettangolare regolare			Tipo di distribuzione	Rettangolare regolare			Tipo di distribuzione	Rettangolare regolare		
Nb/fila	2			Nb/fila	12			Nb/fila	2		
N file	4			N file	2			N file	4		
d (mm)	20			d (mm)	20			d (mm)	20		
d ₀ (mm)	22			d ₀ (mm)	22			d ₀ (mm)	22		
A _{nomb} (mm ²)	314			A _{nomb} (mm ²)	314			A _{nomb} (mm ²)	314		
A _{resb} (mm ²)	251			A _{resb} (mm ²)	251			A _{resb} (mm ²)	251		
A _{vb} (mm ²)	251			A _{vb} (mm ²)	251			A _{vb} (mm ²)	251		
Piatti				Piatti				Piatti			
t piatti d'imbottitura (mm)	0	0		t piatti d'imbottitura (mm)	0	0		t piatti d'imbottitura (mm)	0	0	
t piatti interni - esterni (mm)	15			t piatti interni - esterni (mm)	10			t piatti interni - esterni (mm)	15		
A _p (mm ²)	6000			A _p (mm ²)	17400			A _p (mm ²)	6000		
A _{np} (mm ²)	4710			A _{np} (mm ²)	12240			A _{np} (mm ²)	4710		
Profilo in acciaio				Profilo in acciaio				Profilo in acciaio			
A (mm ²)	6000	6000		A (mm ²)	14400	14400		A (mm ²)	6000	6000	
A _{net} (mm ²)	5140	5140		A _{net} (mm ²)	10530	10530		A _{net} (mm ²)	5140	5140	
Distanze - Interassi				Distanze - Interassi				Distanze - Interassi			
e ₁ (mm)	50			e ₁₁ (mm)	50			e ₁ (mm)	50		
p ₁ (mm)	70			e ₁₁₁ (mm)	50			p ₁ (mm)	70		
e _{2I} (mm)	50			p ₁ (mm)	70			e _{2I} (mm)	50		
e _{2II} (mm)	50			e ₂ (mm)	50			e _{2II} (mm)	50		
p ₂ (mm)	0			p ₂ (mm)	70			p ₂ (mm)	0		
				w (mm)	10						

B LIMITI DIMENSIONALI

Ala superiore

e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₂	True
p ₁ min = 2.2d ₀ (mm)	47
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52
p ₂ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₂	NA

Anima

e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	80
Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	80
Check e ₂	True
p ₁ min = 2.4d ₀ (mm)"	52
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	140
Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52
p ₂ max = min(14t;200) (mm)	140
Check p ₂	True

Ala inferiore

e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₂	True
p ₁ min = 2.2d ₀ (mm)	47
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52
p ₂ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₂	True

C RIEPILOGO RISULTATI

Comb.	Comp.	$\Delta\sigma_{Ed}/\Delta\sigma_{Rd}$	$\Delta\sigma_{Edp}/\Delta\sigma_{Rdp}$
SLF, Mmax	Ali sup.	0.237	0.455
	Anima	0.244	0.441
	Ali inf.	0.237	0.455

DETTAGLIO RISULTATI: Comb. Mmax

SOLLECITAZIONI

<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
N_{Edmax} (SLF) (N)	3.207E+4	3.207E+4	N_{Edmax} (SLF) (N)	0E+00	0E+00	N_{Edmax} (SLF) (N)	-3.207E+4	-3.207E+4
			M_{Edmax} (SLF) (N*m)	1.206E+4	1.206E+4			
			V_{Edmax} (SLF) (N)	0E+00	0E+00			
N_{Edmin} (SLF) (N)	-1.106E+3	-1.106E+3	N_{Edmin} (SLF) (N)	0E+00	0E+00	N_{Edmin} (SLF) (N)	1.106E+3	1.106E+3
			M_{Edmin} (SLF) (N*m)	-4.16E+2	-4.16E+2			
			V_{Edmin} (SLF) (N)	0E+00	0E+00			

RESISTENZA A FATICA (SLF)

<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
Profilo in acciaio			Profilo in acciaio			Profilo in acciaio		
$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	15.8	15.8	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	16.3	16.3	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	15.8	15.8
$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_c / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	66.7	66.7	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_c / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	66.7	66.7	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_c / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	66.7	66.7
$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.237	0.237	$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.244	0.244	$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.237	0.237
Piatti			Piatti			Piatti		
$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	16.9	16.9	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	16.3	16.3	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	16.9	16.9
$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_c / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	37	37	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_c / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	37	37	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_c / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	37	37
$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.455	0.455	$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.441	0.441	$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.455	0.455

8.5 VERIFICA TRAVERSI DI APPOGGIO

8.5.1 Sollecitazioni

I traverzi correnti sono costituiti da profili a I saldati aventi altezza totale 1000 mm, piattabande costituite da piatti 300x20 mm e spessore dell'anima pari a 18 mm.

Qui di seguito si riporta il quadro delle sollecitazioni insistenti sui traverzi dedotti dagli involucri max/min M, max/min V e max/min N per i seguenti S.L.:

S.L.U. fondamentale;

S.L.E. caratteristica;

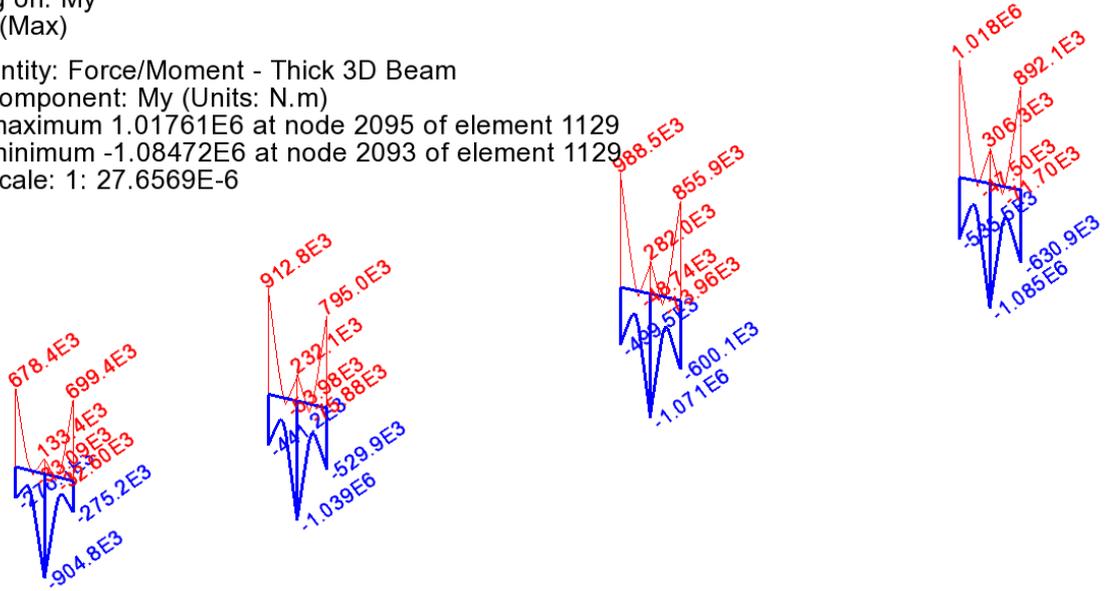
S.L.V. Sisma Y (trasversale);

S.L.F.

I diagrammi delle singole caratteristiche della sollecitazione si riferiscono ai traverzi ai sostegni delle prime quattro campate (rappresentative della quasi totalità del viadotto), coerentemente alle linee di influenza adottate per le massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni.

Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: My
SLU STR (Max)

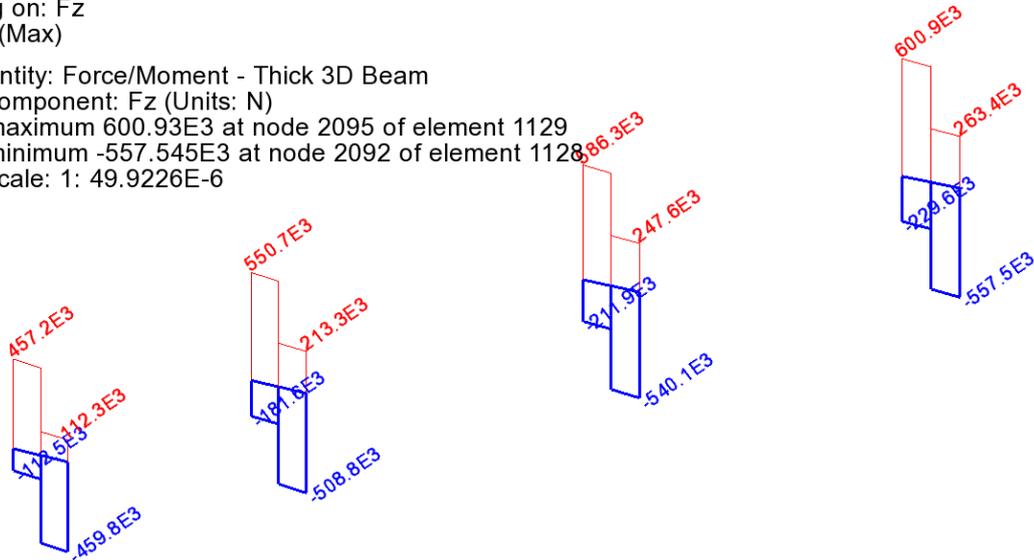
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 1.01761E6 at node 2095 of element 1129
Diagram minimum -1.08472E6 at node 2093 of element 1129
Diagram scale: 1: 27.6569E-6



SLU fondamentale (STR) - My

Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: Fz
SLU STR (Max)

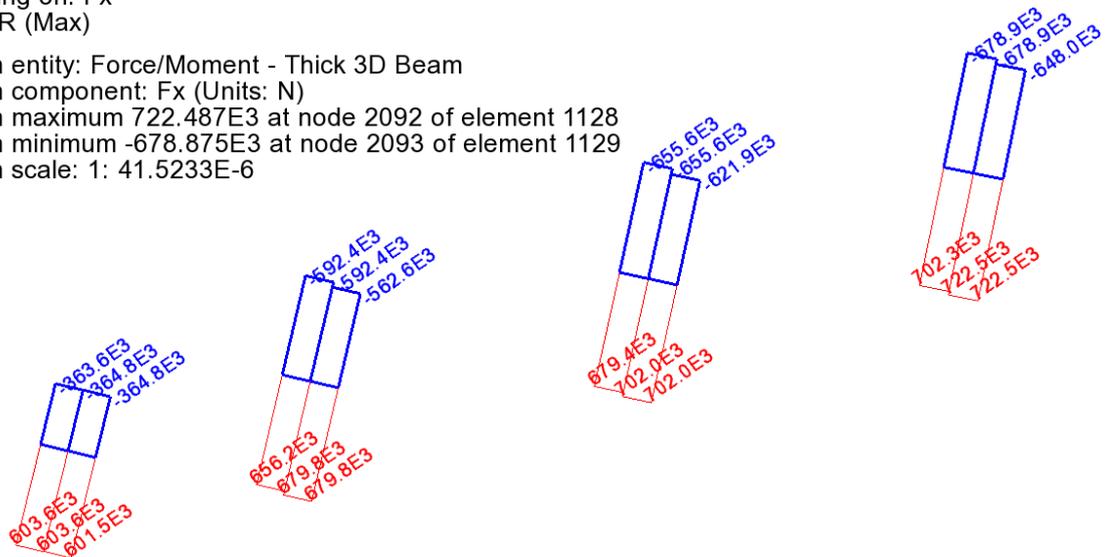
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 600.93E3 at node 2095 of element 1129
Diagram minimum -557.545E3 at node 2092 of element 1128
Diagram scale: 1: 49.9226E-6



SLU fondamentale (STR) - Fz

Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

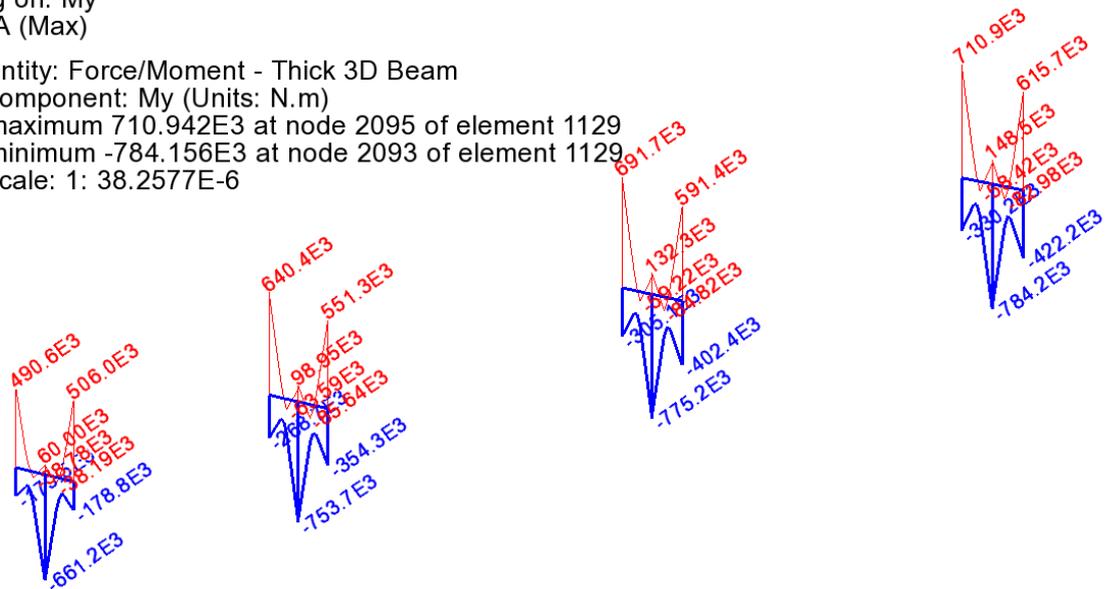
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 722.487E3 at node 2092 of element 1128
Diagram minimum -678.875E3 at node 2093 of element 1129
Diagram scale: 1: 41.5233E-6



SLU fondamentale (STR) - Fx

Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

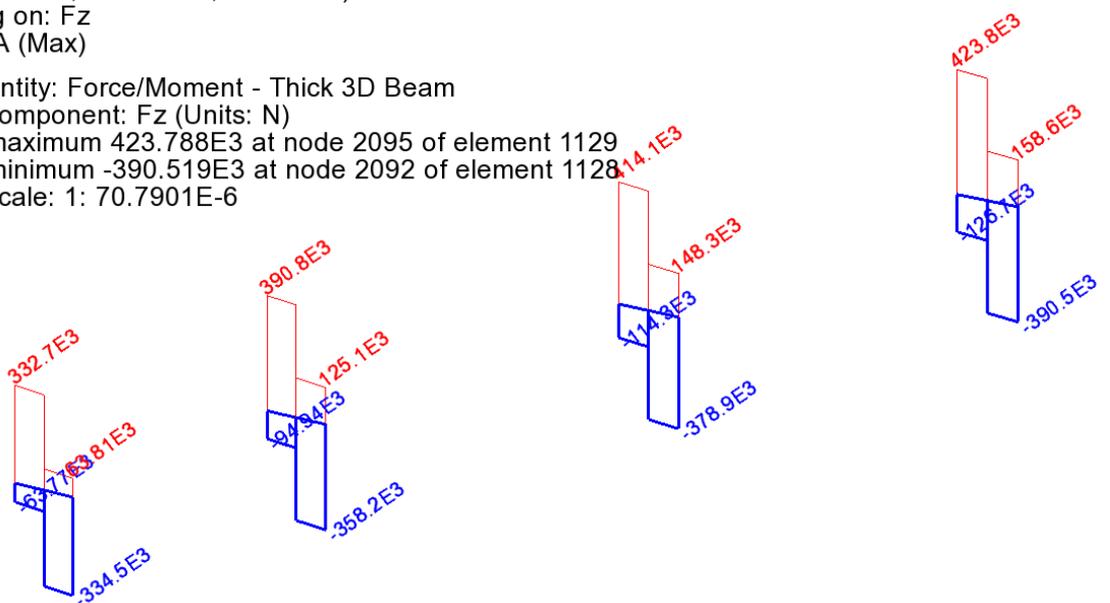
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 710.942E3 at node 2095 of element 1129
Diagram minimum -784.156E3 at node 2093 of element 1129
Diagram scale: 1: 38.2577E-6



SLE RARA - My

Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: Fz
SLE RARA (Max)

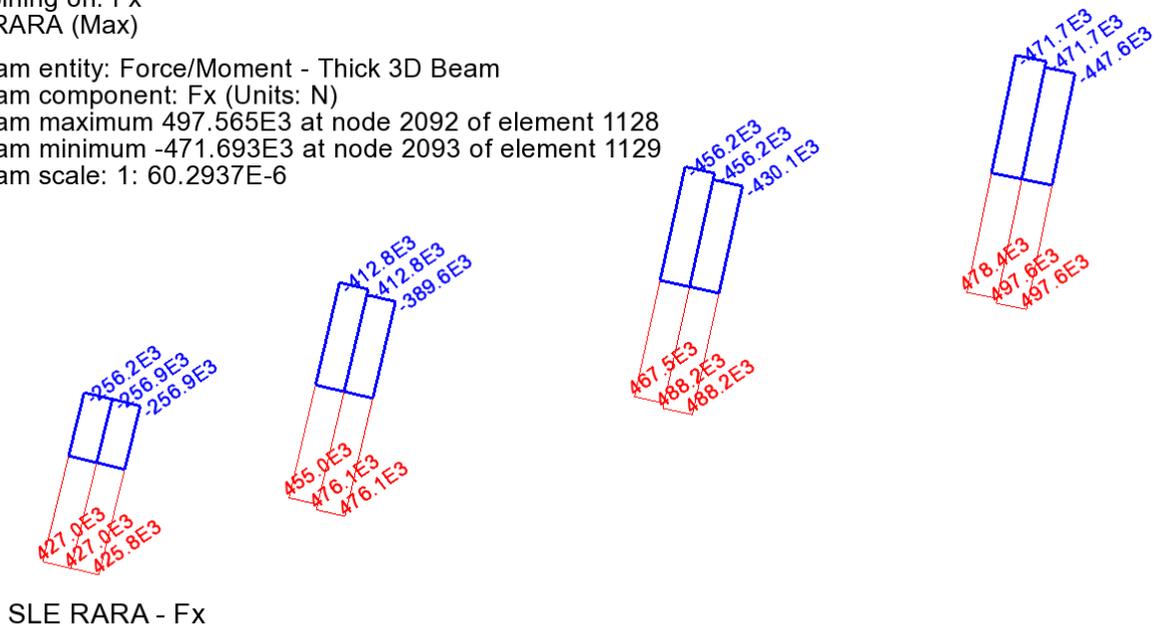
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 423.788E3 at node 2095 of element 1129
Diagram minimum -390.519E3 at node 2092 of element 1128
Diagram scale: 1: 70.7901E-6



SLE RARA - Fz

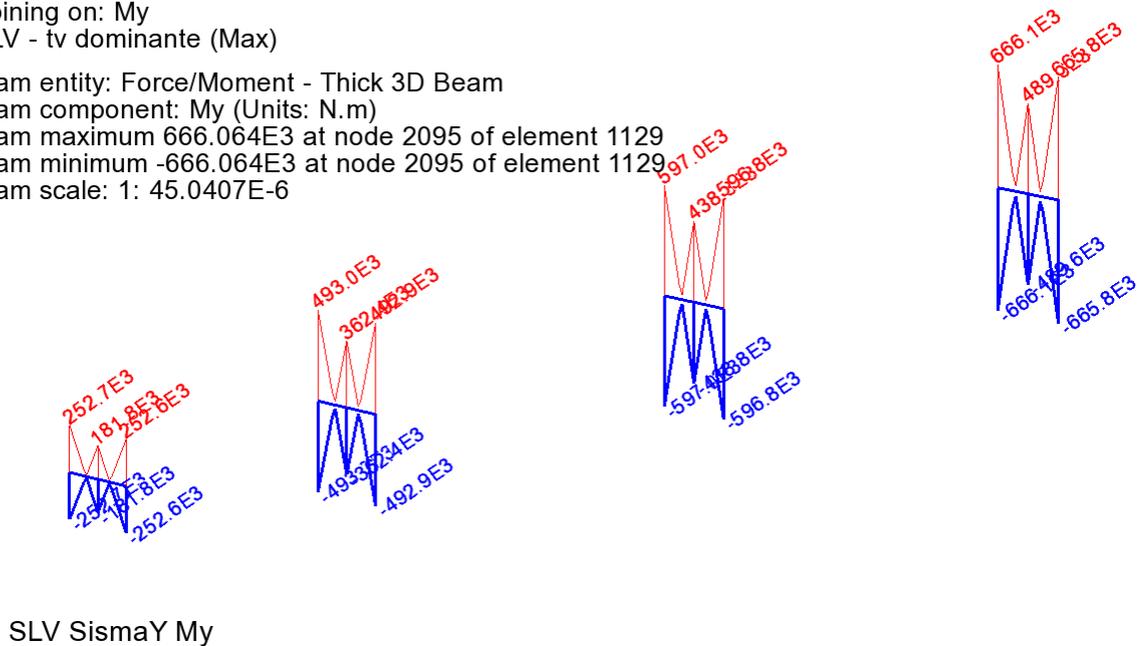
Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 497.565E3 at node 2092 of element 1128
Diagram minimum -471.693E3 at node 2093 of element 1129
Diagram scale: 1: 60.2937E-6



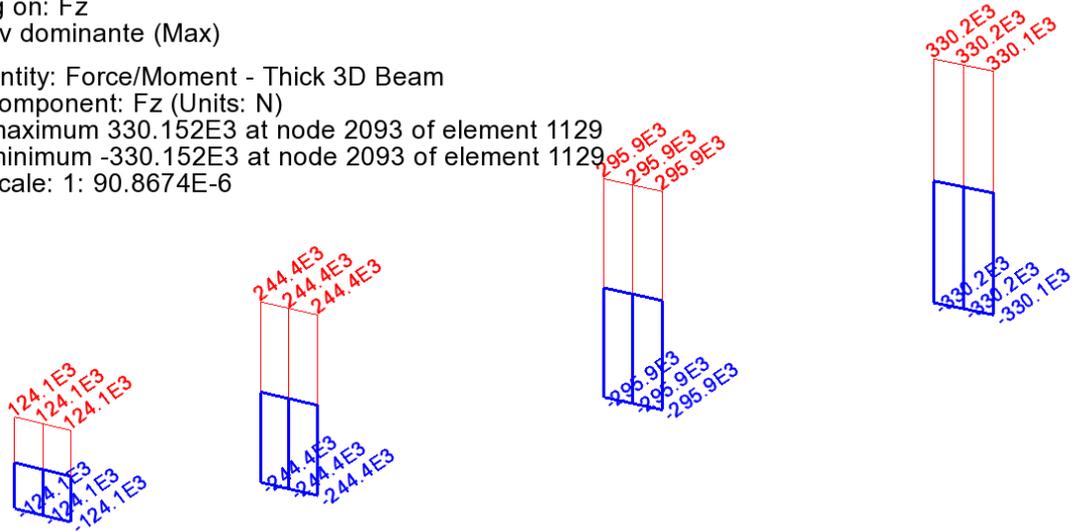
Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: My
Ed SLV - tv dominante (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 666.064E3 at node 2095 of element 1129
Diagram minimum -666.064E3 at node 2095 of element 1129
Diagram scale: 1: 45.0407E-6



Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: Fz
Ed SLV - tv dominante (Max)

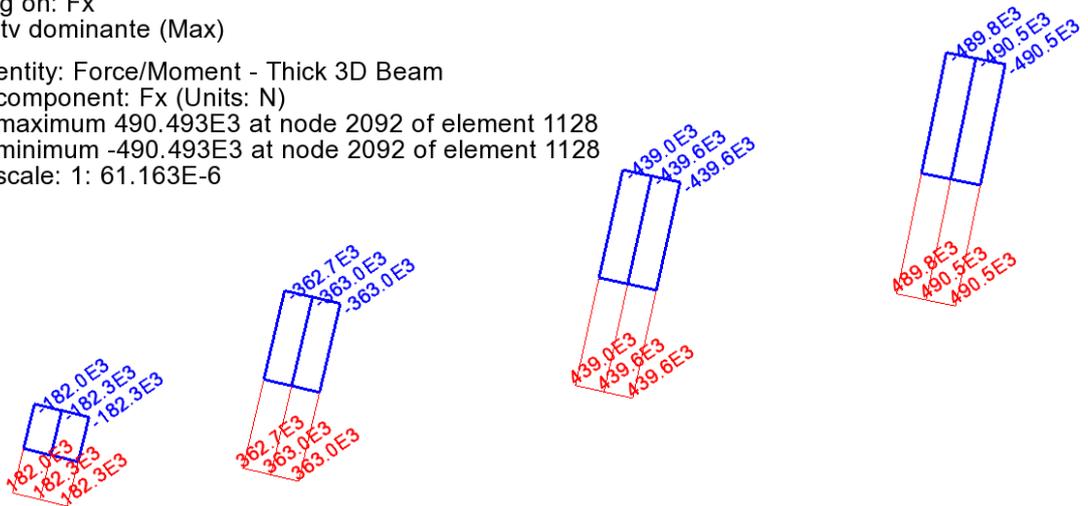
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 330.152E3 at node 2093 of element 1129
Diagram minimum -330.152E3 at node 2093 of element 1129
Diagram scale: 1: 90.8674E-6



SLV SismaY Fz

Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: Fx
Ed SLV - tv dominante (Max)

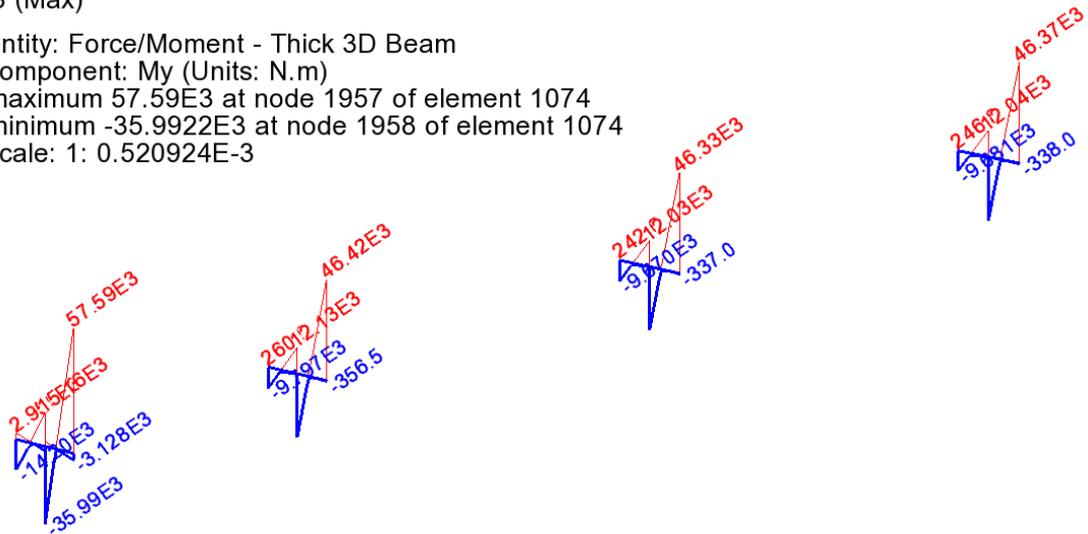
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 490.493E3 at node 2092 of element 1128
Diagram minimum -490.493E3 at node 2092 of element 1128
Diagram scale: 1: 61.163E-6



SLV SismaY Fx

Scale: 1: 418.231
Zoom: 107.42
Eye: (-0.762768, -0.591006, 0.262482)
Combining on: My
Env_FLM3 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 57.59E3 at node 1957 of element 1074
Diagram minimum -35.9922E3 at node 1958 of element 1074
Diagram scale: 1: 0.520924E-3



FLM3 My

8.5.2 Verifica tensionale

Le verifiche verranno effettuate in due sezioni significative, sezione d'incastro (S1) e sezione di mezzeria (S2).

Per la generica sezione di verifica si utilizza il massimo momento flettente ed il massimo taglio in valore assoluto, associando ad essi lo sforzo normale massimo e minimo non concomitanti:

$F_x \text{ max}, |F_z| \text{ max}, |M_y| \text{ max}$

$F_x \text{ min}, |F_z| \text{ max}, |M_y| \text{ max}$

Le verifiche della membratura vengono effettuate, previa classificazione del profilo, allo S.L.U. elastico. Pertanto le verifiche S.L.E. – tensioni non verranno effettuate perché automaticamente soddisfatte.

Le azioni di combinazione S.L.E. verranno considerate ai soli fini del calcolo dello scorrimento dell'unione bullonata in corrispondenza del giunto.

Negli involucri S.L.U., vengono poi inclusi tramite un calcolo separato gli effetti inerenti la stabilizzazione della piattabanda inferiore delle travi, valutati realizzando un modello locale del traverso opportunamente vincolato in corrispondenza dell'attacco delle travi alla soletta e dove, a favore di sicurezza, è stata trascurata la presenza della trave di spina. La sezione dei tratti di anima della trave comprendenti l'irrigidente, a cui si collega il traverso è una sezione a \perp .

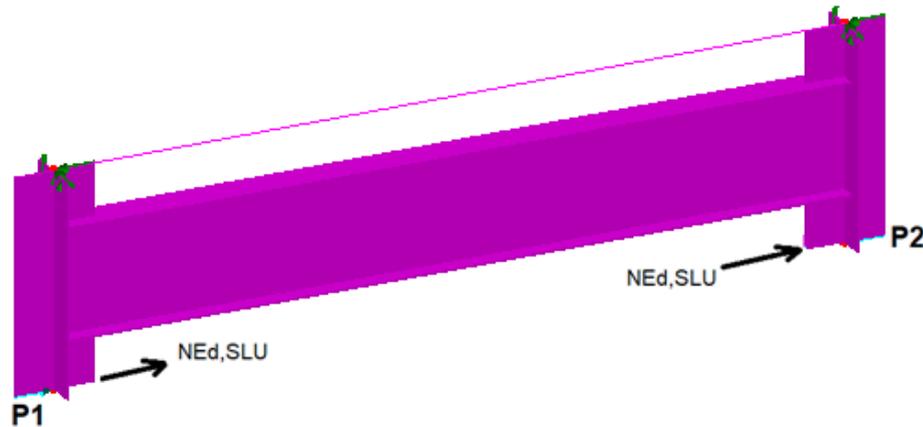


Figura 8-9 Modello locale per valutazione effetto NEd,SLU su travaso per instabilità Pinf travi

Anche in questo caso, allo S.L.U. , si considerano le medesime azioni indotte sul travaso per effetto della stabilizzazione della piattabanda inferiore viste al punto precedente:

$$|N_{Ed,SLU}| = 170000 \text{ N}$$

La forza N_{Ed} agisce sulle piattabande inferiori con verso concorde o discorde; sono possibili quindi le seguenti 4 condizioni di carico:

Condizione di carico 1:	$N_{Ed,SLU} (P1) = +170000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = +170000 \text{ N}$
Condizione di carico 2:	$N_{Ed,SLU} (P1) = -170000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = -170000 \text{ N}$
Condizione di carico 3:	$N_{Ed,SLU} (P1) = +170000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = -170000 \text{ N}$
Condizione di carico 4:	$N_{Ed,SLU} (P1) = -170000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = +170000 \text{ N}$

Si ottengono le sollecitazioni seguenti, riportate per il solo travaso.

Combining on: My
CC1-CC2 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 323.0E3 at node 13 of element 13
Diagram minimum -323.0E3 at node 13 of element 13
Diagram scale: 1: 30.9598E-6

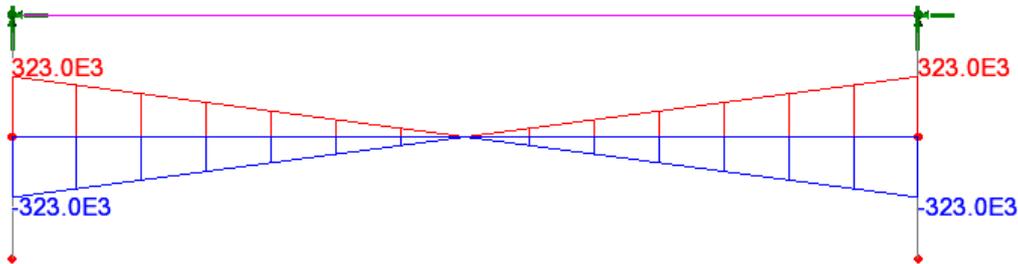


Figura 8-10 Momento My (Nm) – condizioni di carico 1-2

Combining on: Fz
CC1-CC2 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 92.2857E3 at node 13 of element 13
Diagram minimum -92.2857E3 at node 13 of element 13
Diagram scale: 1: 0.108359E-3

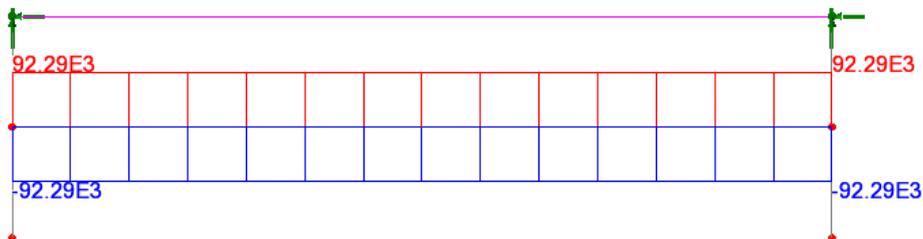


Figura 8-11 Taglio Fz (N) – condizioni di carico 1-2

Combining on: My
CC3-CC4 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 81.6659E3 at node 13 of element 13
Diagram minimum -81.6659E3 at node 13 of element 13
Diagram scale: 1: 0.12245E-3

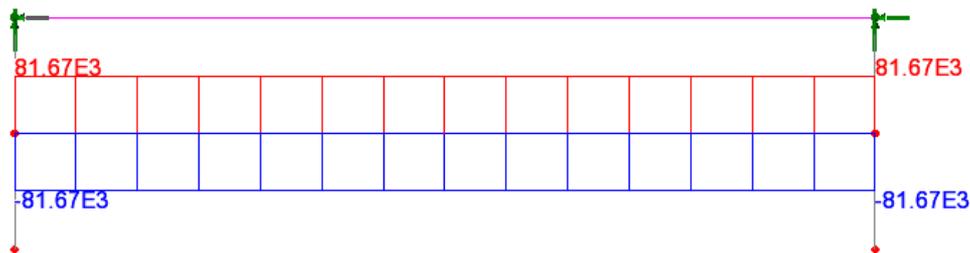


Figura 8-12 Momento My (Nm) – condizioni di carico 3-4

Combining on: Fx
CC3-CC4 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 254.036E3 at node 13 of element 13
Diagram minimum -254.036E3 at node 13 of element 13
Diagram scale: 1: 39.3645E-6

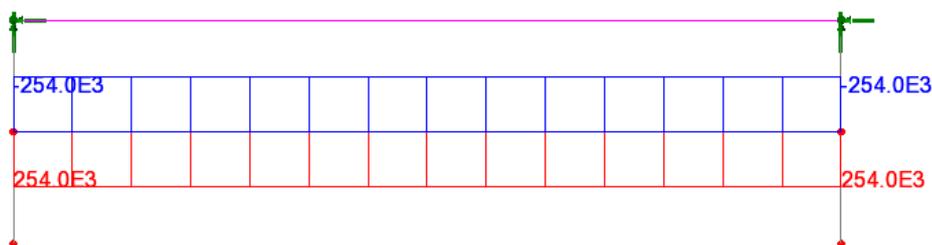


Figura 8-13 Sforzo normale Fx (N) – condizioni di carico 3-4

I segni delle sollecitazioni si invertono nel passare dalla condizione 1 alla 2 e nel passare dalla condizione 3 alla 4.

Sommando alle sollecitazioni derivanti dal modello globale quelle derivanti da quest'ultimo modello locale si ottengono le sollecitazioni di progetto riepilogate nella tabella che segue, in appoggio (verifica giunto + profilo) ed in campata (verifica solo profilo).

Fase	Fx (N)	Fz (N)	My (Nm)
S1-SLU- Fx max	722000+254000=976000	605000+92500=697500	1020000+323000=1343000
S1-SLU- Fx min	-680000-254000=-934000	605000+92500=697500	1020000+323000=1343000
S1-SLV - Fx max	495000	335000	667000
S1-SLV - Fx min	-495000	335000	667000
S2-SLU- Fx max	722000+254000=976000	605000+92500=697500	1100000+82000=1182000
S2-SLU- Fx min	-680000-254000=-934000	605000+92500=697500	1100000+82000=1182000
S2-SLV - Fx max	495000	335000	495000
S2-SLV - Fx min	-495000	335000	495000

Tabella 8-9 Sezione all'incastro. SLU.

Fase	My min (Nm)	My max (Nm)
S1-SLF	3500	58000
S2-SLF	36000	15500

Tabella 8-10 Sezione in mezzzeria. SLF.

Fase	Fx (N)	Fz (N)	My (Nm)
S1-SLU- Fx max	500000	425000	715000
S1-SLU- Fx min	-475000	425000	715000

Tabella 8-11 Sezione in mezzzeria. SLE Rara.

Verifica di stato limite ultimo – SLU

Si riporta l'esito della verifica a pressoflessione plastica ed elastica, ed a taglio.

Sezione	Classe F3b	MEd/MR	SigEd /fy	VEd/VRd
S1-SLU- Fx max	1	0.4	(.571)	0.196
S1-SLU- Fx min	2	0.4	(.566)	0.196
S1-SLV - Fx max	1	0.2	(.284)	0.094
S1-SLV - Fx min	2	0.2	(.284)	0.094
S2-SLU- Fx max	1	0.35	(.514)	0.196
S2-SLU- Fx min	2	0.35	(.510)	0.196
S2-SLV - Fx max	1	0.15	(.224)	0.094
S2-SLV - Fx min	2	0.15	(.224)	0.094

Tabella 8-12 Coefficienti di utilizzo a SLU

Classe Classificazione della sezione

MEd/MR Coefficiente di utilizzo a pressoflessione plastica

SigEd /fy Coefficiente di utilizzo a pressoflessione elastico

VEd/VRd Coefficiente di utilizzo a taglio

Si riporta l'esito della verifica a fatica nelle due sezioni per i vari dettagli costruttivi.

	Psup	Pinf	Web	Web-Psup	Web-Pinf	IrrV-Web	IrrV-Psup	IrrV-Pinf
S1-SLF	0.189	0.189	0	0.202	0.202	0.283	0.283	0.283
S2-SLF	0.158	0.158	0	0.169	0.169	0.237	0.237	0.237

Tabella 8-13 Coefficienti di utilizzo a SLF

Si riportano in modo esteso la verifiche della sezione di incastro (S1) per la combinazione peggiore (SLU-Fxmax) e per la sezione di campata nella combinazione SLF.

Sezione Traverso S1-SLU(Fxmax)

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1000 mm
Piattabanda superiore	300x20 mm
Piattabanda inferiore	300x20 mm
Anima	18x960 mm, Inclinazione: 0

Caratteristiche geometriche lorde

A (mm ²)	2.928E+4
z _G (mm)	500
J _y (mm ⁴)	4.209E+9
W _{y,0} (mm ³)	-8.417E+6
W _{y,1} (mm ³)	-8.768E+6
W _{y,3} (mm ³)	8.768E+6
W _{y,4} (mm ³)	8.417E+6
S _{y,1} (mm ³)	2.94E+6
S _{y,2} (mm ³)	5.014E+6
S _{y,3} (mm ³)	2.94E+6
S _{y,4} (mm ³)	0E+00

Verifiche S.L.U. sezione composta (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	9.76E+5	6.98E+5	1.34E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	53.33	419.81	0.42	-1.56	1
Piattabanda superiore	7.05				1
Piattabanda inferiore	7.05				1

classe della sezione					1
Analisi plastica: APPLICABILE					

Verifica plastica a Presso-Tenso flessione (Comb. Mmax)

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	9.76E+5	M _{Ed} (Nm)	1.343E+6	N _{Ed} (N)	9.76E+5
N _{Rd} (N)	9.899E+6	M _{Rd} (Nm)	3.39E+6	M _{Ed} (Nm)	1.343E+6
				M _{Rd} (Nm)	3.351E+6
N _{Ed} /N _{Rd}	0.099	M _{Ed} /M _{Rd}	0.396	M _{Ed} /M _{Rd}	0.401
VERIFICA SODDISFATTA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 3 tot	η_1
σ_4	192.9	0.571
σ_3	186.5	0.552
σ_2	33.3	0.099
σ_1	-119.8	0.354
σ_0	-126.2	0.373

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.571 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=53.333 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=48.911 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=3.554E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=7.292, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=5.415$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=3.549E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=4.577E+3 \text{ N}$$

$$\chi_w=1.102, \quad \lambda_w=0.753, \quad \tau_{cr}=361.7, \quad C=1831$$

$$M_{Ed}=1.343E+6 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=1.517E+6 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.885$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=4.048E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=3.554E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.196, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.197, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.401$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

$$\eta_3 < 0.5, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} < 1$$

NON C'E' INTERAZIONE

Sezione Traverso S1-SLF

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1000 mm
Piattabanda superiore	300x20 mm
Piattabanda inferiore	300x20 mm

Anima	18x960 mm, Inclinazione: 0
-------	----------------------------

Caratteristiche geometriche lorde

A (mm ²)	2.928E+4
z _G (mm)	500
J _y (mm ⁴)	4.209E+9
W _{y,0} (mm ³)	-8.417E+6
W _{y,1} (mm ³)	-8.768E+6
W _{y,3} (mm ³)	8.768E+6
W _{y,4} (mm ³)	8.417E+6
S _{y,1} (mm ³)	2.94E+6
S _{y,2} (mm ³)	5.014E+6
S _{y,3} (mm ³)	2.94E+6
S _{y,4} (mm ³)	0E+00

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
3b max	0E+00	0E+00	5.8E+4	0E+00
3b min	0E+00	0E+00	-3.5E+3	0E+00

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria (Comb. Mmax)

	Max	Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_4	6.9	-0.4	7.3
σ_3	6.6	-0.4	7
σ_2	0	0	0
σ_1	-6.6	0.4	7
σ_0	-6.9	0.4	7.3

Dati di calcolo per i coefficienti di sicurezza e i fattori equivalenti di danno

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:	γ_{Ft}	1
	γ_{Mf}	1.35
Fattore equivalente di danno per flessione per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.58 x 0.928 x 1 x 1 = 2.394 < 2.6 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.622 x 0.928 x 1 x 1 = 2.433 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	7
	Luce per il taglio (m):	2.8
Dati per il calcolo di λ_2	Q ₀ (kN)	480
	N ₀	500000
	N _{obs}	500000
	Q _{mi} (kN)	0
	Categoria di traffico (Table 4.5n - EN 1991-2):	Roads and motorways with medium flow rates of lorries
	Distribuzione del traffico (Table 4.7 - EN 1991-2):	Long distance (20% Q1, 5% Q2, 50% Q3, 15% Q4, 10% Q5)

Dati per il calcolo di λ_3	Vita di progetto in anni:	100
Dati per il calcolo di γ_{Mf} per la carpenteria:	Metodo di verifica:	Safe life
	Conseguenza del danno:	High consequence

Verifica a fatica dei dettagli di carpenteria

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	17.49	92.593	0.189
Piattabanda inferiore	17.492	92.593	0.189
Anima	0	74.074	0
Attacco anima-piattabanda superiore	16.792	82.963	0.202
Attacco anima-piattabanda inferiore	16.792	82.963	0.202
Attacco irrigidente verticale - anima	16.792	59.259	0.283
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	16.792	59.259	0.283
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	16.792	59.259	0.283

8.5.3 Stabilità laterale torsionale

Si effettua la valutazione del momento critico per stabilità laterale torsionale del profilo.

La valutazione viene effettuata con il tool LTBeam, applicando alle estremità del profilo il massimo momento di progetto S.L.U. .

Per una valutazione qualitativa completa del comportamento nei confronti della stabilità laterale torsionale, la valutazione viene effettuata considerando sia una situazione di carico ai nodi "asimmetrica", in cui le coppie agiscono con identico verso nell'ipotesi, cautelativa, di assenza di trave di spina, sia una situazione "simmetrica", con momento indotto dal carico concentrato della trave di spina nell'ipotesi, cautelativa, di svincolo flessionale in corrispondenza delle estremità del traverso.

Qui di seguito si riporta il calcolo di $M_{cr,LT}$ nei due casi.

Beam - Section - Steel

Beam

Total Length L: m Nb elements N:

Steel

E: MPa ν : G: MPa

Section

In Catalogue By Dimensions By Properties

h: mm

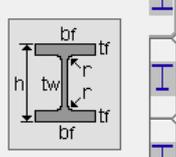
tw: mm

bf: mm

tf: mm

r: mm

OK



Iz: cm⁴

It: cm⁴

Iw: cm⁶

β_z : mm

More...

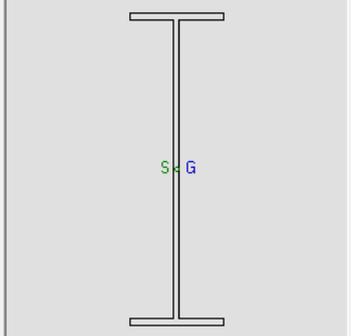


Tabella 8-14 Caratteristiche profilo

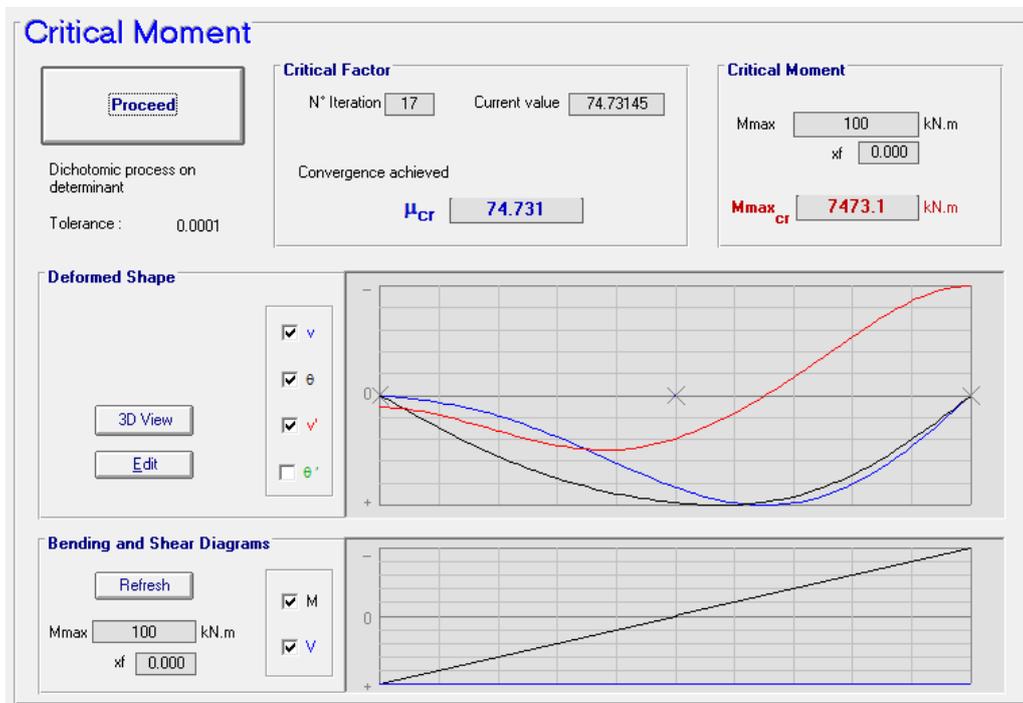


Figura 8-14 Stabilità torsionale - caso asimmetrico

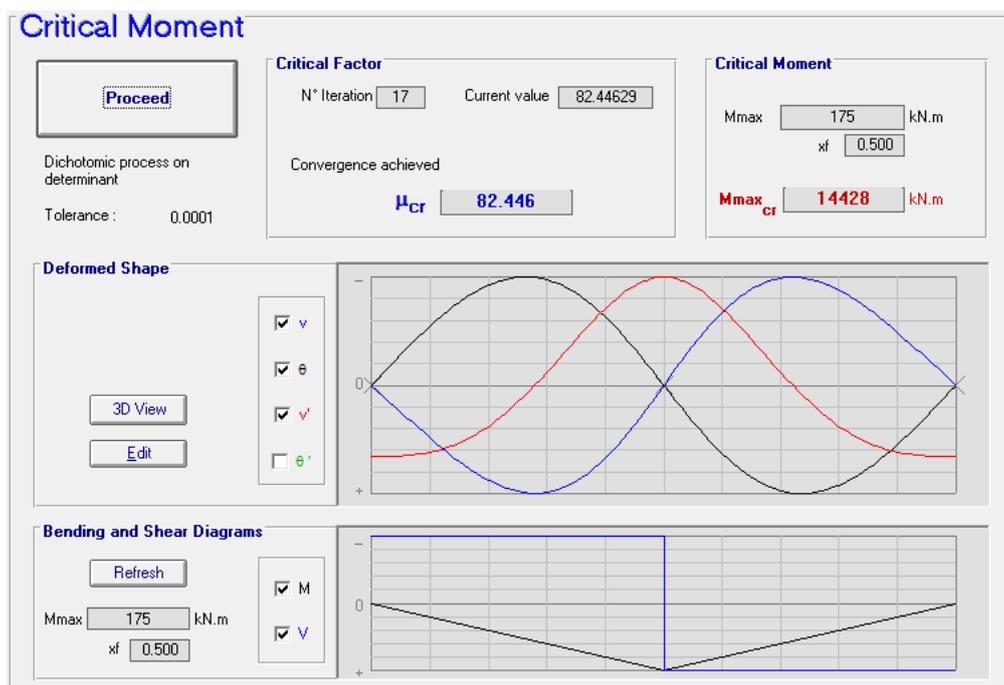


Figura 8-15 Stabilità torsionale - caso simmetrico

La valutazione preliminare degli effetti della stabilità laterale torsionale viene effettuata con riferimento ai criteri contenuti in EN 1993-1-1 cap. 6.3.2.2.(1)), valutando la snellezza adimensionalizzata, effettiva λ_{LT} e di base $\lambda_{LT,0}$. Per le verifiche si fa riferimento alla curva di stabilità "d" (sezioni saldate ad "I", $h/b > 2$).

Verifica stabilità laterale torsionale (EN 1993-1-1 6.3.2.2)			
Traversi sostegni			
			App
f_y	355 Mpa	$M_{cr,LT,min}$	7473 kNm
W	8.42E+06 mm ³	M_{Ed}	1343 kNm
γ_{M1}	1.1	$M_{Ed}/M_{cr,LT}$	0.180
Curva imperf. (tab. 6.3)		λ_{LT}	0.63
α_{LT}	0.76	$\lambda_{LT,0}$	0.4
Curva d		$\lambda_{LT,0}^2$	0.16
Welded I-sections $h/b > 2$			
h	1000	ϕ_{LT}	0.86
b	300	χ_{LT}	0.688
h/b=	3.333333	$M_{b,Rd}$	1869.20 kNm
		$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.718

8.5.4 Giunto bullonato

Il giunto bullonato risulta essere verificato in tutti i suoi elementi strutturali come riportato nelle tabelle dei coefficienti di utilizzo per le varie combinazioni.

	Dim_Chec k	Comb	Comp	F_{vEd}/F_{vRd}	F_{bEd}/F_{bRd}	$V_{Ed}/V_{plnetRd}$	$N-M_{Ed}/N-M_{RD}$	V_{Ed}/V_{pyRd}	$N-M_{Ed}/N-M_{pRd}$	Comb	Comp	F_{vEd}/F_{sRd}
S1-SLU- Fx max	Ali sup.:True	SLU	Ali sup.	0.708	0.45	-	0.603	-	0.658	SLE car.	Ali sup.	0.784
	Anima:True		Anima	0.797	0.54 4	0.28 3	0.704	0.29 2	0.824		Anima	0.903
	Ali inf.:True		Ali inf.	0.459	0.29 2	-	0.364	-	0.364		Ali inf.	0.517
S1-SLU- Fx min	Ali sup.:True	SLU	Ali sup.	0.464	0.29 5	-	0.396	-	0.432	SLE car.	Ali sup.	0.524
	Anima:True		Anima	0.792	0.54	0.28 3	0.698	0.29 2	0.818		Anima	0.897
	Ali inf.:True		Ali inf.	0.702	0.44 6	-	0.557	-	0.557		Ali inf.	0.777
S1-SLV - Fx max	Ali sup.:True	SLU	Ali sup.	0.353	0.22 4	-	0.301	-	0.328	SLE car.	Ali sup.	0
	Anima:True		Anima	0.395	0.27	0.13 6	0.351	0.14	0.41		Anima	0
	Ali inf.:True		Ali inf.	0.353	0.22 4	-	0.28	-	0.28		Ali inf.	0
S1-SLV - Fx min	Ali sup.:True	SLU	Ali sup.	0.227	0.14 4	-	0.193	-	0.211	SLE car.	Ali sup.	0
	Anima:True		Anima	0.395	0.27	0.13 6	0.351	0.14	0.41		Anima	0
	Ali inf.:True		Ali inf.	0.353	0.22 4	-	0.28	-	0.28		Ali inf.	0

	Comb.	Comp	$\Delta\sigma_{Ed}/\Delta\sigma_{Rd}$	$\Delta\sigma_{Edp}/\Delta\sigma_{Rdp}$
S1-SLF	SLF	Ali sup.	0.306	0.59
		Anima	0.317	0.685
		Ali inf.	0.306	0.59

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche della sezione più penalizzata nei confronti delle combinazioni SLU, SLE ed SLV e della sezione più penalizzata nei confronti della SLF.

DATI DI INPUT

Definizione del giunto

Categoria

B: Unioni a taglio per attrito allo SLE

Bulloni

Classe

10.9

Taglio su sezione:	filettata
$f_{yb}(N/mm^2)$	900
$f_{ub}(N/mm^2)$	1000

Coefficienti resistenza allo scorrimento

k_s	1
μ	0.3

Fatica

$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4$	2.39
γ_{FF}	1
γ_{Mf}	1.35
$\Delta\sigma_c$ Profilo in acciaio (N/mm^2)	90
$\Delta\sigma_c$ riferito a sezione componente	netta
$\Delta\sigma_c$ Piatti (N/mm^2)	50
$\Delta\sigma_c$ riferito a sezione piatti	netta

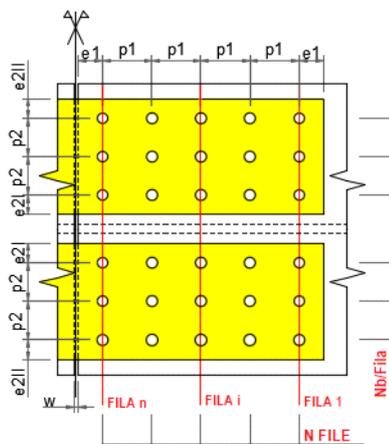
Coefficienti di sicurezza

γ_{M2}	1.25
$\gamma_{M3}(SLU)$	1.25
$\gamma_{M3}(SLE)$	1.1

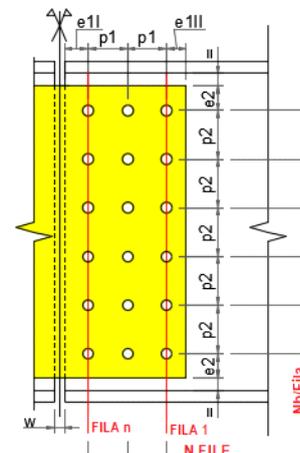
Piatti

S355	$f_y(N/mm^2)$
$0 < t \leq 40$ mm	355
$40 < t \leq 200$ mm	335
	$f_u(N/mm^2)$
$0 < t \leq 40$ mm	510
$40 < t \leq 200$ mm	470

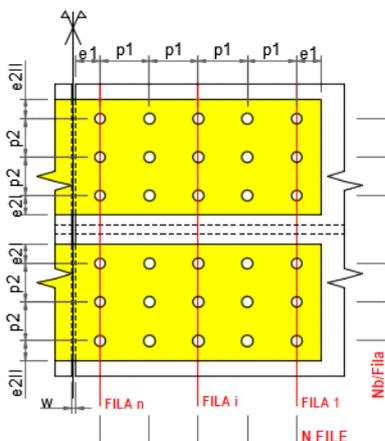
GIUNTO: Traverso S1-SLU(Fxmax)



Ala superiore: Distr. Rettangolare regolare



Anima: Distr. Rettangolare regolare



Ala inferiore: Distr. Rettangolare regolare

A DATI GENERALI

Definizione del giunto

Ala superiore		SX	DX	Anima		SX	DX	Ala inferiore		SX	DX
Bulloni				Bulloni				Bulloni			
Tipo di distribuzione		Rettangol are regolare		Tipo di distribuzione		Rettangol are regolare		Tipo di distribuzione		Rettangol are regolare	
Nb/fila		2		Nb/fila		12		Nb/fila		2	
N file		4		N file		2		N file		4	
d (mm)		20		d (mm)		20		d (mm)		20	
d ₀ (mm)		22		d ₀ (mm)		22		d ₀ (mm)		22	
A _{nomb} (mm ²)		314		A _{nomb} (mm ²)		314		A _{nomb} (mm ²)		314	
A _{resb} (mm ²)		251		A _{resb} (mm ²)		251		A _{resb} (mm ²)		251	
A _{Vb} (mm ²)		251		A _{Vb} (mm ²)		251		A _{Vb} (mm ²)		251	
Piatti				Piatti				Piatti			
t piatti d'imbottitura (mm)		0		t piatti d'imbottitura (mm)		0		t piatti d'imbottitura (mm)		0	
t piatti interni - esterni (mm)		15		t piatti interni - esterni (mm)		10		t piatti interni - esterni (mm)		15	
A _p (mm ²)		6000		A _p (mm ²)		17400		A _p (mm ²)		6000	
A _{np} (mm ²)		4710		A _{np} (mm ²)		12240		A _{np} (mm ²)		4710	
				J _{np} (mm ⁴)		7.962E+8					
Profilo in acciaio				Profilo in acciaio				Profilo in acciaio			
A (mm ²)		6000		A (mm ²)		17280		A (mm ²)		6000	
A _{net} (mm ²)		5140		A _{net} (mm ²)		12636		A _{net} (mm ²)		5140	
				J _{net} (mm ⁴)		1.056E+9					
Distanze - Interassi				Distanze - Interassi				Distanze - Interassi			
e ₁ (mm)		50		e ₁₁ (mm)		50		e ₁ (mm)		50	
p ₁ (mm)		70		e ₁₁₁ (mm)		50		p ₁ (mm)		70	
e ₂₁ (mm)		50		p ₁ (mm)		70		e ₂₁ (mm)		50	
e ₂₁₁ (mm)		50		e ₂ (mm)		50		e ₂₁₁ (mm)		50	
p ₂ (mm)		0		p ₂ (mm)		70		p ₂ (mm)		0	
				w (mm)		10					

B LIMITI DIMENSIONALI

Ala superiore

e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₂	True
p ₁ min = 2.2d ₀ (mm)	47
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52

Anima

e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	80
Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	80
Check e ₂	True
p ₁ min = 2.4d ₀ (mm)"	52
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	140
Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52

Ala inferiore

e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₂	True
p ₁ min = 2.2d ₀ (mm)	47
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52

p ₂ max = min(14t;200) (mm)	200	p ₂ max = min(14t;200) (mm)	140	p ₂ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₂	NA	Check p ₂	True	Check p ₂	True

C RIEPILOGO RISULTATI

Dim_Check	Comb.	Comp.	F _{VEd} /F _{Vrd}	F _{bEd} /F _{bRd}	V _{Ed} /V _{plinetR}	N-M _{Ed} /N-M _{RD}	V _{Ed} /V _{pyRd}	N-M _{Ed} /N-M _{prd}	Comb.	Comp.	F _{VEd} /F _{Srd}
Ali sup.:True	SLU, Mmax	Ali sup.	0.708	0.45	-	0.603	-	0.658	SLE c., Mmax	Ali sup.	0.784
Anima:True		Anima	0.797	0.544	0.283	0.704	0.292	0.824		Anima	0.903
Ali inf.:True		Ali inf.	0.459	0.292	-	0.364	-	0.364		Ali inf.	0.517

D DETAGLIO RISULTATI: Comb. Mmax

SOLLECITAZIONI

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
N _{Ed} (SLU) (N)	1.138E+6	1.138E+6	N _{Ed} (SLU) (N)	5.76E+5	5.76E+5	N _{Ed} (SLU) (N)	-7.382E+5	-7.382E+5
			M _{Ed} (SLU) (N*m)	4.235E+5	4.235E+5			
			V _{Ed} (SLU) (N)	6.975E+5	6.975E+5			
N _{Ed} (SLE) (N)	6.019E+5	6.019E+5	N _{Ed} (SLE) (N)	2.951E+5	2.951E+5	N _{Ed} (SLE) (N)	-3.97E+5	-3.97E+5
			M _{Ed} (SLE) (N*m)	2.255E+5	2.255E+5			
			V _{Ed} (SLE) (N)	4.25E+5	4.25E+5			

VERIFICHE

RESISTENZA A TAGLIO (SLU)

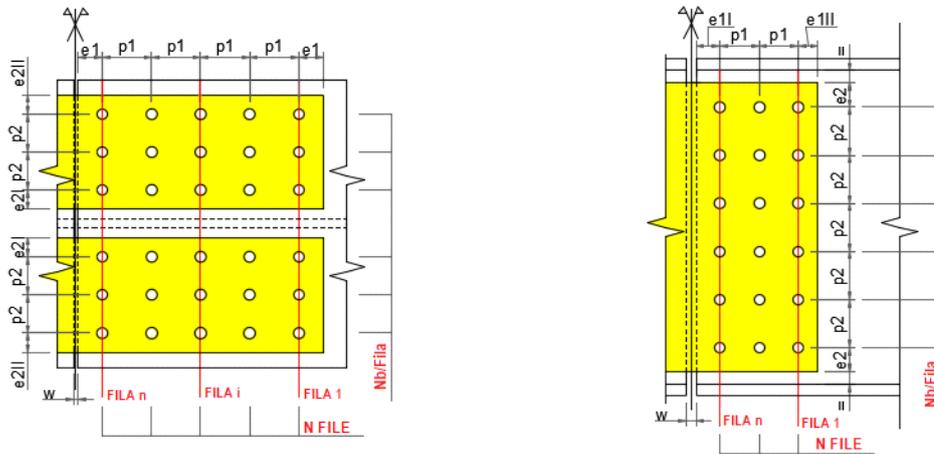
Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
α _V	0.5		α _V	0.5		α _V	0.5	
β _p = 9*d/(8*d+3*t _p) (<=1)	1	1	β _p = 9*d/(8*d+3*t _p) (<=1)	1	1	β _p = 9*d/(8*d+3*t _p) (<=1)	1	1
			M _b = M _{Ed} + V _{Ed} *u (N*m)	4.863E+5	4.863E+5			
			J _b (mm ²)	1.431E+6				
			V _{1b} = V _{Ed} /N _b (N)	2.906E+4	2.906E+4			
			V _{2b} = M _b /J _b *X _{maxb} (N)	1.189E+4	1.189E+4			
			V _b = V _{1b} +V _{2b} (N)	4.096E+4	4.096E+4			
			H _{1b} = N _{Ed} /N _b (N)	2.4E+4	2.4E+4			
			H _{2b} = M _b /J _b *Y _{maxb} (N)	1.308E+5	1.308E+5			
			H _b = H _{1b} +H _{2b} (N)	1.548E+5	1.548E+5			
F _{VEd} = N _{Ed} /2/N _b (N)	7.113E+4	7.113E+4	F _{VEd} = ((V _b ² +H _b ²) ^{0.5})/2 (N)	8.008E+4	8.008E+4	F _{VEd} = N _{Ed} /2/N _b (N)	4.613E+4	4.613E+4
F _{Vrd} = β _p *α _V *f _{ub} *A _{Vb} /γ _{M2}	1.005E+5	1.005E+5	F _{Vrd} = β _p *α _V *f _{ub} *A _{Vb} /γ _{M2}	1.005E+5	1.005E+5	F _{Vrd} = β _p *α _V *f _{ub} *A _{Vb} /γ _{M2}	1.005E+5	1.005E+5
(N)			(N)			(N)		
CU _{FV} = F _{VEd} /F _{Vrd}	0.708	0.708	CU _{FV} = F _{VEd} /F _{Vrd}	0.797	0.797	CU _{FV} = F _{VEd} /F _{Vrd}	0.459	0.459

RESISTENZA A RIFOLLAMENTO (SLU)

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
Piatti			Piatti			Piatti		
α _{b,ed} long.	0.775		α _{b,ed} long.	0.775		α _{b,ed} long.	0.775	
α _{b,in} long.	0.835		α _{b,in} long.	0		α _{b,in} long.	0.835	
k _{1,ed} long.	2.5		k _{1,ed} long.	2.5		k _{1,ed} long.	2.5	
k _{1,in} long.	0		k _{1,in} long.	2.5		k _{1,in} long.	0	
			α _{b,ed} transv.	0.775				
			α _{b,in} transv.	0.835				
			k _{1,ed} transv.	2.5				
			k _{1,in} transv.	0				
F _{bRd} (α _{b,ed} ,k _{1,ed}) long. (N)	2.372E+5		F _{bRd} (α _{b,ed} ,k _{1,ed}) long. (N)	1.581E+5		F _{bRd} (α _{b,ed} ,k _{1,ed}) long. (N)	2.372E+5	
F _{bRd} (α _{b,ed} ,k _{1,in}) long. (N)	0E+00		F _{bRd} (α _{b,ed} ,k _{1,in}) long. (N)	1.581E+5		F _{bRd} (α _{b,ed} ,k _{1,in}) long. (N)	0E+00	
F _{bRd} (α _{b,in} ,k _{1,ed}) long. (N)	2.556E+5		F _{bRd} (α _{b,in} ,k _{1,ed}) long. (N)	0E+00		F _{bRd} (α _{b,in} ,k _{1,ed}) long. (N)	2.556E+5	
F _{bRd} (α _{b,in} ,k _{1,in}) long. (N)	0E+00		F _{bRd} (α _{b,in} ,k _{1,in}) long. (N)	0E+00		F _{bRd} (α _{b,in} ,k _{1,in}) long. (N)	0E+00	
F _{bRd,min} long. (N)	2.372E+5		F _{bRd,min} long. (N)	1.581E+5		F _{bRd,min} long. (N)	2.372E+5	
F _{bRd,max} long. (N)	2.556E+5		F _{bRd,max} long. (N)	1.581E+5		F _{bRd,max} long. (N)	2.556E+5	
F _{bRd,tot} long. (N)	1.971E+6		F _{bRd,tot} long. (N)	3.163E+5		F _{bRd,tot} long. (N)	1.971E+6	
F _{bEd,1b} long. (N)	7.113E+4	7.113E+4	F _{bEd,1b} long. (N)	7.742E+4	7.742E+4	F _{bEd,1b} long. (N)	4.613E+4	4.613E+4
Check plastico	False		Check plastico	False		Check plastico	False	
CU _{Fb} = F _{bEd} /F _{bRd} long.	0.3	0.3	CU _{Fb} = F _{bEd} /F _{bRd} long.	0.49	0.49	CU _{Fb} = F _{bEd} /F _{bRd} long.	0.194	0.194
			F _{bRd} (α _{b,ed} ,k _{1,ed}) transv.	1.581E+5				
			(N)					
			F _{bRd} (α _{b,ed} ,k _{1,in}) transv. (N)	0E+00				
			F _{bRd} (α _{b,in} ,k _{1,ed}) transv. (N)	1.704E+5				

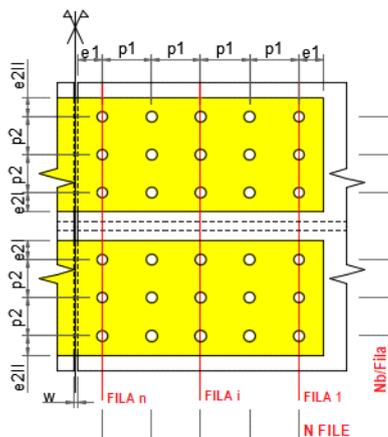
			$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, K_{1,in})$ transv. (N)	0E+00				
			$F_{bRd,min}$ transv. (N)	1.581E+5				
			$F_{bRd,max}$ transv. (N)	1.704E+5				
			$F_{bRd,tot}$ transv. (N)	2.02E+6				
			$F_{bEd,1b}$ transv. (N)	2.048E+4	2.048E+4			
			Check plastico	False				
			$CU_{FB} = F_{bEd}/F_{bRd}$ transv.	0.129	0.129			
Profilo in acciaio			Profilo in acciaio			Profilo in acciaio		
$\alpha_{b,ed}$ long.	0.775	0.775	$\alpha_{b,ed}$ long.	0.775	0.775	$\alpha_{b,ed}$ long.	0.775	0.775
$\alpha_{b,in}$ long.	0.835	0.835	$\alpha_{b,in}$ long.	0	0	$\alpha_{b,in}$ long.	0.835	0.835
$k_{1,ed}$ long.	2.5		$k_{1,ed}$ long.	2.5		$k_{1,ed}$ long.	2.5	
$k_{1,in}$ long.	0		$k_{1,in}$ long.	2.5		$k_{1,in}$ long.	0	
			$\alpha_{b,ed}$ transv.	0.775	0.775			
			$\alpha_{b,in}$ transv.	0.835	0.835			
			$k_{1,ed}$ transv.	2.5				
			$k_{1,in}$ transv.	0				
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed})$ long. (N)	3.163E+5	3.163E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed})$ long. (N)	2.847E+5	2.847E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed})$ long. (N)	3.163E+5	3.163E+5
$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in})$ long. (N)	2.847E+5	2.847E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00
$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, K_{1,ed})$ long. (N)	3.408E+5	3.408E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, K_{1,ed})$ long. (N)	0E+00	0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, K_{1,ed})$ long. (N)	3.408E+5	3.408E+5
$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, K_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, K_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, K_{1,in})$ long. (N)	0E+00	0E+00
$F_{bRd,min}$ long. (N)	3.163E+5	3.163E+5	$F_{bRd,min}$ long. (N)	2.847E+5	2.847E+5	$F_{bRd,min}$ long. (N)	3.163E+5	3.163E+5
$F_{bRd,max}$ long. (N)	3.408E+5	3.408E+5	$F_{bRd,max}$ long. (N)	2.847E+5	2.847E+5	$F_{bRd,max}$ long. (N)	3.408E+5	3.408E+5
$F_{bRd,tot}$ long. (N)	2.628E+6	2.628E+6	$F_{bRd,tot}$ long. (N)	5.693E+5	5.693E+5	$F_{bRd,tot}$ long. (N)	2.628E+6	2.628E+6
$F_{bEd,1b}$ long. (N)	1.423E+5	1.423E+5	$F_{bEd,1b}$ long. (N)	1.548E+5	1.548E+5	$F_{bEd,1b}$ long. (N)	9.227E+4	9.227E+4
Check plastico	False	False	Check plastico	False	False	Check plastico	False	False
$CU_{FB} = F_{bEd}/F_{bRd}$ long.	0.45	0.45	$CU_{FB} = F_{bEd}/F_{bRd}$ long.	0.544	0.544	$CU_{FB} = F_{bEd}/F_{bRd}$ long.	0.292	0.292
			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed})$ transv. (N)	2.847E+5	2.847E+5			
			(N)					
			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in})$ transv. (N)	0E+00	0E+00			
			$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed})$ transv. (N)	3.067E+5	3.067E+5			
			$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in})$ transv. (N)	0E+00	0E+00			
			$F_{bRd,min}$ transv. (N)	2.847E+5	2.847E+5			
			$F_{bRd,max}$ transv. (N)	3.067E+5	3.067E+5			
			$F_{bRd,tot}$ transv. (N)	3.636E+6	3.636E+6			
			$F_{bEd,1b}$ transv. (N)	4.096E+4	4.096E+4			
			Check plastico	False	False			
			$CU_{FB} = F_{bEd}/F_{bRd}$ transv.	0.144	0.144			
RESISTENZA PIATTI (SLU)								
Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
$N_{pyRd} = A_p \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$ (N)	2.029E+6		$N_{pyRd} = A_{np} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$ (N)	4.138E+6		$N_{pyRd} = A_p \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$ (N)	2.029E+6	
$N_{puRd} = 0.9 \cdot A_{np} \cdot f_{up} / \gamma_{M2}$ (N)	1.73E+6		$W_{np} = J_{np} / (h_{np} / 2)$ (mm ³)	1.83E+6		$N_{puRd} = 0.9 \cdot A_{np} \cdot f_{up} / \gamma_{M2}$ (N)	1.73E+6	
			$M_{pyRd} = W_{np} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$ (N*mm)	6.188E+8				
			$f_{ypRed}(V_{Ed} / V_{pyRd} > 0.5)$ (N/mm ²)	355	355			
$CU_{Np} = N_{Ed} / N_{pyRd}$	0.658	0.658	$CU_{Np} = N_{Ed} / N_{pyRd} \cdot (f_{yp} / f_{ypRed})$	0.139	0.139	$CU_{Np} = N_{Ed} / N_{pyRd}$	0.364	0.364
$max(N_{Ed} / N_{pyRd}, N_{Ed} / N_{puRd})$			$CU_{Mp} = M_{Ed} / M_{pyRd} \cdot (f_{yp} / f_{ypRed})$	0.684	0.684			
			$CU_{NMp} = CU_{Np} + CU_{Mp}$	0.824	0.824			
			$V_{pyRd} = A_{np} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} / (3^{0.5})$ (N)	2.389E+6				
			$CU_{Vp} = V_{Ed} / V_{pyRd}$	0.292	0.292			
RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO (SLE)								
Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
$F_{pCd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_{resb}$ (N)	1.759E+5		$F_{pCd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_{resb}$ (N)	1.759E+5		$F_{pCd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_{resb}$ (N)	1.759E+5	
$F_{sRd} = k_s \cdot \mu \cdot F_{pCd} / \gamma_{M3}$ (N)	4.798E+4		$F_{sRd} = k_s \cdot \mu \cdot F_{pCd} / \gamma_{M3}$ (N)	4.798E+4		$F_{sRd} = k_s \cdot \mu \cdot F_{pCd} / \gamma_{M3}$ (N)	4.798E+4	
$CU_{FS} = F_{vEd} / F_{sRd}$	0.784	0.784	$CU_{FS} = F_{vEd} / F_{sRd}$	0.903	0.903	$CU_{FS} = F_{vEd} / F_{sRd}$	0.517	0.517
RESISTENZA SEZIONE PROFILO (SLU)								
Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
$N_{pl,Rd}$ (N)	2.029E+6	2.029E+6	Sezione con 12 fori			$N_{pl,Rd}$ (N)	2.029E+6	2.029E+6
Sezione con 2 fori			$N_{net,Rd}$ (N)	4.272E+6	4.272E+6	$CU_N (N_{Ed} < 0)$	0.364	0.364
$N_{u,Rd}$ (N)	1.887E+6	1.887E+6	$M_{net,Rd}$ (N*mm)	7.438E+8	7.438E+8			
$CU_N (N_{Ed} > 0)$	0.603	0.603	W_{net} (mm ³)	2.2E+6	2.2E+6			
			f_{ykRed} / γ_{M0} (N/mm ²)	338.095	338.095			
			CU_{NM}	0.704	0.704			
			$V_{plnet,Rd}$ (N)	2.467E+6	2.467E+6			
			CU_{Vnet}	0.283	0.283			

GIUNTO: Traverso S1-SLF - Traverso S1-SLF



Ala superiore: Distr. Rettangolare regolare

Anima: Distr. Rettangolare regolare



Ala inferiore: Distr. Rettangolare regolare

A DATI GENERALI

Definizione del giunto

Sezioni

Traverso_S1-SLF (SX)

Traverso_S1-SLF (DX)

	SX	DX		SX	DX		SX	DX
Ala superiore Bulloni			Anima Bulloni			Ala inferiore Bulloni		
Tipo di distribuzione	Rettangolar regolare		Tipo di distribuzione	Rettangolar regolare		Tipo di distribuzione	Rettangolar regolare	
Nb/fila	2		Nb/fila	12		Nb/fila	2	
N file	4		N file	2		N file	4	
d (mm)	20		d (mm)	20		d (mm)	20	

d ₀ (mm)	22		d ₀ (mm)	22		d ₀ (mm)	22	
A _{nomb} (mm ²)	314		A _{nomb} (mm ²)	314		A _{nomb} (mm ²)	314	
A _{resb} (mm ²)	251		A _{resb} (mm ²)	251		A _{resb} (mm ²)	251	
A _{v_b} (mm ²)	251		A _{v_b} (mm ²)	251		A _{v_b} (mm ²)	251	
Piatti			Piatti			Piatti		
t piatti d'imbottitura (mm)	0	0	t piatti d'imbottitura (mm)	0	0	t piatti d'imbottitura (mm)	0	0
t piatti interni - esterni (mm)	15		t piatti interni - esterni (mm)	10		t piatti interni - esterni (mm)	15	
A _p (mm ²)	6000		A _p (mm ²)	17400		A _p (mm ²)	6000	
A _{np} (mm ²)	4710		A _{np} (mm ²)	12240		A _{np} (mm ²)	4710	
Profilo in acciaio			Profilo in acciaio			Profilo in acciaio		
A (mm ²)	6000	6000	A (mm ²)	17280	17280	A (mm ²)	6000	6000
A _{net} (mm ²)	5140	5140	A _{net} (mm ²)	12636	12636	A _{net} (mm ²)	5140	5140
Distanze - Interassi			Distanze - Interassi			Distanze - Interassi		
e ₁ (mm)	50		e ₁₁ (mm)	50		e ₁ (mm)	50	
p ₁ (mm)	70		e ₁₁₁ (mm)	50		p ₁ (mm)	70	
e ₂₁ (mm)	50		p ₁ (mm)	70		e ₂₁ (mm)	50	
e ₂₁₁ (mm)	50		e ₂ (mm)	50		e ₂₁₁ (mm)	50	
p ₂ (mm)	0		p ₂ (mm)	70		p ₂ (mm)	0	
			w (mm)	10				

B LIMITI DIMENSIONALI

Ala superiore

e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₂	True
p ₁ min = 2.2d ₀ (mm)	47
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52
p ₂ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₂	NA

Anima

e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	80
Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	80
Check e ₂	True
p ₁ min = 2.4d ₀ (mm)"	52
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	140
Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52
p ₂ max = min(14t;200) (mm)	140
Check p ₂	True

Ala inferiore

e ₁ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₁ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₁	True
e ₂ min = 1.2d ₀ (mm)	26
e ₂ max = 4t+40 (mm)	100
Check e ₂	True
p ₁ min = 2.2d ₀ (mm)	47
p ₁ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₁	True
p ₂ min = 2.4d ₀ (mm)	52
p ₂ max = min(14t;200) (mm)	200
Check p ₂	True

C RIEPILOGO RISULTATI

Comb.	Comp.	$\Delta\sigma_{Ed}/\Delta\sigma_{Rd}$	$\Delta\sigma_{Edp}/\Delta\sigma_{Rdp}$
SLF, Mmax	Ali sup.	0.306	0.59
	Anima	0.317	0.685
	Ali inf.	0.306	0.59

D DETTAGLIO RISULTATI: Comb. Mmax

SOLLECITAZIONI

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
N _{Ed} max (SLF) (N)	4.052E+4	4.052E+4	N _{Ed} max (SLF) (N)	0E+00	0E+00	N _{Ed} max (SLF) (N)	-4.052E+4	-4.052E+4
			M _{Ed} max (SLF) (N*m)	1.829E+4	1.829E+4			
			V _{Ed} max (SLF) (N)	0E+00	0E+00			
N _{Ed} min (SLF) (N)	-2.445E+3	-2.445E+3	N _{Ed} min (SLF) (N)	0E+00	0E+00	N _{Ed} min (SLF) (N)	2.445E+3	2.445E+3
			M _{Ed} min (SLF) (N*m)	-1.104E+3	-1.104E+3			
			V _{Ed} min (SLF) (N)	0E+00	0E+00			

VERIFICHE

RESISTENZA A FATICA (SLF)

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
Profilo in acciaio			Profilo in acciaio			Profilo in acciaio		
$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{F1} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_1$ (N/mm ²)	20.4	20.4	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{F1} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_1$ (N/mm ²)	21.1	21.1	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{F1} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_1$ (N/mm ²)	20.4	20.4
$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_0 / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	66.7	66.7	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_0 / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	66.7	66.7	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_0 / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	66.7	66.7
CU _{Fat} = $\Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.306	0.306	CU _{Fat} = $\Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.317	0.317	CU _{Fat} = $\Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.306	0.306
Piatti			Piatti			Piatti		
$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{F1} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_1$ (N/mm ²)	21.8	21.8	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{F1} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_1$ (N/mm ²)	25.4	25.4	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{F1} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_1$ (N/mm ²)	21.8	21.8
$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_0 / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	37	37	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_0 / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	37	37	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_0 / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	37	37
CU _{Fat} = $\Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.59	0.59	CU _{Fat} = $\Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.685	0.685	CU _{Fat} = $\Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.59	0.59

8.6 VERIFICA TRAVE DI SPINA

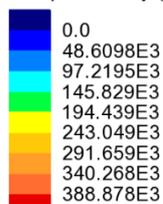
Le verifiche della trave di spina verranno effettuate, per semplicità, trascurando la collaborazione della soletta in calcestruzzo, considerando quindi la resistenza del solo profilo metallico. Non si considerano fenomeni di instabilità laterale, data la presenza del vincolo continuo in estradosso offerto dalla soletta.

8.6.1 Sollecitazioni

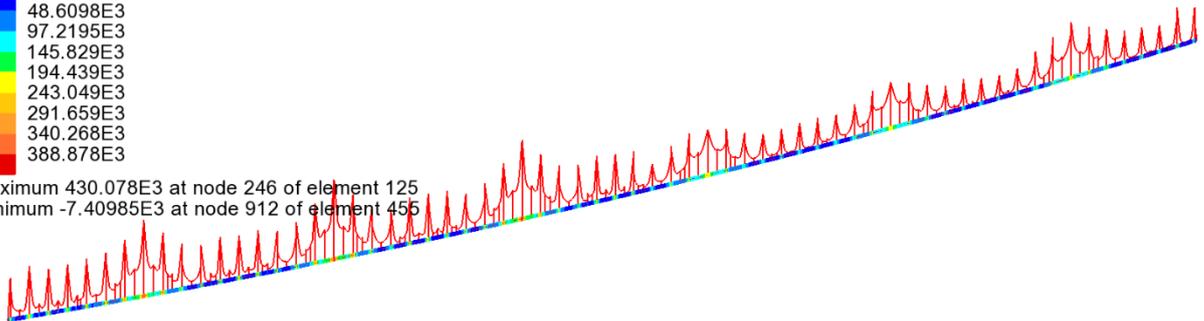
A valle dell'analisi strutturale, effettuate per le singole condizioni di carico, vengono eseguiti gli involuipi e le combinazioni pertinenti ai vari scopi, rispettivamente per max/min V e max/min M.

Nel seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni della trave di spina, organizzati per involuipi di progetto.

Combining on: My
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

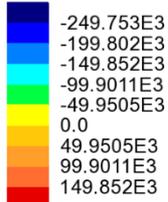


Maximum 430.078E3 at node 246 of element 125
Minimum -7.40985E3 at node 912 of element 455

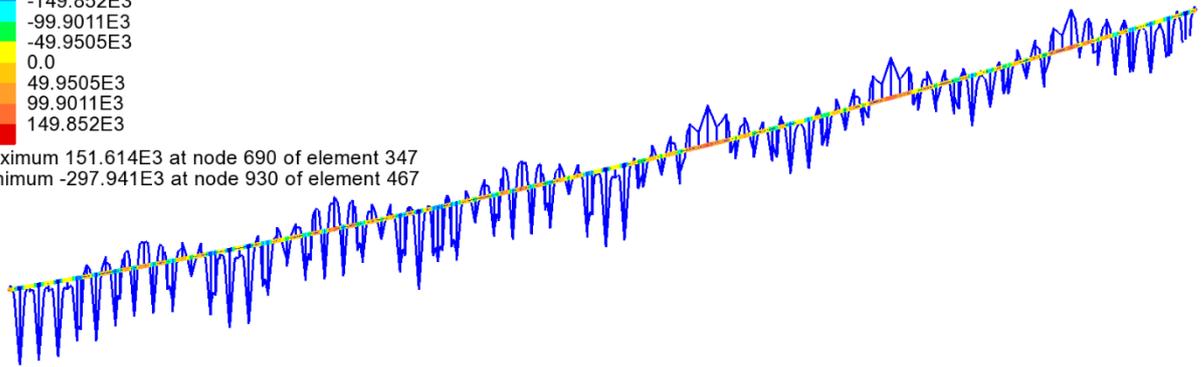


SLU fondamentale My (max)

Combining on: My
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

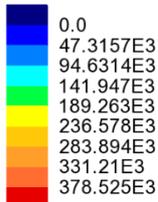


Maximum 151.614E3 at node 690 of element 347
Minimum -297.941E3 at node 930 of element 467

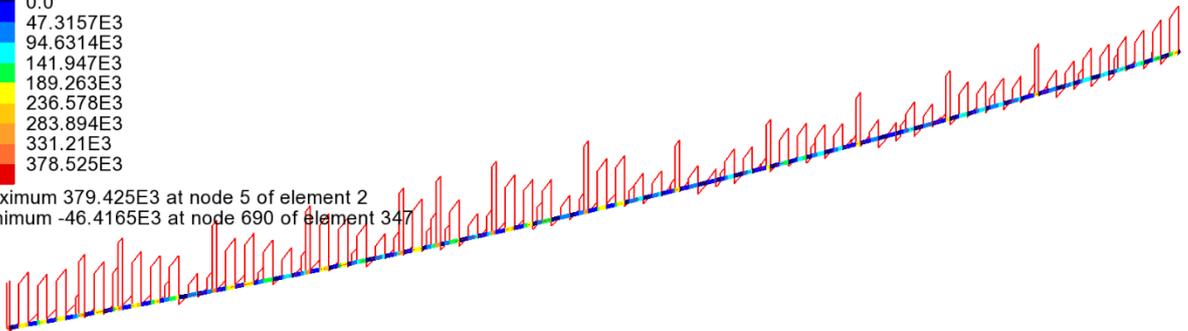


SLU fondamentale My (min)

Combining on: Fz
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

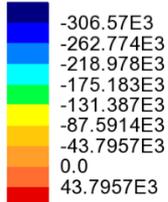


Maximum 379.425E3 at node 5 of element 2
Minimum -46.4165E3 at node 690 of element 347

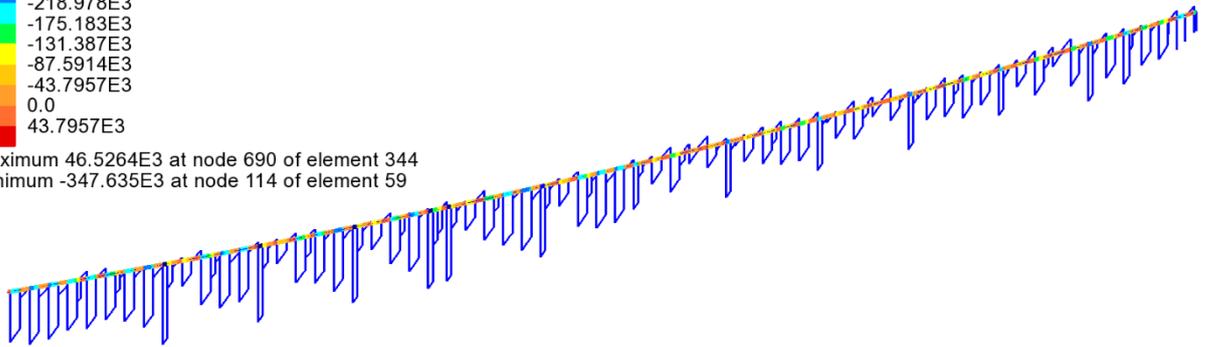


SLU fondamentale Fz (max)

Combining on: Fz
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

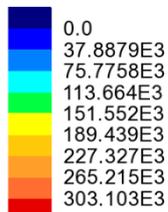


Maximum 46.5264E3 at node 690 of element 344
Minimum -347.635E3 at node 114 of element 59

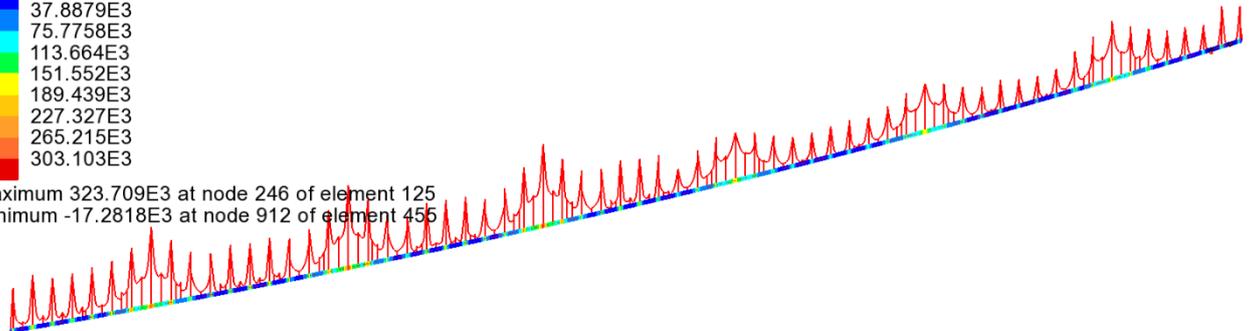


SLU fondamentale Fz (min)

Combining on: My
SLE RARA (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

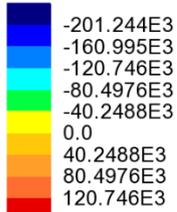


Maximum 323.709E3 at node 246 of element 125
Minimum -17.2818E3 at node 912 of element 455

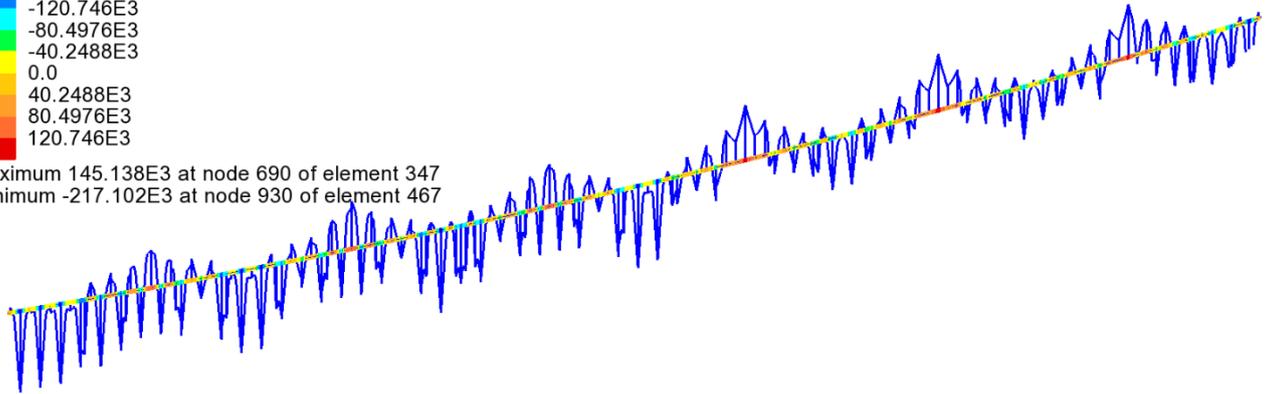


SLE caratteristica My (max)

Combining on: My
SLE RARA (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

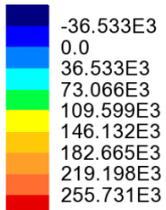


Maximum 145.138E3 at node 690 of element 347
Minimum -217.102E3 at node 930 of element 467

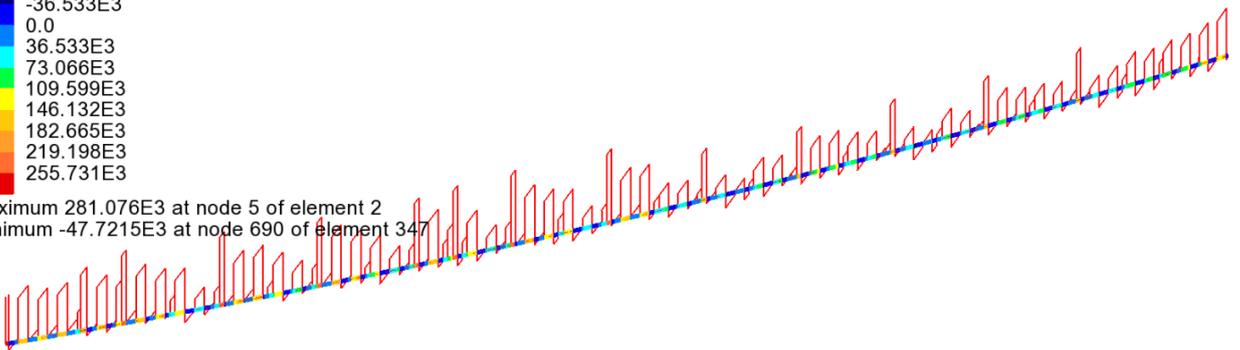


SLE caratteristica My (min)

Combining on: Fz
SLE RARA (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

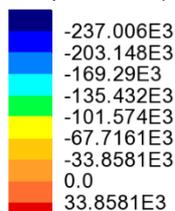


Maximum 281.076E3 at node 5 of element 2
Minimum -47.7215E3 at node 690 of element 347

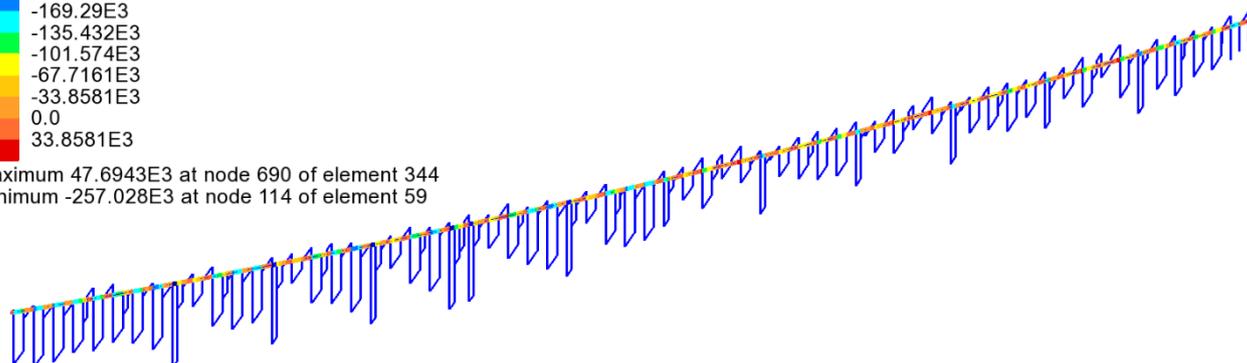


SLE caratteristica Fz (max)

Combining on: Fz
SLE RARA (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 47.6943E3 at node 690 of element 344
Minimum -257.028E3 at node 114 of element 59



SLE caratteristica Fz (min)

8.6.2 S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento

Si riportano di seguito, per la porzione di impalcato considerato, i diagrammi dei rapporti di sfruttamento della trave di spina non considerando a favore di sicurezza la soletta collaborante.

max η assoluto

Derivante dall'interazione N/M/V (EN1993-1-5, 7.1.(1)); nei casi in cui non vi è interazione, tale valore coincide con il rapporto di sfruttamento a flessione η_1 .

max η_1/η_1

Rapporto di sfruttamento a flessione; nell'ambito delle condizioni di applicabilità dell'analisi plastica, esso coincide con il rapporto $\eta_1 = M_{Ed}/M_{pl}$ (rapporto di sfruttamento plastico); in tutti gli altri casi è pari a $\eta_1 = \sigma_{Ed}/(\gamma_{m0}f_{yk})$. I rapporti di sfruttamento a flessione, risp. elastici e plastici vengono tracciati indipendentemente dal campo di applicabilità; in ogni caso, il valore considerato nel calcolo del rapporto di sfruttamento assoluto considera di volta in volta il rapp. elastico/plastico in funzione degli effettivi limiti di applicabilità.

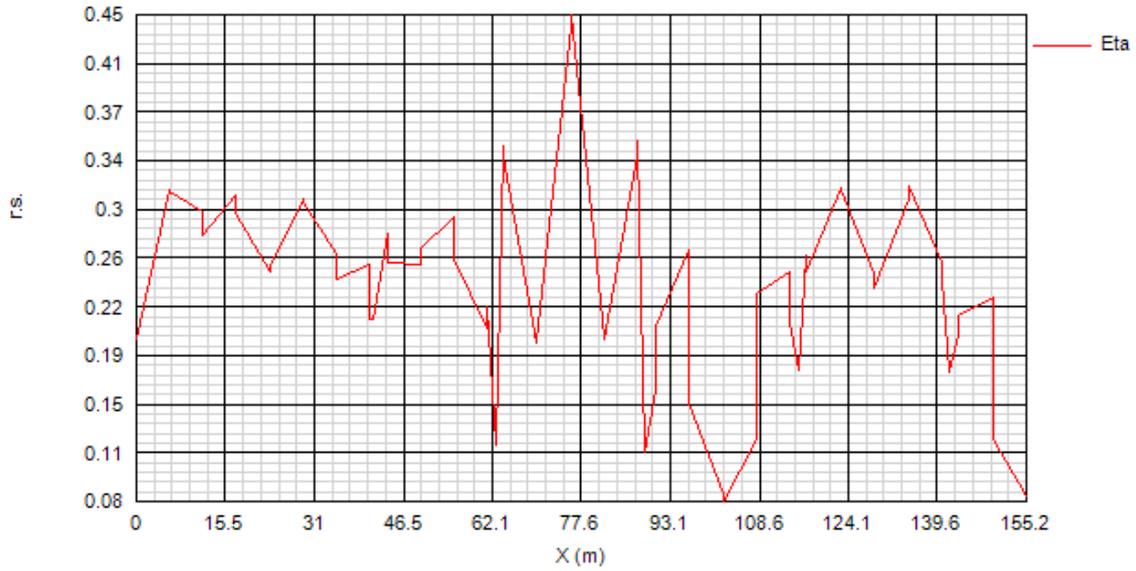
max η_3 (*)

Rapporto di sfruttamento a taglio $\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd}$

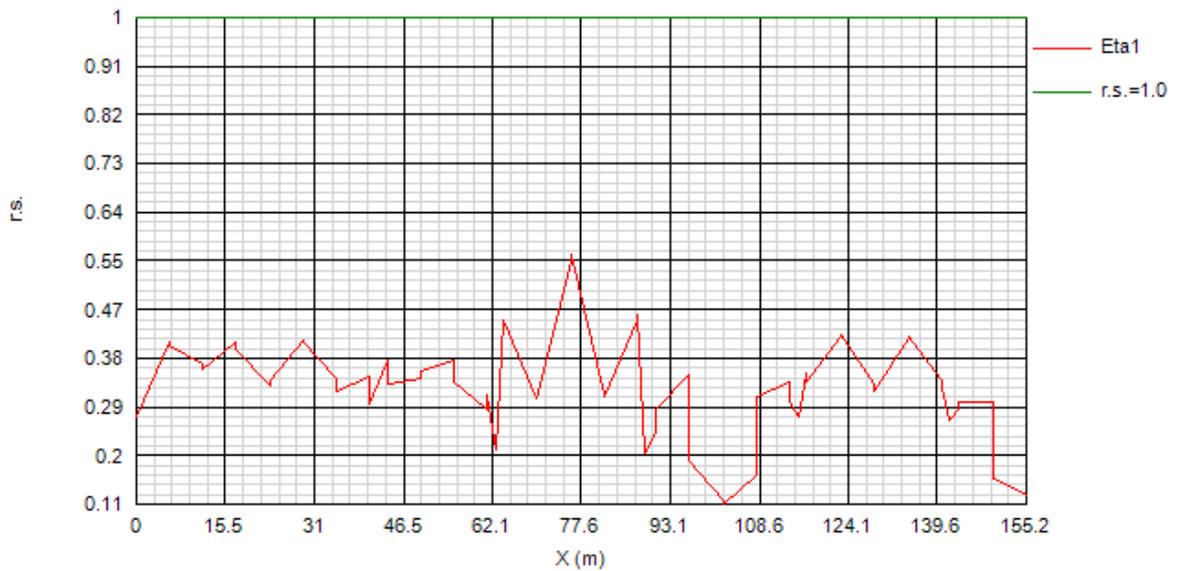
(*) Si riporta il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio, nella condizione più gravosa, corrispondente a "non rigid" end post. Nella condizione "rigid" end post si hanno infatti coefficienti di sfruttamento inferiori.

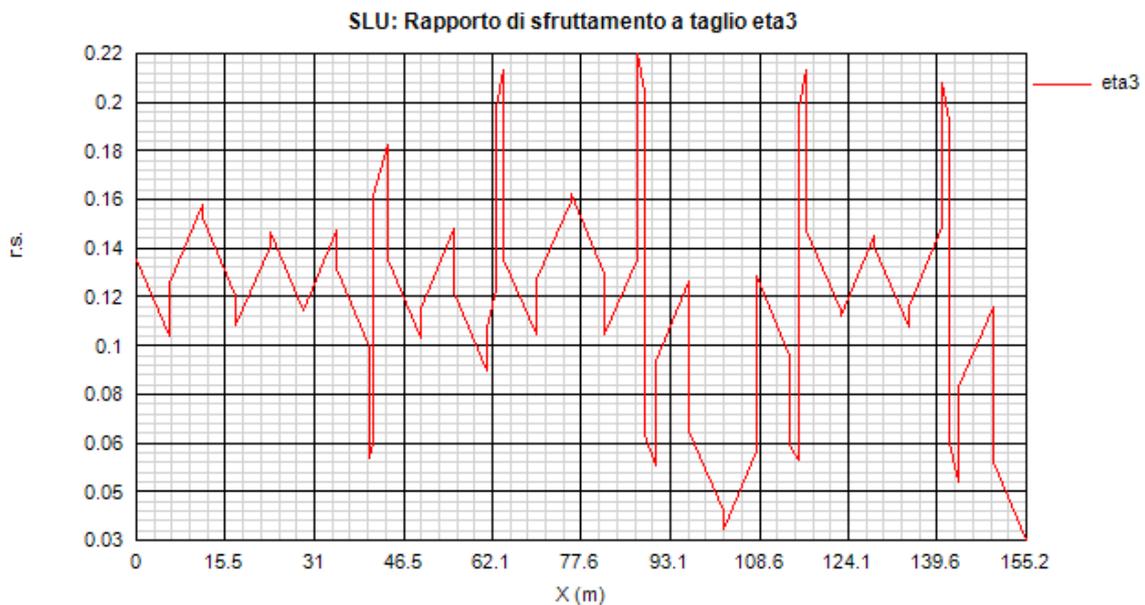
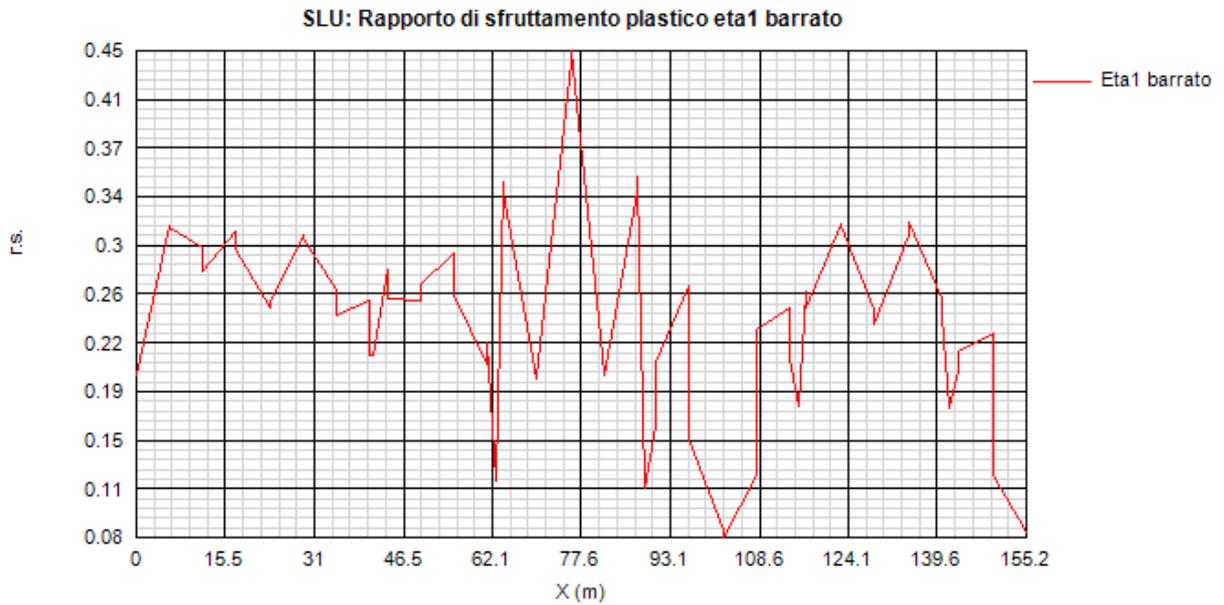
Si riportano di seguito i diagrammi dei rapporti di sfruttamento.

SLU: Rapporto di sfruttamento assoluto eta



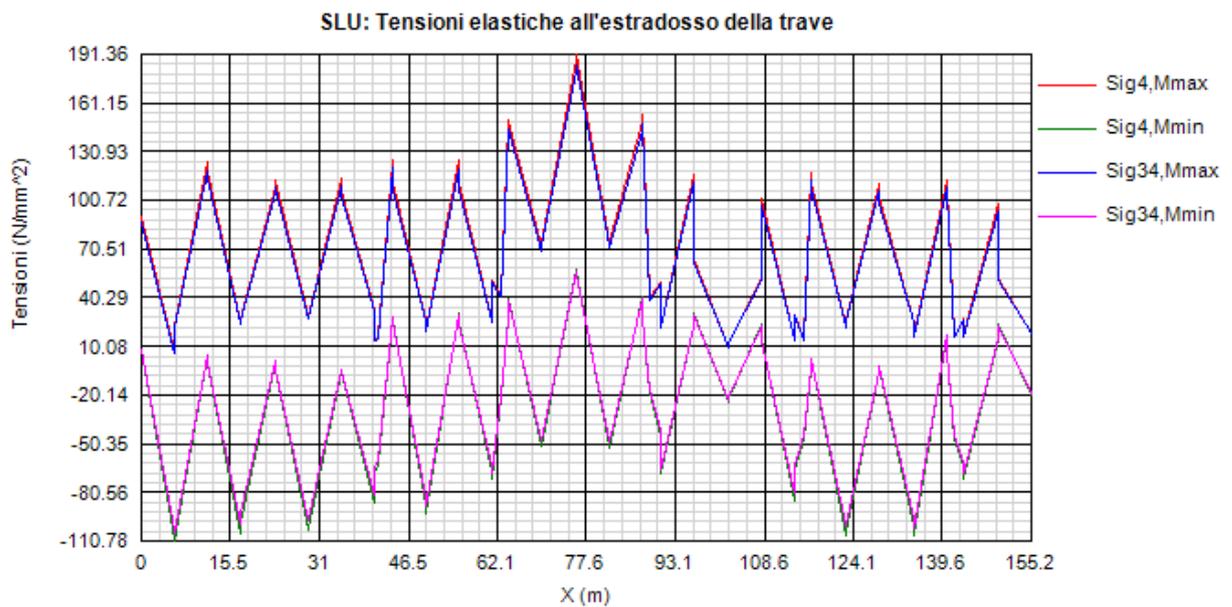
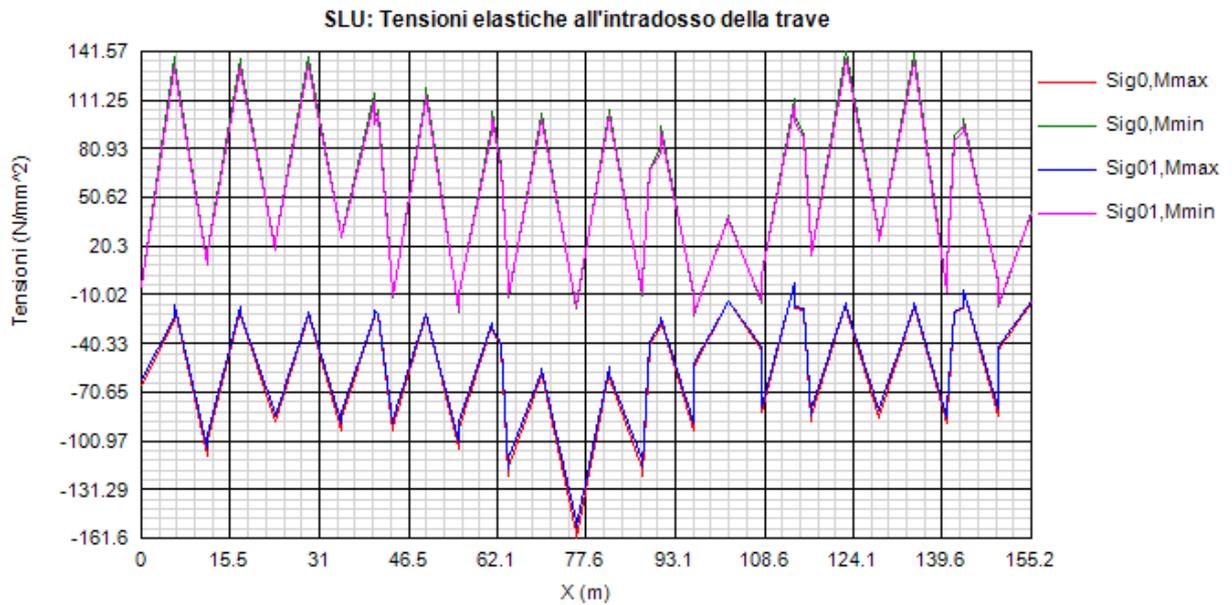
SLU: Rapporto di sfruttamento elastico eta1





Come si può notare, i rapporti di sfruttamento rilevati risultano in tutti i casi soddisfacentemente al di sotto dell'unità.

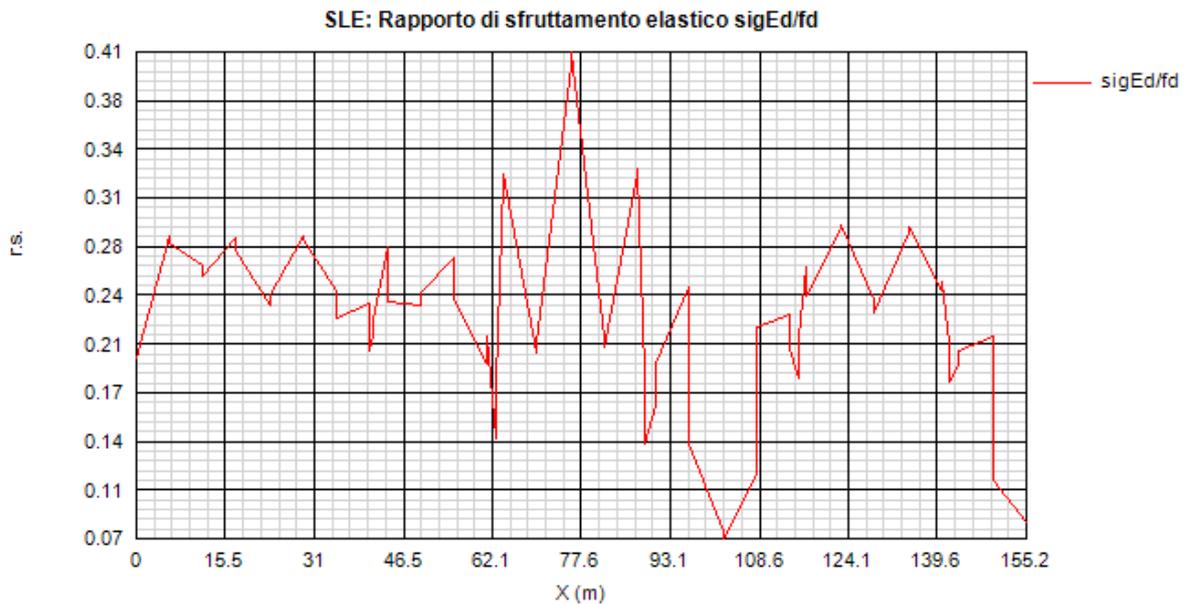
Si riportano anche i diagrammi relativi alle tensioni S.L.U. rilevate sulla piattabanda inferiore e superiore della trave (valori in MPa).



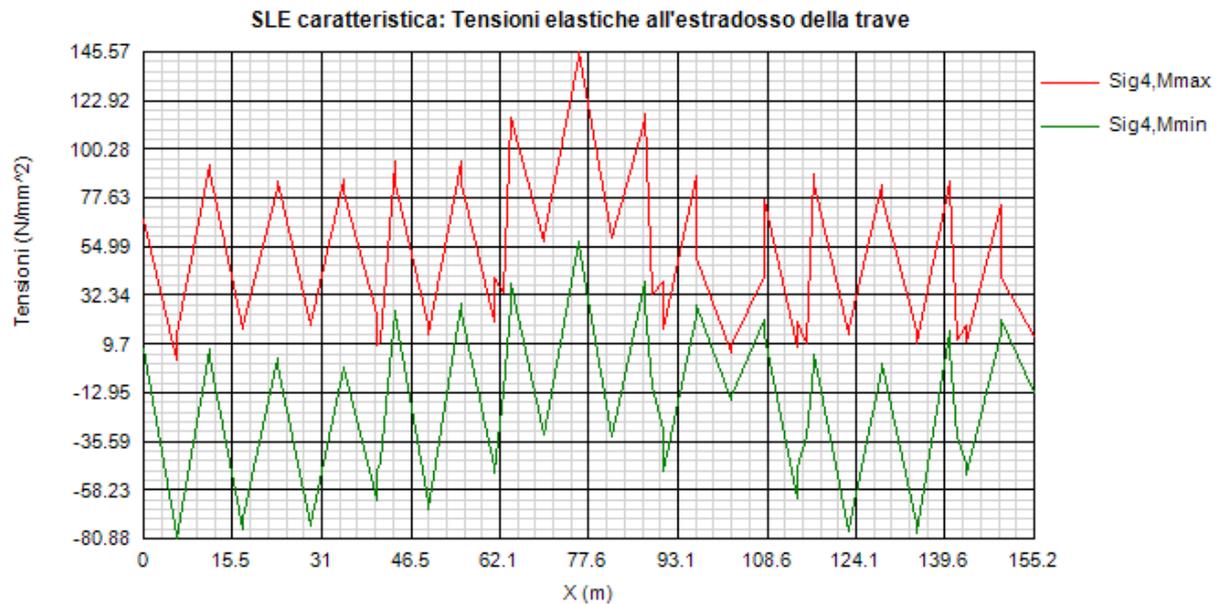
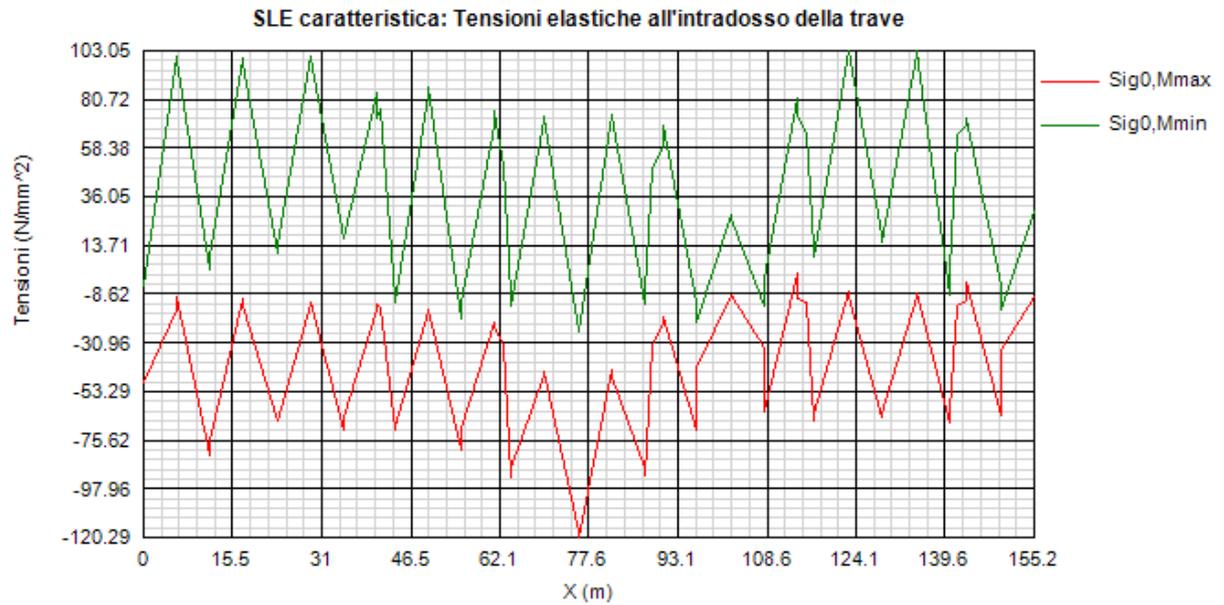
8.6.3 S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento

Di seguito si riporta l'andamento del rapporto di sfruttamento S.L.E. tra tensione di Von Mises e tensione di riferimento.

Come si può notare dall'esame del diagramma, i rapporti di sfruttamento S.L.E. appaiono soddisfacentemente al di sotto dell'unità.



Si riportano anche in questo caso i diagrammi relativi alle tensioni all'intradosso ed estradosso della trave. (MPa).



8.7 VERIFICA CONTROVENTO DI MONTAGGIO

Il calcolo delle sollecitazioni insistenti sul controvento di montaggio viene effettuato considerando l'effetto dei seguenti contributi:

- Vento in fase di costruzione

- Contributo di stabilizzazione globale della struttura

Per il calcolo della pressione del vento in fase di costruzione, valutata con riferimento ad un periodo di ritorno ridotto, ed alla appropriata estensione della superficie di prospetto, è riportato in 5.4.4.2.

Per quanto attiene il contributo afferente alla stabilizzazione globale della struttura, si considera forfetariamente un incremento delle forze statiche dovute a vento pari al 20 %.

Il controvento di montaggio verrà verificato a diagonali tese e compresse.

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato mediante il medesimo modello impiegato per l'analisi di stabilità laterale di cui se ne riporta un'immagine renderizzata di seguito.

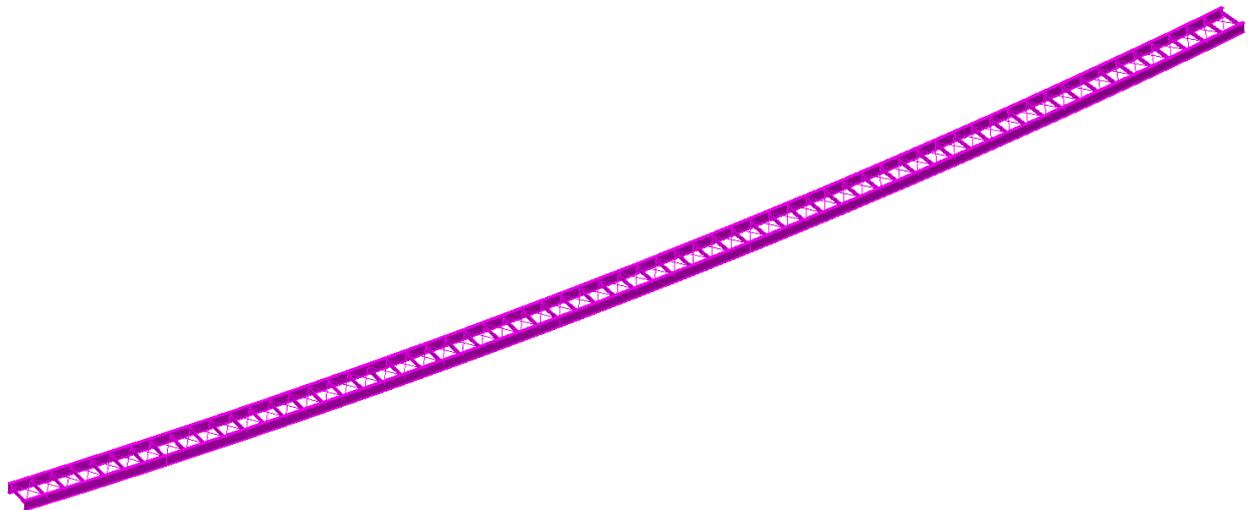
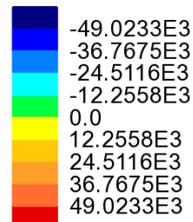


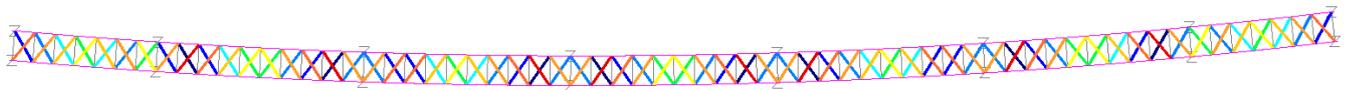
Figura 8-16: modello 3D per calcolo controventi di montaggio

Nella mappatura seguente viene riportata l'azione assiale insistente nei controventi per effetto della sola azione del vento trasversale F_w allo SLU incrementata forfetariamente del 20% per tener conto della stabilizzazione globale della struttura.

SLU_Fw*1.5*1.2 (incr.20%)
Entity: Verifica aste
Component: NEd



Maximum 55.0841E3 at Gauss point 1 of element 396
Minimum -55.2183E3 at Gauss point 1 of element 395



Azione assiale nei controventi- NEd

A partire dagli sforzi assiali precedenti si verificano le aste ed i giunti bullonati schematizzati di seguito.

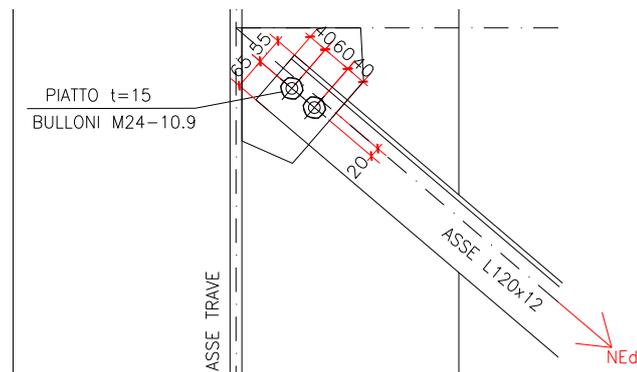
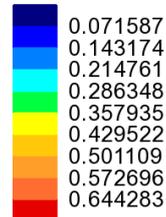


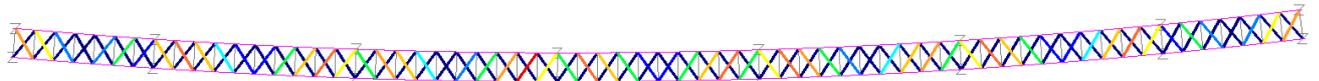
Figura 8-17: Particolare giunto bullonato

Le mappature che seguono riportano i coefficienti di utilizzo relativi, rispettivamente, alla verifica di resistenza delle membrature, di resistenza a tagli dei bulloni e di resistenza a rifollamento.

SLU_Fw*1.5*1.2 (incr.20%)
Entity: Verifica aste
Component: CuN

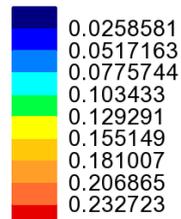


Maximum 0.644939 at Gauss point 1 of element 395
Minimum 0.656406E-3 at Gauss point 1 of element 931



C.U. - resistenza membrature

SLU_Fw*1.5*1.2 (incr.20%)
Entity: Verifica aste
Component: CuFvBulloni

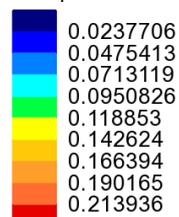


Maximum 0.235 at Gauss point 1 of element 395
Minimum 2.27702E-3 at Gauss point 1 of element 930

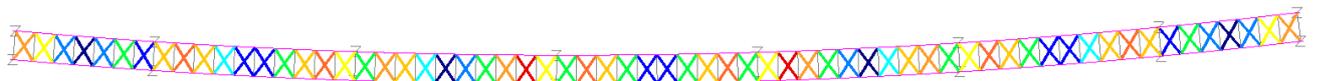


C.U. - resistenza a taglio bulloni Fv,Rd

SLU_Fw*1.5*1.2 (incr.20%)
Entity: Verifica aste
Component: CuFb



Maximum 0.216029 at Gauss point 1 of element 395
Minimum 2.0932E-3 at Gauss point 1 of element 930



C.U. - resistenza a rifollamento Fb,Rd

8.8 SVERIFICA STABILITÀ LATERALE TORSIONALE

8.8.1 Fase di costruzione

In fase di costruzione si considera la presenza delle sole travi metalliche, e del controvento di montaggio “a croce”, che verrà posizionato in prossimità della quota di intradosso della trave di spina.

La verifica viene eseguita valutando preventivamente il carico di buckling estratto dal modello F.E.M della sola travata metallica, elaborato mediante specifici elementi finiti quadrativi, tipo BMI31W, in grado di cogliere i fenomeni di warping.

Si considera la presenza di:

- Pesi carpenteria metallica x 1.35
- Peso getto x 1.35
- Vento x 1.5

Qui di seguito si riporta la configurazione del modello impiegato, e la deformata qualitativa del primo modo di instabilità che, come prevedibile, coinvolge la porzione di mezzeria della campata più lunga.

Non si è considerata, perché ininfluente ai fini delle verifiche, la presenza della trave di spina.

Scale: 1: 2.02297E3
Zoom: 303.495
Eye: (-0.518624, -0.678028, 0.520873)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 01_fase_costruzione
Loadcase: 1.Fw_costruz
Results file: Marroggia_fase1_01-01_fase_costruzione.mys

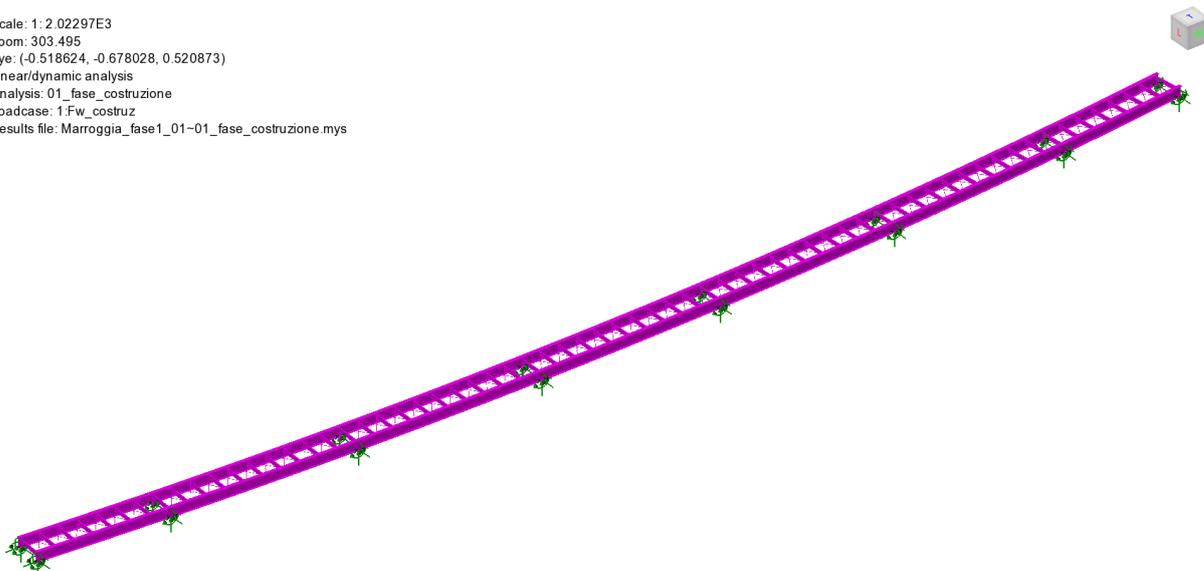


Figura 8-18 Verifica stabilità fase1 – modello

Scale: 1: 2.02297E3
Zoom: 534.862
Eye: (-0.518624, -0.678028, 0.520873)
Eigenvalue analysis
Analysis: 01_fase_costruzione_buckling
Loadcase: 6'G1+Fw_SLU_buckling, 6.Mode 1 Load Factor = 40.5305
Results file: Marroggia_fase1_01-01_fase_costruzione_buckling.mys
Eigenvalue: 0.975327
Load factor: 40.5305
Amplification factor: 1.0253
Error norm: 0.142152E-6
Maximum displacement 1.00377 at Gauss point 10 of element 180
Deformation exaggeration: 2.01537

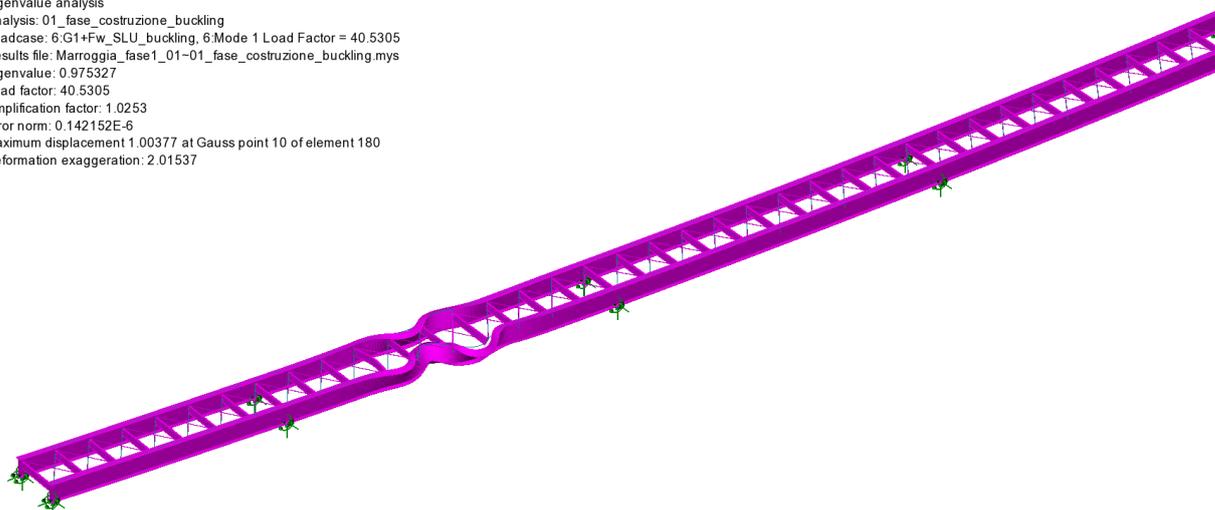


Figura 8-19 Verifica stabilità fase1 – prima deformata critica ($\lambda = 40.53$)

Come si nota dalle immagini, la prima deformata critica riporta l'instabilizzazione della zona centrale della campata adiacente a quella di riva, con un moltiplicatore critico euleriano rispetto alla condizione S.L.U. :

Moltiplicatore di buckling: $\lambda_{\min} = 40.53$

Il massimo rapporto di sfruttamento S.L.U. delle travi in fase di costruzione risulta dal diagramma seguente estratto dal PontiEC4 mediante specifica analisi (si noti che in questo caso, la classificazione adottata per tutti i piatti componenti le travi principali è quella specifica della fase1).

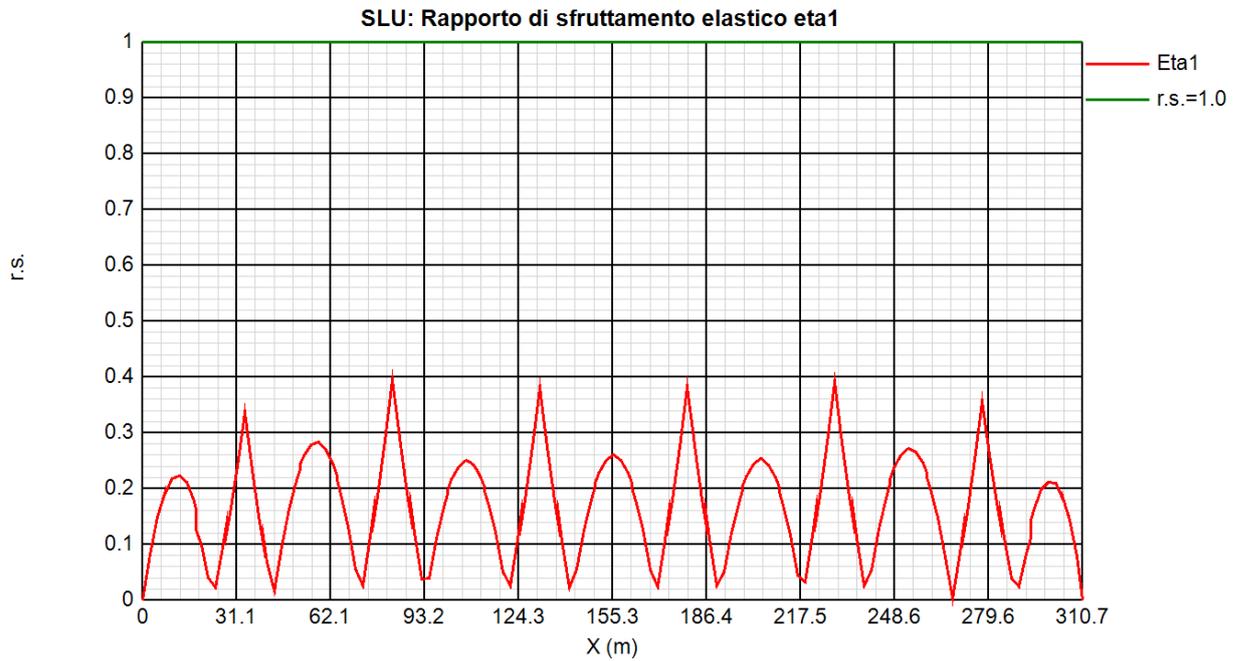


Figura 8-20 Andamento r.s. S.L.U. fase 1

massimo moltiplicatore S.L.U.: $\eta_{\max} = 0.37$

Qui di seguito l'esito della verifica di stabilità laterale torsionale, eseguita con riferimento al format proposto da EN 1993-1-1 (6.3.4).

Fase di getto -verifica torsional buckling (EN 1993-1-1 6.3.4.)

η	0.400	Coeff. di utilizzo	
$\alpha_{ult,k}/\gamma_{M0}$	2.50	$=1/\eta$	
γ_{M0}	1.05		
$\alpha_{ult,k}$	2.625		
γ_{M1}	1.10		
$\alpha_{cr,op}$	40.53	fattore di buckling dedotto dal modello FEM globale	
λ_{op}	0.254	$=(\alpha_{ult,k}/\alpha_{cr,op})^{0.5}$	
χ_{op}	0.958	$=\min[\chi;\chi_{LT}]$	
χ	0.958	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$	<i>EN1993-1-1, 6.3.1.2</i>
α	0.76	dalla Tabella 6.1 e 6.2 di EN 1993-1-1, profili saldati con $t_f > 40$	
Φ	0.553	$\Phi = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$	
χ_{LT}	0.958	$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$	<i>EN1993-1-1, 6.3.2.2</i>
α_{LT}	0.76	dalla Tabella 6.3 e 6.4 di EN 1993-1-1, profili saldati con $h_w/b_{fi} > 2$	
Φ_{LT}	0.553	$\Phi_{LT} = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$	
$\chi_{op} * \alpha_{ult,k}/\gamma_{M1}$	2.285	> 1	Verifica soddisfatta <i>EN1993-1-1, 6.3.4(2)</i>

Tabella 8-15 Verifica buckling laterale - torsionale - fase di getto

Come si nota, la verifica appare ampiamente soddisfatta.

8.8.2 Fase di esercizio

La verifica viene effettuata mediante il metodo semplificato, che prevede l'analisi di stabilità dell'allineamento di piattabanda, caricato assialmente dalle sollecitazioni S.L.U..

L'allineamento viene vincolato trasversalmente mediante molle concentrate atte a simulare la rigidità dei traversi intermedi e di campata.

Tale rigidezza viene preventivamente calcolata risolvendo i singoli “telai” rappresentati poco sotto, soggetti ad un sistema di forze unitarie poste rispettivamente secondo uno scenario di stabilizzazione “simmetrica” ed “antisimmetrica”.

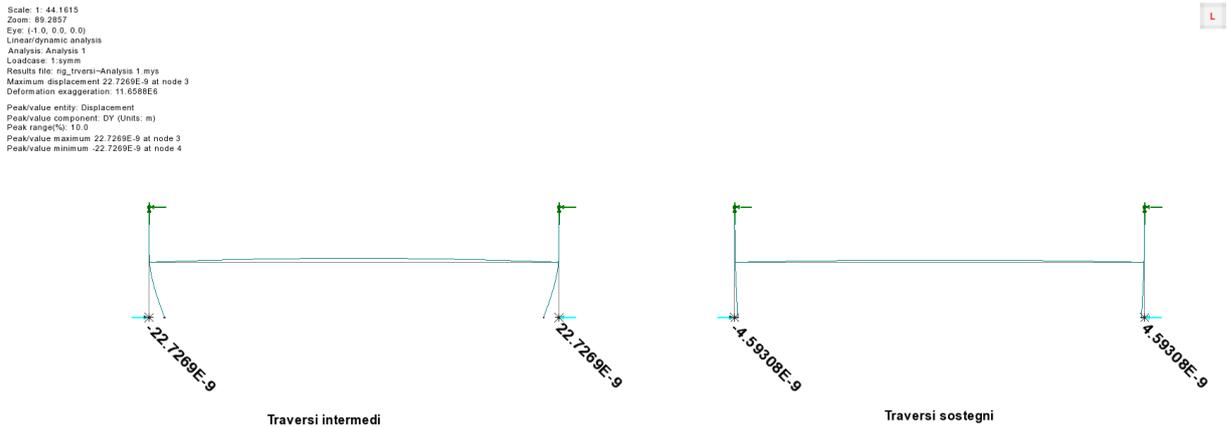


Figura 8-21 simmetrica

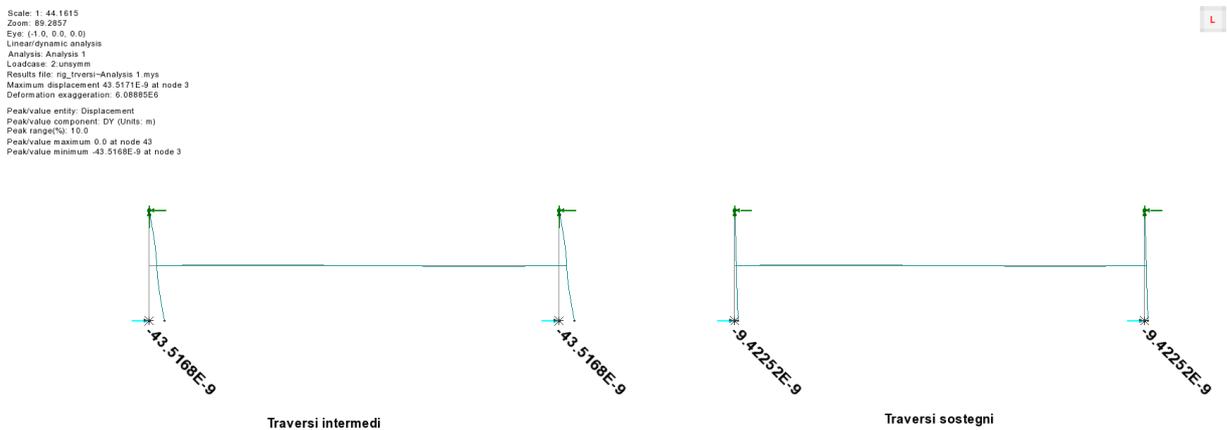


Figura 8-22 Antisimmetrica

La rigidezza del telaio posto in corrispondenza delle spalle è stata cautelativamente assunta pari a quella dei traveri di pila.

La tabella seguente riporta l'estrazione della rigidezza efficace.

rigidezza trasversi			
	δ (m)		keff (N/m)
	symm	unsymm	
intermdi	2.27E-08	4.35E-08	2.298E+07
sostegni	4.59E-09	9.42E-09	1.061E+08

Tabella 8-16 rigidezza efficace

Ai fini del calcolo di stabilità, si considera, ai fini del calcolo delle azioni nella piattabanda, la condizione di massimo momento flettente sul testa pila.

Qui di seguito si riporta la distribuzione di azioni assiali S.L.U., e la deformata di buckling della piattabanda inferiore.

Scale: 1: 875.541
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 01_SLU_lineare
Loadcase: 1.SLU_base
Results file: Marroggia_stab_f3_02-01_SLU_lineare.mys
Maximum displacement 0.0333353 at node 208
Deformation exaggeration: 157.588

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 5.48654E6 at node 619 of element 215
Diagram minimum -15.3858E6 at node 68 of element 170
Diagram scale: 1: 0.649949E-6



Figura 8-23 Distribuzione azione assiale S.L.U.

Ai fini del calcolo degli effetti sui traversi dovuti alla stabilizzazione della piattabanda inferiore, si assumerà cautelativamente un'azione concentrata di intensità pari a $1/100 \times 1.7e6$ N (verifiche S.L.U.).

Scale: 1: 875.541
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Eigenvalue analysis
Analysis: 02_SLU_buckling
Loadcase: 2.SLU, 2.Mode 1 Load Factor = 17.6468
Results file: Marroggia_stab_b3_02-02_SLU_buckling.mys
Eigenvalue: 17.6468
Load factor: 17.6468
Amplification factor: 1.06007
Error norm: 0.625052E-9
Maximum displacement 1.00033 at Gauss point 3 of element 159
Deformation exaggeration: 5.25153



Figura 8-24 Prima deformata critica ($\lambda = 17.65$)

Moltiplicatore di buckling: $\lambda = 18.73$

Qui di seguito il r.s. S.L.U. considerato come riferimento (massimo momento flettente in testa pila)

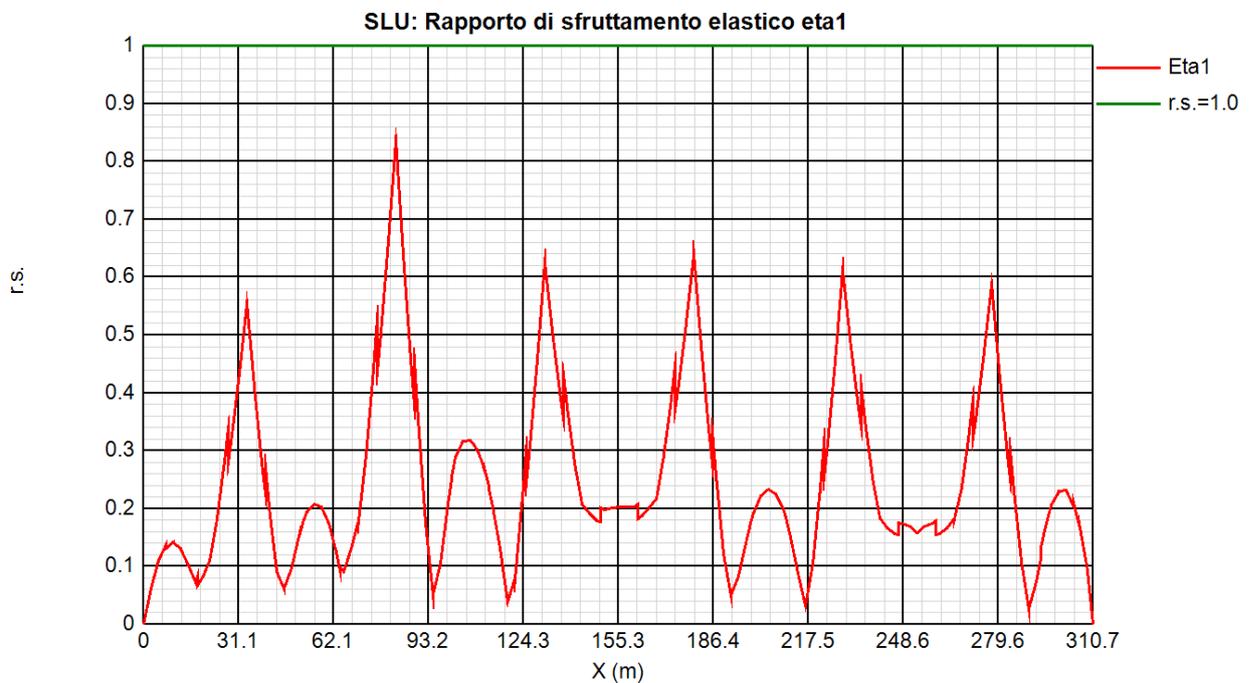


Figura 8-25 Andamento r.s. S.L.U. fase finale

massimo moltiplicatore S.L.U.: $\eta_{\max} = 0.836$

Qui di seguito l'esito della verifica di stabilità laterale torsionale

Fase di esercizio -verifica torsional buckling (EN 1993-1-1 6.3.4.)

η	0.836	Coeff. di utilizzo	
$\alpha_{ult,k}/\gamma_{M0}$	1.20	$=1/\eta$	
γ_{M0}	1.05		
$\alpha_{ult,k}$	1.256		
γ_{M1}	1.10		
$\alpha_{c,op}$	17.65	fattore di buckling dedotto dal modello FEM della piattabanda inferiore	
λ_{op}	0.267	$=(\alpha_{ult,k}/\alpha_{cr,op})^{0.5}$	
χ_{op}	0.948	$=\min[\chi;\chi_{LT}]$	
χ	0.948	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$	EN1993-1-1, 6.3.1.2
α	0.76	dalla Tabella 6.1 e 6.2 di EN 1993-1-1, profili saldati con $t_f > 40$	
Φ	0.561	$\Phi = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$	
χ_{LT}	0.948	$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$	EN1993-1-1, 6.3.2.2
α_{LT}	0.76	dalla Tabella 6.3 e 6.4 di EN 1993-1-1, profili saldati con $h_w/b_{fi} > 2$	
Φ_{LT}	0.561	$\Phi_{LT} = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$	
$\chi_{op} * \alpha_{ult,k}/\gamma_{M1}$	1.083	> 1	Verifica soddisfatta EN1993-1-1, 6.3.4(2)

Tabella 8-17 Verifica buckling laterale - torsionale - fase di esercizio

Come può notarsi, la verifica appare soddisfatta con margine soddisfacente.

8.9 VERIFICA IN FASE DI SOLLEVAMENTO (TRANSITORIO)

Si effettuano nel presente capitolo le seguenti valutazioni, inerenti alla condizione transitoria di sollevamento:

- Confronto delle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni S.L.U. e S.L.E. con le rispettive, elaborate nelle combinazioni S.L.U. e S.L.E. transitorie di sollevamento.
- Dimensionamento dei martinetti di sollevamento

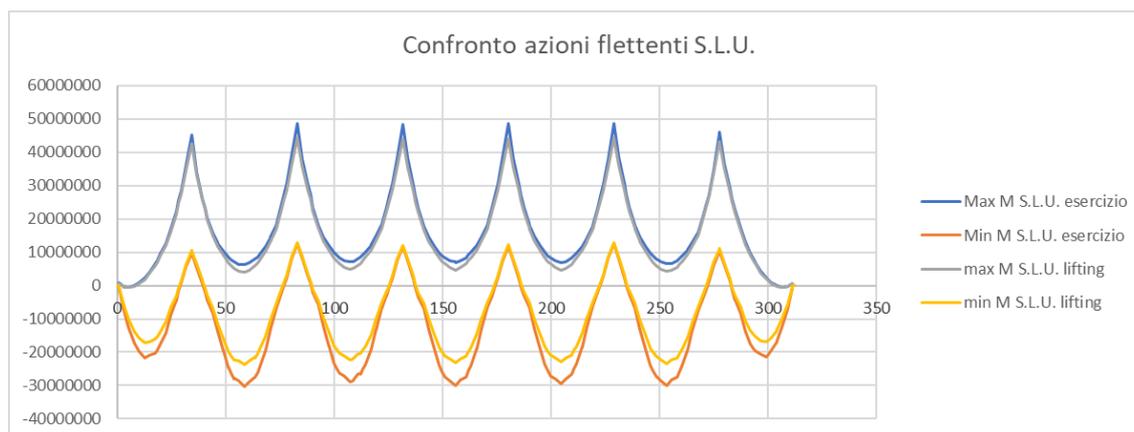
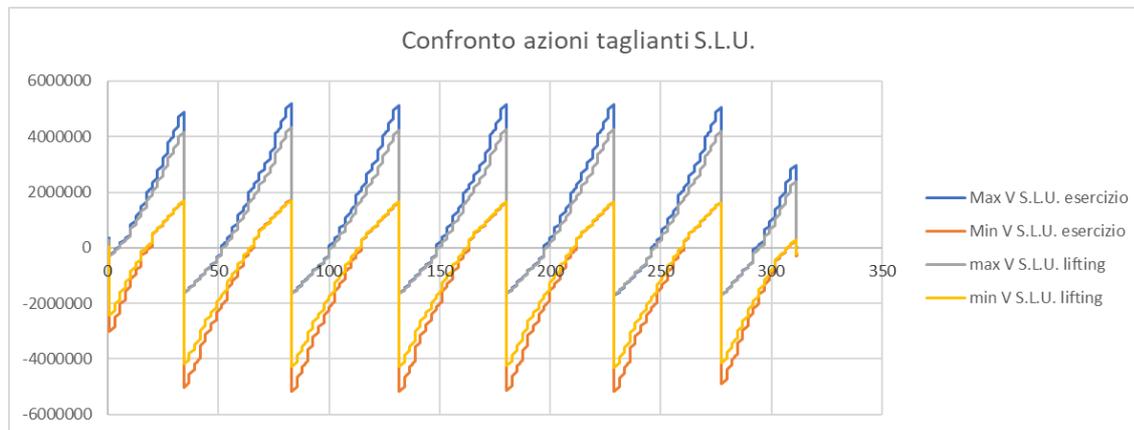
8.9.1 Sollecitazioni nelle membrature principali e verifica

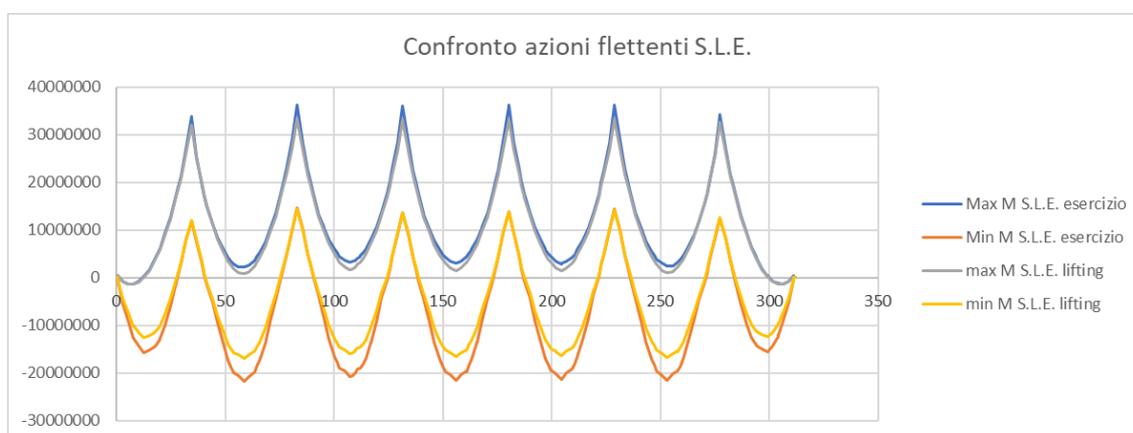
Come accennato poco, sopra, si sono studiati, separatamente per ciascun sostegno, gli effetti di una coazione imposta, indotta dal sollevamento dei due appoggi di ciascun sostegno pari a 20.0 mm.

Ai fini delle verifiche, effettuate in termini compartivi rispetto alle combinazioni inerenti gli S.L. di esercizio, viene inserito in combinazione l'involuppo delle sollecitazioni derivanti dai singoli sollevamenti studiati separatamente.

Il controllo viene effettuato sovrapponendo i diagrammi involuppo delle sollecitazioni taglianti (max/min V) e flettenti (max/min M) derivanti dalle combinazioni S.L.U. / S.L.E. nelle combinazioni di esercizio e nella combinazione transitoria di sollevamento (lifting).

Qui di seguito i vari diagrammi





Qui di seguito i valori numerici di punta.

MaxM S.L.U. – esercizio = 47648 kNm
 MinM S.L.U. – esercizio = -30361 kNm
 Max V S.L.U. esercizio = 5193 kN
 Min V S.L.U. esercizio = -5170 kN

MaxM S.L.U. – lift = 44427 kNm
 MinM S.L.U. – lift = -23805 kNm
 Max V S.L.U. lift = 4325 kN
 Min V S.L.U. lift = -4300 kN

MaxM S.L.E. – esercizio = 36267 kNm
 MinM S.L.E. – esercizio = -21812 kNm
 Max V S.L.E. esercizio = 3844 kN
 Min V S.L.E. esercizio = -3833 kN

MaxM S.L.E. – lift = 33407 kNm
MinM S.L.E. – lift = -17026 kNm
Max V S.L.E. lift = 3211 kN
Min V S.L.E. lift = -3192 kN

Come può notarsi, sia dall'esame visivo dei diagrammi sovrapposti, sia dall'esame dei valori numerici di punta, le sollecitazioni indotte nelle travi principali in fase di sollevamento impalcato permangono ampiamente contenute entro quelle delle rispettive condizioni inerenti agli S.L. di esercizio.

Si conferma pertanto la validità delle verifiche effettuate con riferimento alla combinazione di esercizio.

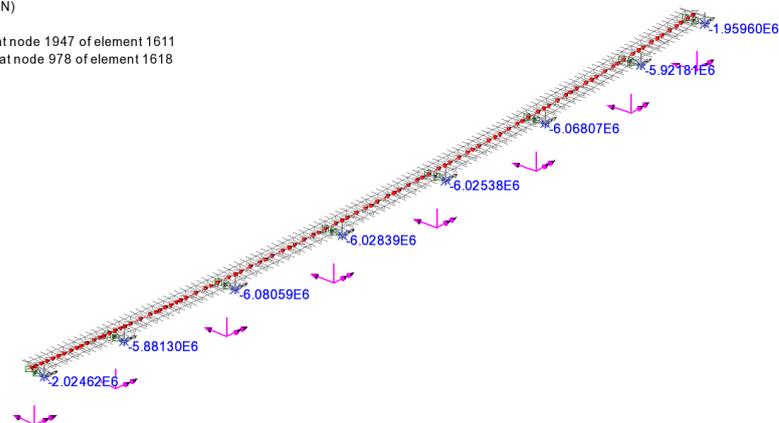
8.9.2 Portate martinetti di sollevamento

Le portate di martinetti di sollevamento vengono individuate considerando la combinazione transitoria d'esercizio.

Il diagramma seguente riporta l'involuppo delle azioni verticali rilevati in corrispondenza degli appoggi della trave sinistra sotto la combinazione di sollevamento.

Scale: 1: 330.834
Zoom: 34.9078
Eye: (-0.670983, -0.584906, 0.455704)
Combining on: Fz
SLE - lift (Min)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4, JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum -1.9596E6 at node 1947 of element 1611
Peak/value minimum -6.08059E6 at node 978 of element 1618



La portata minima prevista per ciascun punto di sollevamento viene pertanto individuata come segue:

Spalle / pile spalla (n. 2 punti di sollevamento / asse):	$\max Fz = 2 \times 2500 / 2 = 2500 \text{ kN}$
Pile (n. 4 punti di sollevamento / asse):	$\max Fz = 2 \times 6500 / 4 = 3250 \text{ kN}$

Qui di seguito si riporta il posizionamento indicativo dei dispositivi di sollevamento.

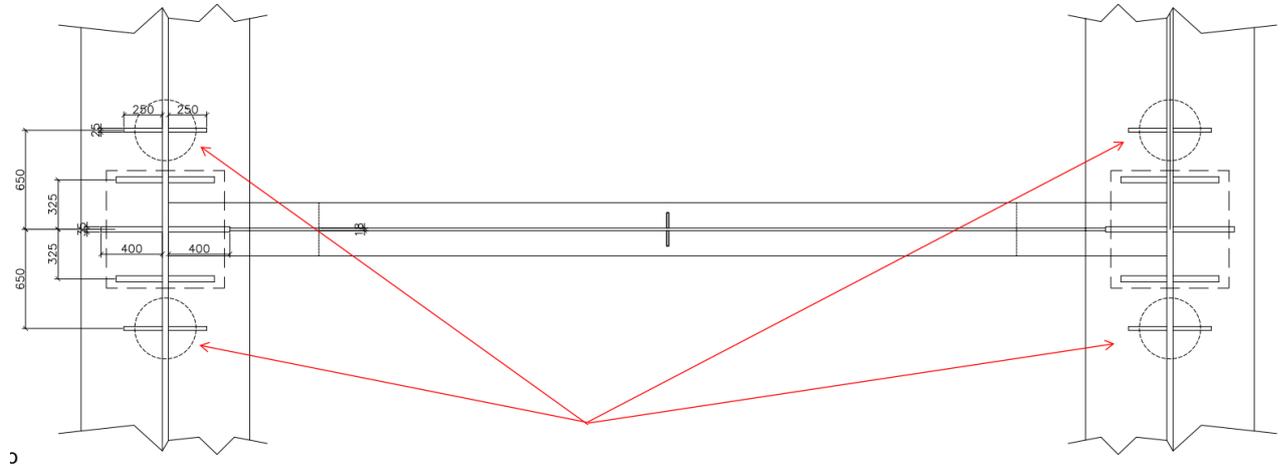


Figura 8-26 Punti di sollevamento – pile

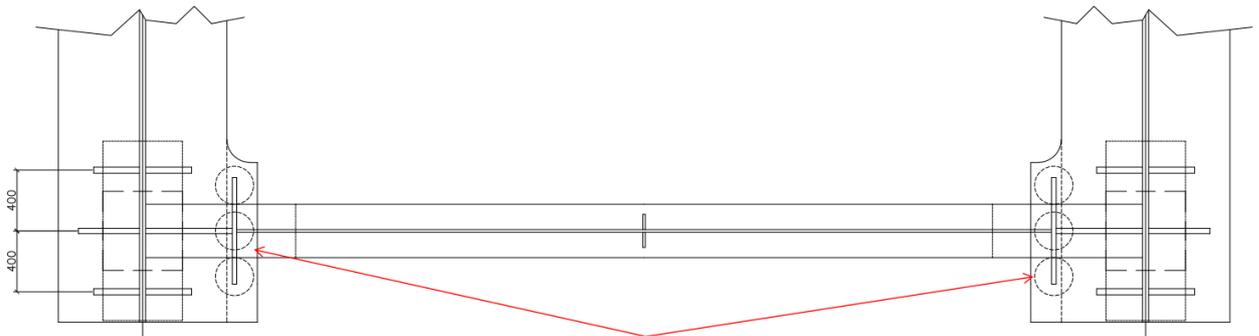


Figura 8-27 Punti di sollevamento – spalle e pile-spalla

9 VERIFICA SOLETTA - FESSURAZIONE IN DIREZIONE LONGITUDINALE

Si assume come limite dell'apertura delle fessure $w_k=0.2$ mm, in accordo a NTC2018 par. 4.1.2.2.4.5 Tabella 4.1.IV, per ambiente tipo XF4 (Molto aggressivo).

9.1 AREA MINIMA

Ai fini del controllo della fessurazione, si calcola l'area minima di armatura prevista da EN 1994-2 7.4.2. (1).

$$A_s = k_s k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$$

In cui si pone

$$k_s = 0.9$$

$$k_c = \frac{1}{1 + h_c / (2 z_0)} + 0.3 \leq 1.0$$

z_0 = distanza tra i baricentri della soletta uncracked e della sezione omogeneizzata

σ_s = massima tensione di trazione nelle armature dopo la formazione delle fessure, assunta pari ad f_{yk} .

Il calcolo di A_{smin} ed il relativo confronto con A_{sreale} viene effettuato in automatico, con riferimento alle armature effettivamente presenti entro la larghezza efficace di volta in volta prevista per le varie sezioni; il risultato è riportato nella tabella seguente.

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C1_4_1	529	1	1191672	5765	22462	SI
C1_4_11	511	1	1257504	6084	23703	SI
C1_7_1	511	1	1257624	6085	23706	SI
C1_7_11	493	1	1323360	6403	24945	SI
C1_10_1	493	1	1323480	6403	24947	SI
C1_10_11	477	1	1389048	6720	26183	SI
C1_462_1	483	1	1365480	6606	25739	SI
C1_462_11	498	1	1304376	6311	24587	SI
C1_465_1	498	1	1304232	6310	24584	SI
C1_465_11	516	1	1238400	5991	23343	SI
C1_468_1	516	1	1238280	5991	23341	SI
C1_468_11	529	1	1191936	5767	22467	SI
C2_79_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_79_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_82_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_82_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_85_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_85_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_88_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_88_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_91_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_91_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_94_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_94_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_151_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_151_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_154_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_154_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_157_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_157_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_160_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_160_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_163_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_163_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_166_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_166_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_169_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_169_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_172_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_172_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_231_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_231_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_234_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_234_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_237_1	569	1	1422000	6880	18614	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C2_237_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_240_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_240_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_243_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_243_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_246_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_246_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_303_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_303_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_306_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_306_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_309_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_309_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_312_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_312_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_315_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_315_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_318_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_318_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_375_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_375_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_378_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_378_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_381_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_381_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_384_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_384_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_387_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_387_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_390_1	569	1	1422000	6880	18614	SI
C2_390_11	569	1	1422000	6880	18614	SI
C3_61_1	588	1	1347216	6518	25394	SI
C3_61_11	584	1	1363008	6594	25692	SI
C3_64_1	584	1	1363080	6595	25693	SI
C3_64_11	576	1	1392984	6739	26257	SI
C3_67_1	576	1	1393032	6740	26258	SI
C3_67_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_70_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_70_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_73_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_73_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_76_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_76_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_97_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_97_11	568	1	1422000	6880	26804	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C3_100_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_100_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_103_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_103_11	568	1	1421568	6878	26796	SI
C3_106_1	568	1	1421544	6878	26795	SI
C3_106_11	570	1	1413816	6840	26650	SI
C3_109_1	570	1	1413792	6840	26649	SI
C3_109_11	573	1	1406040	6803	26503	SI
C3_112_1	573	1	1406016	6802	26503	SI
C3_112_11	574	1	1401960	6783	26426	SI
C3_133_1	573	1	1403040	6788	26447	SI
C3_133_11	572	1	1407120	6808	26524	SI
C3_136_1	572	1	1407120	6808	26524	SI
C3_136_11	570	1	1414872	6845	26670	SI
C3_139_1	570	1	1414872	6845	26670	SI
C3_139_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_142_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_142_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_145_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_145_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_148_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_148_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_175_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_175_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_178_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_178_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_181_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_181_11	569	1	1421160	6876	26788	SI
C3_184_1	569	1	1421160	6876	26788	SI
C3_184_11	571	1	1413408	6838	26642	SI
C3_187_1	571	1	1413408	6838	26642	SI
C3_187_11	573	1	1405656	6801	26496	SI
C3_190_1	573	1	1405656	6801	26496	SI
C3_190_11	574	1	1401576	6781	26419	SI
C3_213_1	573	1	1403424	6790	26454	SI
C3_213_11	572	1	1407480	6810	26530	SI
C3_216_1	572	1	1407504	6810	26531	SI
C3_216_11	570	1	1415256	6847	26677	SI
C3_219_1	570	1	1415280	6847	26677	SI
C3_219_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_222_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_222_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_225_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_225_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_228_1	568	1	1422000	6880	26804	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C3_228_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_249_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_249_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_252_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_252_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_255_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_255_11	569	1	1420800	6874	26781	SI
C3_258_1	569	1	1420800	6874	26781	SI
C3_258_11	571	1	1413048	6836	26635	SI
C3_261_1	571	1	1413048	6836	26635	SI
C3_261_11	573	1	1405320	6799	26490	SI
C3_264_1	573	1	1405296	6799	26489	SI
C3_264_11	574	1	1401216	6779	26412	SI
C3_285_1	573	1	1403784	6792	26461	SI
C3_285_11	572	1	1407840	6811	26537	SI
C3_288_1	572	1	1407840	6811	26537	SI
C3_288_11	570	1	1415616	6849	26684	SI
C3_291_1	570	1	1415640	6849	26684	SI
C3_291_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_294_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_294_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_297_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_297_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_300_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_300_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_321_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_321_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_324_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_324_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_327_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_327_11	569	1	1420440	6872	26775	SI
C3_330_1	569	1	1420440	6872	26775	SI
C3_330_11	571	1	1412688	6835	26629	SI
C3_333_1	571	1	1412688	6835	26629	SI
C3_333_11	573	1	1404960	6797	26483	SI
C3_336_1	573	1	1404960	6797	26483	SI
C3_336_11	574	1	1400856	6777	26406	SI
C3_357_1	573	1	1404144	6793	26467	SI
C3_357_11	572	1	1408248	6813	26545	SI
C3_360_1	572	1	1408272	6813	26545	SI
C3_360_11	570	1	1415976	6851	26691	SI
C3_363_1	570	1	1416000	6851	26691	SI
C3_363_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_366_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_366_11	568	1	1422000	6880	26804	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C3_369_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_369_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_372_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_372_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_393_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_393_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_396_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_396_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_399_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3_399_11	570	1	1414608	6844	26665	SI
C3_402_1	570	1	1414536	6844	26663	SI
C3_402_11	578	1	1384584	6699	26099	SI
C3_405_1	578	1	1384512	6698	26097	SI
C3_405_11	586	1	1354416	6553	25530	SI
C3_408_1	586	1	1354344	6552	25529	SI
C3_408_11	591	1	1338744	6477	25235	SI
C4_43_1	603	1	1378032	6667	51951	SI
C4_43_11	609	1	1356936	6565	51155	SI
C4_46_1	609	1	1356840	6565	51152	SI
C4_46_11	621	1	1314096	6358	49540	SI
C4_49_1	621	1	1314024	6357	49538	SI
C4_49_11	633	1	1272816	6158	47984	SI
C4_52_1	633	1	1272864	6158	47986	SI
C4_52_11	624	1	1302816	6303	49115	SI
C4_55_1	624	1	1302864	6303	49117	SI
C4_55_11	615	1	1332864	6449	50248	SI
C4_58_1	615	1	1332936	6449	50251	SI
C4_58_11	611	1	1347144	6518	50786	SI
C4_115_1	596	1	1401960	6783	52853	SI
C4_115_11	597	1	1398288	6765	52714	SI
C4_118_1	597	1	1398264	6765	52713	SI
C4_118_11	599	1	1390488	6727	52420	SI
C4_121_1	599	1	1390464	6727	52419	SI
C4_121_11	601	1	1383840	6695	52170	SI
C4_124_1	601	1	1383840	6695	52170	SI
C4_124_11	599	1	1391568	6733	52461	SI
C4_127_1	599	1	1391568	6733	52461	SI
C4_127_11	597	1	1399344	6770	52754	SI
C4_130_1	597	1	1399368	6770	52755	SI
C4_130_11	596	1	1403016	6788	52892	SI
C4_193_1	596	1	1401552	6781	52837	SI
C4_193_11	597	1	1397880	6763	52699	SI
C4_196_1	597	1	1397880	6763	52699	SI
C4_196_11	599	1	1390128	6726	52407	SI
C4_199_1	599	1	1390128	6726	52407	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C4_199_11	601	1	1384224	6697	52184	SI
C4_202_1	601	1	1384248	6697	52185	SI
C4_202_11	599	1	1391976	6735	52476	SI
C4_207_1	599	1	1392000	6735	52477	SI
C4_207_11	597	1	1399728	6772	52769	SI
C4_210_1	597	1	1399752	6772	52769	SI
C4_210_11	596	1	1403424	6790	52908	SI
C4_267_1	596	1	1401192	6779	52824	SI
C4_267_11	597	1	1397520	6761	52685	SI
C4_270_1	597	1	1397520	6761	52685	SI
C4_270_11	600	1	1389768	6724	52393	SI
C4_273_1	600	1	1389768	6724	52393	SI
C4_273_11	601	1	1384584	6699	52198	SI
C4_276_1	601	1	1384584	6699	52198	SI
C4_276_11	599	1	1392336	6736	52490	SI
C4_279_1	599	1	1392360	6736	52491	SI
C4_279_11	597	1	1400088	6774	52782	SI
C4_282_1	597	1	1400112	6774	52783	SI
C4_282_11	596	1	1403784	6792	52921	SI
C4_339_1	597	1	1400832	6777	52810	SI
C4_339_11	598	1	1397160	6760	52672	SI
C4_342_1	598	1	1397160	6760	52672	SI
C4_342_11	600	1	1389432	6722	52380	SI
C4_345_1	600	1	1389408	6722	52379	SI
C4_345_11	601	1	1384944	6700	52211	SI
C4_348_1	601	1	1384944	6700	52211	SI
C4_348_11	599	1	1392696	6738	52503	SI
C4_351_1	599	1	1392720	6738	52504	SI
C4_351_11	597	1	1400448	6776	52796	SI
C4_354_1	597	1	1400472	6776	52797	SI
C4_354_11	596	1	1404144	6793	52935	SI
C4_411_1	614	1	1338672	6477	50467	SI
C4_411_11	618	1	1324464	6408	49931	SI
C4_414_1	618	1	1324392	6408	49928	SI
C4_414_11	627	1	1294464	6263	48800	SI
C4_417_1	627	1	1294416	6263	48798	SI
C4_417_11	630	1	1283208	6208	48376	SI
C4_420_1	630	1	1283280	6209	48379	SI
C4_420_11	617	1	1326048	6416	49991	SI
C4_423_1	617	1	1326144	6416	49994	SI
C4_423_11	605	1	1368888	6623	51606	SI
C4_426_1	605	1	1368984	6623	51609	SI
C4_426_11	599	1	1390080	6725	52405	SI
C2riva_13_1	583	1	1389168	6721	18184	SI
C2riva_13_11	574	1	1422000	6880	18614	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C2riva_16_1	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_16_11	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_19_1	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_19_11	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_22_1	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_22_11	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_25_1	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_25_11	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_444_1	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_444_11	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_447_1	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_447_11	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_450_1	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_450_11	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_453_1	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_453_11	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_456_1	574	1	1422000	6880	18614	SI
C2riva_456_11	588	1	1370712	6632	17943	SI
C2riva_459_1	588	1	1370568	6631	17941	SI
C2riva_459_11	589	1	1365624	6607	17876	SI
C3riva_28_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_28_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_31_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_31_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_34_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_34_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_37_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_37_11	574	1	1399776	6772	26385	SI
C3riva_40_1	574	1	1399704	6772	26384	SI
C3riva_40_11	580	1	1378104	6667	25977	SI
C3riva_429_1	577	1	1390176	6726	26204	SI
C3riva_429_11	571	1	1412160	6832	26619	SI
C3riva_432_1	571	1	1412256	6833	26620	SI
C3riva_432_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_435_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_435_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_438_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_438_11	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_441_1	568	1	1422000	6880	26804	SI
C3riva_441_11	568	1	1422000	6880	26804	SI

9.2 CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI INDIRETTI

La verifica a fessurazione, per carichi indiretti, è eseguita secondo il seguente schema, ricavando la tensione nell'armatura σ_s a partire dalla formula inversa utilizzata per determinare l'area minima di armatura. Quindi in funzione del diametro equivalente e della ampiezza caratteristica ammessa delle fessure (ϕ^* , w_k), ed in funzione del passo e dell'ampiezza (p , w_k) si ricava la massima tensione ammissibile nell'armatura σ_{amm} confrontata con σ_s .

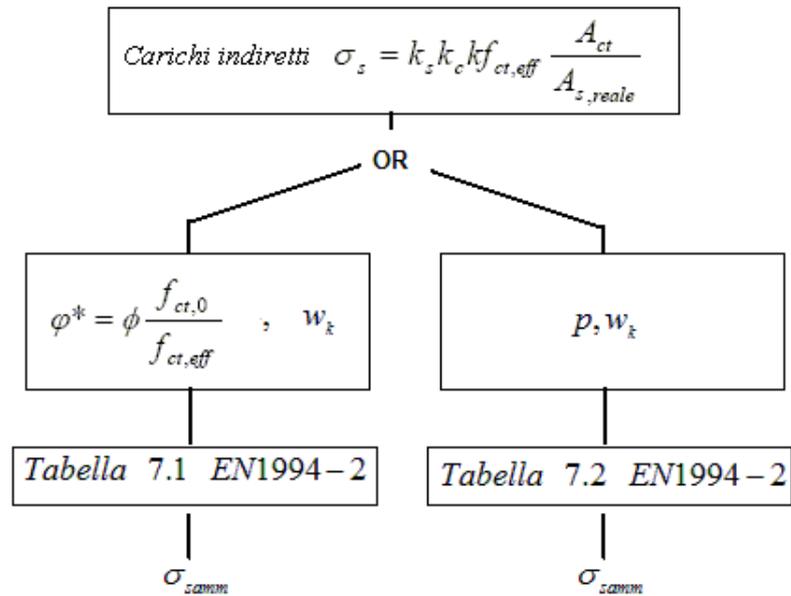


Tabella 9-1: Schema per la verifica a fessurazione per carichi indiretti

Nella tabella in seguente si riportano i relativi risultati.

Sezione	fimax/pm ax	Sigc rara (N/mm ²)	Stato (c. rara)	Sig,s (N/mm ²)	Fi* (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Verifica (carichi indiretti)
C1_4_1	24\200	1.57	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_4_11	24\200	1.65	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_7_1	24\200	1.63	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_7_11	24\200	1.84	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_10_1	24\200	1.82	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_10_11	24\200	2.04	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_462_1	24\200	2.03	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_462_11	24\200	1.83	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_465_1	24\200	1.85	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_465_11	24\200	1.64	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_468_1	24\200	1.66	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_468_11	24\200	1.56	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C2_79_1	20\200	2.06	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_79_11	20\200	2.01	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_82_1	20\200	2	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_82_11	20\200	1.95	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_85_1	20\200	1.95	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_85_11	20\200	2.02	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_88_1	20\200	2.02	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_88_11	20\200	2.18	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_91_1	20\200	2.18	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_91_11	20\200	2.32	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_94_1	20\200	2.32	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_94_11	20\200	2.4	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_151_1	20\200	2.41	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_151_11	20\200	2.35	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_154_1	20\200	2.34	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_154_11	20\200	2.25	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_157_1	20\200	2.25	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_157_11	20\200	2.2	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_160_1	20\200	2.2	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_160_11	20\200	2.24	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_163_1	20\200	2.24	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_163_11	20\200	2.28	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_166_1	20\200	2.28	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_166_11	20\200	2.34	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_169_1	20\200	2.34	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_169_11	20\200	2.39	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_172_1	20\200	2.4	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_172_11	20\200	2.53	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_231_1	20\200	2.45	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_231_11	20\200	2.39	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_234_1	20\200	2.38	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_234_11	20\200	2.29	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_237_1	20\200	2.28	Non Fess.	----	19.18	186	160	----

Sezione	fimax/pm ax	Sigc rara (N/mm ²)	Stato (c. rara)	Sig,s (N/mm ²)	Fi* (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Verifica (carichi indiretti)
C2_237_11	20\200	2.22	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_240_1	20\200	2.22	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_240_11	20\200	2.3	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_243_1	20\200	2.3	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_243_11	20\200	2.4	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_246_1	20\200	2.41	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_246_11	20\200	2.47	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_303_1	20\200	2.51	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_303_11	20\200	2.37	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_306_1	20\200	2.37	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_306_11	20\200	2.26	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_309_1	20\200	2.25	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_309_11	20\200	2.17	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_312_1	20\200	2.17	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_312_11	20\200	2.22	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_315_1	20\200	2.23	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_315_11	20\200	2.32	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_318_1	20\200	2.33	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_318_11	20\200	2.38	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_375_1	20\200	2.42	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_375_11	20\200	2.34	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_378_1	20\200	2.33	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_378_11	20\200	2.19	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_381_1	20\200	2.19	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_381_11	20\200	2.03	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_384_1	20\200	2.04	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_384_11	20\200	1.96	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_387_1	20\200	1.96	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_387_11	20\200	2.02	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_390_1	20\200	2.02	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_390_11	20\200	2.07	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C3_61_1	24\200	3.56	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_61_11	24\200	3.22	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_64_1	24\200	3.24	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_64_11	24\200	2.61	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_67_1	24\200	2.59	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_67_11	24\200	2.36	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_70_1	24\200	2.35	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_70_11	24\200	2.2	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_73_1	24\200	2.19	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_73_11	24\200	2.07	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_76_1	24\200	2.06	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_76_11	24\200	2	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_97_1	24\200	2.34	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_97_11	24\200	2.43	Non Fess.	----	23.02	169	160	----

Sezione	fimax/pm ax	Sigc rara (N/mm ²)	Stato (c. rara)	Sig,s (N/mm ²)	Fi* (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Verifica (carichi indiretti)
C3_100_1	24\200	2.43	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_100_11	24\200	2.64	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_103_1	24\200	2.65	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_103_11	24\200	2.89	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_106_1	24\200	2.9	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_106_11	24\200	3.44	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_109_1	24\200	3.44	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_109_11	24\200	3.82	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_112_1	24\200	3.81	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_112_11	24\200	4.12	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_133_1	24\200	3.99	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_133_11	24\200	3.68	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_136_1	24\200	3.69	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_136_11	24\200	3.03	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_139_1	24\200	3.02	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_139_11	24\200	2.79	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_142_1	24\200	2.78	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_142_11	24\200	2.59	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_145_1	24\200	2.58	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_145_11	24\200	2.42	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_148_1	24\200	2.41	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_148_11	24\200	2.34	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_175_1	24\200	2.46	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_175_11	24\200	2.54	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_178_1	24\200	2.55	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_178_11	24\200	2.73	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_181_1	24\200	2.74	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_181_11	24\200	2.94	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_184_1	24\200	2.96	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_184_11	24\200	3.2	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_187_1	24\200	3.21	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_187_11	24\200	3.86	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_190_1	24\200	3.85	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_190_11	24\200	4.17	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_213_1	24\200	4.05	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_213_11	24\200	3.73	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_216_1	24\200	3.75	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_216_11	24\200	3.09	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_219_1	24\200	3.08	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_219_11	24\200	2.84	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_222_1	24\200	2.83	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_222_11	24\200	2.64	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_225_1	24\200	2.63	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_225_11	24\200	2.46	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_228_1	24\200	2.45	Non Fess.	----	23.02	169	160	----

Sezione	fimax/pm ax	Sigc rara (N/mm ²)	Stato (c. rara)	Sig,s (N/mm ²)	Fi* (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Verifica (carichi indiretti)
C3_228_11	24\200	2.38	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_249_1	24\200	2.41	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_249_11	24\200	2.48	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_252_1	24\200	2.49	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_252_11	24\200	2.66	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_255_1	24\200	2.67	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_255_11	24\200	2.87	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_258_1	24\200	2.88	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_258_11	24\200	3.12	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_261_1	24\200	3.14	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_261_11	24\200	3.78	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_264_1	24\200	3.77	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_264_11	24\200	4.09	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_285_1	24\200	4.16	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_285_11	24\200	3.85	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_288_1	24\200	3.86	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_288_11	24\200	3.46	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_291_1	24\200	3.47	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_291_11	24\200	2.94	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_294_1	24\200	2.93	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_294_11	24\200	2.72	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_297_1	24\200	2.71	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_297_11	24\200	2.53	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_300_1	24\200	2.52	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_300_11	24\200	2.44	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_321_1	24\200	2.32	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_321_11	24\200	2.4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_324_1	24\200	2.4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_324_11	24\200	2.57	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_327_1	24\200	2.58	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_327_11	24\200	2.77	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_330_1	24\200	2.79	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_330_11	24\200	3.02	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_333_1	24\200	3.03	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_333_11	24\200	3.69	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_336_1	24\200	3.68	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_336_11	24\200	4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_357_1	24\200	4.13	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_357_11	24\200	3.82	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_360_1	24\200	3.83	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_360_11	24\200	3.45	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_363_1	24\200	3.45	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_363_11	24\200	2.91	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_366_1	24\200	2.89	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_366_11	24\200	2.66	Non Fess.	----	23.02	169	160	----

Sezione	fimax/pm ax	Sigc rara (N/mm ²)	Stato (c. rara)	Sig,s (N/mm ²)	Fi* (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Verifica (carichi indiretti)
C3_369_1	24\200	2.65	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_369_11	24\200	2.45	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_372_1	24\200	2.44	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_372_11	24\200	2.35	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_393_1	24\200	2.02	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_393_11	24\200	2.07	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_396_1	24\200	2.08	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_396_11	24\200	2.2	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_399_1	24\200	2.21	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_399_11	24\200	2.37	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_402_1	24\200	2.38	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_402_11	24\200	2.61	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_405_1	24\200	2.63	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_405_11	24\200	3.26	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_408_1	24\200	3.05	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_408_11	24\200	3.58	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C4_43_1	24\100	3.47	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_43_11	24\100	3.74	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_46_1	24\100	3.74	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_46_11	24\100	4.45	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_49_1	24\100	4.46	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_49_11	24\100	5.48	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_52_1	24\100	5.44	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_52_11	24\100	4.14	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_55_1	24\100	4.16	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_55_11	24\100	3.36	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_58_1	24\100	3.38	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_58_11	24\100	3.1	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_115_1	24\100	3.6	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_115_11	24\100	3.84	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_118_1	24\100	3.84	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_118_11	24\100	4.5	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_121_1	24\100	4.5	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_121_11	24\100	5.37	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_124_1	24\100	5.31	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_124_11	24\100	4.27	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_127_1	24\100	4.27	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_127_11	24\100	3.72	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_130_1	24\100	3.73	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_130_11	24\100	3.49	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_193_1	24\100	3.64	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_193_11	24\100	3.89	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_196_1	24\100	3.88	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_196_11	24\100	4.46	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_199_1	24\100	4.46	Non Fess.	----	23.02	169	240	----

Sezione	fimax/pm ax	Sigc rara (N/mm ²)	Stato (c. rara)	Sig,s (N/mm ²)	Fi* (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Verifica (carichi indiretti)
C4_199_11	24\100	5.44	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_202_1	24\100	5.39	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_202_11	24\100	4.45	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_207_1	24\100	4.45	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_207_11	24\100	3.79	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_210_1	24\100	3.8	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_210_11	24\100	3.54	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_267_1	24\100	3.58	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_267_11	24\100	3.83	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_270_1	24\100	3.82	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_270_11	24\100	4.48	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_273_1	24\100	4.48	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_273_11	24\100	5.39	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_276_1	24\100	5.46	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_276_11	24\100	4.46	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_279_1	24\100	4.47	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_279_11	24\100	3.88	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_282_1	24\100	3.89	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_282_11	24\100	3.64	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_339_1	24\100	3.49	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_339_11	24\100	3.74	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_342_1	24\100	3.73	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_342_11	24\100	4.29	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_345_1	24\100	4.28	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_345_11	24\100	5.32	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_348_1	24\100	5.38	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_348_11	24\100	4.5	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_351_1	24\100	4.5	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_351_11	24\100	3.84	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_354_1	24\100	3.85	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_354_11	24\100	3.61	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_411_1	24\100	3.12	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_411_11	24\100	3.4	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_414_1	24\100	3.38	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_414_11	24\100	4.16	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_417_1	24\100	4.14	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_417_11	24\100	5.38	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_420_1	24\100	5.42	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_420_11	24\100	4.41	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_423_1	24\100	4.41	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_423_11	24\100	3.7	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_426_1	24\100	3.7	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_426_11	24\100	3.43	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C2riva_13_1	20\200	1.88	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_13_11	20\200	2.12	Non Fess.	----	19.18	186	160	----

Sezione	fimax/pm ax	Sigc rara (N/mm ²)	Stato (c. rara)	Sig,s (N/mm ²)	Fi* (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Verifica (carichi indiretti)
C2riva_16_1	20\200	2.11	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_16_11	20\200	2.42	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_19_1	20\200	2.41	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_19_11	20\200	2.74	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_22_1	20\200	2.74	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_22_11	20\200	3.1	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_25_1	20\200	3.1	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_25_11	20\200	3.24	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_444_1	20\200	3.23	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_444_11	20\200	3.09	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_447_1	20\200	3.09	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_447_11	20\200	2.73	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_450_1	20\200	2.73	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_450_11	20\200	2.4	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_453_1	20\200	2.41	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_453_11	20\200	2.11	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_456_1	20\200	2.12	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_456_11	20\200	1.88	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_459_1	20\200	1.9	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_459_11	20\200	1.88	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C3riva_28_1	24\200	3.37	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_28_11	24\200	3.64	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_31_1	24\200	3.64	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_31_11	24\200	4.05	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_34_1	24\200	4.05	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_34_11	24\200	4.6	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_37_1	24\200	4.61	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_37_11	24\200	5.13	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_40_1	24\200	5.13	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_40_11	24\200	5.45	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_429_1	24\200	5.4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_429_11	24\200	5.08	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_432_1	24\200	5.08	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_432_11	24\200	4.59	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_435_1	24\200	4.59	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_435_11	24\200	4.03	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_438_1	24\200	4.03	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_438_11	24\200	3.63	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_441_1	24\200	3.63	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_441_11	24\200	3.36	Non Fess.	----	23.02	169	160	----

9.3 CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI DIRETTI

La verifica a fessurazione, per carichi diretti, è eseguita secondo il seguente schema, calcolando la tensione nelle armature per la combinazione frequente delle azioni:

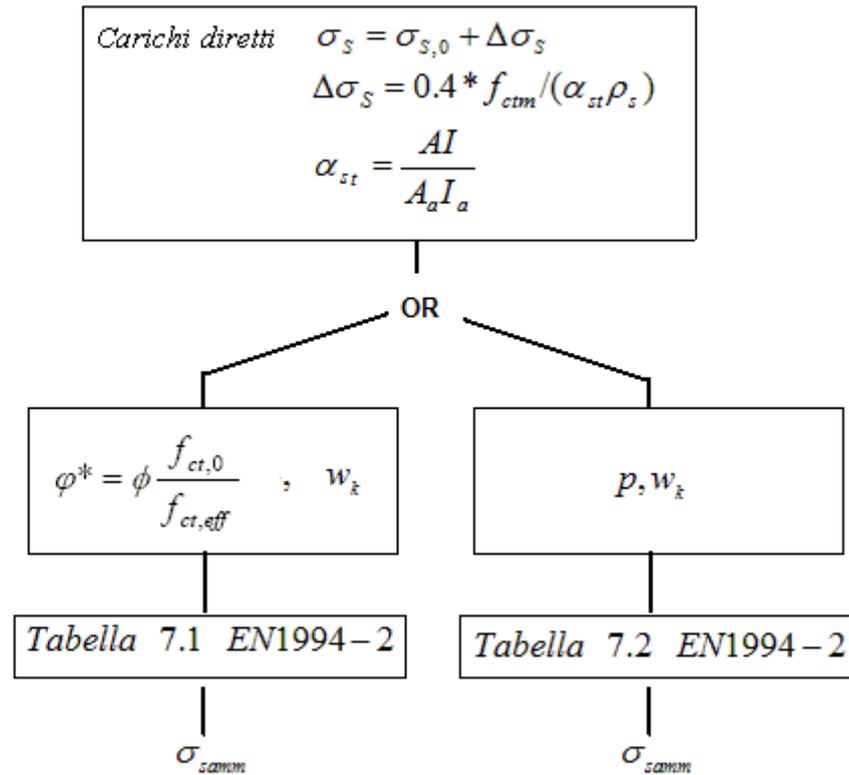


Tabella 9-2: Schema per la verifica a fessurazione per carichi diretti

Nella tabella in seguente si riportano i relativi risultati.

Sezione	fimax/pmax	Fi+ (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Sigs max freq (N/mm ²)	Tension stiff. (N/mm ²)	Sgs+DSig	Verifica (carichi diretti)
C1_4_1	24\200	23.02	169	160	2	40	42	SI (0.25)
C1_4_11	24\200	23.02	169	160	2	39	41	SI (0.24)
C1_7_1	24\200	23.02	169	160	2	39	41	SI (0.24)
C1_7_11	24\200	23.02	169	160	5	38	43	SI (0.25)
C1_10_1	24\200	23.02	169	160	5	38	43	SI (0.25)
C1_10_11	24\200	23.02	169	160	9	38	46	SI (0.27)
C1_462_1	24\200	23.02	169	160	8	38	46	SI (0.27)
C1_462_11	24\200	23.02	169	160	4	39	43	SI (0.26)
C1_465_1	24\200	23.02	169	160	5	39	43	SI (0.26)
C1_465_11	24\200	23.02	169	160	2	39	41	SI (0.24)
C1_468_1	24\200	23.02	169	160	2	39	41	SI (0.24)
C1_468_11	24\200	23.02	169	160	2	40	42	SI (0.25)
C2_79_1	20\200	19.18	186	160	49	64	113	SI (0.61)
C2_79_11	20\200	19.18	186	160	47	64	111	SI (0.6)
C2_82_1	20\200	19.18	186	160	47	64	111	SI (0.6)
C2_82_11	20\200	19.18	186	160	45	64	109	SI (0.58)
C2_85_1	20\200	19.18	186	160	45	64	109	SI (0.58)
C2_85_11	20\200	19.18	186	160	46	64	109	SI (0.59)
C2_88_1	20\200	19.18	186	160	46	64	109	SI (0.59)
C2_88_11	20\200	19.18	186	160	49	64	112	SI (0.6)
C2_91_1	20\200	19.18	186	160	49	64	112	SI (0.6)
C2_91_11	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.62)
C2_94_1	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.62)
C2_94_11	20\200	19.18	186	160	54	64	118	SI (0.63)
C2_151_1	20\200	19.18	186	160	54	64	118	SI (0.64)
C2_151_11	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.63)
C2_154_1	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.63)
C2_154_11	20\200	19.18	186	160	50	64	114	SI (0.61)
C2_157_1	20\200	19.18	186	160	50	64	114	SI (0.61)
C2_157_11	20\200	19.18	186	160	48	64	112	SI (0.6)
C2_160_1	20\200	19.18	186	160	48	64	112	SI (0.6)
C2_160_11	20\200	19.18	186	160	49	64	113	SI (0.61)
C2_163_1	20\200	19.18	186	160	49	64	113	SI (0.61)
C2_163_11	20\200	19.18	186	160	50	64	114	SI (0.61)
C2_166_1	20\200	19.18	186	160	50	64	114	SI (0.61)
C2_166_11	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.62)
C2_169_1	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.62)
C2_169_11	20\200	19.18	186	160	53	64	117	SI (0.63)
C2_172_1	20\200	19.18	186	160	53	64	117	SI (0.63)
C2_172_11	20\200	19.18	186	160	56	64	120	SI (0.65)
C2_231_1	20\200	19.18	186	160	55	64	118	SI (0.64)
C2_231_11	20\200	19.18	186	160	53	64	117	SI (0.63)
C2_234_1	20\200	19.18	186	160	53	64	117	SI (0.63)
C2_234_11	20\200	19.18	186	160	50	64	114	SI (0.61)
C2_237_1	20\200	19.18	186	160	50	64	114	SI (0.61)

Sezione	fimax/pmax	Fi+ (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Sigs max freq (N/mm ²)	Tension stiff. (N/mm ²)	Sgs+DSig	Verifica (carichi diretti)
C2_237_11	20\200	19.18	186	160	49	64	112	SI (0.6)
C2_240_1	20\200	19.18	186	160	49	64	112	SI (0.6)
C2_240_11	20\200	19.18	186	160	50	64	114	SI (0.61)
C2_243_1	20\200	19.18	186	160	50	64	114	SI (0.61)
C2_243_11	20\200	19.18	186	160	53	64	117	SI (0.63)
C2_246_1	20\200	19.18	186	160	53	64	117	SI (0.63)
C2_246_11	20\200	19.18	186	160	55	64	119	SI (0.64)
C2_303_1	20\200	19.18	186	160	55	64	119	SI (0.64)
C2_303_11	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.62)
C2_306_1	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.62)
C2_306_11	20\200	19.18	186	160	49	64	113	SI (0.61)
C2_309_1	20\200	19.18	186	160	49	64	113	SI (0.61)
C2_309_11	20\200	19.18	186	160	47	64	111	SI (0.6)
C2_312_1	20\200	19.18	186	160	47	64	111	SI (0.6)
C2_312_11	20\200	19.18	186	160	49	64	112	SI (0.61)
C2_315_1	20\200	19.18	186	160	49	64	112	SI (0.61)
C2_315_11	20\200	19.18	186	160	51	64	115	SI (0.62)
C2_318_1	20\200	19.18	186	160	51	64	115	SI (0.62)
C2_318_11	20\200	19.18	186	160	53	64	117	SI (0.63)
C2_375_1	20\200	19.18	186	160	54	64	118	SI (0.64)
C2_375_11	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.63)
C2_378_1	20\200	19.18	186	160	52	64	116	SI (0.63)
C2_378_11	20\200	19.18	186	160	49	64	113	SI (0.61)
C2_381_1	20\200	19.18	186	160	49	64	113	SI (0.61)
C2_381_11	20\200	19.18	186	160	46	64	110	SI (0.59)
C2_384_1	20\200	19.18	186	160	46	64	110	SI (0.59)
C2_384_11	20\200	19.18	186	160	45	64	109	SI (0.59)
C2_387_1	20\200	19.18	186	160	45	64	109	SI (0.59)
C2_387_11	20\200	19.18	186	160	47	64	111	SI (0.6)
C2_390_1	20\200	19.18	186	160	47	64	111	SI (0.6)
C2_390_11	20\200	19.18	186	160	49	64	113	SI (0.61)
C3_61_1	24\200	23.02	169	160	79	40	119	SI (0.71)
C3_61_11	24\200	23.02	169	160	72	40	112	SI (0.67)
C3_64_1	24\200	23.02	169	160	72	40	112	SI (0.67)
C3_64_11	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.6)
C3_67_1	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.6)
C3_67_11	24\200	23.02	169	160	55	39	94	SI (0.56)
C3_70_1	24\200	23.02	169	160	55	39	94	SI (0.56)
C3_70_11	24\200	23.02	169	160	49	39	89	SI (0.53)
C3_73_1	24\200	23.02	169	160	49	39	89	SI (0.53)
C3_73_11	24\200	23.02	169	160	45	39	84	SI (0.5)
C3_76_1	24\200	23.02	169	160	45	39	84	SI (0.5)
C3_76_11	24\200	23.02	169	160	43	39	82	SI (0.49)
C3_97_1	24\200	23.02	169	160	47	39	87	SI (0.51)
C3_97_11	24\200	23.02	169	160	49	39	89	SI (0.53)

Sezione	fimax/pmax	Fi+ (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Sigs max freq (N/mm ²)	Tension stiff. (N/mm ²)	Sgs+DSig	Verifica (carichi diretti)
C3_100_1	24\200	23.02	169	160	49	39	89	SI (0.53)
C3_100_11	24\200	23.02	169	160	55	39	95	SI (0.56)
C3_103_1	24\200	23.02	169	160	55	39	95	SI (0.56)
C3_103_11	24\200	23.02	169	160	62	39	101	SI (0.6)
C3_106_1	24\200	23.02	169	160	62	39	101	SI (0.6)
C3_106_11	24\200	23.02	169	160	70	40	109	SI (0.65)
C3_109_1	24\200	23.02	169	160	70	40	109	SI (0.65)
C3_109_11	24\200	23.02	169	160	79	40	119	SI (0.7)
C3_112_1	24\200	23.02	169	160	79	40	119	SI (0.7)
C3_112_11	24\200	23.02	169	160	85	40	125	SI (0.74)
C3_133_1	24\200	23.02	169	160	83	40	123	SI (0.73)
C3_133_11	24\200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_136_1	24\200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_136_11	24\200	23.02	169	160	68	40	107	SI (0.63)
C3_139_1	24\200	23.02	169	160	68	40	107	SI (0.63)
C3_139_11	24\200	23.02	169	160	60	39	100	SI (0.59)
C3_142_1	24\200	23.02	169	160	60	39	100	SI (0.59)
C3_142_11	24\200	23.02	169	160	55	39	94	SI (0.56)
C3_145_1	24\200	23.02	169	160	54	39	94	SI (0.56)
C3_145_11	24\200	23.02	169	160	50	39	89	SI (0.53)
C3_148_1	24\200	23.02	169	160	50	39	89	SI (0.53)
C3_148_11	24\200	23.02	169	160	47	39	87	SI (0.51)
C3_175_1	24\200	23.02	169	160	49	39	89	SI (0.53)
C3_175_11	24\200	23.02	169	160	51	39	91	SI (0.54)
C3_178_1	24\200	23.02	169	160	52	39	91	SI (0.54)
C3_178_11	24\200	23.02	169	160	57	39	96	SI (0.57)
C3_181_1	24\200	23.02	169	160	57	39	96	SI (0.57)
C3_181_11	24\200	23.02	169	160	63	39	102	SI (0.61)
C3_184_1	24\200	23.02	169	160	63	39	102	SI (0.61)
C3_184_11	24\200	23.02	169	160	70	40	110	SI (0.65)
C3_187_1	24\200	23.02	169	160	70	40	110	SI (0.65)
C3_187_11	24\200	23.02	169	160	80	40	119	SI (0.71)
C3_190_1	24\200	23.02	169	160	80	40	119	SI (0.71)
C3_190_11	24\200	23.02	169	160	86	40	126	SI (0.74)
C3_213_1	24\200	23.02	169	160	84	40	124	SI (0.73)
C3_213_11	24\200	23.02	169	160	78	40	117	SI (0.69)
C3_216_1	24\200	23.02	169	160	78	40	117	SI (0.7)
C3_216_11	24\200	23.02	169	160	68	39	108	SI (0.64)
C3_219_1	24\200	23.02	169	160	68	39	108	SI (0.64)
C3_219_11	24\200	23.02	169	160	61	39	100	SI (0.59)
C3_222_1	24\200	23.02	169	160	61	39	100	SI (0.59)
C3_222_11	24\200	23.02	169	160	55	39	94	SI (0.56)
C3_225_1	24\200	23.02	169	160	55	39	94	SI (0.56)
C3_225_11	24\200	23.02	169	160	50	39	89	SI (0.53)
C3_228_1	24\200	23.02	169	160	50	39	89	SI (0.53)

Sezione	fimax/pmax	Fi+ (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Sigs max freq (N/mm ²)	Tension stiff. (N/mm ²)	Sgs+DSig	Verifica (carichi diretti)
C3_228_11	24\200	23.02	169	160	48	39	87	SI (0.52)
C3_249_1	24\200	23.02	169	160	48	39	88	SI (0.52)
C3_249_11	24\200	23.02	169	160	51	39	90	SI (0.53)
C3_252_1	24\200	23.02	169	160	51	39	90	SI (0.53)
C3_252_11	24\200	23.02	169	160	56	39	95	SI (0.56)
C3_255_1	24\200	23.02	169	160	56	39	95	SI (0.56)
C3_255_11	24\200	23.02	169	160	62	39	101	SI (0.6)
C3_258_1	24\200	23.02	169	160	62	39	101	SI (0.6)
C3_258_11	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.64)
C3_261_1	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.64)
C3_261_11	24\200	23.02	169	160	79	40	118	SI (0.7)
C3_264_1	24\200	23.02	169	160	79	40	118	SI (0.7)
C3_264_11	24\200	23.02	169	160	85	40	125	SI (0.74)
C3_285_1	24\200	23.02	169	160	86	40	126	SI (0.74)
C3_285_11	24\200	23.02	169	160	80	40	119	SI (0.71)
C3_288_1	24\200	23.02	169	160	80	40	119	SI (0.71)
C3_288_11	24\200	23.02	169	160	70	39	110	SI (0.65)
C3_291_1	24\200	23.02	169	160	70	39	109	SI (0.65)
C3_291_11	24\200	23.02	169	160	63	39	102	SI (0.6)
C3_294_1	24\200	23.02	169	160	63	39	102	SI (0.6)
C3_294_11	24\200	23.02	169	160	56	39	96	SI (0.57)
C3_297_1	24\200	23.02	169	160	56	39	96	SI (0.57)
C3_297_11	24\200	23.02	169	160	51	39	90	SI (0.53)
C3_300_1	24\200	23.02	169	160	51	39	90	SI (0.53)
C3_300_11	24\200	23.02	169	160	48	39	88	SI (0.52)
C3_321_1	24\200	23.02	169	160	47	39	86	SI (0.51)
C3_321_11	24\200	23.02	169	160	49	39	88	SI (0.52)
C3_324_1	24\200	23.02	169	160	49	39	88	SI (0.52)
C3_324_11	24\200	23.02	169	160	54	39	93	SI (0.55)
C3_327_1	24\200	23.02	169	160	54	39	93	SI (0.55)
C3_327_11	24\200	23.02	169	160	60	39	100	SI (0.59)
C3_330_1	24\200	23.02	169	160	60	39	100	SI (0.59)
C3_330_11	24\200	23.02	169	160	67	40	107	SI (0.63)
C3_333_1	24\200	23.02	169	160	68	40	107	SI (0.63)
C3_333_11	24\200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_336_1	24\200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_336_11	24\200	23.02	169	160	83	40	123	SI (0.73)
C3_357_1	24\200	23.02	169	160	86	40	125	SI (0.74)
C3_357_11	24\200	23.02	169	160	79	40	119	SI (0.7)
C3_360_1	24\200	23.02	169	160	79	40	119	SI (0.7)
C3_360_11	24\200	23.02	169	160	70	39	109	SI (0.65)
C3_363_1	24\200	23.02	169	160	70	39	109	SI (0.65)
C3_363_11	24\200	23.02	169	160	62	39	101	SI (0.6)
C3_366_1	24\200	23.02	169	160	62	39	101	SI (0.6)
C3_366_11	24\200	23.02	169	160	55	39	95	SI (0.56)

Sezione	fimax/pmax	Fi+ (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Sigs max freq (N/mm ²)	Tension stiff. (N/mm ²)	Sgs+DSig	Verifica (carichi diretti)
C3_369_1	24\200	23.02	169	160	55	39	95	SI (0.56)
C3_369_11	24\200	23.02	169	160	50	39	89	SI (0.53)
C3_372_1	24\200	23.02	169	160	50	39	89	SI (0.53)
C3_372_11	24\200	23.02	169	160	48	39	87	SI (0.52)
C3_393_1	24\200	23.02	169	160	43	39	82	SI (0.49)
C3_393_11	24\200	23.02	169	160	45	39	84	SI (0.5)
C3_396_1	24\200	23.02	169	160	45	39	84	SI (0.5)
C3_396_11	24\200	23.02	169	160	49	39	89	SI (0.53)
C3_399_1	24\200	23.02	169	160	49	39	89	SI (0.53)
C3_399_11	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_402_1	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_402_11	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.61)
C3_405_1	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.61)
C3_405_11	24\200	23.02	169	160	73	40	113	SI (0.67)
C3_408_1	24\200	23.02	169	160	72	40	113	SI (0.67)
C3_408_11	24\200	23.02	169	160	79	40	119	SI (0.71)
C4_43_1	24\100	23.02	169	240	56	15	72	SI (0.3)
C4_43_11	24\100	23.02	169	240	61	16	77	SI (0.32)
C4_46_1	24\100	23.02	169	240	61	16	77	SI (0.32)
C4_46_11	24\100	23.02	169	240	73	16	89	SI (0.37)
C4_49_1	24\100	23.02	169	240	73	16	89	SI (0.37)
C4_49_11	24\100	23.02	169	240	88	16	104	SI (0.43)
C4_52_1	24\100	23.02	169	240	87	16	103	SI (0.43)
C4_52_11	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_55_1	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_55_11	24\100	23.02	169	240	59	16	74	SI (0.31)
C4_58_1	24\100	23.02	169	240	59	16	74	SI (0.31)
C4_58_11	24\100	23.02	169	240	54	16	70	SI (0.29)
C4_115_1	24\100	23.02	169	240	58	15	74	SI (0.31)
C4_115_11	24\100	23.02	169	240	62	15	78	SI (0.32)
C4_118_1	24\100	23.02	169	240	62	15	78	SI (0.32)
C4_118_11	24\100	23.02	169	240	72	15	88	SI (0.36)
C4_121_1	24\100	23.02	169	240	72	15	88	SI (0.36)
C4_121_11	24\100	23.02	169	240	84	15	99	SI (0.41)
C4_124_1	24\100	23.02	169	240	83	15	99	SI (0.41)
C4_124_11	24\100	23.02	169	240	70	15	85	SI (0.36)
C4_127_1	24\100	23.02	169	240	70	15	85	SI (0.36)
C4_127_11	24\100	23.02	169	240	61	15	76	SI (0.32)
C4_130_1	24\100	23.02	169	240	61	15	76	SI (0.32)
C4_130_11	24\100	23.02	169	240	57	15	72	SI (0.3)
C4_193_1	24\100	23.02	169	240	59	15	74	SI (0.31)
C4_193_11	24\100	23.02	169	240	63	15	78	SI (0.33)
C4_196_1	24\100	23.02	169	240	63	15	78	SI (0.33)
C4_196_11	24\100	23.02	169	240	72	15	87	SI (0.36)
C4_199_1	24\100	23.02	169	240	72	15	87	SI (0.36)

Sezione	fimax/pmax	Fi+ (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Sigs max freq (N/mm ²)	Tension stiff. (N/mm ²)	Sgs+DSig	Verifica (carichi diretti)
C4_199_11	24\100	23.02	169	240	85	15	100	SI (0.42)
C4_202_1	24\100	23.02	169	240	84	15	100	SI (0.42)
C4_202_11	24\100	23.02	169	240	72	15	87	SI (0.36)
C4_207_1	24\100	23.02	169	240	72	15	87	SI (0.36)
C4_207_11	24\100	23.02	169	240	62	15	77	SI (0.32)
C4_210_1	24\100	23.02	169	240	62	15	77	SI (0.32)
C4_210_11	24\100	23.02	169	240	58	15	73	SI (0.3)
C4_267_1	24\100	23.02	169	240	58	15	74	SI (0.31)
C4_267_11	24\100	23.02	169	240	62	15	78	SI (0.32)
C4_270_1	24\100	23.02	169	240	62	15	78	SI (0.32)
C4_270_11	24\100	23.02	169	240	72	15	87	SI (0.36)
C4_273_1	24\100	23.02	169	240	72	15	87	SI (0.36)
C4_273_11	24\100	23.02	169	240	84	15	100	SI (0.42)
C4_276_1	24\100	23.02	169	240	85	15	101	SI (0.42)
C4_276_11	24\100	23.02	169	240	72	15	88	SI (0.36)
C4_279_1	24\100	23.02	169	240	72	15	87	SI (0.36)
C4_279_11	24\100	23.02	169	240	63	15	78	SI (0.33)
C4_282_1	24\100	23.02	169	240	63	15	78	SI (0.33)
C4_282_11	24\100	23.02	169	240	59	15	74	SI (0.31)
C4_339_1	24\100	23.02	169	240	57	15	72	SI (0.3)
C4_339_11	24\100	23.02	169	240	61	15	76	SI (0.32)
C4_342_1	24\100	23.02	169	240	61	15	76	SI (0.32)
C4_342_11	24\100	23.02	169	240	70	15	86	SI (0.36)
C4_345_1	24\100	23.02	169	240	70	15	86	SI (0.36)
C4_345_11	24\100	23.02	169	240	84	15	99	SI (0.41)
C4_348_1	24\100	23.02	169	240	84	15	100	SI (0.42)
C4_348_11	24\100	23.02	169	240	72	15	88	SI (0.37)
C4_351_1	24\100	23.02	169	240	72	15	88	SI (0.37)
C4_351_11	24\100	23.02	169	240	62	15	78	SI (0.32)
C4_354_1	24\100	23.02	169	240	63	15	78	SI (0.32)
C4_354_11	24\100	23.02	169	240	59	15	74	SI (0.31)
C4_411_1	24\100	23.02	169	240	54	16	70	SI (0.29)
C4_411_11	24\100	23.02	169	240	59	16	75	SI (0.31)
C4_414_1	24\100	23.02	169	240	59	16	74	SI (0.31)
C4_414_11	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_417_1	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_417_11	24\100	23.02	169	240	86	16	102	SI (0.43)
C4_420_1	24\100	23.02	169	240	87	16	103	SI (0.43)
C4_420_11	24\100	23.02	169	240	72	16	88	SI (0.37)
C4_423_1	24\100	23.02	169	240	72	16	88	SI (0.37)
C4_423_11	24\100	23.02	169	240	61	15	76	SI (0.32)
C4_426_1	24\100	23.02	169	240	61	15	76	SI (0.32)
C4_426_11	24\100	23.02	169	240	56	15	71	SI (0.3)
C2riva_13_1	20\200	19.18	186	160	9	62	72	SI (0.39)
C2riva_13_11	20\200	19.18	186	160	15	62	77	SI (0.41)

Sezione	fimax/pmax	Fi* (mm)	Sig am(Fi) (N/mm ²)	Sig am (p) (N/mm ²)	Sigs max freq (N/mm ²)	Tension stiff. (N/mm ²)	Sgs+DSig	Verifica (carichi diretti)
C2riva_16_1	20\200	19.18	186	160	15	62	77	SI (0.41)
C2riva_16_11	20\200	19.18	186	160	22	62	84	SI (0.45)
C2riva_19_1	20\200	19.18	186	160	22	62	84	SI (0.45)
C2riva_19_11	20\200	19.18	186	160	30	62	92	SI (0.49)
C2riva_22_1	20\200	19.18	186	160	30	62	92	SI (0.49)
C2riva_22_11	20\200	19.18	186	160	40	62	102	SI (0.55)
C2riva_25_1	20\200	19.18	186	160	40	62	102	SI (0.55)
C2riva_25_11	20\200	19.18	186	160	44	62	105	SI (0.57)
C2riva_444_1	20\200	19.18	186	160	43	62	105	SI (0.56)
C2riva_444_11	20\200	19.18	186	160	39	62	101	SI (0.54)
C2riva_447_1	20\200	19.18	186	160	39	62	101	SI (0.54)
C2riva_447_11	20\200	19.18	186	160	30	62	92	SI (0.49)
C2riva_450_1	20\200	19.18	186	160	30	62	92	SI (0.49)
C2riva_450_11	20\200	19.18	186	160	22	62	83	SI (0.45)
C2riva_453_1	20\200	19.18	186	160	22	62	83	SI (0.45)
C2riva_453_11	20\200	19.18	186	160	15	62	76	SI (0.41)
C2riva_456_1	20\200	19.18	186	160	15	62	76	SI (0.41)
C2riva_456_11	20\200	19.18	186	160	9	62	72	SI (0.39)
C2riva_459_1	20\200	19.18	186	160	9	62	72	SI (0.39)
C2riva_459_11	20\200	19.18	186	160	9	63	71	SI (0.38)
C3riva_28_1	24\200	23.02	169	160	36	39	75	SI (0.44)
C3riva_28_11	24\200	23.02	169	160	42	39	81	SI (0.48)
C3riva_31_1	24\200	23.02	169	160	42	39	81	SI (0.48)
C3riva_31_11	24\200	23.02	169	160	52	39	91	SI (0.54)
C3riva_34_1	24\200	23.02	169	160	52	39	91	SI (0.54)
C3riva_34_11	24\200	23.02	169	160	63	39	102	SI (0.61)
C3riva_37_1	24\200	23.02	169	160	63	39	102	SI (0.61)
C3riva_37_11	24\200	23.02	169	160	75	40	115	SI (0.68)
C3riva_40_1	24\200	23.02	169	160	75	40	115	SI (0.68)
C3riva_40_11	24\200	23.02	169	160	82	40	122	SI (0.72)
C3riva_429_1	24\200	23.02	169	160	81	40	121	SI (0.72)
C3riva_429_11	24\200	23.02	169	160	74	40	114	SI (0.67)
C3riva_432_1	24\200	23.02	169	160	74	40	114	SI (0.67)
C3riva_432_11	24\200	23.02	169	160	62	39	102	SI (0.6)
C3riva_435_1	24\200	23.02	169	160	62	39	102	SI (0.6)
C3riva_435_11	24\200	23.02	169	160	51	39	91	SI (0.54)
C3riva_438_1	24\200	23.02	169	160	51	39	91	SI (0.54)
C3riva_438_11	24\200	23.02	169	160	42	39	81	SI (0.48)
C3riva_441_1	24\200	23.02	169	160	42	39	81	SI (0.48)
C3riva_441_11	24\200	23.02	169	160	35	39	75	SI (0.44)

10 VERIFICA SOLETTA IN CALCESTRUZZO

La soletta in calcestruzzo ha la primaria funzione di elemento di ripartizione delle azioni trasmesse dagli elementi giacenti sul piano stradale sugli elementi principali dell'ossatura metallica. Essa collabora inoltre alla statica longitudinale dell'impalcato, costituendo, tramite l'azione degli elementi di connessione, parte integrante della sezione resistente; questo comportamento è stato analizzato ai capitoli precedenti.

Nel presente capitolo si studia il comportamento della soletta nella sua funzione di elemento ripartitore, con particolare riferimento alla statica trasversale, ed al dimensionamento delle relative armature.

La soletta in calcestruzzo viene posta in opera con l'ausilio di "predalles" prefabbricate, formate da elementi al lastra in calcestruzzo, armati mediante tralicci elettrosaldati, destinati a sostenere il getto del calcestruzzo.

L'impalcato è caratterizzato da 2 travi longitudinali principali poste ad interasse costante di 7.00 m, con interposta trave di spina esattamente a metà dell'interasse delle travi, e da una larghezza totale di 11.85 m. Sui due sbalzi sono presenti cordoli aventi stessa larghezza e pari a 0.75 m.

Ai fini delle verifiche, si effettua il dimensionamento delle predalles, calibrando opportune fasi di getto allo scopo di limitare il quadro tensionale negli elementi resistenti della predalla, e di contenere le deformazioni permanenti indotte dal getto del calcestruzzo fresco.

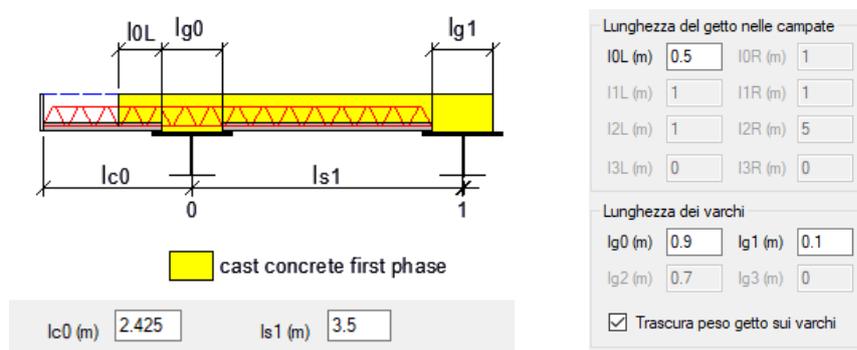
La verifica in esercizio della soletta verrà effettuata considerando lo spessore complessivo del getto + predalla, per un totale di 30 cm, trascurando cautelativamente la presenza delle armature longitudinali della predalla, ed ipotizzando l'azione del peso proprio direttamente sull'elemento finale.

Nei capitoli a seguire, si studia la statica trasversale della soletta.

10.1 VERIFICA DELLE PREDALLE

Il getto della soletta avverrà in due fasi secondo lo schema seguente (lo schema si riferisce a metà impalcato per simmetria):

- fase 1: viene gettata l'intera campata della soletta (l_{s1}), la porzione in asse alle travi (l_{g0} e l_{g1}) ed una porzione di 0.50 m di sbalzo (l_{0L}).



- fase 2: viene gettata la parte residua degli sbalzi della soletta.

Oltre al peso del getto, per uno spessore di 240 mm, ed al peso della predalle, si tiene conto dei seguenti ulteriori carichi:

Carichi permanenti e di servizio

Incremento spessore calcestruzzo (mm)	<input type="text" value="0"/>
Carico estremità sbalzo (Fase 1) (kN/m)	<input type="text" value="2"/>
Carico estremità sbalzo (Fase 2) (kN/m)	<input type="text" value="0"/>
Carico di servizio durante il getto (kN/mq)	<input type="text" value="1.5"/>

Si prescrive che la veletta “Carico estremità sbalzo” dovrà essere applicata nella fase di getto 2 al fine di limitare le sollecitazioni e le deformazioni delle predelle, nel calcolo la si è comunque considerata nella prima fase di getto risultando ancora verificata.

La sezione trasversale delle predelle prefabbricate è riportata di seguito.

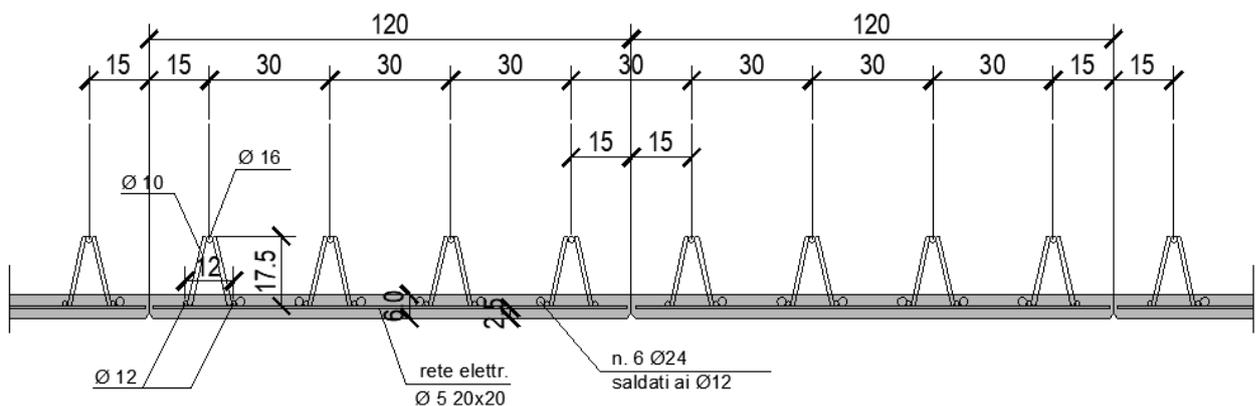


Figura 10-1: Sezione trasversale predelle

Il comportamento della predelle in fase 1 è stato schematizzato come trave semplicemente appoggiata, mentre in fase 2 si è ipotizzato un vincolo di incastro agli appoggi.

Nelle figure seguenti si riportano le sollecitazioni mediante diagrammi ed i coefficienti di utilizzo (u.r.) per le sezioni analizzate.

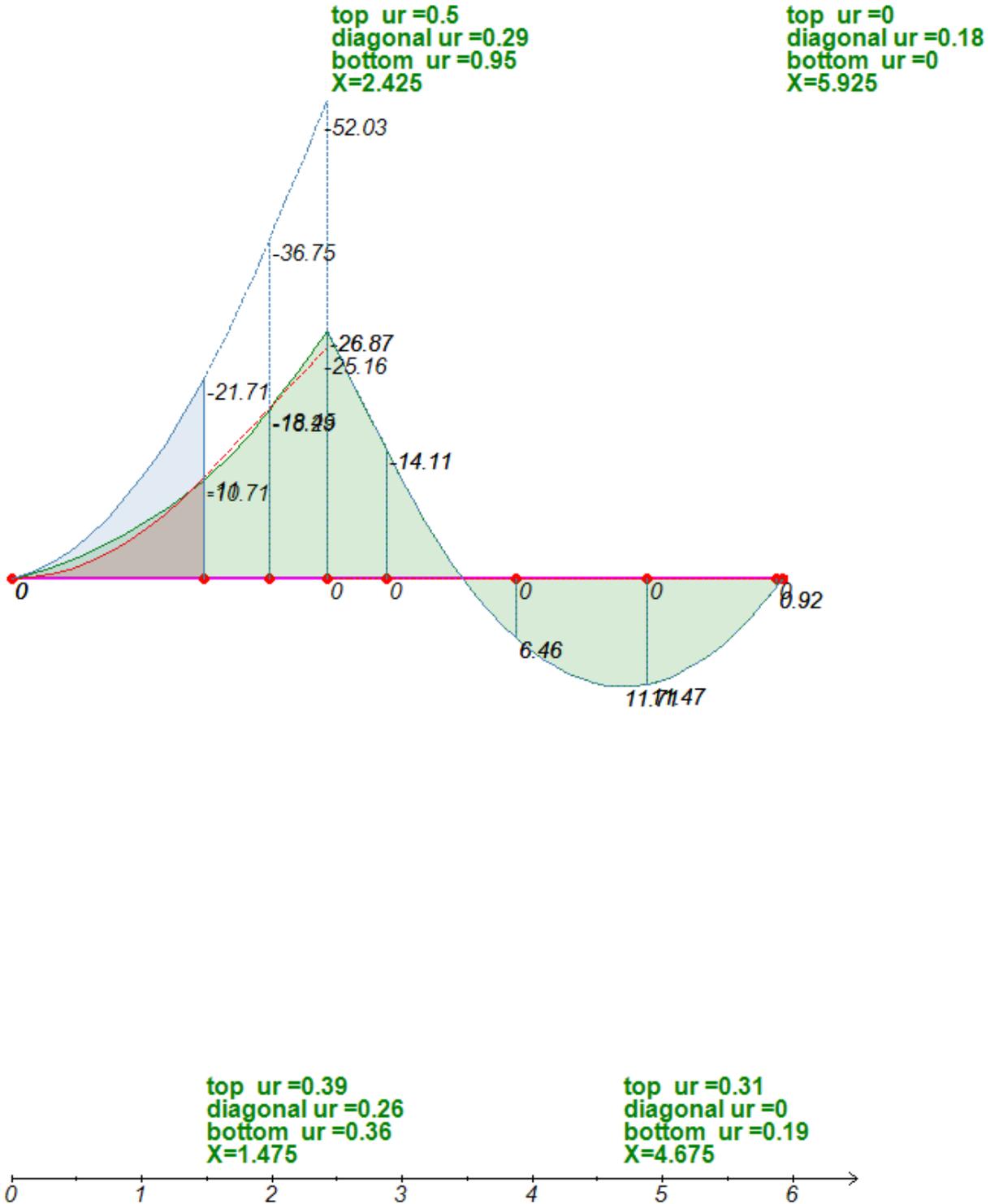


Figura 10-2: Diagrammi dei momenti flettenti nelle varie fasi e coefficienti di utilizzo

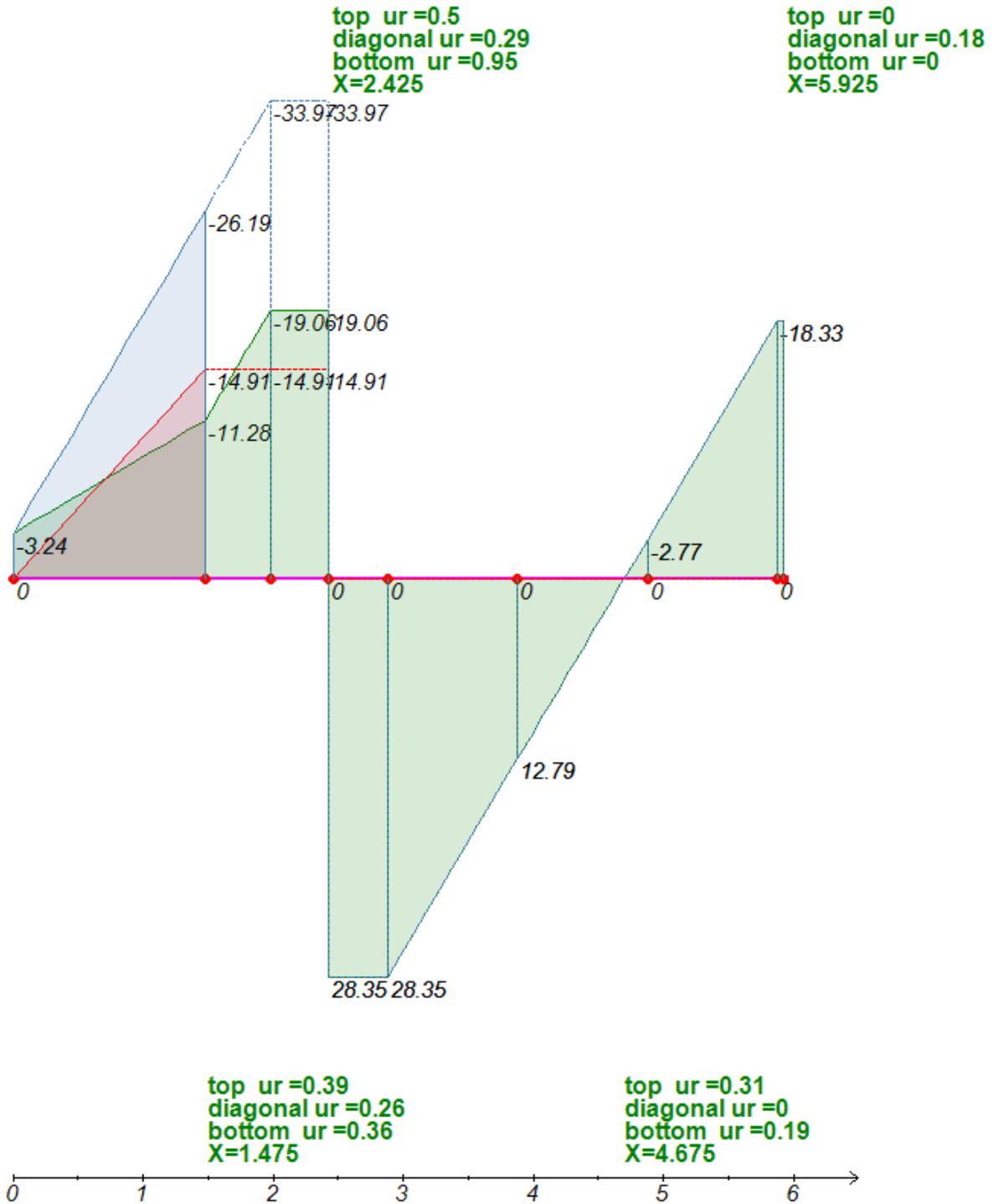
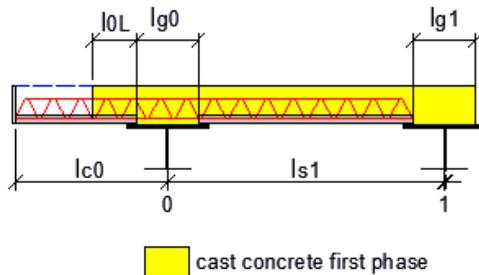


Figura 10-3: Diagrammi del taglio nelle varie fasi e coefficienti di utilizzo

Seguono i tabulati con i dettagli del calcolo.

GEOMETRIA



Numero di sbalzi: 1
 Numero di campate: 1
 Luce della campata 1: $l_{s1}=3.5$ m
 Lunghezza dello sbalzo di sinistra: $l_{c0}=2.425$ m
 Varco tra le predalle su appoggio 0: $l_{g0}=0.9$ m
 Varco tra le predalle su appoggio 1: $l_{g1}=0.1$ m
 Tipologia di getto in 1^a fase: Getto del calcestruzzo in campata e su parte degli sbalzi
 Lunghezza del getto a SX dell'appoggio 0: $l_{0L}=0.5$ m

PREDALLE

Spessore della predalle: $h_{cf}=60$ mm
 Larghezza della predalle: $w_{pred}=1200$ mm
 Numero di tralicci: $N_t=4$
 Altezza fuori tutto del traliccio: $h_{tot}=175$ mm
 Diametro delle barre del corrente superiore: $d_{top}=16$ mm
 Diametro delle barre del corrente inferiore: $d_{bot}=12$ mm
 Diametro delle barre diagonali: $d_{diag}=10$ mm
 Passo degli elementi diagonali: $s_{diag}=200$ mm
 Interasse fra le barre del corrente inferiore: $s_{dbot}=120$ mm
 Lunghezza delle saldature sul corrente superiore: $l_{wt}=10$ mm
 Lunghezza delle saldature sul corrente inferiore: $l_{wb}=10$ mm
 Copriferro: $c=0$ mm
 Numero di barre aggiuntive agli appoggi (intera predalle): $N_{ab}=6$
 Diametro delle barre aggiuntive: $d_{ab}=24$ mm
 Momento di inerzia flessionale delle predalle (non fessurata): $J_{ypred}=1.1539E+8$ mm⁴ ($y_G=36.68$ mm)
 Momento di inerzia flessionale delle predalle (fessurata): $J_{ypred}=6.8891E+7$ mm⁴ ($y_G=81.76$ mm)
 Momento di inerzia flessionale della soletta: $J_{yslab}=2.7E+9$ mm⁴

MATERIALI

ACCIAIO

Tensione di snervamento caratteristica: $f_{yk}=450$ N/mm²
 Coefficiente di sicurezza per la resistenza: $\gamma_{M0}=1.05$
 Coefficiente di sicurezza per la stabilità: $\gamma_{M1}=1.1$

CALCESTRUZZO

Modulo elastico = 33643 N/mm²
 Coefficiente di omogeneizzazione acc/cls = 6.24
 Resistenza media a trazione $f_{ctm} = 3$ N/mm²

CARICHI CARATTERISTICI

Peso predalle: 2.038 kN/m
 Spessore del getto: $h_{cc}=240$ mm
 Sovrasspessore del getto: $D_{hcc}=0$ mm
 Peso totale del getto: 7.488 kN/m

Carico di estremità sbalzo in fase 1: 2 kN/m
Carico di estremità sbalzo in fase 2: 0 kN/m
Sovraccarico accidentale in esecuzione: 1.5 kN/m² =>1.8 kN/m
Deduzione del peso del getto dai varchi: SI

COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE

Coeff. per carichi permanenti: 1.35 (SLU)
Coeff. per carichi di servizio: 1.5 (SLU)
Coeff. per carichi permanenti: 1 (SLS)
Coeff. per carichi di servizio: 1 (SLS)

VERIFICA SLU PER SEZIONE APPOGGIO 0

Coefficiente di utilizzo del corrente superiore: 0.503
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.286
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.947

SOLLECITAZIONI

Momento flettente MEd = -26.871 kNm (Intera predalle)
Taglio VEd = 28.35 kN (Intera predalle)
Ascissa X = 2.425 m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente NEd = 43.341 kN
Sforzo normale resistente a trazione NtRd=NpIRd= 86.169 kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di compressione agente NEd = -4.256 kN
Sforzo normale resistente a compressione NbRd = 14.895 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente chi = 0.464
Coefficiente fi = 1.38 rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione l0 = 193.352 mm
Snellezza adimensionale lambdasgn = 1.14
Fattore di imperfezione (curva c) alfa = 0.49 rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico Ncr = 27.214 kN

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Strato di armature efficaci: Barre aggiuntive
Sforzo di compressione agente NEd = -28.894 kN
Sforzo normale resistente a compressione NbRd = 30.516 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente chi = 0.165
Coefficiente fi = 3.435 rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione l0 = 900 mm
Snellezza adimensionale lambdasgn = 2.21
Fattore di imperfezione (curva c) alfa = 0.49 rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico Ncr = 41.672 kN

VERIFICA SLU PER SEZIONE APPOGGIO 1

Coefficiente di utilizzo del corrente superiore: 0
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.185
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0

SOLLECITAZIONI

Momento flettente MEd = 0 kNm (Intera predalle)
Taglio VEd = 18.33 kN (Intera predalle)
Ascissa X = 5.925 m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente NEd = 0 kN
Sforzo normale resistente a trazione NtRd=NpIRd= 86.169 kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di compressione agente NEd = -2.752 kN
Sforzo normale resistente a compressione NbRd = 14.895 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente chi = 0.464
Coefficiente fi = 1.38 rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)

Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 193.352$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{dasgn} = 1.14$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico $N_{cr} = 27.214$ kN

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di armature efficaci: Barre aggiuntive
Sforzo di compressione agente $N_{Ed} = 0$ kN
Sforzo normale resistente a compressione $N_{bRd} = 180.778$ kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente $\chi = 0.977$
Coefficiente $\eta = 0.541$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 100$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{dasgn} = 0.246$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico $N_{cr} = 3375.467$ kN

VERIFICA SLU PER SEZIONE CAMPATA (MEd max)

Coefficiente di utilizzo del corrente superiore: 0.305
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.188

SOLLECITAZIONI

Momento flettente $M_{Ed} = 11.709$ kNm (Intera predalle)
Taglio $V_{Ed} = 0$ kN (Intera predalle)
Ascissa $X = 4.675$ m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di compressione agente $N_{Ed} = -18.182$ kN
Sforzo normale resistente a compressione $N_{bRd} = 59.612$ kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente $\chi = 0.725$
Coefficiente $\eta = 0.867$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 190$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{dasgn} = 0.7$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico $N_{cr} = 184.698$ kN

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di trazione agente $N_{Ed} = 0$ kN
Sforzo normale resistente a trazione $N_{tRd} = N_{pIRd} = 33.66$ kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di trazione agente $N_{Ed} = 9.091$ kN
Sforzo normale resistente a trazione $N_{tRd} = N_{pIRd} = 48.47$ kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

VERIFICA SLU PER SEZIONE CAMPATA (MEd min)

Coefficiente di utilizzo del corrente superiore: 0.391
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.264
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.364

SOLLECITAZIONI

Momento flettente $M_{Ed} = -21.705$ kNm (Intera predalle)
Taglio $V_{Ed} = 26.191$ kN (Intera predalle)
Ascissa $X = 1.475$ m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente $N_{Ed} = 33.704$ kN
Sforzo normale resistente a trazione $N_{tRd} = N_{pIRd} = 86.169$ kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di compressione agente $N_{Ed} = -3.932$ kN
Sforzo normale resistente a compressione $N_{bRd} = 14.895$ kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente $\chi = 0.464$
Coefficiente $\eta = 1.38$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 193.352$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{dasgn} = 1.14$

Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico $N_{cr} = 27.214$ kN

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di compressione agente $N_{Ed} = -16.852$ kN

Sforzo normale resistente a compressione $N_{bRd} = 46.267$ kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)

Coefficiente $\chi = 1$

Coefficiente $\eta = 0.451$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)

Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 0$ mm

Snellezza adimensionale $\lambda_{rel} = 0$

Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1

Carico critico elastico $N_{cr} = +\infty$ kN

SPOSTAMENTI (SLS)

Momento di fessurazione: $M_f = 29.592$ kNm

FASE 1

Spostamento minimo = -0.1 mm, $X = 2.65$ m

Spostamento massimo = 9.9 mm, $X = 0$ m

FASE 1 + FASE 2 (Rotazione agli appoggi bloccata)

Spostamento minimo = -0.1 mm, $X = 2.65$ m

Spostamento massimo = 11.3 mm, $X = 0$ m

10.2 VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO

Per il calcolo statico della soletta è stato sviluppato un modello locale con elementi shell, considerando una porzione di soletta di lunghezza pari all'ultima campata con vincoli fissi in corrispondenza degli appoggi forniti dalle travi principali.

Vengono studiate due sezioni trasversali dell'impalcato:

- Sezione di "bordo"
- Sezione "corrente"

In queste sezioni vengono analizzati i punti:

- in asse alla trave longitudinale principale dove si prevede un picco di momento flettente positivo
- in asse alla trave longitudinale di spina dove si prevede un picco di momento flettente positivo
- in campata fra le due travi longitudinali principale e di spina dove si prevede il "minimo" momento flettente negativo

Di seguito si riporta una figura della geometria del modello.

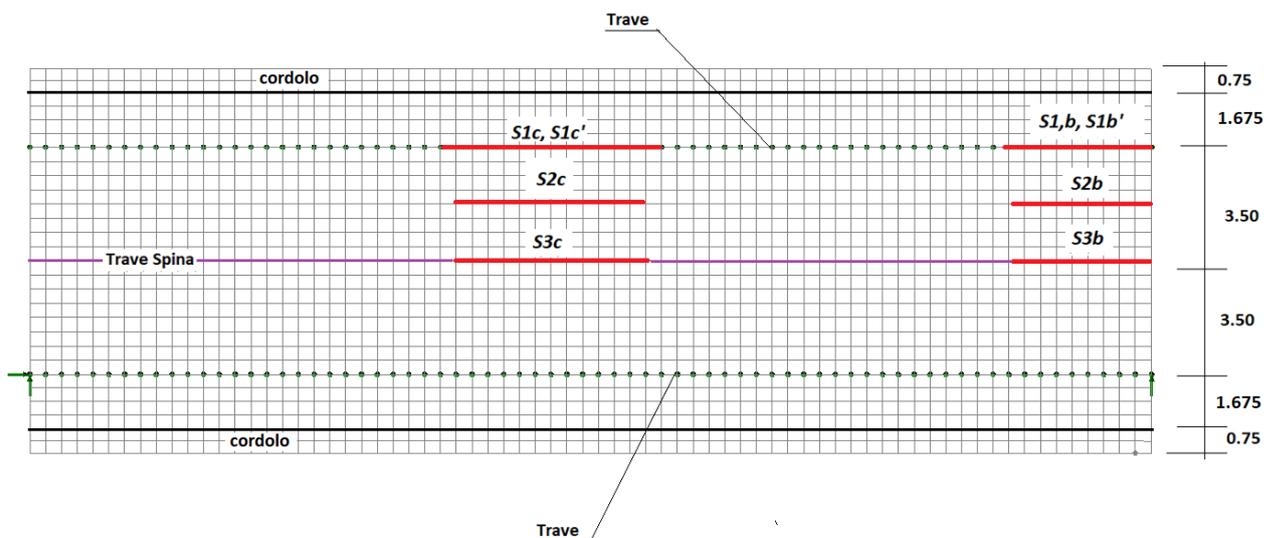


Figura 10-4: Geometria del modello con i vincoli ed evidenziati i punti oggetto di analisi

10.2.1 Analisi dei carichi

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni locali, si è tenuto conto dei seguenti contributi di carico.

Pesi propri

Si è tenuto conto del peso proprio della soletta in calcestruzzo, di spesso pari a 30 cm.

Ai fini delle verifiche locali, si considera il peso proprio della soletta agire direttamente sull'elemento, inteso monolitico, di spessore complessivo di 30 cm, trascurando a favore di sicurezza la fasizzazione.

Sovraccarichi permanenti

Si sono considerati i medesimi contributi di carico assunti per la verifica globale dell'impalcato, rimandando, per ulteriori dettagli al capitolo specifico.

Azioni variabili da traffico

Si sono considerati i modelli di carico previsti dalla vigente normativa, ovvero i carichi dello schema LM1 ed LM2 posizionati in modo da determinare i momenti flettenti minimi in campata tra le travi, ed il momento flettente massimo in asse trave longitudinale principale ed in asse trave longitudinale di spina, sia nella zona di bordo che nella zona corrente della soletta. Per LM1 il software, in base alle superfici di influenza, determina automaticamente le posizioni dei carichi più sfavorevoli; per LM2 vengono considerate le seguenti posizioni possibili in zona corrente e di bordo:

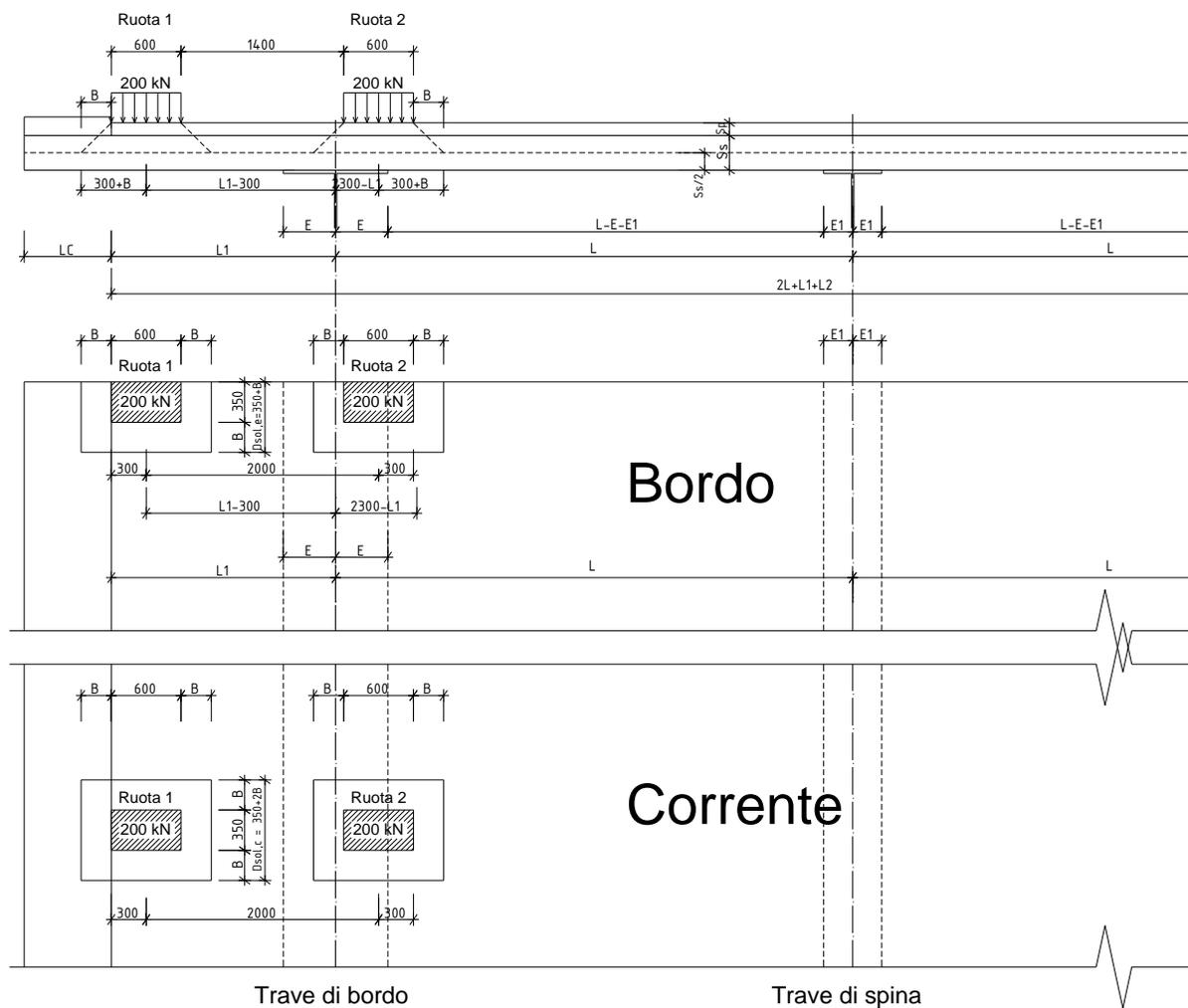


Figura 10-5: Pos. 1 Carico da traffico LM2 a filo cordolo

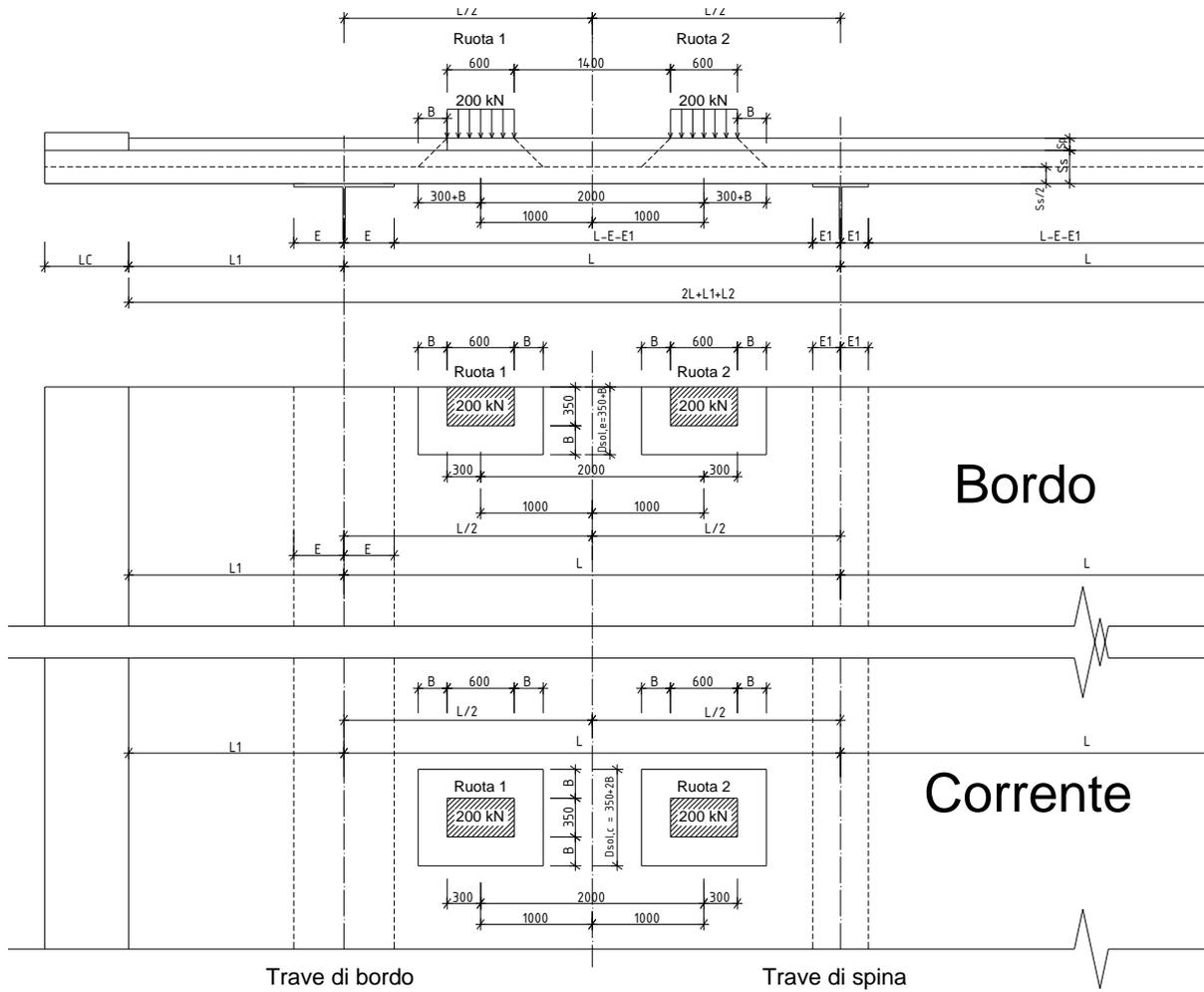


Figura 10-6: Pos. 2 Carico da traffico LM2 in asse campata

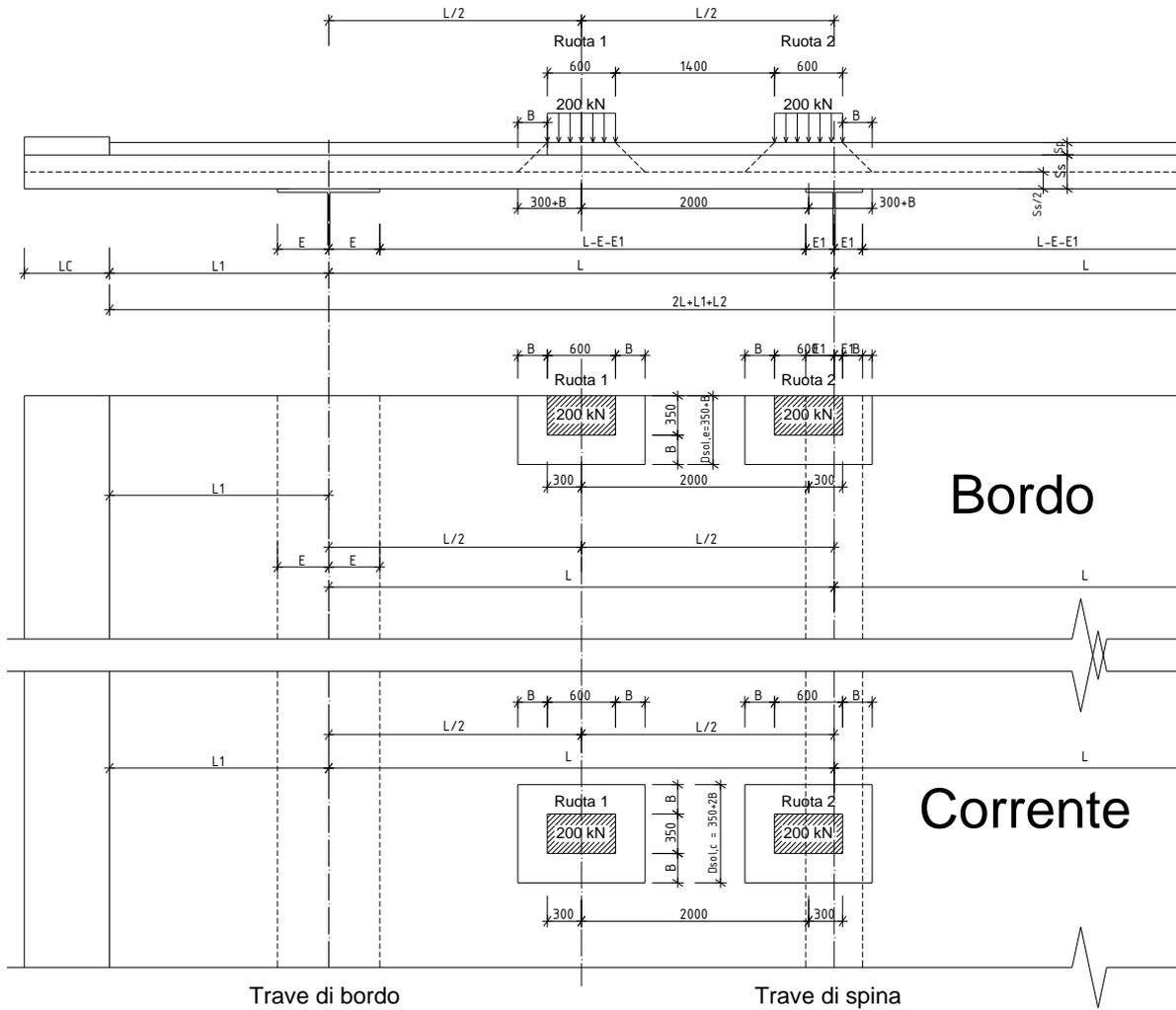


Figura 10-7: Pos. 3 Singola ruota carico da traffico LM2 in asse campata

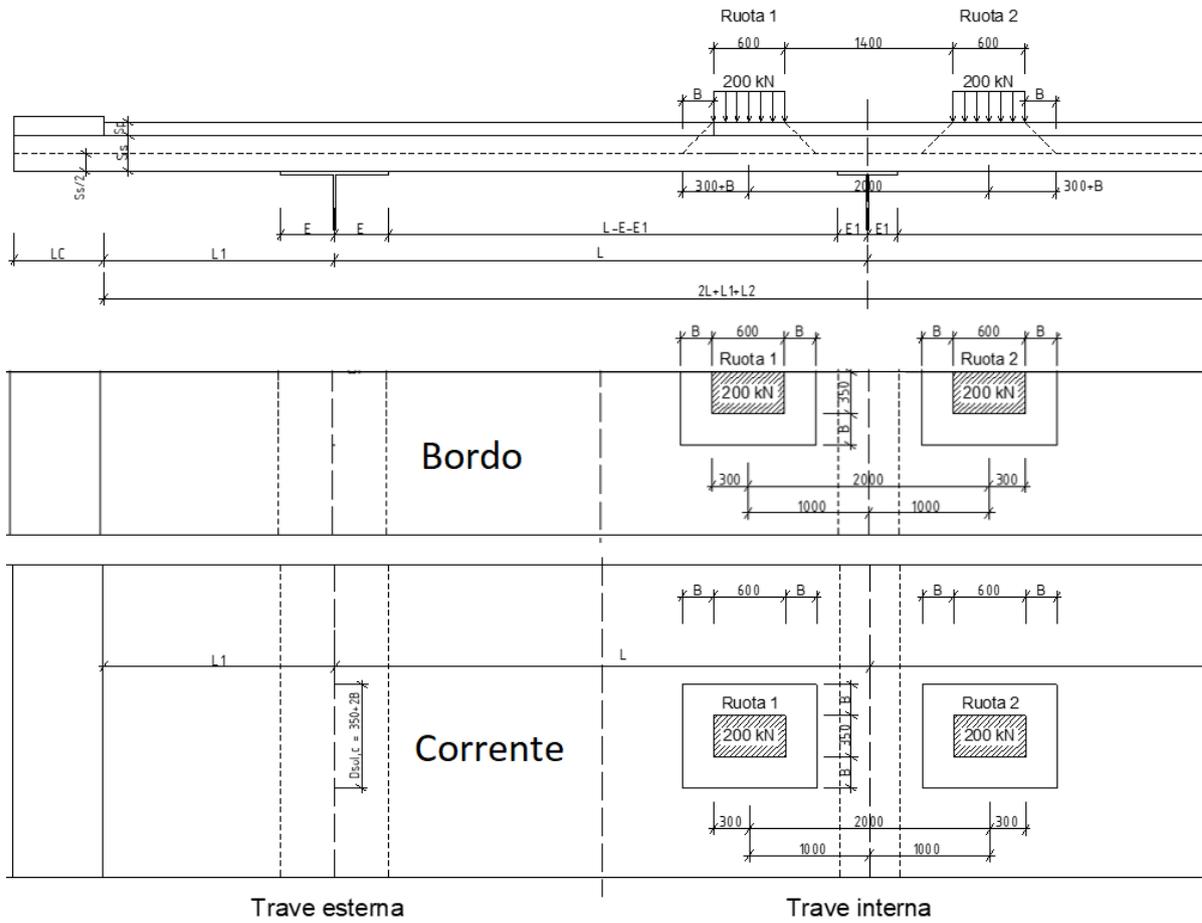


Figura 10-8: Pos. 4 Carico da traffico LM2 in asse trave interna

Azione del vento sugli elementi marginali

Si è considerata l'azione del vento agente in direzione trasversale (+/-Y) su barriera, a ponte carico (Vento_Y), applicato, sulla punta dello sbalzo, nel seguente modo:

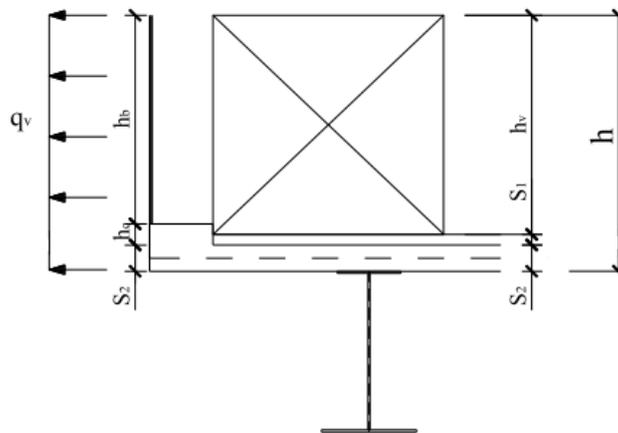


Figura 10-9: Altezze di calcolo per il vento

Nel caso in esame il vento impatta sulla barriera antirumore per cui si è considerata una altezza della superficie esposta complessiva di 3.50 m, ed una eccentricità dell'azione del vento rispetto al piano medio della soletta pari a 1.75. La pressione del vento è pari a 2638 N/m^2 , e quindi la risultante è pari a:

$$\text{Forza orizzontale} = 2638 \cdot 3.5 = 9233 \text{ N/m}$$

$$\text{Momento torcente} = 9233 \cdot 1.75 = 16160 \text{ Nm/m}$$

Si rimanda ai capitoli iniziali per la determinazione della pressione del vento.

Urto

Si è valutato l'effetto indotto sulla soletta da parte dell'urto dei veicoli sulla barriera di sicurezza.

Tale effetto è stato valutato sia in asse alla sezione "corrente" sia in corrispondenza del "bordo" della porzione di soletta, ed è simulato attraverso l'introduzione di azioni concentrate di entità pari a 100 / 50 kN applicate con le modalità indicate in figura:

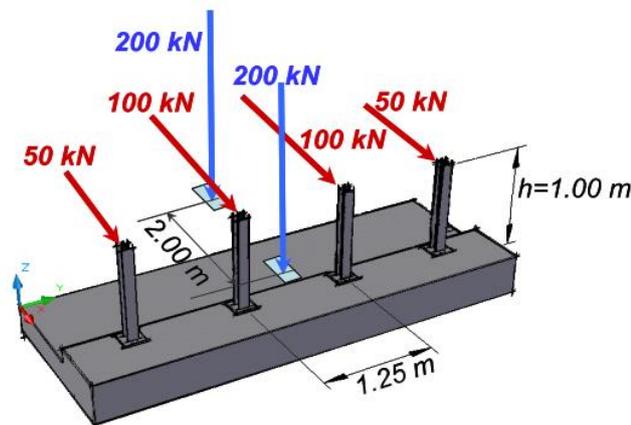


Figura 10-10: Schema di azioni per l'urto dei veicoli

Le suddette condizioni di carico elementari sono state combinate con i coefficienti descritti nel relativo capitolo per il calcolo delle sollecitazioni di progetto di Stato limite ultimo e di esercizio dell'impalcato.

In particolare, si è assunta, nella condizione di urto, la presenza concomitante di un asse del veicolo LM2 accostato al cordolo laterale.

10.2.2 Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE - Campo soletta "corrente"

Le sollecitazioni di momento per unità di lunghezza derivanti dal modello FEM nella zona "corrente" vengono integrate, con riferimento agli schemi grafici che seguono, su delle larghezze che tengono conto della diffusione a 45° nel piano orizzontale e verticale fino al piano medio della soletta, su entrambi i lati. Si ha quindi:

$$L_{\text{integ}} = A + 2 \cdot B + 2 \cdot C \quad \text{per l'LM1}$$

$$L_{\text{integ}} = 1.25 + 2 \cdot (L1 - 0.3) \text{ m} \quad \text{per l'URTO}$$

In dettaglio si ha quindi per l'LM1:

$$L_{\text{integ}} = A + 2*B + 2*C = 3.87 \text{ m su tutta la soletta eccetto gli sbalzi;} \\ = 4.47 \text{ m sugli sbalzi}$$

Dove:

$$A = 1.2 + 0.4 = 1.6 \text{ m}$$

$$B = S_p + S_s / 2 = 0.11 + 0.3 / 2 = 0.26 \text{ m}$$

$$C = L / 4 = 3.5 / 4 = 0.875 \text{ m}$$

$$= L_1 - 0.5 \text{ m} = 1.675 - 0.5 = 1.175 \text{ m}$$

larghezza lorda del carico LM1;

larghezza di diffusione a 45° del carico fino al piano medio della soletta; S_p spessore pavimentazione; S_s spessore soletta;

su tutta la soletta eccetto gli sbalzi (in accordo a quanto previsto dalle linee guida ANAS; L luce fra le travi);

per gli sbalzi (L_1 luce sbalzo minima eccetto cordolo).

Per l'URTO:

$$L_{\text{integ}} = 1.25 + 2*(1.675 - 0.3) = 4.00 \text{ m} \quad (1.25 \text{ m interasse montanti barriera})$$

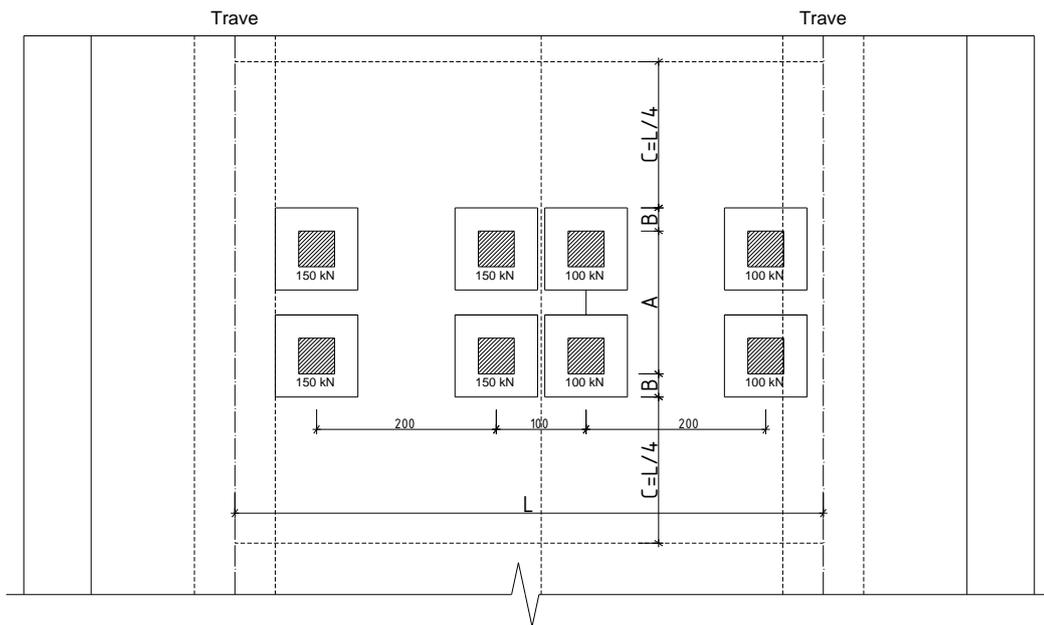


Figura 10-11: Schema per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni (esclusi sbalzi)

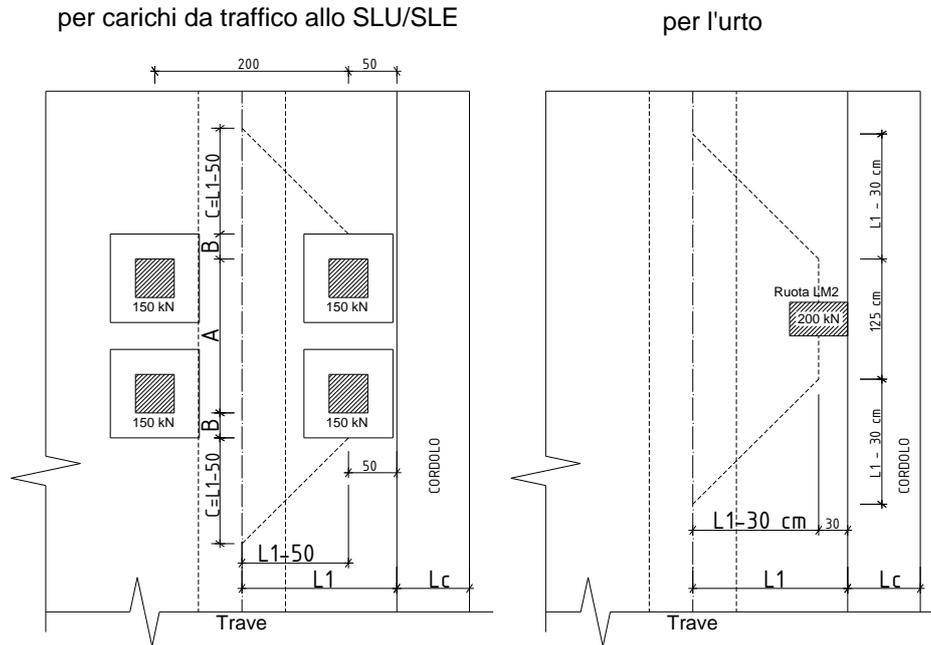


Figura 10-12: Schema per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni sugli sbalzi

Le massime sollecitazioni di taglio, in corrispondenza delle travi, a filo piattabanda superiore, vengono invece ricavate da modelli analitici unifilari con sezione della soletta di larghezza unitaria, posizionando le impronte dei carichi concentrati più gravosi diffusi a 45° fino al piano medio della soletta, a filo dell'ala della piattabanda superiore di ciascuna trave, assunta come sezione di verifica.

La verifica a taglio viene effettuata nella sezione "corrente" a filo trave (lato campata e lato sbalzo).

Le sollecitazioni di taglio al metro lineare di verifica derivano dalla distanza di ogni gruppo di carichi dalla sezione di verifica, come indicato nelle Linee guida Anas¹.

Ad esempio per l'asse 1 del carico tandem LM1, il più vicino alla sezione "corrente" di verifica, lato interno, la lunghezza su cui la azione si ridistribuisce, è pari a $F1 = A + 2 \cdot B + 2 \cdot D = 160 + 2 \cdot 26 + 2 \cdot (20 + 26) = 304$ cm (A larghezza lorda del carico LM1, B larghezza di diffusione del carico fino al piano medio della soletta, $D = 20 + B$ cm distanza dell'asse del tandem dalla sezione di verifica); analogamente si ricavano le altre lunghezze F_i su cui si ridistribuisce l'azione di taglio. Per la ruota del carico LM2 accostata alla sezione di verifica, lato interno, si ha $A = 35$ cm, $B = 26$ cm, $D = 30 + B = 56$ cm, per cui $F1 = A + 2 \cdot B + 2 \cdot D = 199$ cm.

A titolo di esempio si riporta nella figura seguente lo schema di diffusione per il calcolo del taglio del solo carico LM1 analogamente si ricavano le lunghezze di distribuzione per LM2.

¹ "Linee guida per la progettazione di ponti e viadotti stradale a travata", Luglio 2013, ANAS Condirezione Generale Tecnica e Direzione Dentrale Progettazione.

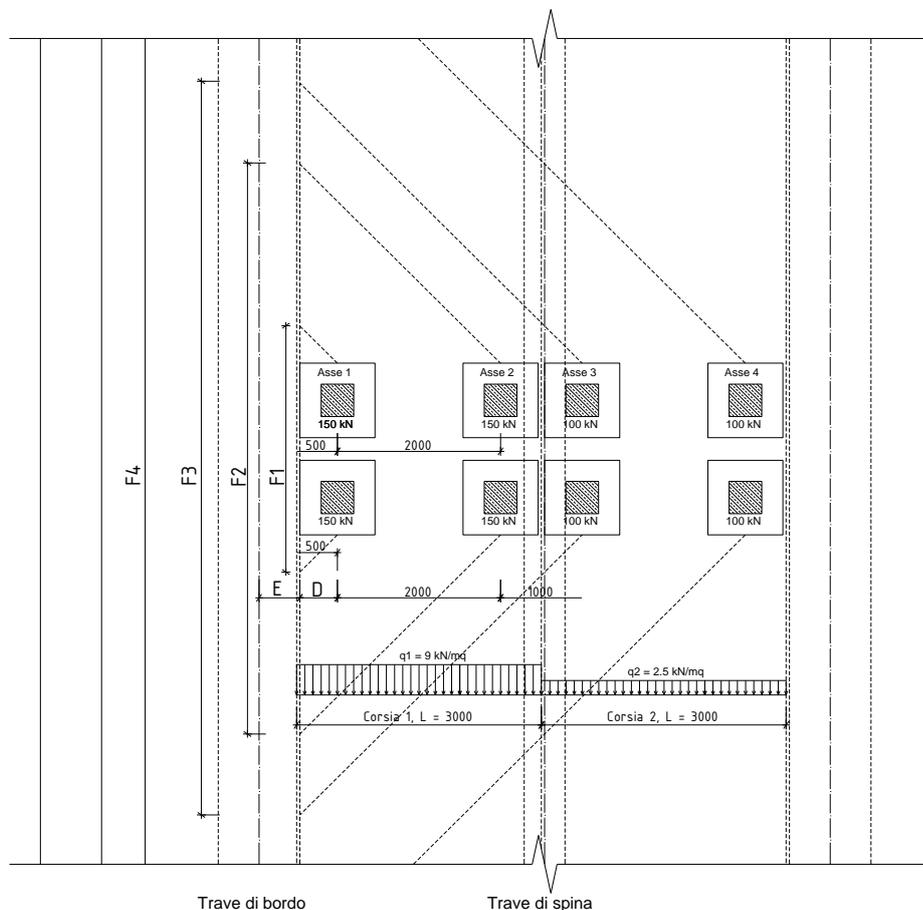


Figura 10-13: Schema per individuare la larghezza di distribuzione delle azioni di taglio nelle sezioni a filo travi, per carico LM1

Di seguito il calcolo del taglio sollecitante massimo $T (=V_{Ed})$ in appoggio sulle travi, derivante dai carichi LM1 e LM2, posizionati a filo piattabande, per la sezione “corrente”. I vari contributi di taglio $T'k$ dei carichi da traffico e dei permanenti, agenti su una sezione larga 1 m, vengono determinati tramite un modello semplificato unifilare agli elementi finiti, su più appoggi fissi, più gli sbalzi, con le dimensioni reali della sezione trasversale e i carichi da traffico posti nelle posizioni sopra descritte. Il taglio viene valutato a filo piattabanda della trave di bordo, lato sbalzo e lato interno.

	Tk' (kN)	A (m)	2B (m)	2D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)	cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Tandem asse 1	300.00	1.6	0.52	0.92	3.04	98.68 kN/m	1	1.35	133.22
Tandem asse 2	0.00		0.00	0	0	0.00 kN/m	1	1.35	0.00
UDL 1	8.10					8.10 kN/m	1	1.35	10.94
T perm	30.44					30.44 kN/m	1	1.35	41.09
T totale									185.25

Tabella 10-1: Calcolo taglio massimo per LM1 a filo trave lato sbalzo sinistro “corrente”

	Tk' (kN)	A (m)	2B (m)	2D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)	cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
LM2 ruota 1	200.00	0.35	0.52	1.12	1.99	100.50 kN/m	1	1.35	135.68
LM2 ruota 2	0.00		0.00	0	0	0.00 kN/m	1	1.35	0.00
T perm	30.44					30.44 kN/m	1	1.35	41.09
T totale									176.77

Tabella 10-2: Calcolo taglio massimo per LM2 a filo trave lato sbalzo sinistro "corrente"

	Tk' (kN)	A (m)	2B (m)	2D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)	cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Tandem asse 1	259.00	1.6	0.52	0.92	3.04	85.20 kN/m	1	1.35	115.02
Tandem asse 2	173.10	1.6	0.52	4.92	7.04	24.59 kN/m	1	1.35	33.19
UDL 1	19.44					19.44 kN/m	1	1.35	26.24
Tandem asse 3	86.86	1.6	0.52	6.92	9.04	9.61 kN/m	1	1.35	12.97
Tandem asse 4	29.71	1.6	0.52	10.92	13.04	2.28 kN/m	1	1.35	3.08
UDL 2	2.19					2.19 kN/m	1	1.35	2.96
T perm	31.82					31.82 kN/m	1	1.35	42.96
T totale									236.41

Tabella 10-3: Calcolo taglio massimo per LM1 a filo trave esterna, lato campata, nella zona "corrente"

	Tk' (kN)	A (m)	2B (m)	2D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)	cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
LM2 ruota 1	169.70	0.35	0.52	1.12	1.99	85.28 kN/m	1	1.35	115.12
LM2 ruota 2	112.60	0.35	0.52	5.12	5.99	18.80 kN/m	1	1.35	25.38
T perm	31.82					31.82 kN/m	1	1.35	42.96
T totale									183.46

Tabella 10-4: Calcolo taglio massimo per LM2 a filo trave esterna, lato campata, nella zona "corrente"

Di seguito il riepilogo dei massimi tagli rilevati, derivati dai calcoli precedenti:

Zona	Carico mob.	V _{Ed} (kN)
Corrente, trave di bordo- lato sbalzo	LM1	185.25
Corrente, trave di bordo - lato campata	LM1	236.41

Nella tabella seguente vengono riportati i valori delle sollecitazioni massime M_{Ed} e N_{Ed}, agenti su sezioni larghe 1 m, derivanti dalle operazioni di integrazione descritte in precedenza ($M_{Ed} = M_{Slice}/L_{integ}$, $N_{Ed} = N_{Slice}/L_{integ}$), nelle ultime due colonne vengono riportate le sollecitazioni riferite alla conversione dei segni del software di verifica RC-Sec.

Tipo sezione	Beam/Shell Slicing	Stato limite considerato	Lusas			Soll. Prog		Soll. RCsec	
			N _{slice} (N)	M _{slice} (Nm)	L _{integ} (m)	N _{slice,int} (N)	M _{slice,int} (Nm)	N _{Ed} (daN)	M _{Ed} (daNm)
Sez. corrente Sbalzo	S1c Slice 1 Mmax	SLU	6035	733000	4.470	1350	163982	-135	-16398
	S1c Slice 1 Mmin	SLU	-149800	88590	4.470	-33512	19819	3351	-1982
	S1cp Slice 1 Mmax	Comb. Eccezionale	191400	502600	4.000	47850	125650	-4785	-12565
	S1cp Slice 1 Mmin	Comb. Eccezionale	1176	185200	4.000	294	46300	-29	-4630
	S1c Slice 1 Mmax	SLE Rara	1817	538100	4.470	406	120380	-41	-12038
	S1c Slice 1 Mmin	SLE Rara	-107100	123700	4.470	-23960	27673	2396	-2767
	S1c Slice 1 Mmax	SLE Freq	-15940	407600	4.470	-3566	91186	357	-9119
	S1c Slice 1 Mmin	SLE Freq	-49000	180000	4.470	-10962	40268	1096	-4027
Sez. corrente Tr .Bordo	S2c Slice 1 Mmax	SLU	13660	117300	3.870	3530	30310	-353	-3031
	S2c Slice 1 Mmin	SLU	-263000	-312800	3.870	-67959	-80827	6796	8083
	S2c Slice 1 Mmax	SLE Rara	567	84140	3.870	147	21742	-15	-2174
	S2c Slice 1 Mmin	SLE Rara	-184600	-224300	3.870	-47700	-57959	4770	5796
	S2c Slice 1 Mmax	SLE Freq	-18000	56320	3.870	-4651	14553	465	-1455
	S2c Slice 1 Mmin	SLE Freq	-106800	-141500	3.870	-27597	-36563	2760	3656
Sez. corrente Tr. Spina	S3c Slice 1 Mmax	SLU	-155500	12160	3.870	-40181	3142	4018	-314
	S3c Slice 1 Mmin	SLU	-111400	-201400	3.870	-28786	-52041	2879	5204
	S3c Slice 1 Mmax	SLE Rara	-112400	-1857	3.870	-29044	-480	2904	48
	S3c Slice 1 Mmin	SLE Rara	-84340	-149000	3.870	-21793	-38501	2179	3850
	S3c Slice 1 Mmax	SLE Freq	-59630	-17190	3.870	-15408	-4442	1541	444
	S3c Slice 1 Mmin	SLE Freq	-59380	-113500	3.870	-15344	-29328	1534	2933

Tabella 10-5: Sollecitazioni di progetto nei vari SL

Per ogni sollecitazione di verifica si riportano le mappature dei momenti di piastra per unità di lunghezza (in N*m/m), per le combinazioni di progetto (massimizzando o minimizzando il momento nella sezione esaminata), per la generica fascia corrente di soletta di circa 6.00 m.

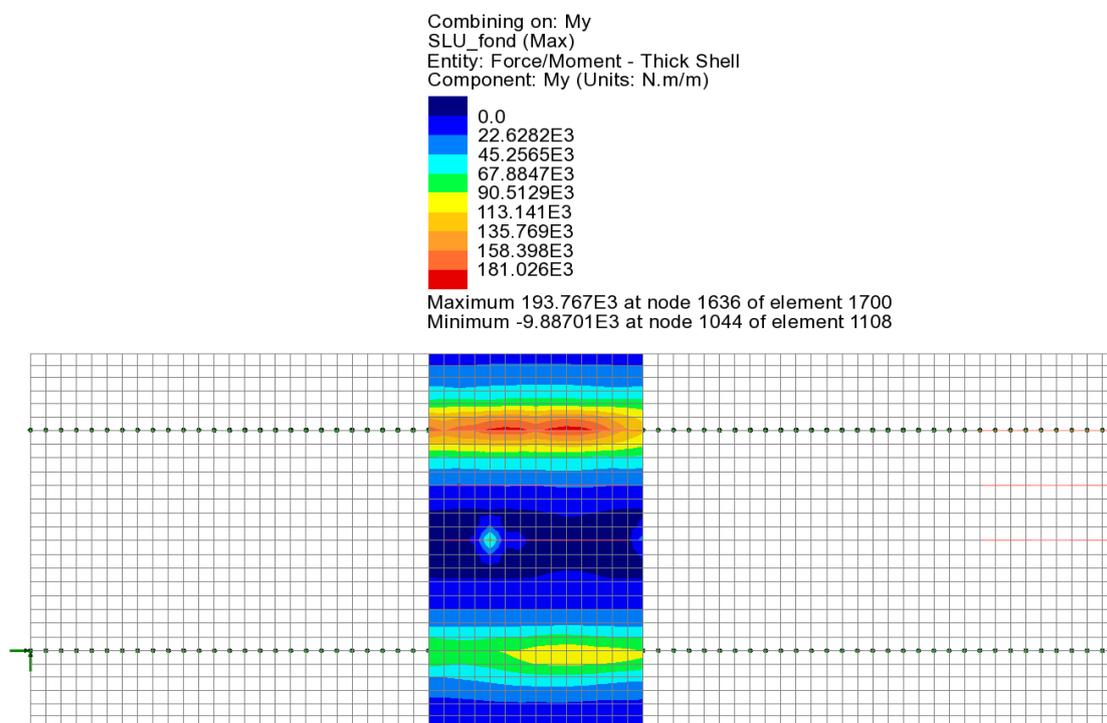
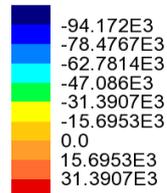


Figura 10-14: SLU fondamentale – Momento My (max)

Viadotto Marroggia - RELAZIONE DI CALCOLO impalcato

Combining on: My
SLU_fond (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 42.3206E3 at node 464 of element 386
Minimum -98.9374E3 at node 1267 of element 1265

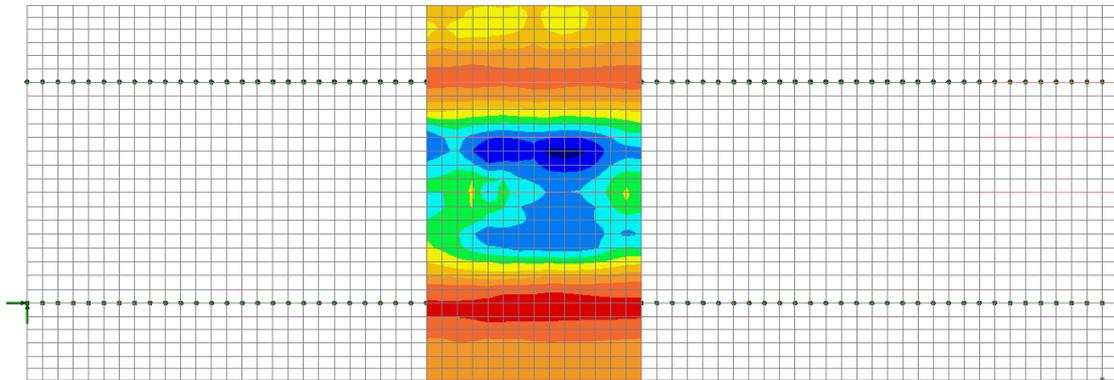
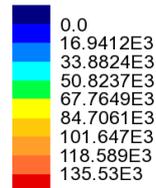


Figura 10-15: SLU fondamentale – Momento My (min)

Combining on: My
SLE_rara (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 142.461E3 at node 1636 of element 1700
Minimum -10.0101E3 at node 1044 of element 1108

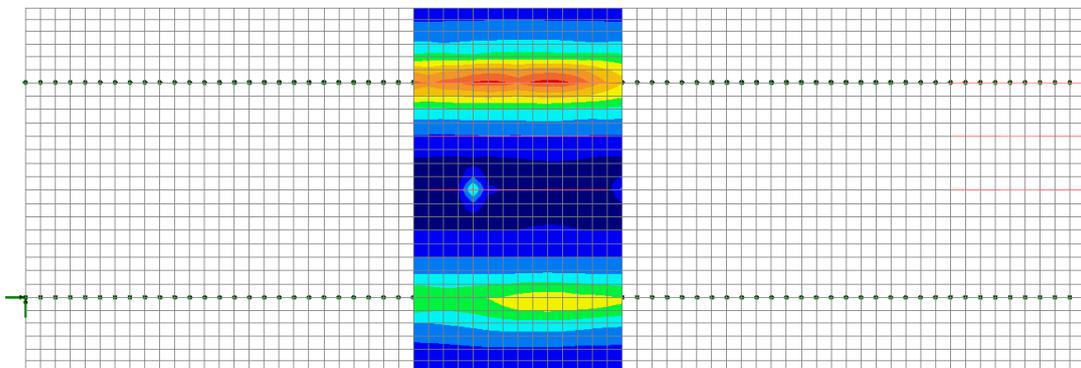
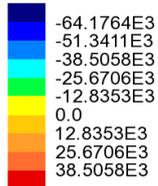


Figura 10-16: SLE rara – Momento My (max)

Viadotto Marroggia - RELAZIONE DI CALCOLO impalcato

Combining on: My
SLE_rara (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 43.5288E3 at node 464 of element 386
Minimum -71.9887E3 at node 1267 of element 1265

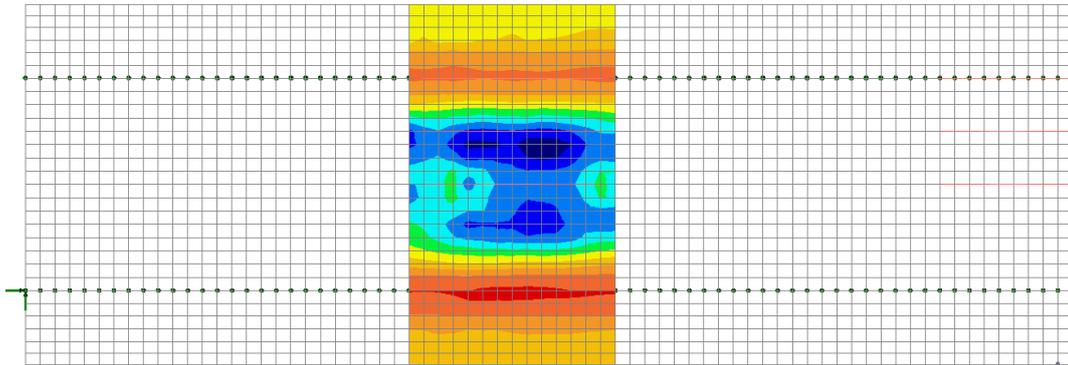
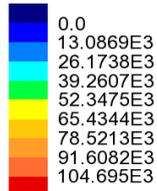


Figura 10-17: SLE rara – Momento My (min)

Combining on: My
SLE_freq (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 107.73E3 at node 1636 of element 1700
Minimum -10.052E3 at node 1044 of element 1108

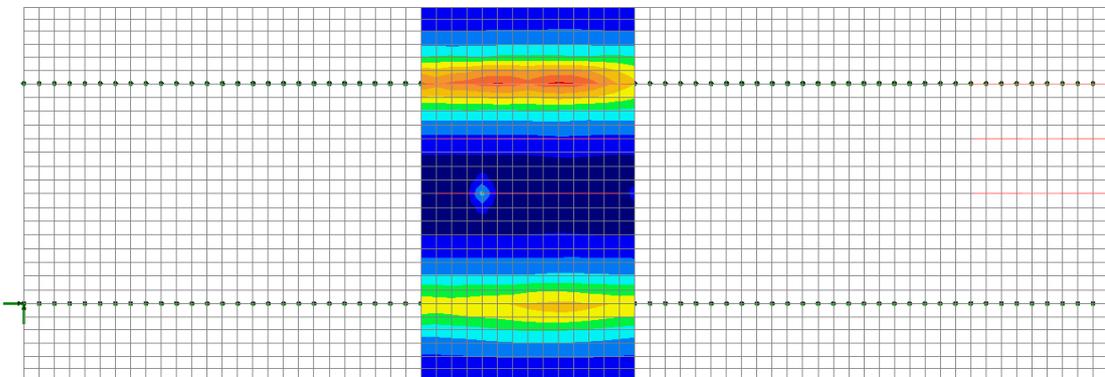
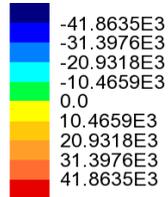


Figura 10-18: SLE frequente – Momento My (max)

Combining on: My
SLE_freq (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 45.5207E3 at node 464 of element 386
Minimum -48.6722E3 at node 1267 of element 1265

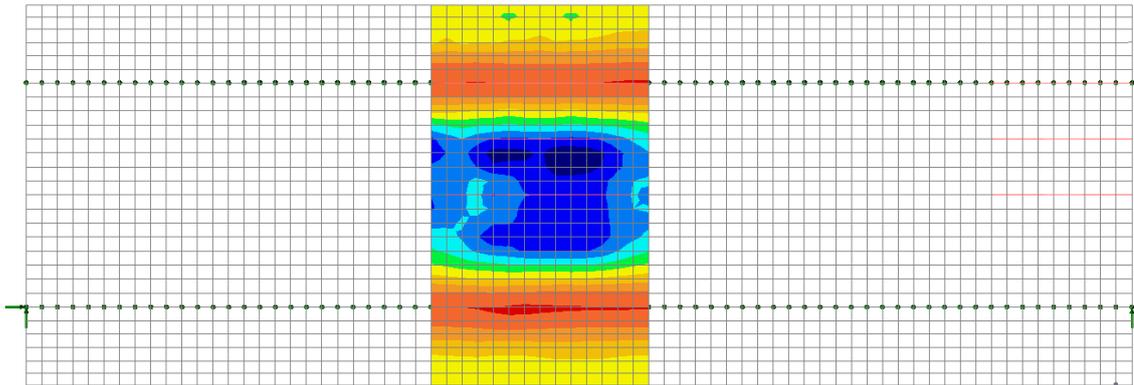
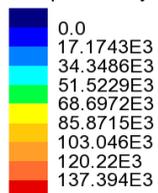


Figura 10-19: SLE frequente – Momento My (min)

Combining on: My
Comb_Eccezionale (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 144.102E3 at node 1632 of element 1696
Minimum -10.467E3 at node 1047 of element 1111

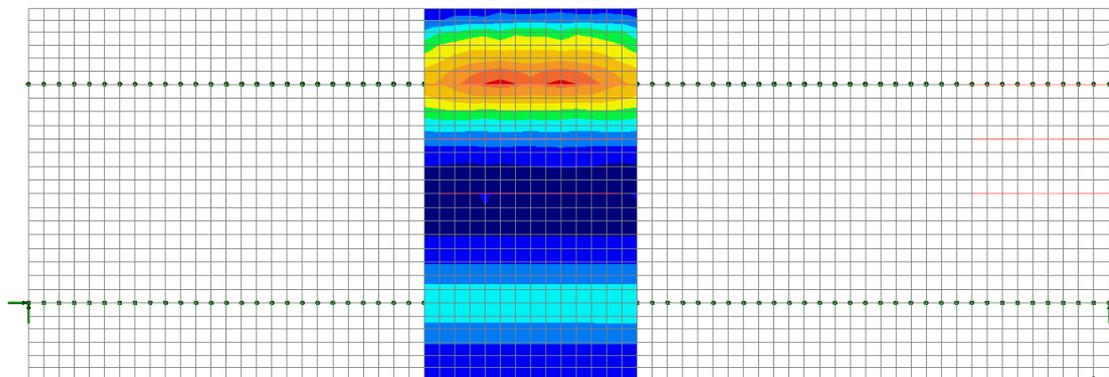


Figura 10-20: SLU eccezionale – Momento My (max)

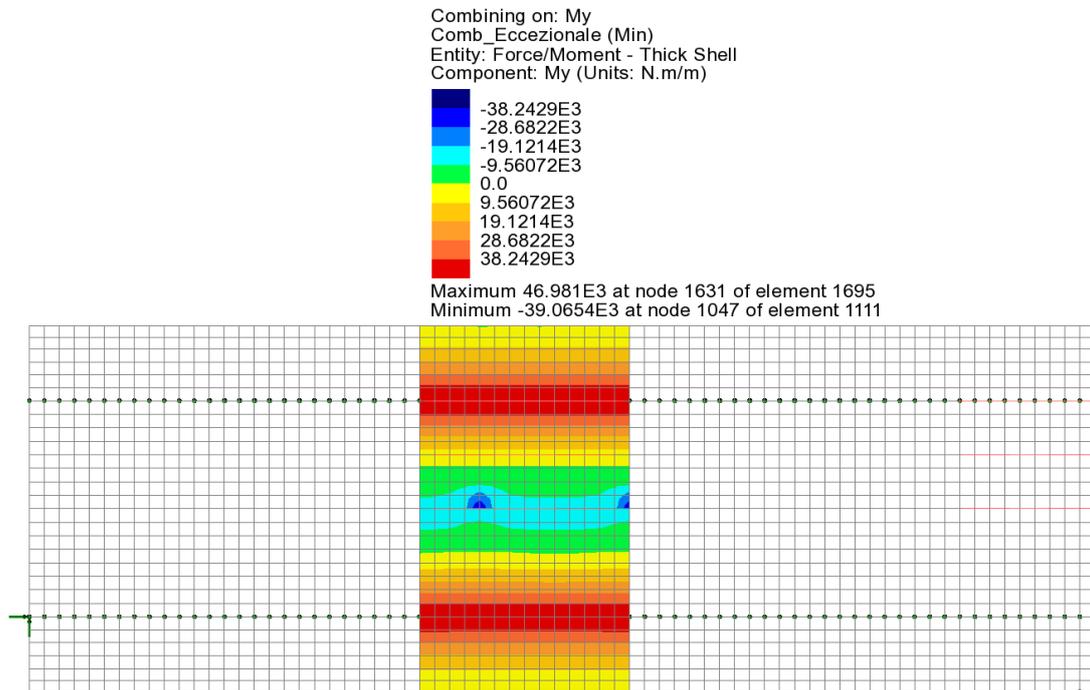


Figura 10-21: SLU eccezionale – Momento My (min)

10.2.3 Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE - Campo soletta di bordo

Le sollecitazioni di momento per unità di lunghezza derivanti dal modello FEM nella zona di “bordo” vengono integrate, con riferimento agli schemi grafici che seguono, su delle larghezze che tengono conto della diffusione a 45° nel piano orizzontale e verticale fino al piano medio della soletta, sul lato interno. Si ha quindi:

$$L_{\text{integ}} = A + B + C \quad \text{per l'LM1}$$

$$L_{\text{integ}} = 1.25 + (L1-0.3) \text{ m} \quad \text{per l'URTO}$$

In dettaglio si ha quindi

Per l'LM1:

$$L_{\text{integ}} = A + B + C = 2.735 \text{ m su tutta la soletta eccetto gli sbalzi};$$

$$= 3.035 \text{ m sugli sbalzi}$$

Dove:

$$A = 1.2 + 0.4 = 1.6 \text{ m}$$

larghezza lorda del carico LM1;

$$B = Sp + Ss / 2 = 0.11 + 0.3 / 2 = 0.26 \text{ m}$$

larghezza di diffusione a 45° del carico fino al piano medio della soletta; Sp spessore pavimentazione; Ss spessore soletta;

$$C = L / 4 = 3.5 / 4 = 0.875 \text{ m}$$

su tutta la soletta eccetto gli sbalzi (in accordo a quanto

$$= L1 - 0.5 \text{ m} = 1.675 - 0.5 = 1.175 \text{ m}$$

previsto dalle linee guida ANAS; L luce fra le travi);
per gli sbalzi (L1 luce sbalzo minima eccetto cordolo).

Per l'URTO:

$$L_{\text{integ}} = 1.25 + (1.675 - 0.3) = 2.625 \text{ m}$$

(1.25 m interasse montanti barriera)

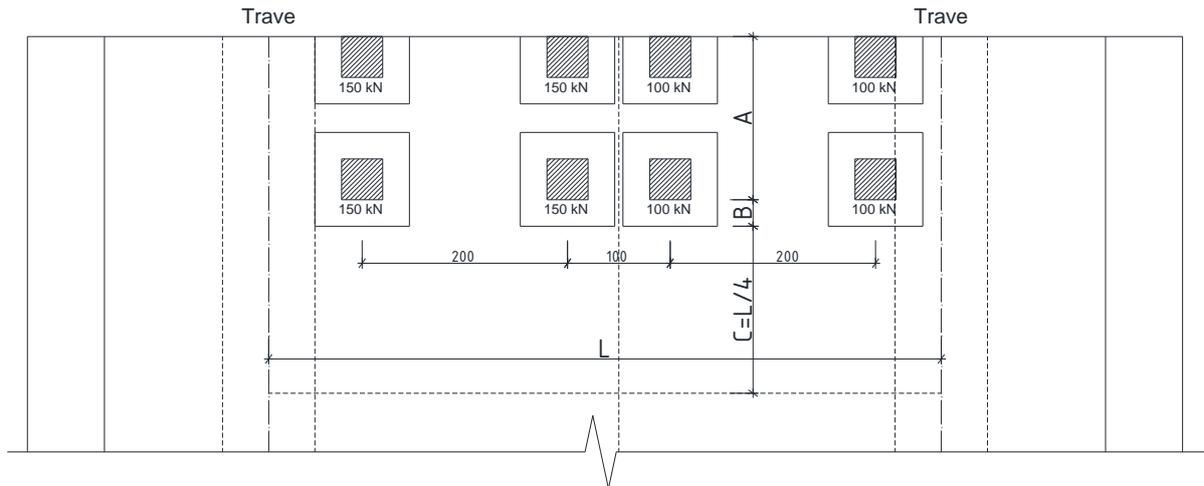


Figura 10-22: Schema per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni di "bordo" (esclusi sbalzi)

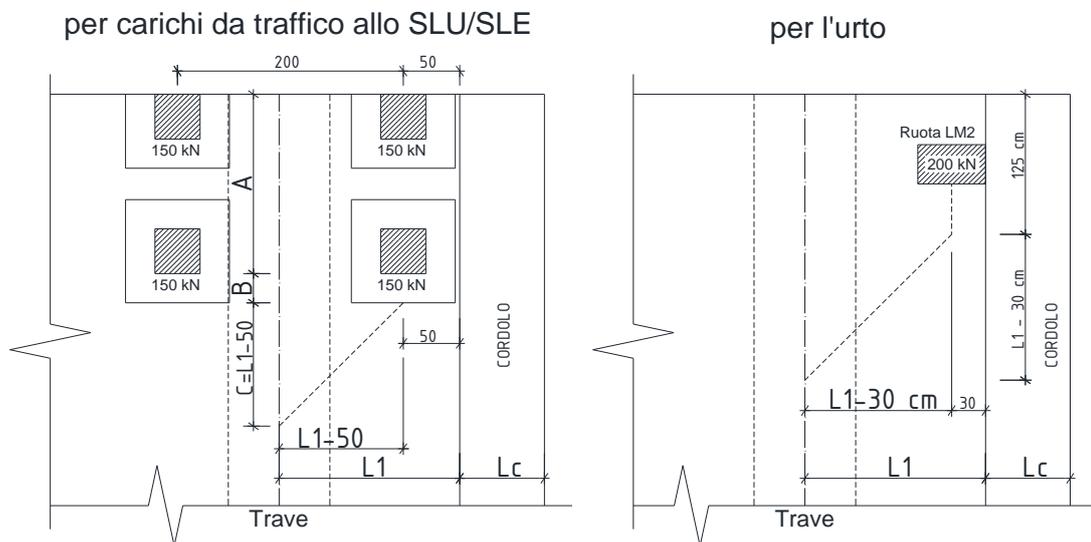


Figura 10-23: Schemi per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni di "bordo" sugli sbalzi

Le massime sollecitazioni di taglio, in corrispondenza delle travi, a filo piattabanda superiore, vengono invece ricavate da modelli analitici unifilari con sezione della soletta di larghezza unitaria, posizionando le impronte dei carichi concentrati più gravosi diffusi a 45° fino al piano medio della soletta, a filo dell'ala della piattabanda superiore di ciascuna trave, assunta come sezione di verifica.

Il filo della piattabanda superiore della trave in acciaio, è posizionato ad una distanza E dall'asse della trave principale, verso lo sbalzo o la campata, e ad una distanza E1 dall'asse della trave di spina; la verifica viene effettuata nella sezione più sollecitata fra queste ultime.

Le sollecitazioni di taglio al metro lineare di verifica derivano dalla distanza di ogni gruppo di carichi dalla sezione di verifica, come indicato nelle Linee guida Anas².

Ad esempio per l'asse 1 del carico tandem LM1, il più vicino alla sezione "di bordo" di verifica, lato interno, la lunghezza su cui la azione si ridistribuisce, è pari a $F1 = A+B+D = 160+26+(20+26) = 232\text{cm}$ (A larghezza lorda del carico LM1, B larghezza di diffusione del carico fino al piano medio della soletta, $D = 20+B$ cm distanza dell'asse del tandem dalla sezione di verifica); analogamente si ricavano le altre lunghezze F_i su cui si ridistribuisce l'azione di taglio. Per la ruota del carico LM2 accostata alla sezione di verifica, lato interno, si ha $A = 35\text{ cm}$, $B = 26\text{ cm}$, $D = 30+B = 56\text{ cm}$, per cui $F1 = A+B+D = 117\text{ cm}$.

Si riporta nelle figure seguenti lo schema di diffusione per il calcolo del taglio del carico LM1 e lo schema di diffusione per LM2, per i quali si hanno i maggiori tagli rispettivamente sulla sezione lato campata e sulla sezione lato sbalzo.

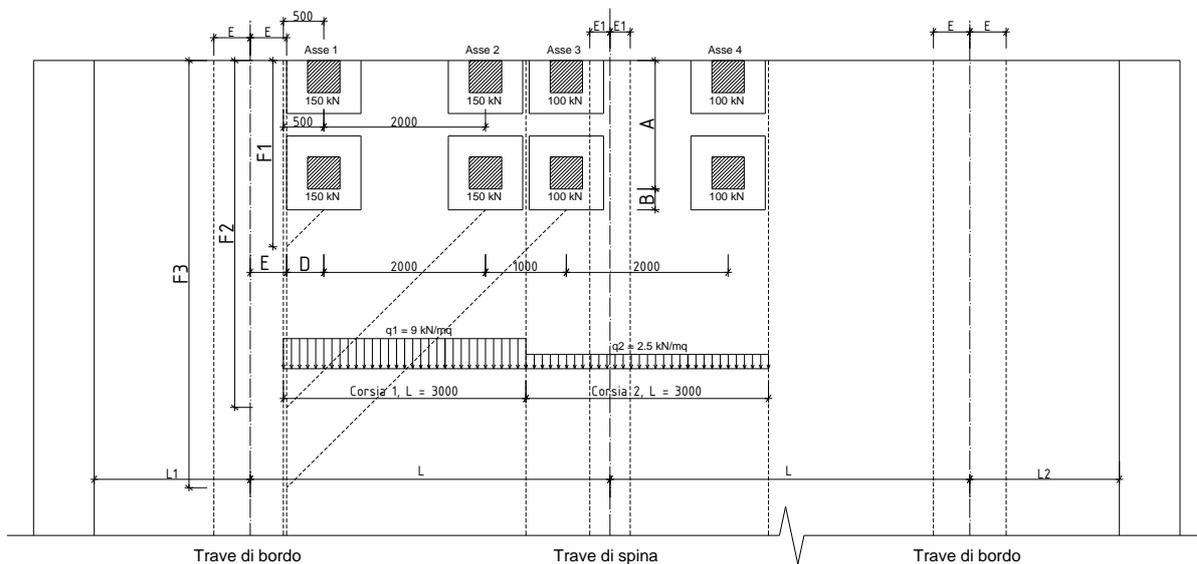


Figura 10-24: Schema di carico per il calcolo del taglio massimo in appoggio, lato campata (LM1)

² "Linee guida per la progettazione di ponti e viadotti stradale a travata", Luglio 2013, ANAS Condirezione Generale Tecnica e Direzione Dentrale Progettazione.

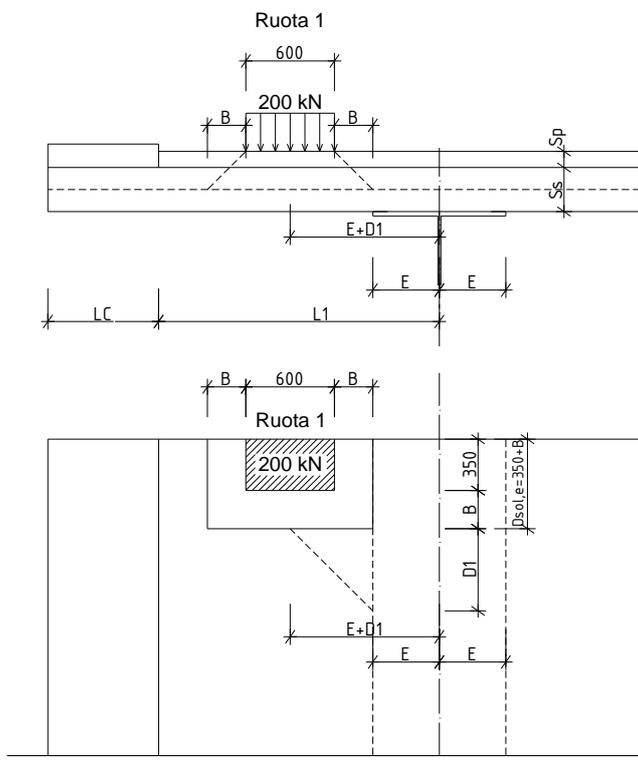


Figura 10-25: Schema di carico per il calcolo del taglio massimo in appoggio, lato sbalzo (LM2)

Di seguito il calcolo del taglio sollecitante massimo $T (=V_{Ed})$ in appoggio sulle travi, derivante dai carichi LM1 e LM2, posizionati a filo piattabande, per la sezione di bordo. I vari contributi di taglio $T'k$ dei carichi da traffico e dei permanenti, agenti su una sezione larga 1 m, vengono determinati tramite un modello semplificato unifilare agli elementi finiti, su più appoggi fissi, più gli sbalzi, con le dimensioni reali della sezione trasversale e i carichi da traffico posti nelle posizioni sopra descritte. Il taglio viene valutato a filo piattabanda della trave di bordo, lato sbalzo e lato interno.

	Tk' (kN)	A (m)	B (m)	D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)	cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Tandem asse 1	300.00	1.6	0.26	0.46	2.32	129.31 kN/m	1.3	1.35	226.94
Tandem asse 2	0.00				0	0.00 kN/m	1.3	1.35	0.00
UDL 1	8.10					8.10 kN/m	1.3	1.35	14.22
T perm	30.44					30.44 kN/m	1	1.35	41.09
T totale									282.25

Tabella 10-6: Calcolo taglio massimo per LM1 a filo trave lato sbalzo sinistro "di bordo"

	Tk' (kN)	A (m)	B (m)	D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
LM2 ruota 1	200.00	0.35	0.26	0.56	1.17	170.94 kN/m		1.3	1.35	300.00
LM2 ruota 2	0.00				0	0.00 kN/m		1.3	1.35	0.00
T perm	30.44					30.44 kN/m		1	1.35	41.09
T totale										341.09

Tabella 10-7: Calcolo taglio massimo per LM2 a filo trave lato sbalzo sinistro "di bordo"

	Tk' (kN)	A (m)	B (m)	D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Tandem asse 1	259.00	1.6	0.26	0.46	2.32	111.64 kN/m		1.3	1.35	195.92
Tandem asse 2	173.10	1.6	0.26	2.46	4.32	40.07 kN/m		1.3	1.35	70.32
UDL 1	19.44					19.44 kN/m		1.3	1.35	34.12
Tandem asse 3	86.86	1.6	0.26	3.46	5.32	16.33 kN/m		1.3	1.35	28.65
Tandem asse 4	29.71	1.6	0.26	5.46	7.32	4.06 kN/m		1.3	1.35	7.12
UDL 2	2.19					2.19 kN/m		1.3	1.35	3.84
T perm	31.82					31.82 kN/m		1	1.35	42.96
T totale										382.94

Tabella 10-8: Calcolo taglio massimo per LM1 a filo trave esterna, lato campata, nella zona "di bordo"

	Tk' (kN)	A (m)	B (m)	D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
LM2 ruota 1	169.70	0.35	0.26	0.56	1.17	145.04 kN/m		1.3	1.35	254.55
LM2 ruota 2	112.60	0.35	0.26	2.56	3.17	35.52 kN/m		1.3	1.35	62.34
T perm	31.82					31.82 kN/m		1	1.35	42.96
T totale										359.85

Tabella 10-9: Calcolo taglio massimo per LM2 a filo trave esterna, lato campata, nella zona "di bordo"

Di seguito il riepilogo dei massimi tagli rilevati, derivati dai calcoli precedenti:

Zona	Carico mob.	V _{Ed} (kN)
Bordo, trave di bordo- lato sbalzo	LM2	341.09
Bordo, trave di bordo - lato campata	LM1	382.94

Nella tabella seguente vengono riportati i valori delle sollecitazioni massime M_{Ed} e N_{Ed}, agenti su sezioni larghe 1 m, derivanti dalle operazioni di integrazione descritte in precedenza (M_{Ed} = M_{Slice}/L_{integ}, N_{Ed} =

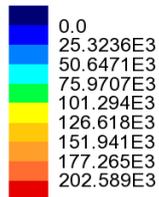
$N_{\text{Slice}}/L_{\text{integ}}$), nelle ultime due colonne vengono riportate le sollecitazioni riferite alla conversione dei segni del software di verifica RC-Sec.

Tipo sezione	Beam/Shell Slicing	Stato limite considerato	Lusas			Soll. Prog		Soll. RCsec	
			N_{Slice} (N)	M_{Slice} (Nm)	L_{integ} (m)	$N_{\text{slice,int}}$ (N)	$M_{\text{slice,int}}$ (Nm)	N_{Ed} (daN)	M_{Ed} (daNm)
Sez. di bordo Sbalzo	S1c Slice 1 Mmax	SLU	34170	603000	3.035	11259	198682	-1126	-19868
	S1c Slice 1 Mmin	SLU	-155800	49960	3.035	-51334	16461	5133	-1646
	S1cp Slice 1 Mmax	Comb. Eccezionale	202100	453500	2.625	76990	172762	-7699	-17276
	S1cp Slice 1 Mmin	Comb. Eccezionale	1186	121300	2.625	452	46210	-45	-4621
	S1c Slice 1 Mmax	SLE Rara	22610	443400	3.035	7450	146096	-745	-14610
	S1c Slice 1 Mmin	SLE Rara	-111300	76370	3.035	-36672	25163	3667	-2516
	S1c Slice 1 Mmax	SLE Freq	-1263	334500	3.035	-416	110214	42	-11021
	S1c Slice 1 Mmin	SLE Freq	-51660	115400	3.035	-17021	38023	1702	-3802
Sez. di bordo Tr .Bordo	S2c Slice 1 Mmax	SLU	70180	95120	2.735	25660	34779	-2566	-3478
	S2c Slice 1 Mmin	SLU	-461300	-272700	2.735	-168665	-99707	16867	9971
	S2c Slice 1 Mmax	SLE Rara	44020	68750	2.735	16095	25137	-1610	-2514
	S2c Slice 1 Mmin	SLE Rara	-330400	-197200	2.735	-120804	-72102	12080	7210
	S2c Slice 1 Mmax	SLE Freq	10220	49000	2.735	3737	17916	-374	-1792
	S2c Slice 1 Mmin	SLE Freq	-200500	-129800	2.735	-73309	-47459	7331	4746
Sez. di bordo Tr. Spina	S3c Slice 1 Mmax	SLU	-276700	52520	2.735	-101170	19203	10117	-1920
	S3c Slice 1 Mmin	SLU	-50340	-159700	2.735	-18406	-58391	1841	5839
	S3c Slice 1 Mmax	SLE Rara	-198100	31070	2.735	-72431	11360	7243	-1136
	S3c Slice 1 Mmin	SLE Rara	-41020	-118200	2.735	-14998	-43218	1500	4322
	S3c Slice 1 Mmax	SLE Freq	-98130	10760	2.735	-35879	3934	3588	-393
	S3c Slice 1 Mmin	SLE Freq	-42520	-89930	2.735	-15547	-32881	1555	3288

Tabella 10-10: Sollecitazioni di progetto nei vari SL

Nelle immagini di seguito, si riportano le mappature delle sollecitazioni per unità di lunghezza (momenti in $N*m/m$, sforzi assiali in N/m) per una fascia di soletta di circa 4.00 m in corrispondenza del bordo.

Combining on: My
SLU_fond (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 221.333E3 at node 1671 of element 1735
Minimum -6.57903E3 at node 1083 of element 1147

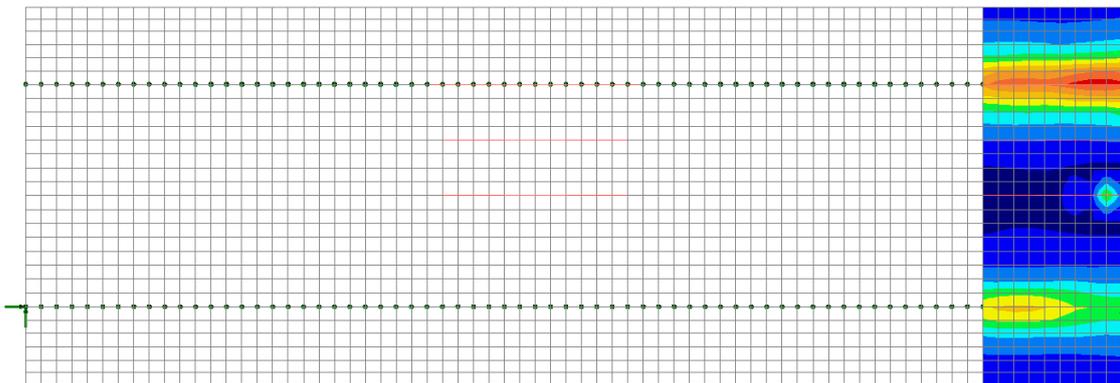
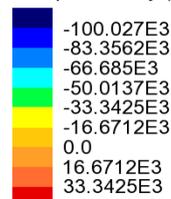


Figura 10-26: SLU fondamentale – Momento My (max)

Combining on: My
SLU_fond (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 43.6065E3 at node 499 of element 421
Minimum -106.435E3 at node 1303 of element 1301

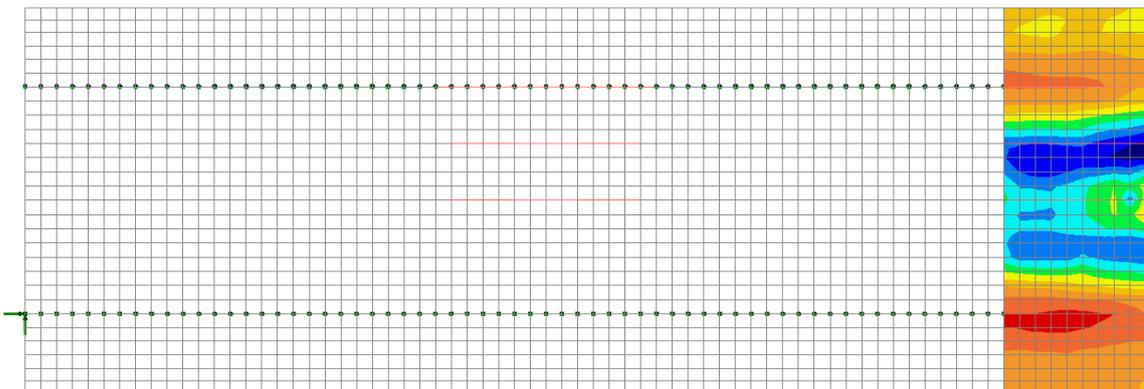
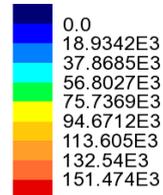


Figura 10-27: SLU fondamentale – Momento My (min)

Combining on: My
SLE_rara (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 162.891E3 at node 1671 of element 1735
Minimum -7.51701E3 at node 1083 of element 1147

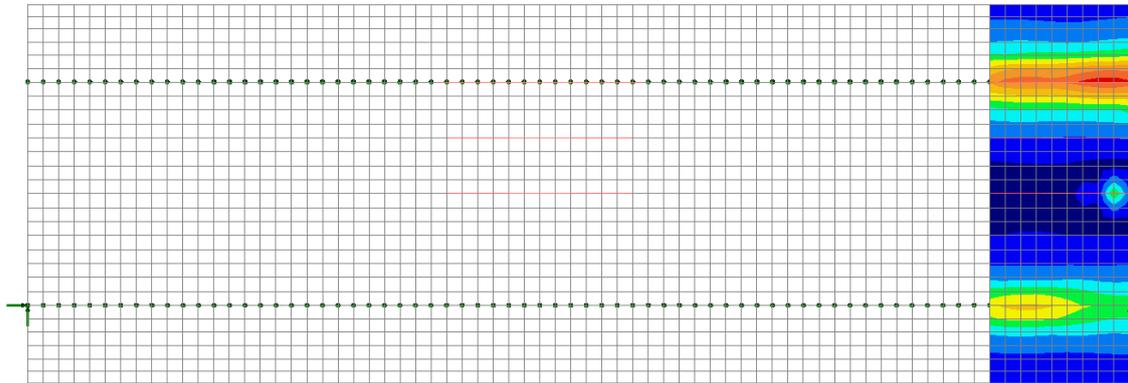
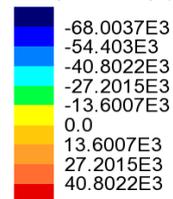


Figura 10-28: SLE rara – Momento My (max)

Combining on: My
SLE_rara (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 44.5726E3 at node 499 of element 421
Minimum -77.8341E3 at node 1303 of element 1301

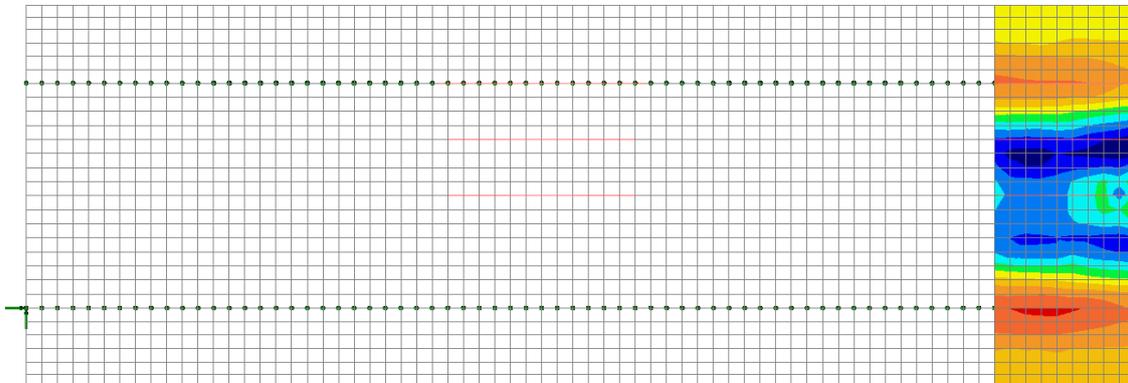
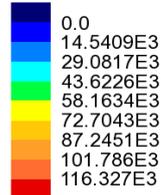


Figura 10-29: SLE rara – Momento My (min)

Combining on: My
SLE_freq (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 122.389E3 at node 1671 of element 1735
Minimum -8.47856E3 at node 1083 of element 1005

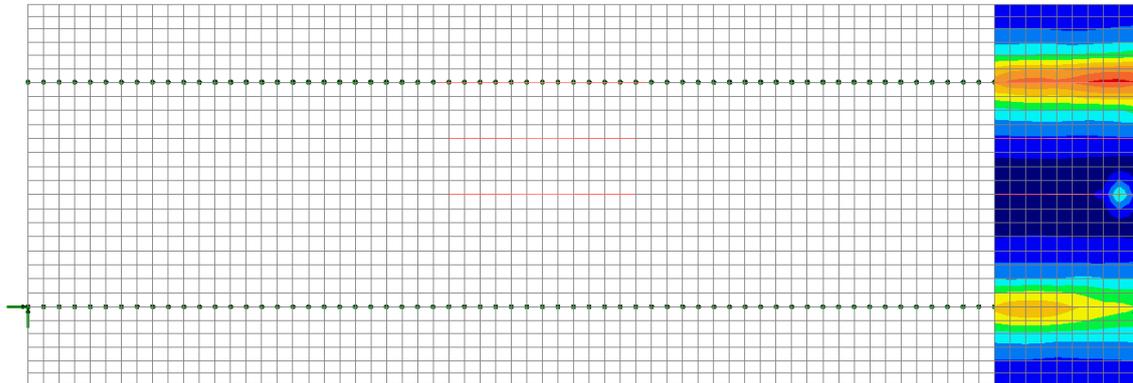
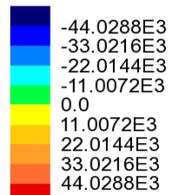


Figura 10-30: SLE frequente – Momento My (max)

Combining on: My
SLE_freq (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 45.335E3 at node 499 of element 421
Minimum -53.7298E3 at node 1303 of element 1301

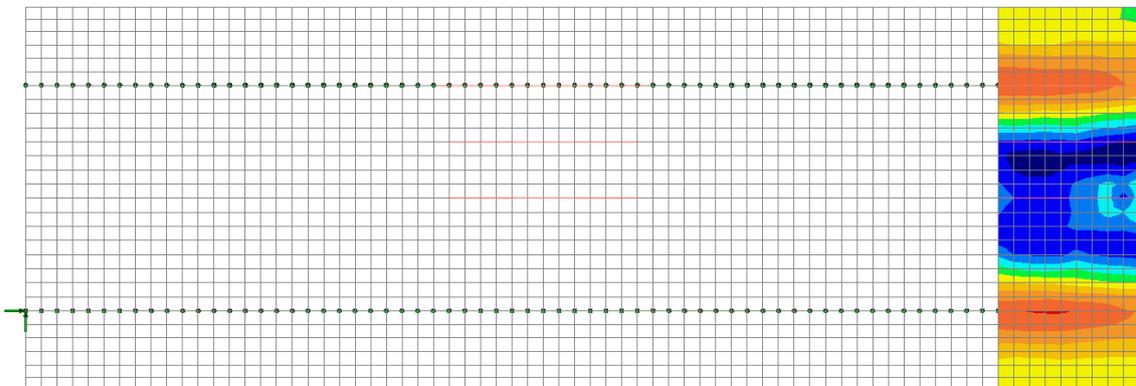
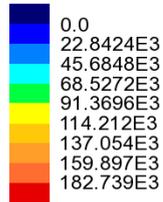


Figura 10-31: SLE frequente – Momento My (min)

Viadotto Marroggia - RELAZIONE DI CALCOLO impalcato

Combining on: My
Comb_Eccezionale (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 194.824E3 at node 1671 of element 1735
Minimum -10.7573E3 at node 1087 of element 1151

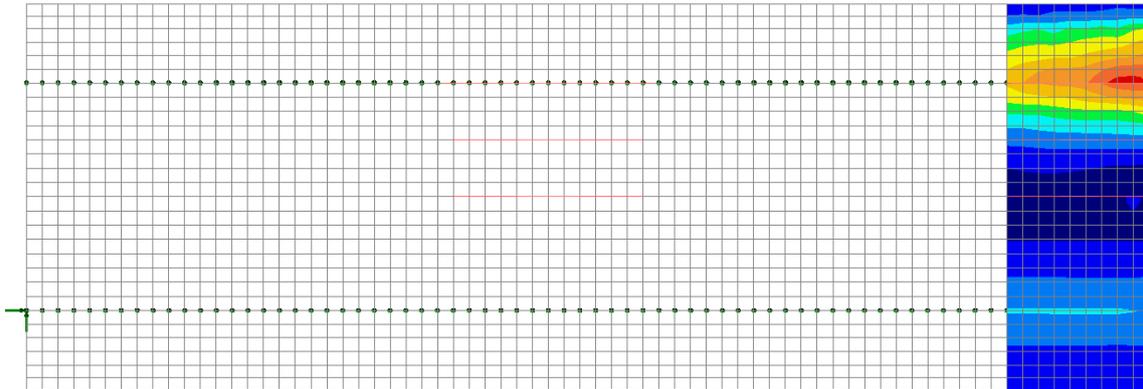
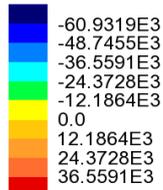


Figura 10-32: SLU eccezionale – Momento My (max)

Combining on: My
Comb_Eccezionale (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 47.6142E3 at node 1670 of element 1734
Minimum -62.0632E3 at node 1087 of element 1151

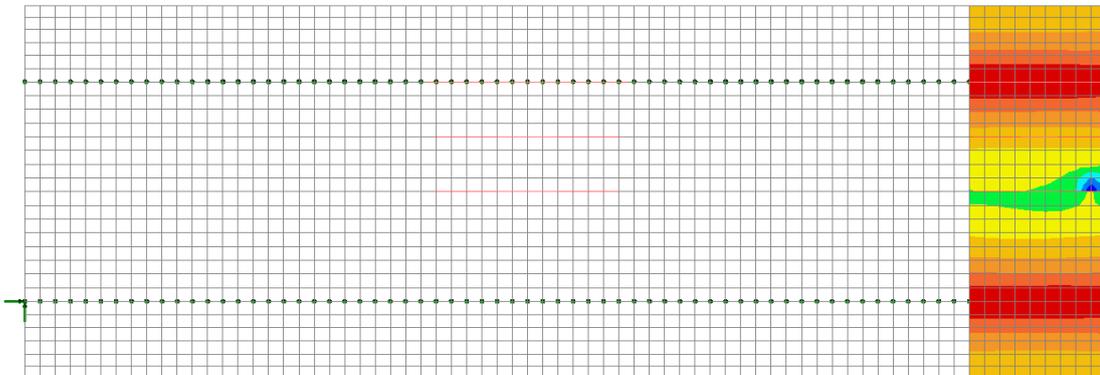


Figura 10-33: SLU eccezionale – Momento My (min)

10.2.4 Verifica campo “corrente” soletta

Le sezioni considerate hanno dimensioni 100x30 cm e sono armate a flessione sia superiormente che inferiormente con $\phi 24/20$ cm; a taglio a ridosso delle piattabande delle travi principali su ambo i lati si dispongono 2 staffe $\phi 12/20 \times 40$ cm, mentre a ridosso della piattabanda della trave di spina, sempre su ambo i lati, una staffa $\phi 12/20 \times 40$ cm.

Nelle verifiche a SLU (flessione e taglio), SLU per combinazione Eccezionale e SLE (fessurazione e limitazione delle tensioni) si trascurano le armature delle predalles.

Per la verifica allo SLU in combinazione eccezionale vengono utilizzati in via cautelativa gli stessi coefficienti γ dei materiali utilizzati per la verifica allo SLU fondamentale.

10.2.4.1 Verifica a flessione sezione Sc1

La sezione in esame è quella posta in asse alla trave di bordo.

Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLU per Combinazione Eccezionale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

Nei dettagli delle verifiche con :

- Comb. 1 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmax
- Comb. 2 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmin
- Comb. 3 ci si riferisce a SLU Combinazione eccezionale- Mmax
- Comb. 4 ci si riferisce a SLU Combinazione eccezionale - Mmin

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: SezioneS1_corrente

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
 Forma della sezione: Rettangolare
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.13	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0	MPa

Resist. a snerv. di progetto f_{yd} :	391.3	MPa
Resist. ultima di progetto f_{td} :	391.3	MPa
Deform. ultima di progetto E_{pu} :	0.068	
Modulo Elastico E_f :	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.0	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Barre superiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	-1.35	-163.98	0.00	0.00
2	33.51	-19.82	0.00	0.00
3	-47.85	-125.65	0.00	0.00
4	-0.29	-46.30	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	-0.41	-120.38
2	23.96	-27.67

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	3.57	-91.19 (-56.80)
2	10.96	-40.27 (-57.46)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 15.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	-1.35	-163.98	-1.56	-199.14	1.214	6.8	0.27	0.78	45.2 (4.3)
2	S	33.51	-19.82	33.63	-202.09	10.158	6.8	0.28	0.78	45.2 (4.3)
3	S	-47.85	-125.65	-47.67	-195.27	1.556	6.6	0.27	0.77	45.2 (4.3)
4	S	-0.29	-46.30	-0.18	-199.26	4.304	6.8	0.27	0.78	45.2 (4.3)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	-0.00023	7.2	-0.00936	24.8
2	0.00350	0.0	-0.00019	7.2	-0.00920	24.8
3	0.00350	0.0	-0.00030	7.2	-0.00959	24.8
4	0.00350	0.0	-0.00023	7.2	-0.00935	24.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O)
Ss min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)
Dw Eff. Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	10.35	0.0	0.00	9.4	-252.7	7.2	6.9	685	22.6	21.4
2	S	2.41	0.0	0.00	10.1	-53.1	7.2	6.7	665	22.6	21.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00169	0.00078	0.50	0.60	0.000935 (0.000758)	260	0.243 (990.00)	-56.68
2	S	-0.00036	0.00018	0.50	0.60	0.000159 (0.000159)	256	0.041 (990.00)	-59.21

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	7.86	0.0	0.00	9.5	-190.6	7.2	6.8	685	22.6	21.4
2	S	3.48	0.0	0.00	9.6	-82.2	7.2	6.8	679	22.6	21.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00128	0.00059	0.50	0.60	0.000625 (0.000572)	259	0.162 (0.20)	-56.80
2	S	-0.00055	0.00026	0.50	0.60	0.000247 (0.000247)	259	0.064 (0.20)	-57.46

10.2.4.2 Verifica a flessione sezione Sc2

La sezione in esame è quella posta in campata tra la trave di bordo e la trave di spina.

Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

Nei dettagli delle verifiche con :

- Comb. 1 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmax
- Comb. 2 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmin

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: SezioneS2_corrente

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante

Condizioni Ambientali: Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.13	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.0	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Barre superiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	-3.53	-30.31	0.00	0.00
2	67.96	80.83	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	-0.15	-21.74
2	47.70	57.96

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	4.65	-14.55 (-57.59)
2	27.60	36.56 (57.55)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 15.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	-3.53	-30.31	-3.24	-199.00	6.572	6.7	0.27	0.78	45.2 (4.3)
2	S	67.96	80.83	67.74	186.03	2.304	24.4	0.25	0.75	22.6 (4.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	-0.00024	7.2	-0.00937	24.8
2	0.00350	30.0	0.00028	24.8	-0.01064	7.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.87	0.0	0.00	9.4	-45.7	7.2	6.9	686	22.6	21.4
2	S	5.34	30.0	0.00	20.9	-120.6	24.8	7.0	697	22.6	21.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00031	0.00014	0.50	0.60	0.000137 (0.000137)	260	0.036 (990.00)	-56.67
2	S	-0.00092	0.00040	0.50	0.60	0.000362 (0.000362)	330	0.119 (990.00)	57.77

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.26	0.0	0.00	9.7	-29.6	7.2	6.8	678	22.6	21.4
2	S	3.37	30.0	0.00	20.9	-76.7	24.8	7.0	698	22.6	21.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00020	0.00009	0.50	0.60	0.000089 (0.000089)	258	0.023 (0.20)	-57.59
2	S	-0.00058	0.00025	0.50	0.60	0.000230 (0.000230)	330	0.076 (0.20)	57.55

10.2.4.3 Verifica a flessione sezione Sc3

La sezione in esame è quella posta in asse alla trave di spina.

Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

Nei dettagli delle verifiche con :

- Comb. 1 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmax
- Comb. 2 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmin

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: SezioneS3_corrente

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
 Forma della sezione: Rettangolare
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.13 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Barre superiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	40.18	-3.14	0.00	0.00
2	28.79	52.04	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	29.04	0.48
2	21.79	38.50

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	15.41	4.44 (67.39)
2	15.34	29.33 (56.85)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 15.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	40.18	-3.14	40.44	-202.66	62.605	6.9	0.28	0.79	45.2 (4.3)
2	S	28.79	52.04	28.59	182.11	3.503	24.5	0.24	0.74	22.6 (4.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione					
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)					
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)					
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)					
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	-0.00018	7.2	-0.00917	24.8
2	0.00350	30.0	0.00022	24.8	-0.01089	7.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]										
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)										
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]										
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)										
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]										
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)										
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre										
Ac Eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)										
As Eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)										
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la $(C4.1.11)NTC/(7.14)EC2$)										
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.10	30.0	0.06	0.0	1.0	24.8	0.0	0	0.0	0.0
2	S	3.54	30.0	0.00	21.1	-82.5	24.8	7.0	702	22.6	21.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
Ver	Esito verifica								
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata								
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata								
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC								
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2								
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es								
srm	Distanza massima in mm tra le fessure								
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.								
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]								
N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00001	----	----	----	----	----	0.00
2	S	-0.00063	0.00027	0.50	0.60	0.000248 (0.000248)	331	0.082 (990.00)	56.98

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.41	30.0	0.00	18.9	-6.5	24.8	6.3	630	22.6	21.4
2	S	2.70	30.0	0.00	21.1	-63.2	24.8	7.0	703	22.6	21.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00005	0.00003	0.50	0.60	0.000020 (0.000020)	318	0.006 (0.20)	67.39
2	S	-0.00048	0.00020	0.50	0.60	0.000189 (0.000189)	331	0.063 (0.20)	56.85

10.2.4.4 Verifica a Taglio

La verifica a taglio viene effettuata sulla sezione di dimensioni 100x30 cm a ridosso delle piattabande delle travi principali a lato campata, dove si ha il massimo taglio, considerando un'armatura costituita da 2 staffe $\phi 12/20 \times 40$ cm e trascurando la presenza dell'armatura metallica costituente i tralicci delle predalles.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SOLETTA CONSIDERANDO LE ARMATURE SPECIFICHE A TAGLIO	
d	248 mm
b _w	1000 mm
f _{y,d}	391.3 N/mm ²
f _{cd}	18.13 N/mm ²
f' _{cd}	9.07 N/mm ²
cot θ	2.50
φ _w	12 mm
α	90 °
n bracci	2.5
s	200 mm
A _{sw}	283 mm ²
α _c	1 membrature non compresse
$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) =$	697.82 kN
$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw} / s f_{y,d} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha =$	308.68 kN
$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) =$	308.68 kN
V _{Ed} =	236.41 kN
c. sic. = V_{Rd}/V_{Ed} =	1.31 > 1
	Verifica soddisfatta

10.2.5 Verifica campo soletta "di bordo"

Le sezioni considerate hanno dimensioni 100x30 cm e sono armate a flessione sia superiormente che inferiormente con $\phi 24/10$ cm; a taglio a ridosso delle piattabande delle travi principali su ambo i lati si dispongono 2 staffe $\phi 12/20 \times 20$ cm, mentre a ridosso della piattabanda della trave di spina, sempre su ambo i lati, una staffa $\phi 12/20 \times 20$ cm.

Nelle verifiche a SLU (flessione e taglio), SLU per combinazione Eccezionale e SLE (fessurazione e limitazione delle tensioni) si trascurano le armature delle predalles.

Per la verifica allo SLU in combinazione eccezionale vengono utilizzati in via cautelativa gli stessi coefficienti γ dei materiali utilizzati per la verifica allo SLU fondamentale.

10.2.5.1 Verifica a flessione sezione Sb1

La sezione in esame è quella posta in asse alla trave di bordo.

Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLU per Combinazione Eccezionale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

Nei dettagli delle verifiche con :

- Comb. 1 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmax
- Comb. 2 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmin
- Comb. 3 ci si riferisce a SLU Combinazione eccezionale- Mmax
- Comb. 4 ci si riferisce a SLU Combinazione eccezionale - Mmin

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: SezioneS1_bordo

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai)senza staffe
 Forma della sezione: Rettangolare
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40
 Resistenza compress. di progetto fcd: 18.13 MPa
 Deform. unitaria max resistenza ec2: 0.0020
 Deformazione unitaria ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensioni-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 33345.8 MPa
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa
 Coeff.Omogen. S.L.E.: 15.00
 Sc limite S.L.E. comb. Rare: 19.2 MPa
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 19.2 MPa
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. a snervamento fyk: 450.0 MPa
 Resist. caratt. a rottura ftk: 450.0 MPa
 Resist. a snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 200000.0 MPa
 Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$: 0.50
 Comb.Rare - Sf Limite: 360.0 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
 Altezza: 30.0 cm
 Barre inferiori: 10Ø24 (45.2 cm²)
 Barre superiori: 10Ø24 (45.2 cm²)

Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

- N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	-11.26	-198.68	0.00	0.00
2	51.33	-16.46	0.00	0.00
3	-76.99	-172.76	0.00	0.00
4	-0.45	-46.21	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

- N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	-7.45	-146.10
2	36.67	-25.16

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

- N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.42	-110.21 (-68.07)
2	17.02	-38.02 (-69.58)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.5	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

- Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
--------	-----	---	----	------	-------	----------	----	-----	--------	---------

1	S	-11.26	-198.68	-11.17	-356.38	1.794	8.6	0.35	0.87	45.2 (4.3)
2	S	51.33	-16.46	51.29	-361.27	21.694	8.7	0.35	0.88	45.2 (4.3)
3	S	-76.99	-172.76	-76.80	-351.23	2.038	8.4	0.34	0.86	45.2 (4.3)
4	S	-0.45	-46.21	-0.45	-357.22	7.731	8.6	0.35	0.87	45.2 (4.3)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00056	7.2	-0.00664	24.8
2	0.00350	0.0	0.00060	7.2	-0.00648	24.8
3	0.00350	0.0	0.00051	7.2	-0.00681	24.8
4	0.00350	0.0	0.00056	7.2	-0.00661	24.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	9.00	0.0	0.00	11.3	-162.3	7.2	6.2	625	45.2	9.5
2	S	1.63	0.0	0.00	12.7	-24.2	7.2	5.9	586	45.2	9.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00112	0.00067	0.50	0.60	0.000632 (0.000487)	192	0.122 (990.00)	-67.89
2	S	-0.00017	0.00012	0.50	0.60	0.000072 (0.000072)	189	0.014 (990.00)	-73.25

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.80	0.0	0.00	11.3	-121.8	7.2	6.2	623	45.2	9.5
2	S	2.37	0.0	0.00	11.6	-40.3	7.2	6.1	612	45.2	9.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00084	0.00051	0.50	0.60	0.000430 (0.000365)	192	0.083 (0.20)	-68.07
2	S	-0.00028	0.00018	0.50	0.60	0.000121 (0.000121)	191	0.023 (0.20)	-69.58

10.2.5.2 Verifica a flessione sezione Sb2

La sezione in esame è quella posta in campata tra la trave di bordo e la trave di spina.

Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

Nei dettagli delle verifiche con :

- Comb. 1 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmax
- Comb. 2 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmin

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: SezioneS2_bordo

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
 Forma della sezione: Rettangolare
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40
 Resistenza compress. di progetto fcd: 18.13 MPa
 Deform. unitaria max resistenza ec2: 0.0020
 Deformazione unitaria ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensioni-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 33345.8 MPa
 Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa
 Coeff.Omogen. S.L.E.: 15.00
 Sc limite S.L.E. comb. Rare: 19.2 MPa
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 19.2 MPa
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.0	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	-25.66	-34.78	0.00	0.00
2	168.67	99.71	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	-16.10	-25.14
2	120.80	72.10

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	-3.74	-17.92 (-67.38)
2	73.31	47.46 (71.08)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	-25.66	-34.78	-25.51	-355.25	10.283	8.5	0.34	0.87	45.2 (4.3)
2	S	168.67	99.71	168.87	351.40	3.541	22.8	0.32	0.84	45.2 (4.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00054	7.2	-0.00668	24.8
2	0.00350	30.0	0.00098	24.8	-0.00757	7.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.52	0.0	0.00	10.8	-29.4	7.2	6.4	639	45.2	9.5
2	S	4.71	30.0	0.00	18.6	-70.9	24.8	6.2	621	45.2	9.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
el	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata

e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00020	0.00011	0.50	0.60	0.000088 (0.000088)	194 0.017 (990.00)		-66.01
2	S	-0.00058	0.00035	0.50	0.60	0.000213 (0.000213)	260 0.055 (990.00)		71.62

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.10	0.0	0.00	11.1	-20.2	7.2	6.3	629	45.2	9.5
2	S	3.10	30.0	0.00	18.7	-47.4	24.8	6.2	624	45.2	9.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00014	0.00008	0.50	0.60	0.000061 (0.000061)	193 0.012 (0.20)		-67.38
2	S	-0.00039	0.00023	0.50	0.60	0.000142 (0.000142)	260 0.037 (0.20)		71.08

10.2.5.3 Verifica a flessione sezione Sb3

La sezione in esame è quella posta in asse alla trave di spina.

Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

Nei dettagli delle verifiche con :

- Comb. 1 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmax
- Comb. 2 ci si riferisce a SLU fondamentale, SLE rara e SLE quasi permanente - Mmin

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: SezioneS3_bordo

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.13	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk:		450.0	MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.0	MPa
Resist. a snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef:		200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:		360.0	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	101.17	-19.20	0.00	0.00
2	18.41	58.39	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	72.43	-11.36
2	15.00	43.22

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	35.88	-3.93 (-122.37)
2	15.55	32.88 (66.96)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	101.17	-19.20	101.16	-365.15	18.651	8.8	0.36	0.88	45.2 (4.3)
2	S	18.41	58.39	18.16	336.91	5.776	23.1	0.30	0.82	45.2 (4.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00064	7.2	-0.00635	24.8
2	0.00350	30.0	0.00086	24.8	-0.00808	7.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O)
Ss min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)
Dw Eff. Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre

Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.80	0.0	0.00	17.0	-5.8	7.2	4.4	441	45.2	9.5
2	S	2.77	30.0	0.00	19.6	-49.3	24.8	6.5	653	45.2	9.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00005	0.00006	0.50	0.60	0.000017 (0.000017)	176 0.003 (990.00)		-98.63
2	S	-0.00039	0.00021	0.50	0.60	0.000148 (0.000148)	263 0.039 (990.00)		66.51

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.29	0.0	0.00	19.7	-1.2	7.2	3.5	348	45.2	9.5
2	S	2.11	30.0	0.00	19.5	-37.0	24.8	6.5	650	45.2	9.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00002	0.50	0.60	0.000004 (0.000004)	167 0.001 (0.20)		-122.37
2	S	-0.00029	0.00016	0.50	0.60	0.000111 (0.000111)	263 0.029 (0.20)		66.96

10.2.5.4 Verifica a Taglio

La verifica a taglio viene effettuata sulla sezione di dimensioni 100x30 cm a ridosso delle piattabande delle travi principali a lato campata, dove si ha il massimo taglio, considerando un'armatura costituita da 2 staffe $\phi 12/20 \times 20$ cm e trascurando la presenza dell'armatura metallica costituente i tralicci delle predalles.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SOLETTA CONSIDERANDO LE ARMATURE SPECIFICHE A TAGLIO			
d	250 mm		
b _w	1000 mm		
f _{yd}	391.3 N/mm ²		
f _{cd}	18.13 N/mm ²		
f' _{cd}	9.07 N/mm ²		
cot θ	2.50		
φ _w	12 mm		1 ≤ ctg θ ≤ 2.5
α	90 °		
n bracci	5		
s	200 mm		
A _{sw}	565 mm ²		
α _c	1	membrature non compresse	
$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) =$	703.45 kN		
$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw} / s f_{yd} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha =$	622.34 kN		
$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) =$	622.34 kN		
V _{Ed} =	382.94 kN		
c. sic. = V_{Rd}/V_{Ed} =	1.63 > 1	Verifica soddisfatta	

10.2.6 Verifica locale sezione orizzontale di attacco cordolo

Si effettua la verifica della sezione orizzontale di attacco del cordolo sulla soletta, soggetta alle azioni localizzate indotte dalla barriera installata, avente la duplice funzione di elemento di ritenuta e di sostegno ai pannelli fonoassorbenti.

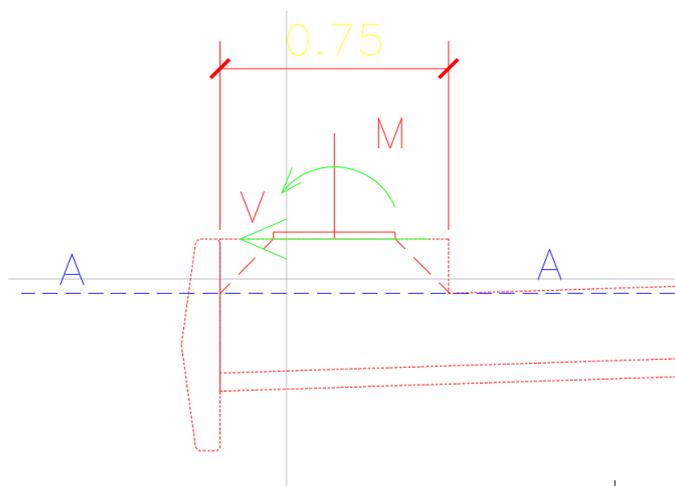


Figura 10-34 Sezione verificata

In mancanza dei dati effettivi dell'ancoraggio, la verifica viene effettuata ipotizzando una dimensione della piastra di base pari a 400 x 250 mm.

Le sollecitazioni concentrate indotte dalla piastra vengono diffuse con ampiezza 45 ° fino alla sezione di attacco sulla soletta.

Assumendo uno spessore di calcolo della parte in aggetto del cordolo pari a circa 20 cm, la sezione resistente considerata, effettuata la diffusione lungo lo spessore, risulterà avere dimensioni pari a:

$$b \times h = 750 \times 650 \text{ mm}$$

La sezione risulta armata mediante 2 staffe F14 a due braccia, poste a passo longitudinale 200 mm; pertanto, considerando l'effettiva larghezza della sezione di verifica, da 650 mm, le "barre equivalenti" di armatura su ciascuno strato presentano un'area pari a:

$$A_{si} = 5 \times 154 \times 650 / 1000 = 500.3 \text{ mm}^2$$

Verifica in condizione di esercizio

Le sollecitazioni di verifica, riportate alla sezione di attacco, sono quelle indotte dal vento sulla barriera fonoassorbente.

Risultanti a quota piastra (interasse paletti 3 m):

$$V = (9233 \times 3) = 27.7 \text{ kN}$$

$$M = 3 \times 16.16 + 27.7 \times 0.2 = 54.02 \text{ kNm}$$

Qui di seguito la verifica S.L.U.

The screenshot shows the software interface for S.L.U. verification. Key data points visible are:

- Reinforcement Bars Table:**

N°	b [mm]	h [mm]
1	650	750
- Material Properties Table:**

N°	As [mm²]	d [mm]
1	500.3	50
2	500.3	250
3	500.3	500
4	500.3	700
- Material Properties (B450C, C32/40):**
 - f_{yk} : 67.5 %
 - f_{yk} : 391.3 N/mm²
 - E_s : 200,000 N/mm²
 - E_s/E_c : 15
 - e_{syd} : 1.957 %
 - $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm²
 - ϵ_{c2} : 2 %
 - ϵ_{cu} : 3.5
 - f_{cd} : 18.13
 - f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 - $\sigma_{c,adm}$: 12.25
 - τ_{co} : 0.7333
 - τ_{c1} : 2.114
- Applied Loads:**
 - N_{Ed} : 0 kN
 - M_{xEd} : 0 kNm
 - M_{yEd} : 0 kNm
- Design Results:**
 - M_{xRd} : 268.8 kNm
 - σ_c : -18.13 N/mm²
 - σ_s : 391.3 N/mm²
 - ϵ_c : 3.5 %
 - ϵ_s : 39.54 %
 - d : 700 mm
 - x : 56.93 mm
 - x/d : 0.08132
 - δ : 0.7

Figura 10-35 Verifica S.L.U. sezione attacco cordolo

Risulta:

$$\eta = M_{Ed} / M_{Rd} = 1.5 \times 54.02 / 269 = 0.3$$

La verifica a taglio viene condotta con riferimento ad un meccanismo resistente tipo "shear friction" (cfr. EN 1992-1-1, cap. 6.2.5), conteggiando, tra i contributi resistenti, il solo contributo dell'armatura passante attraverso la sezione di verifica:

$$A_s = 4 \times 500.3 = 2001 \text{ mm}^2$$

Assumendo $\mu = 0.7$ (superficie scabra), si ottiene:

$$V_{Rd} = 450 / 1.15 \times 0.7 \times 2001 = 548.1 \text{ kN} > V_{Ed}$$

$$\eta = V_{Ed}/V_{Rd} = 1.5 \times 27.7 / 548.1 = 0.07$$

La verifica appare ampiamente soddisfatta

Verifica condizione eccezionale (urto):

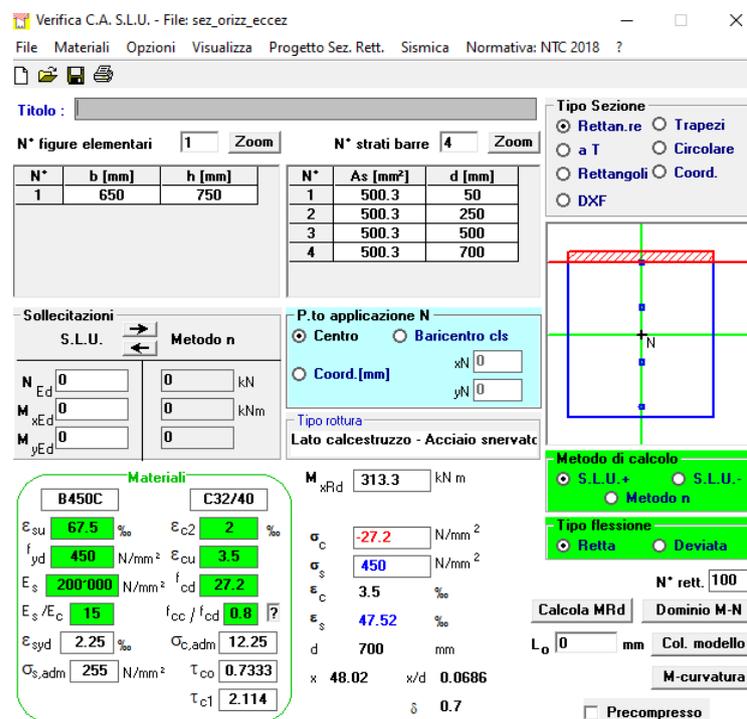
Le sollecitazioni di progetto a quota sezione di verifica risultano:

$$V = 100 \text{ kN}$$

$$M = 100 \times 1.2 = 120 \text{ kNm}$$

Al fini del calcolo di M_{Rd} , si considerano γ_m unitari.

Qui di seguito la verifica S.L.U.



Titolo: []

N° figure elementari: 1 **N° strati barre:** 4

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	650	750	1	500.3	50
			2	500.3	250
			3	500.3	500
			4	500.3	700

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Materiali: B450C C32/40

Proprietà materiali:
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 450 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 27.2 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 2.25 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

Calcoli:
 M_{xRd} 313.3 kNm
 σ_c -27.2 N/mm²
 σ_s 450 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 47.52 ‰
 d 700 mm
 x 48.02 x/d 0.0686
 δ 0.7

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 mm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 10-36 Verifica S.L.U. sezione attacco cordolo

Risulta:

$$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 120 / 313 = 0.38$$

La verifica a taglio viene condotta con i medesimi criteri visti poco sopra, assumendo γ_M unitari.:

$$V_{Rd} = 450 \times 0.7 \times 2001 = 630 \text{ kN} > V_{Ed}$$

$$\eta = V_{Ed}/V_{Rd} = 100 / 630 = 0.16$$

Anche in questo caso, la verifica appare ampiamente soddisfatta

11 APPOGGI E GIUNTI

Per quanto riguarda i dettagli e le verifiche inerenti il sistema di vincolo ed i giunti, si rimanda alla relazione di calcolo delle sottostrutture.

12 CONTROLLO DEI RISULTATI

12.1 CONTROLLI GENERALI

La modellazione F.E.M. dell'impalcato e della soletta è stata sottoposta ad un ciclo completo di controlli che ha compreso uno step preliminare consistente in:

- visualizzazione di ciascuna combinazione di carico, allo scopo di cogliere macroscopici errori di input
- esame di dettaglio dei valori numerici dei seguenti model attributes, oltre che delle corrette assegnazioni ai rispettivi elementi:
 - o geometria sezioni
 - o caratteristiche materiali
- esame di dettaglio della completezza e correttezza di ogni singola combinazione di carico e/o involuppo, comprendente il controllo dei fattori moltiplicativi $\gamma_{fav} / \gamma_{unfav}$. Tale esame è stato effettuato sistematicamente per tutte le combinazioni, ed attraverso la stampa, a campione, degli effettivi coefficienti impiegati nell'ambito di predeterminate verifiche – obbiettivo.

12.2 CONTROLLI TRAMITE VALUTAZIONI INDIPENDENTI

12.2.1 Verifica reazioni vincolari

Si effettua il calcolo indipendente della somma delle reazioni vincolari, per alcune condizioni di carico elementare ritenute più significative.

Per “Gk1 getto soletta”, si ha:

$$\text{Peso soletta} = 0.30 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 7.50 \text{ kN/mq}$$

$$\text{PP soletta totale} = \sum R_i = (311.10 \cdot 11.85 \cdot 7.5) = 27650 \text{ kN}$$

Dal modello FEM si ricava il totale delle reazioni verticali espresso in “N”.

	Component ▲	FZ[N]
1	Maximum	4.38E6
2	Node	2901
3	Minimum	1.057E6
4	Node	2888
5	Total	27.65E6

Differenza $\sum R_i \% = 0$

Per “Gk2 Permanenti” si ha:

$$\text{Cordoli} = 0.75 \cdot 0.16 \cdot 25 = 3.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pavimentazione} = 10.35 \cdot 3.00 \text{ kN/mq} = 31.05 \text{ kN/m}$$

$$\text{Barriera integrata} = 5.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Velette} = 2.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Impianti} = 2.00 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma R_i = (3.00 \cdot 2 + 31.05 + 5.00 \cdot 2 + 2.00 \cdot 2 + 2.00 \cdot 2) \cdot 311.1 = 17130 \text{ kN}$$

Dal modello FEM si ricava il totale delle reazioni verticali espresso in “N”.

	Component ▲	FZ[N]
1	Maximum	2.716E6
2	Node	2880
3	Minimum	685.0E3
4	Node	2888
5	Total	17.15E6

Differenza ΣR_i % ≈ 0

12.2.2 Verifica sollecitazioni

Si verifica il calcolo delle sollecitazioni flettenti per alcune condizioni di carico significative.

Per “Gk1 peso getto soletta”, per l’intera sezione trasversale dell’impalcato di una delle campate centrali di 48.50 m (48.55 impalcato rettilineizzato) m di luce di ha:

$$\text{Peso soletta} = 0.30 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 7.50 \text{ kN/mq}$$

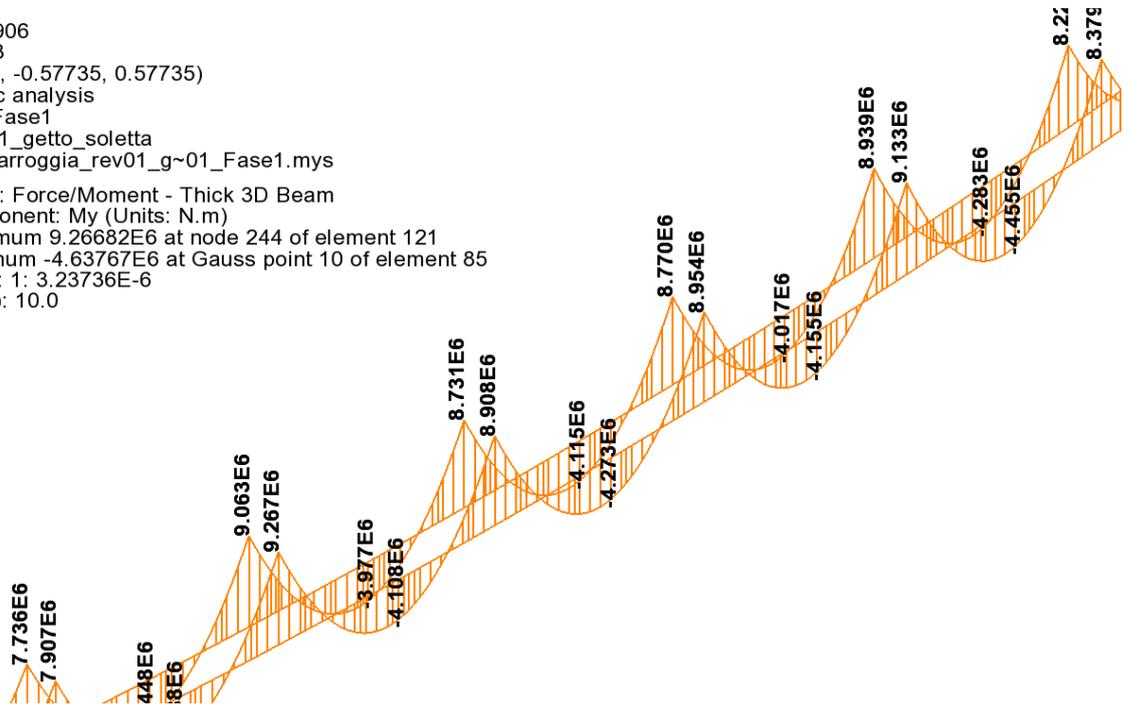
$$\text{Peso soletta} = 11.85 \cdot 7.50 \text{ kN/mq} = 88.875 \text{ kN/m}$$

$$M = 88.875 \cdot 48.55^2 / 8 = 26186 \text{ kNm}$$

Dal modello FEM si ricavano i valori riportati in figura:

Scale: 1: 813.906
Zoom: 131.513
Eye: (-0.57735, -0.57735, 0.57735)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 8:G1_getto_soletta
Results file: Marroggia_rev01_g~01_Fase1.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 9.26682E6 at node 244 of element 121
Diagram minimum -4.63767E6 at Gauss point 10 of element 85
Diagram scale: 1: 3.23736E-6
Peak range(%): 10.0



Il momento flettente agente sulla sezione trasversale dell'intero impalcato, valutato sommando i momenti di tutte le travi nella campata centrale e all'appoggio è pari a:

- somma dei momenti in campata: $4273+4115=8388$ kNm;
- somma dei momenti in appoggio Pila 1: $8950+8770= 17720$ kNm;

Momenti in Campata+Momenti Appoggio: = 26108 kNm;

Differenza M % ≈ 0

13 TABULATI DI CALCOLO

Il paragrafo 10 delle NTC 2018 “Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo” riporta quanto segue

“I progetti esecutivi riguardanti le strutture devono essere informati a caratteri di chiarezza espositiva e di completezza nei contenuti e devono inoltre definire compiutamente l'intervento da realizzare.”

“L'esito di ogni elaborazione deve essere sintetizzato in disegni e schemi grafici contenenti, almeno per le parti più sollecitate della struttura, le configurazioni deformate, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione o delle componenti degli sforzi, i diagrammi di involuppo associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari.

Di tali grandezze, unitamente ai diagrammi ed agli schemi grafici, vanno chiaramente evidenziati le convenzioni sui segni, i valori numerici e le unità di misura di questi nei punti o nelle sezioni significative ai fini della valutazione del comportamento complessivo della struttura, i valori numerici necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

E' opportuno che i tabulati generalmente forniti dai programmi automatici, cui la Relazione di calcolo deve fare riferimento, non facciano parte integrante della Relazione stessa, ma ne costituiscano un allegato.”

Nella circolare 7 del C.S.L.L.P.P. del 21.1.2019 si spiega quanto si intende con l'ultima frase evidenziando la estrema difficoltà di recuperare informazioni utili dai tabulati di calcolo e la necessità di presentare i risultati nel corpo della relazione.

“Si sottolinea, infine, l'importanza della disposizione contenuta nelle NTC, per cui i tabulati forniti dai programmi di calcolo, cui la Relazione di calcolo deve fare riferimento, non devono far parte integrante della Relazione stessa, ma costituirne un allegato. Tale disposizione ha il fine di impedire che, come talvolta accade, la Relazione di calcolo sia costituita essenzialmente dal solo tabulato dei calcoli fornito dal programma utilizzato, rendendo estremamente difficile se non talvolta impossibile, da parte degli organi e/o delle figure preposte ad un eventuale controllo, riscontrare tutte quelle informazioni sull'impostazione progettuale, i parametri ed i coefficienti scelti, gli elementi strutturali più sollecitati, come sopra descritti, che devono essere posti a base della Relazione di calcolo vera e propria.”

Le grandezze di cui si richiede la presentazione sono presenti in tutta la relazione ed in particolare al paragrafo relativo alle “Sollecitazioni trave” ove sono riportate le sollecitazioni per tutte le condizioni di carico e per gli involuppi dimensionanti.

Per un controllo dei dati di input, ed il controllo dei principali dati di output, si allegano i tabulati del software relativi alla struttura in esame.

In particolare, si forniscono seguenti files:

T00VI01STRRE13A Allegato alla relazione di calcolo impalcato – Tabulati

Contenente

Marroggia_rev01_g~01_Fase1.out

Marroggia_rev01_g~02_Fase2a.out

Marroggia_rev01_g~03_Fase2b.out
Marroggia_rev01_g~04_Fase3.out
Marroggia_rev01_g~05_Fase3_Altro.out
Marroggia_rev01_g~06_Modale.out
Marroggia_rev01_g~07_FLM3.out

Per un controllo dei dati di output, ed in particolare delle verifiche delle membrature principali, si allegano i tabulati del calcolo del programma PontiEC4

T00VI01STRE14A Allegato alla relazione di calcolo impalcato - Dettaglio Verifiche

afferenti alle seguenti analisi/verifiche:

- Verifica trave principale: VI01_PEc4_03.rtf
- Verifica trave di spina: VI01_PEc4_02_spina.rtf
- Verifica traversi: VI01_Traverso_App.rtf
- Verifica traversi: VI01_Traverso_Campata.rtf

Nell'allegato in questione sono riportati, oltre alle verifiche per esteso, anche le sollecitazioni di calcolo, scaricate direttamente dal sistema FEM.