

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
08.02 VIADOTTO MOLINO VECCHIO

Relazione di calcolo Impalcato

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	T00V102STRRE04B		
DTPG143	E	23	CODICE ELAB. T00V102STRRE04	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	SISTEMA DI VINCOLO	10
1.3	MODALITÀ REALIZZATIVE	11
1.4	SOTTOSTRUTTURE	11
1.4.1	Spalle	12
1.4.2	Pile	12
1.5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	16
1.5.1	Carpenteria metallica	16
1.5.2	Connettori trave-soletta	17
1.5.3	Giunzioni bullonate	17
1.5.4	Giunzioni saldate	18
1.5.5	Calcestruzzo	18
1.5.5.1	Parametri reologici calcestruzzo soletta	18
1.6	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	20
1.6.1	Classe di esecuzione	21
1.6.1.1	Scelta della classe di conseguenza	21
1.6.1.2	Classe di rischio connessa all'utilizzo della struttura (categorie di servizio)	22
1.6.1.3	Classe di rischio connessa alla difficoltà nell'esecuzione della struttura (categorie di produzione)	22
1.6.1.4	Determinazione della classe di esecuzione	22
1.7	SOFTWARE DI CALCOLO	22
1.8	CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI	23
2	IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE	25
2.1	IPOTESI DI BASE	25
2.1.1	Struttura di riferimento	25

2.1.2	Allineamento planimetrico	25
2.1.3	Variabilità larghezza soletta	25
2.1.4	Carichi insistenti sui sostegni	25
2.2	ANALISI DELLA STRUTTURA COMPOSTA	25
2.3	FASI	26
3	DATI GENERALI DELLE SEZIONI DI IMPALCATO	27
3.1	LARGHEZZE COLLABORANTI DI SOLETTA	27
3.2	FESSURAZIONE DELLA SOLETTA	29
3.3	CARATTERISTICHE SEZIONI DI IMPALCATO	29
3.3.1.1	Proprietà geometrico-statiche.....	41
3.3.1.2	Proprietà plastiche delle sezioni.....	46
3.4	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI IRRIGIDIMENTO (RIBS E STIFFENERS)	51
4	DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO	52
4.1	MODELLAZIONE E TIPO DI ANALISI	52
5	ANALISI DEI CARICHI	57
5.1	CARICHI AGENTI IN FASE 1	57
5.1.1	Peso proprio acciaio (G_{k1}')	57
5.1.2	Peso proprio soletta (G_{k1}'')	57
5.1.3	Peso proprio sottostrutture (G_{k1}''')	57
5.1.3.1	Peso sostegni.....	57
5.1.3.2	Peso del reinterro.....	57
5.2	CARICHI AGENTI IN FASE 2A - 2B	58
5.2.1	Cordoli e sovraccarichi permanenti (G_{k2}')	58
5.2.2	Ritiro ($G_{sh,k}$)	58
5.2.3	Cedimenti vincolari ($G_{k,sett}$)	59
5.3	CARICHI AGENTI IN FASE 2C	59

5.3.1	Coazioni impresse	59
5.4	CARICHI AGENTI IN FASE 3	59
5.4.1	Variazioni termiche (QT_k)	59
5.4.1.1	Variazioni termiche uniformi e lineari Δt_N e Δt_M	59
5.4.1.2	Combinazione degli effetti uniformi e lineari	61
5.4.2	Carichi mobili (Q_k)	61
5.4.2.1	Modelli di carico per verifiche globali	61
5.4.2.2	Modelli di carico per verifiche locali	64
5.4.2.3	Modelli di carico per verifiche a fatica	65
5.4.3	Azioni associate ai carichi mobili	66
5.4.3.1	Azioni di frenatura (Q_{fk})	66
5.4.3.2	Azione centrifuga (Q_{ck}).....	66
5.4.4	Azione del vento ($F_{w,k}$)	66
5.4.4.1	Vento in fase di esercizio	66
5.4.4.2	Vento in fase di costruzione	69
5.4.5	Azioni sismiche (E)	70
5.4.5.1	Generalità e spettri di progetto	70
5.4.5.2	Effetti della variabilità spaziale del moto sismico	74
5.4.6	Sollevamento impalcato	78
5.5	COMBINAZIONI DI CARICO	78
6	ANALISI STRUTTURALE IMPALCATO	82
6.1	SOLLECITAZIONI TRAVE	82
6.2	DEFORMAZIONI E CONTROFRECCE	110
6.2.1	Verifica massime deformazioni impalcato	112
6.2.2	Contromonte di progetto	112
7	ANALISI SISMICA	115
7.1	ANALISI DINAMICA	115
8	VERIFICA STRUTTURA METALLICA	117
8.1	VERIFICA TRAVI LONGITUDINALI	117

8.1.1	S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento	117
8.1.2	S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento	121
8.1.3	S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento	122
8.1.4	Verifiche a fatica – calcolo $\Delta\sigma E$	123
8.2	VERIFICA CONNESSIONE TRAVE/SOLETTA	127
8.2.1	Caratteristiche piolatura e detailing	127
8.2.2	Dettagli costruttivi	127
8.2.3	Riepilogo rapporti di sfruttamento verifica elastica S.L.U. - S.L.E. - Fatica	128
8.2.4	Verifica dei pioli di estremità - influenza di ritiro e variazione termica - (SLU)	131
8.3	VERIFICA DEL SISTEMA DI IRRIGIDIMENTO	131
8.3.1	Irrigidenti verticali intermedi all'attacco dei traversi di campata	132
8.3.2	Irrigidenti verticali ai sostegni	133
8.4	VERIFICA TRAVERSI DI CAMPATA	135
8.4.1	Sollecitazioni	135
8.4.2	Verifica tensionale	144
8.4.3	Stabilità laterale torsionale	152
8.4.4	Giunto bullonato	154
8.5	VERIFICA TRAVERSI DI APPOGGIO	162
8.5.1	Sollecitazioni	162
8.5.2	Verifica tensionale	167
8.5.3	Stabilità laterale torsionale	174
8.5.4	Giunto bullonato	177
8.6	VERIFICA TRAVE DI SPINA	184
8.6.1	Sollecitazioni	184
8.6.2	S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento	188

8.6.3	S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento	192
8.7	VERIFICA CONTROVENTO DI MONTAGGIO	193
8.8	SVERIFICA STABILITÀ LATERALE TORSIONALE	197
8.8.1	Fase di costruzione	197
8.8.2	Fase di esercizio	199
8.9	VERIFICA IN FASE DI SOLLEVAMENTO (TRANSITORIO)	203
8.9.1	Sollecitazioni nelle membrature principali e verifica	204
8.9.2	Portate martinetti di sollevamento	206
9	VERIFICA SOLETTA - FESSURAZIONE IN DIREZIONE LONGITUDINALE	208
9.1	AREA MINIMA	208
9.2	CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI INDIRECTI	218
9.3	CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI DIRETTI	228
10	VERIFICA SOLETTA IN CALCESTRUZZO	238
10.1	VERIFICA DELLE PREDALLE	238
10.1.1	Verifica delle predalle - campo “corrente”	238
10.1.2	Verifica delle predalle – campata in allargamento	245
10.2	VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO	253
10.2.1	Analisi dei carichi	253
10.2.2	Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE - Campo soletta “corrente”	258
10.2.3	Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE - Campo soletta di bordo	268
10.2.4	Verifica campo “corrente” soletta	277
10.2.4.1	Verifica a flessione sezione Sc1	277
10.2.4.2	Verifica a flessione sezione Sc2	280
10.2.4.3	Verifica a flessione sezione Sc3	283
10.2.4.4	Verifica a Taglio	287
10.2.5	Verifica campo soletta “di bordo”	287
10.2.5.1	Verifica a flessione sezione Sb1	287

10.2.5.2	Verifica a flessione sezione Sb2	291
10.2.5.3	Verifica a flessione sezione Sb3	294
10.2.5.4	Verifica a Taglio	297
10.2.6	Verifica locale sezione orizzontale di attacco cordolo	298
11	APPOGGI E GIUNTI	301
12	CONTROLLO DEI RISULTATI	302
12.1	CONTROLLI GENERALI	302
12.2	CONTROLLI TRAMITE VALUTAZIONI INDIPENDENTI	302
12.2.1	Verifica reazioni vincolari	302
12.2.2	Verifica sollecitazioni	303
13	TABULATI DI CALCOLO	305

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione sono riportati i calcoli statici di dimensionamento e verifica della sovrastruttura di impalcato afferente al viadotto “Molino Vecchio”, 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 766.5 metri, ed è composta da due “tratti” di lunghezza rispettivamente pari a 359 m e 407.5 m (misura valutata tra asse spalla ed asse pila-spalla), separati da un giunto di dilatazione posto in corrispondenza di una pila-spalla intermedia. I due tratti, denominati convenzionalmente “viadotto 1” e “viadotto 2”, presentano una scansione luci uniforme, qui di seguito riportata:

viadotto 1: $34 + 6 \times 48.5 + 34$ (*)

viadotto 2: 34 (*) + $7 \times 48.5 + 34$

(*) luce netta sulla pila-spalla 33.05 m

L’andamento planimetrico del tracciato, nella zona interessata dal viadotto, è caratterizzato da una leggera curva, di raggio minimo intorno ai 1500 m.

Il piano viabile, a due corsie di marcia, presenta larghezza corrente pari a 9.75 m. Nel tratto compreso tra la penultima pila (P16) e la spalla (S2), è previsto un allargamento del piano viabile, simmetrico rispetto all’asse impalcato, atto a portare la larghezza corrente ad un valore massimo di 12.05 m in corrispondenza dell’asse spalla; tale allargamento viene conseguito tramite l’incremento della luce degli sbalzi.

Ciascun impalcato è realizzato con sistema costruttivo 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 pian viabile, di larghezza variabile da 9.75 a 12.05 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.

SEZIONE TRASVERSALE SPALLA 1
SCALA 1:50

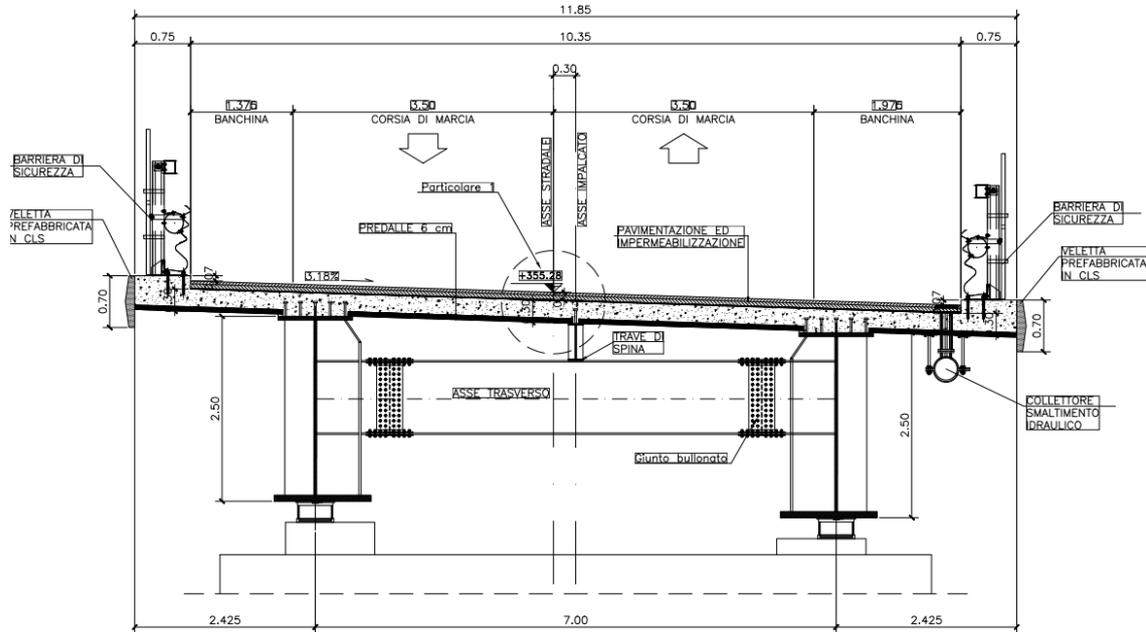


Figura 1-1: Sezione trasversale dell'impalcato - sezione su spalla S1 (sezione tipo1)

SEZIONE TRASVERSALE PILA 1
SCALA 1:50

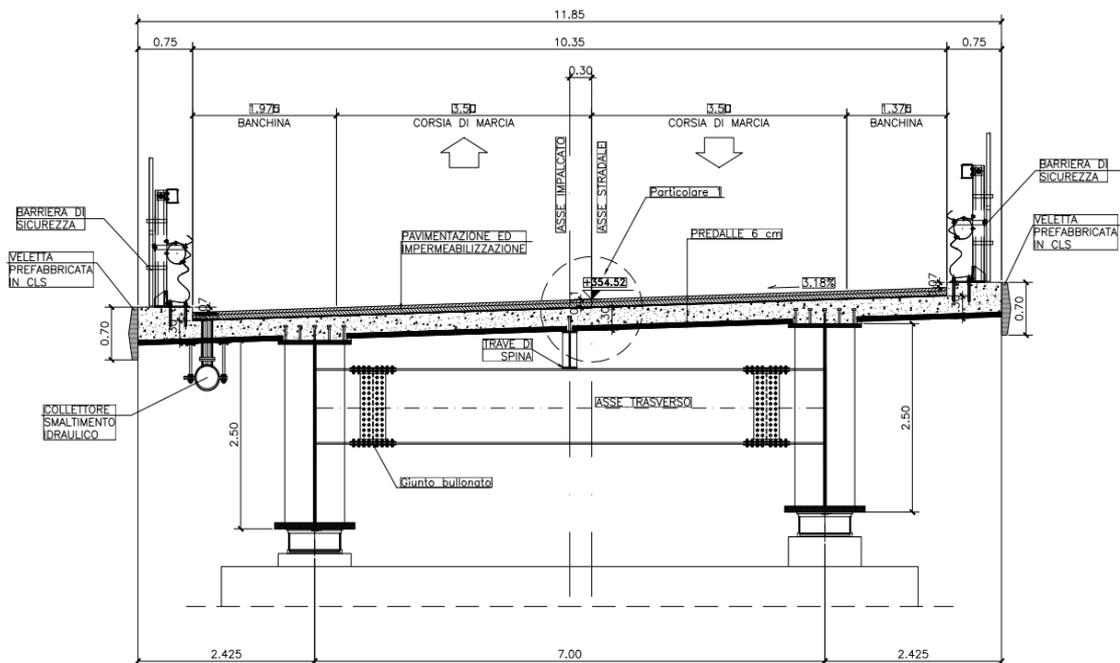


Figura 1-2: Sezione trasversale dell'impalcato - sezione su pila tipo (sezione tipo1)

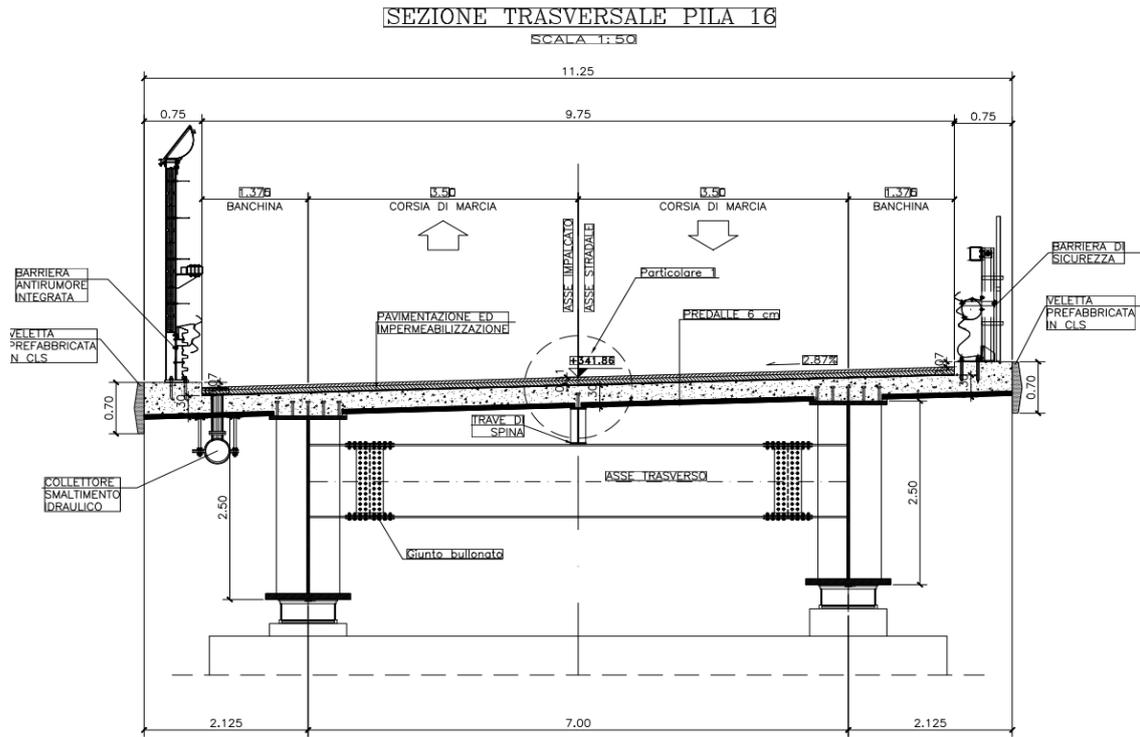


Figura 1-3: Sezione trasversale dell'impalcato - sezione su pila tipo (sezione tipo2)

SEZIONE TRASVERSALE SPALLA 2

SCALA 1:50

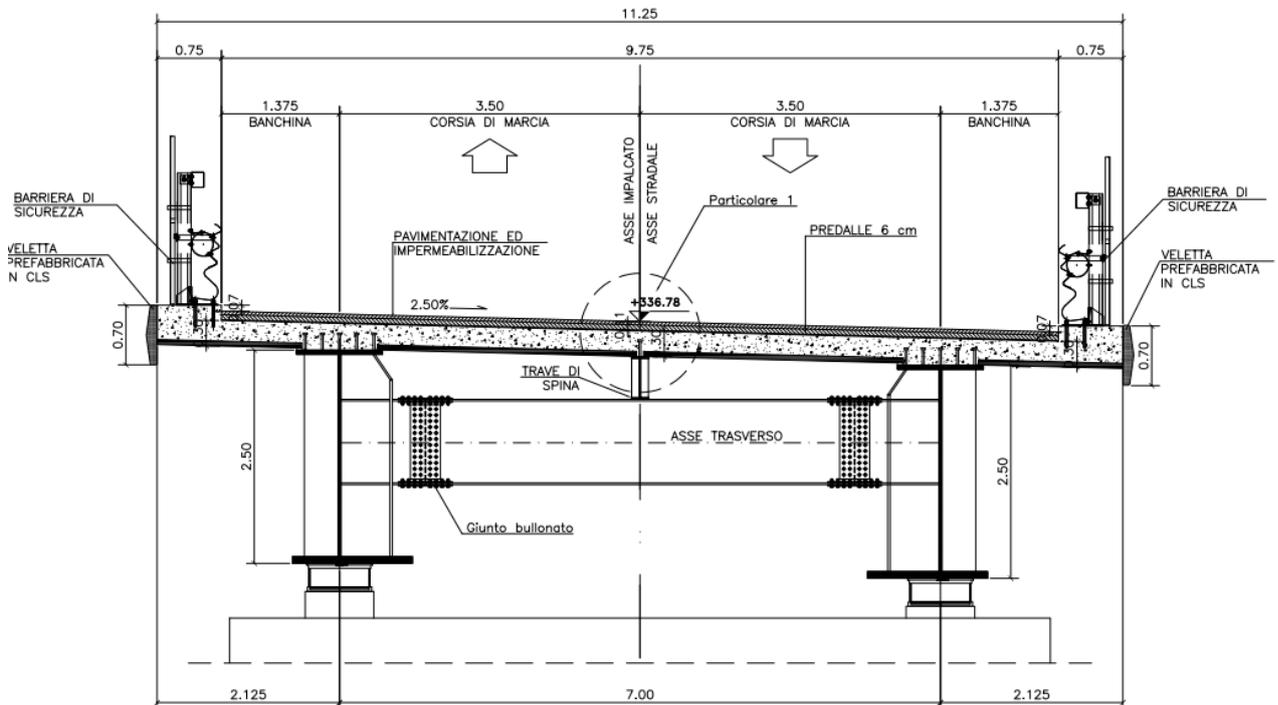


Figura 1-4: Sezione trasversale dell'impalcato - sezione su spalla S2 (sezione tipo2)

1.2 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 sulla pila-spalla P8

"HDRB2" Installati sulle pile

Al fine di evitare l'insorgenza di stati coattivi eccessivi, si prevede, per i dispositivi installati in corrispondenza della spalla "S1", "P8" (per il solo viadotto 2) ed "S2" l'adozione di una guida scorrevole unidirezionale longitudinale. In tal modo viene ridotta l'entità delle deformazioni parassite, prevalentemente di origine termica, che insistono sui dispositivi periferici.

Ulteriori dettagli riguardanti le caratteristiche dei dispositivi sono riportate nella relazione di calcolo dedicata alle sottostrutture.

Qui di seguito si riporta la pianta schematica dei dispositivi.

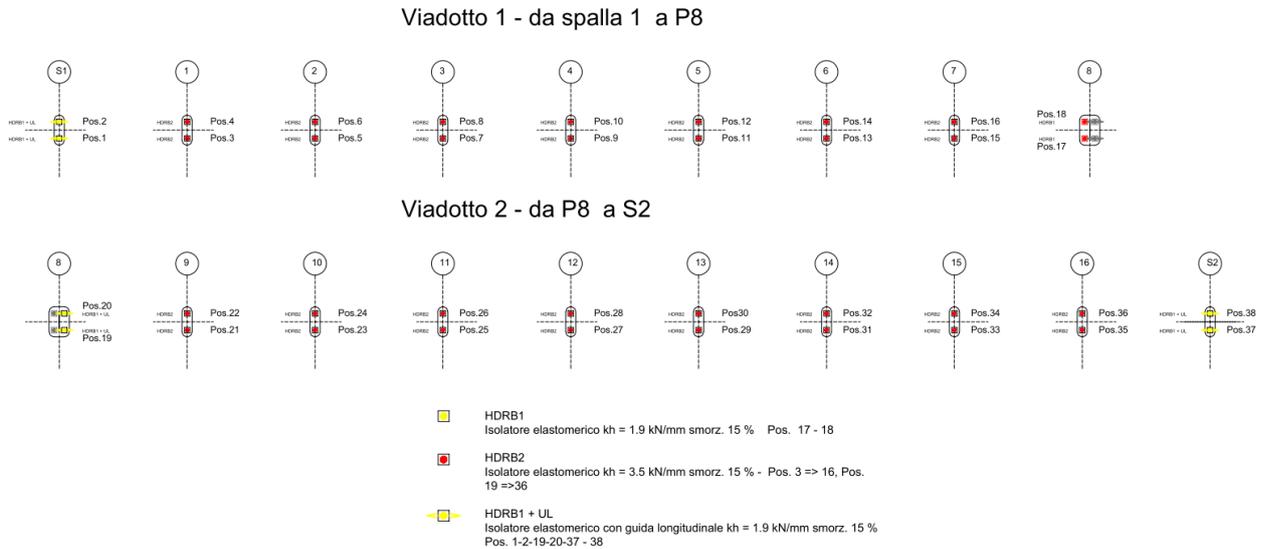


Figura 1-5 Pianta appoggi

1.3 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 autogrù.

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.

1.4 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)
- 16 sostegni intermedi (pile), così suddivisi:
 - o Pile 1-7 e pile 9-16: pile correnti
 - o Pila 8: pila – spalla

1.4.1 Spalle

Le spalle, in cemento armato, presentano altezza complessiva pari a circa 8 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.

1.4.2 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 3.8 ad un massimo di 7.10 m.

La pila n. 1, che presenta un'altezza molto limitata, presenta un fusto "pieno".

Le figure seguenti riportano alcune immagini recanti le caratteristiche generali del manufatto.

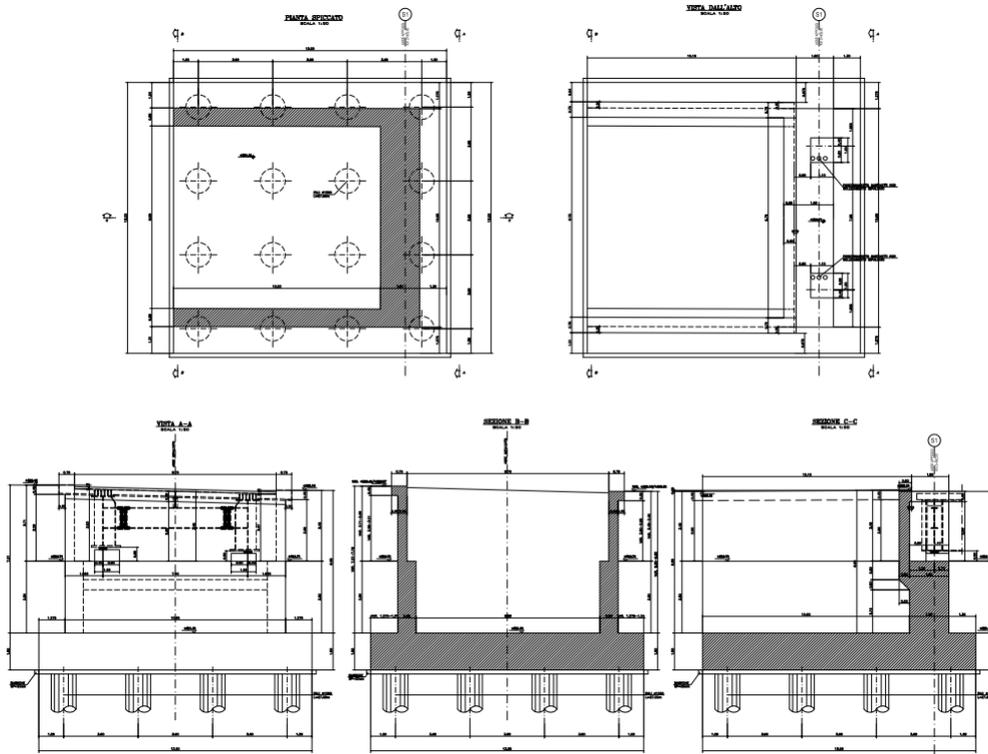


Figura 1-6: sezione su spalla

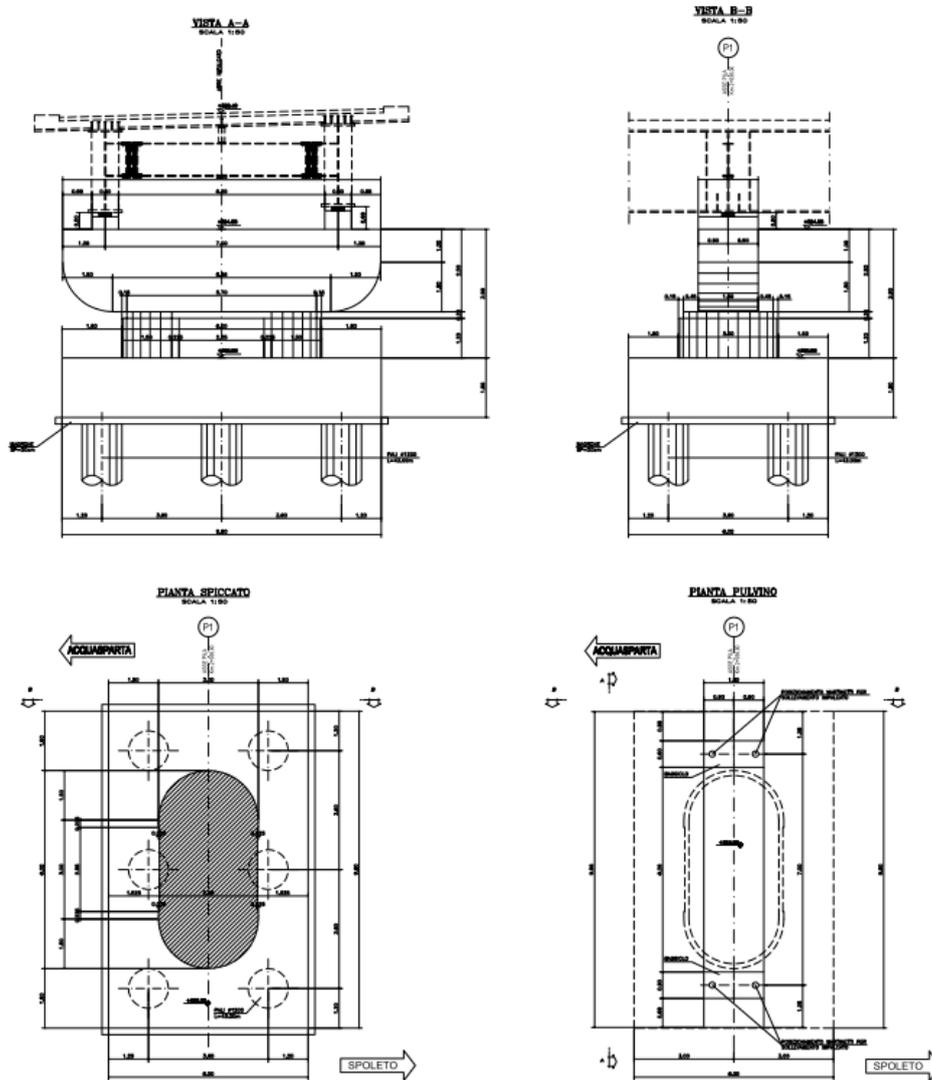


Figura 1-7: sezione e pianta su pila P1

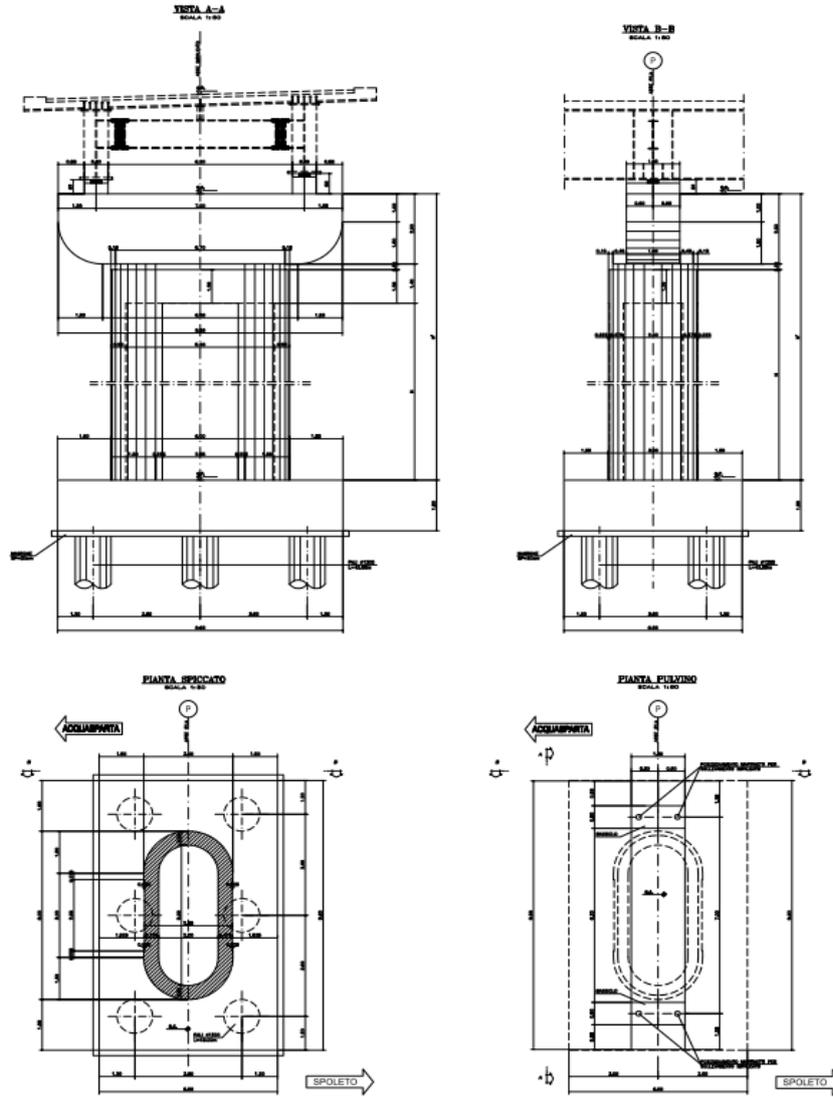


Figura 1-8: sezione e pianta su pile tipo

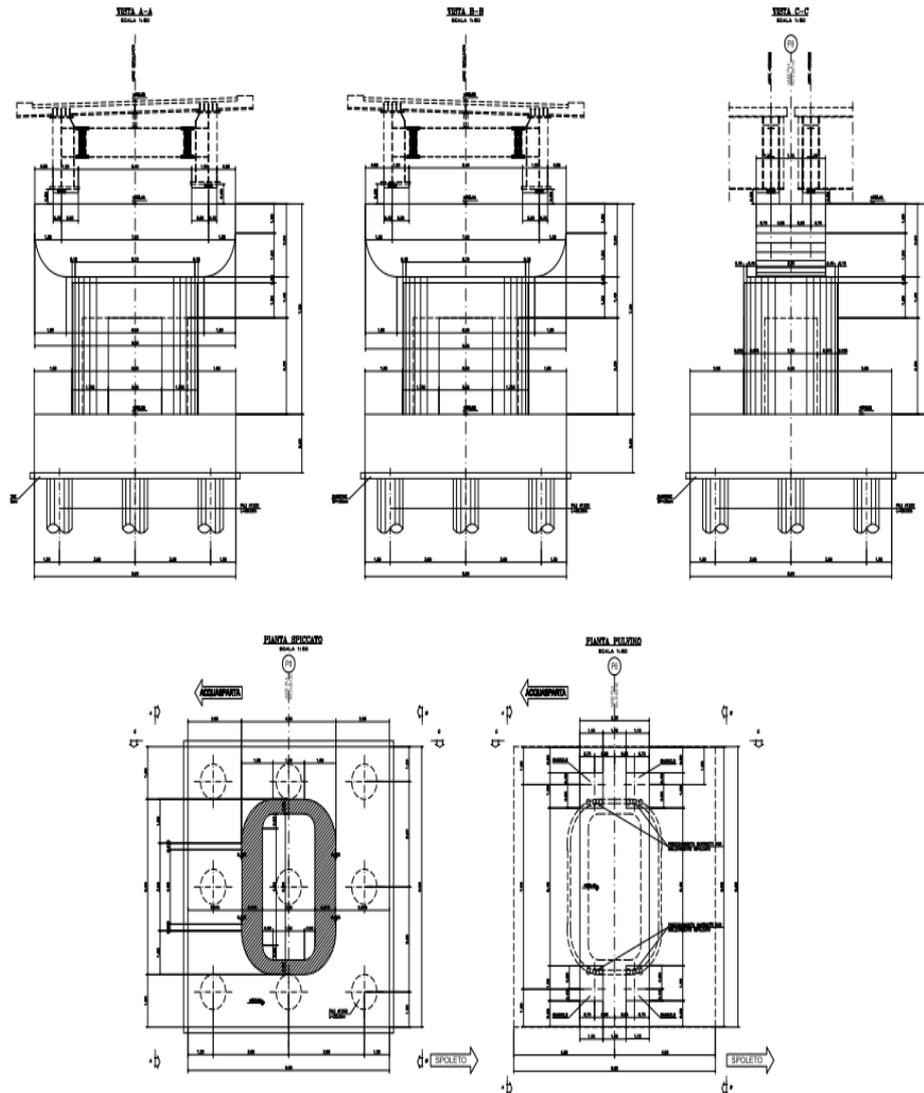


Figura 1-9: sezione e pianta su pila-spalla (8)

1.5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.5.1 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:

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

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

$\gamma_{m,ser} = 1.0$ 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

1.5.2 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 $\gamma_{mf,s} = 1.15$.

1.5.3 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 2006Pertanto, 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 :

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

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

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" ($\mu_{min} = 0.3$).

1.5.4 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:

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

1.5.5 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.

1.5.5.1 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/mm²)

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		Moduli elastici Tangenziali	
nE a tempo 0	6.298	nG a tempo 0	5.813
nE(t,t ₀) - Permanenti	17.325	nG(t,t ₀) - Permanenti	15.993
nE(t,t ₀) - Ritiro	15.457	nG(t,t ₀) - Ritiro	14.268
nE(t,t ₀) - Def. imposte	21.336	nG(t,t ₀) - Def. imposte	19.694

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)	494
Sezione dell'elemento, A _c (mm ²)	3375000.00
Perimetro a contatto con l'atmosfera, u (mm)	13670.00
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	1.592
al momento dell'applicazione del ritiro	2.645
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.592
Coefficiente nominale di viscosita', $\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.606
al momento dell'applicazione del ritiro	2.668
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.606
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	12121
al momento dell'applicazione del ritiro	13586

al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	9843
$\psi =$	
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'umidità, $\varphi_{RH} = 1 + [(1-RH/100)/(0.1h_0^{1/3})] \alpha_1 \alpha_2$	1.254
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, $\beta_H = 1.5 [1 + (0.012 RH)^{18}] h_0 + 250$ $\alpha_3 \leq 1500$ $\alpha_3 =$	1086
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 $\varepsilon_s(t, t_0)$

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000271$$

Dove:

Deformazione dovuta al ritiro per essiccamento, $\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \varepsilon_{cd,0} =$	0.000216
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, $\varepsilon_{cd,0} = 0.85 [(220 + 110\alpha_{ds1}) \exp(-\alpha_{ds2} * f_{cm} / f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH} =$	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, $\alpha_{ds1} =$	4
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha_{ds2} =$	0.12
Deformazione dovuta al ritiro autogeno, $\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca00} =$	0.0000550
$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) =$	1.00
$\varepsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10) 10^{-6} =$	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.

1.6 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

1.6.1 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).

1.6.1.1 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.

1.6.1.2 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 SCi (i = 1,2)

SC1 = sollecitazione statica

SC2 = sollecitazione dinamica a fatica

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

Classe di produzione PCi (i = 1,2)

PC1 = no saldature e acciai con grado < S355

PC2 = componenti saldati e acciaio con grado ≥ S355

1.6.1.4 Determinazione della classe di esecuzione

Selezionata la Classe di Conseguenza (CCi; 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.

1.7 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 VCASTU 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.

1.8 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/mm²

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:

- F_x azione assiale
- F_y azione tagliante agente nel piano orizzontale
- F_z azione tagliante agente nel piano verticale
- M_x momento torcente
- M_y momento flettente agente nel piano verticale
- M_z 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 (M_f) 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.

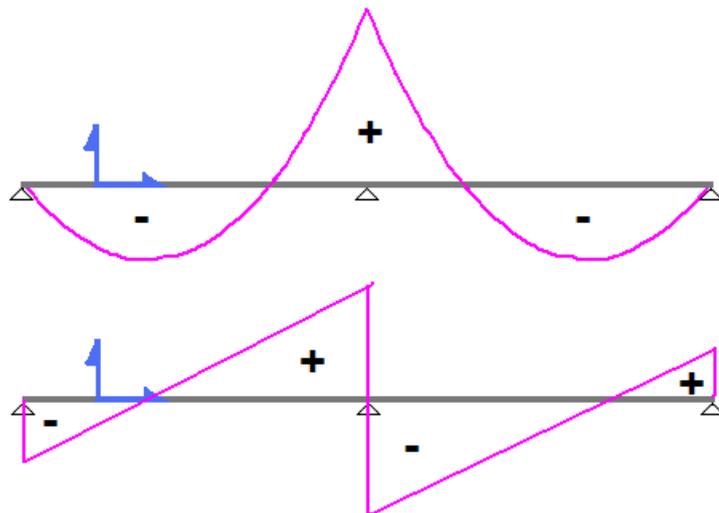


Figura 1-10: Convenzione sui segni

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 due unità indipendenti, denominate, convenzionalmente "viadotto 1" (da spalla S1 a pila P8) e "viadotto 2" (da pila P8 a spalla S2).

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

33.40 m: campata di riva 1

48.5 m: campata tipo

33.05 m: campata di riva 2

Esse differiscono per il numero di campate tipiche "interne": 6 campate per il viadotto 1, e rispettivamente 7 campate per il viadotto 2.

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.

2.1.2 Allineamento planimetrico

Il viadotto percorre un tracciato caratterizzato da una debole curva di raggio variabile. Ai fini del calcolo, la modellazione numerica dell'impalcato viene effettuato "in retto", assumendo, quale luce di calcolo, la luce "reale" della travata posta in esterno curva, che differisce di circa 5 cm (nel caso peggiore) dalla luce misurata in asse impalcato.

2.1.3 Variabilità larghezza soletta

Come accennato in premessa, la larghezza presenta un ampliamento, simmetrico rispetto all'asse nella zona terminale del viadotto 2. L'ampliamento si innesta in prossimità della pila 16.

Ai fini del calcolo, si ipotizza una variazione lineare dell'ampiezza degli sbalzi a partire dalla pila P16, in cui viene assunta una larghezza complessiva di 11.25 m, fino alla spalla S2, in cui viene assunta una larghezza complessiva pari a 12.05 m.

I carichi insistenti sulle travi principali verranno pertanto implementati con riferimento a questa variazione lineare.

2.1.4 Carichi insistenti sui sostegni

Come indicato in premessa, la pila 1 presenta un riempimento della zona cava del fusto. Tale contributo, di scarsa entità rispetto a quella dei carichi dominanti, viene trascurata.

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	Permanenti 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.

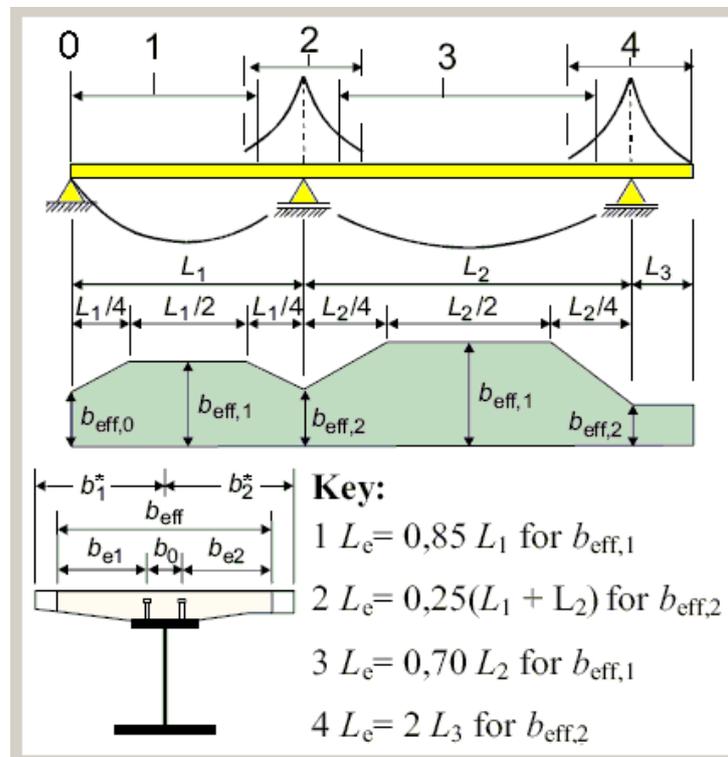


Figura 3-1: Criteri per la determinazione della larghezza collaborante di soletta

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	2'125	600	0	4'773	28.18	3'200	1'825	0.770	0.936
8.2875	3'500	2'125	600	1	5'625	28.18	3'200	1'825	1.000	1.000
24.8625	3'500	2'125	600	1	5'625	28.18	3'200	1'825	1.000	1.000
33.15	3'500	2'125	600	2	5'018	20.74	2'593	1'825	1.000	1.000
45.6025	3'500	2'125	600	3	5'625	34.87	3'200	1'825	1.000	1.000
70.5075	3'500	2'125	600	3	5'625	34.87	3'200	1'825	1.000	1.000
82.96	3'500	2'125	600	2	5'502	24.62	3'077	1'825	1.000	1.000
95.1225	3'500	2'125	600	3	5'625	34.06	3'200	1'825	1.000	1.000
119.4475	3'500	2'125	600	3	5'625	34.06	3'200	1'825	1.000	1.000
131.61	3'500	2'125	600	2	5'466	24.33	3'041	1'825	1.000	1.000
143.7775	3'500	2'125	600	3	5'625	34.07	3'200	1'825	1.000	1.000
168.1125	3'500	2'125	600	3	5'625	34.07	3'200	1'825	1.000	1.000
180.28	3'500	2'125	600	2	5'468	24.34	3'043	1'825	1.000	1.000
192.4525	3'500	2'125	600	3	5'625	34.08	3'200	1'825	1.000	1.000
216.7975	3'500	2'125	600	3	5'625	34.08	3'200	1'825	1.000	1.000
228.97	3'500	2'125	600	2	5'468	24.35	3'043	1'825	1.000	1.000
241.145	3'500	2'125	600	3	5'625	34.09	3'200	1'825	1.000	1.000
265.495	3'500	2'125	600	3	5'625	34.09	3'200	1'825	1.000	1.000
277.67	3'500	2'125	600	2	5'469	24.35	3'044	1'825	1.000	1.000
289.8475	3'500	2'125	600	3	5'625	34.10	3'200	1'825	1.000	1.000
314.2025	3'500	2'125	600	3	5'625	34.10	3'200	1'825	1.000	1.000
326.38	3'500	2'125	600	2	5'435	24.08	3'010	1'825	1.000	1.000
338.285	3'500	2'125	600	3	5'625	33.33	3'200	1'825	1.000	1.000
362.095	3'500	2'125	600	3	5'625	33.33	3'200	1'825	1.000	1.000
374	3'500	2'125	600	2	4'991	20.53	2'566	1'825	1.000	1.000
382.625	3'500	2'125	600	1	5'625	29.33	3'200	1'825	1.000	1.000
399.875	3'500	2'125	600	1	5'625	29.33	3'200	1'825	1.000	1.000
408.5	3'500	2'125	600	0	4'830	29.33	3'200	1'825	0.779	0.952

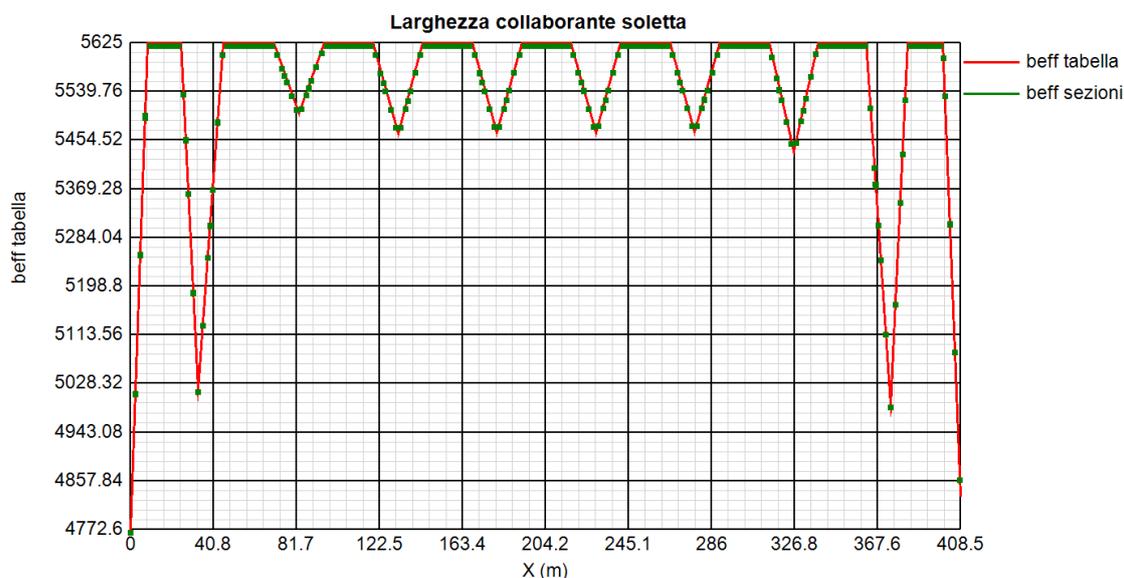


Figura 3-2: Larghezza collaborante della soletta lungo la trave

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 conci. 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 conci:

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)
<i>C1</i>	2500	1000	30	2435	18	1100	35	22	200	30 - 6 ϕ 22/200
<i>C2</i>	2500	1000	35	2415	18	1100	50	22	200	20 - 4 ϕ 22/200
<i>C3</i>	2500	1000	35	2415	20	1100	50	22	200	20 - 4 ϕ 22/200
<i>C4</i>	2500	1000	40	2400	22	1100	60	22	200	25 - 5 ϕ 22/200
<i>C2riva</i>	2500	1000	30	2420	18	1100	50	22	200	20 - 4 ϕ 22/200
<i>C3riva</i>	2500	1000	35	2415	20	1100	50	22	200	20 - 4 ϕ 22/200

Lunghezze teoriche conci in asse impalcato					
Campate di riva da 34 m			Campata tipo		
C1	8.6	m	C4	12	m
C2riva	10	m	C3	12.25	m
C3riva	10	m	C2	12	m
C4	12	m	C3	12.25	m
			C4	12	m

NOTA C1 include coda impalcato da 60 cm

BARRE ARMATURA LONGIUDINALI				
Sections	Fisup (mm)	pbsup (mm)	Fiinf (mm)	pbinf (mm)
C1	24	200	24	200
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_50_1	0	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_50_11	2.36	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_59_1	2.365	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_59_11	4.726	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_70_1	4.731	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_70_11	7.059	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C2riva_73_1	7.064	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_73_11	7.096	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_82_1	7.101	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_82_11	9.462	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_93_1	9.467	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_93_11	11.827	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_102_1	11.832	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_102_11	14.193	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_113_1	14.198	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_113_11	16.558	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_122_1	16.563	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_122_11	17.088	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C3riva_125_1	17.093	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_125_11	18.929	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_136_1	18.934	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_136_11	21.294	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_145_1	21.299	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_145_11	23.66	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_156_1	23.665	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_156_11	26.025	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_165_1	26.03	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_165_11	27.112	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_168_1	27.117	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_168_11	28.396	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_179_1	28.401	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_179_11	30.761	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_188_1	30.766	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_188_11	33.127	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_199_1	33.132	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_199_11	35.557	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_208_1	35.562	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_208_11	37.988	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_219_1	37.993	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_219_11	39.144	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_222_1	39.149	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_222_11	40.423	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_231_1	40.428	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_231_11	42.854	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_242_1	42.859	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_242_11	45.284	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_251_1	45.289	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_251_11	47.715	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_262_1	47.72	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_262_11	50.145	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_271_1	50.15	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_271_11	51.426	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_274_1	51.431	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_274_11	52.581	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_285_1	52.586	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_285_11	55.011	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_294_1	55.016	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_294_11	57.442	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_305_1	57.447	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_305_11	59.872	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_314_1	59.877	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_314_11	62.303	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_325_1	62.308	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_325_11	63.458	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_328_1	63.463	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_328_11	64.738	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_337_1	64.743	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_337_11	67.169	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_348_1	67.174	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_348_11	69.599	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_357_1	69.604	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_357_11	72.03	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_368_1	72.035	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_368_11	74.46	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_377_1	74.465	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_377_11	75.74	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)
C4_380_1	75.745	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_380_11	76.896	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_391_1	76.901	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_391_11	79.326	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_400_1	79.331	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_400_11	81.757	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_411_1	81.762	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_411_11	84.188	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_420_1	84.193	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_420_11	86.62	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_431_1	86.625	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_431_11	87.776	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_434_1	87.781	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_434_11	89.056	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_443_1	89.061	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_443_11	91.488	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_454_1	91.493	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_454_11	93.92	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_463_1	93.925	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_463_11	96.351	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_474_1	96.356	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_474_11	98.782	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_483_1	98.787	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_483_11	100.063	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_486_1	100.068	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_486_11	101.219	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_497_1	101.224	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_497_11	103.651	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_506_1	103.656	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_506_11	106.082	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_517_1	106.087	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_517_11	108.513	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_526_1	108.518	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_526_11	110.945	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_537_1	110.95	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_537_11	112.1	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_540_1	112.105	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_540_11	113.381	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_549_1	113.386	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_549_11	115.813	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_560_1	115.818	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_560_11	118.244	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_569_1	118.249	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_569_11	120.676	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_580_1	120.681	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_580_11	123.108	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_589_1	123.113	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_589_11	124.387	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_592_1	124.392	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_592_11	125.544	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_603_1	125.549	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_603_11	127.975	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_612_1	127.98	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_612_11	130.407	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_623_1	130.412	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_623_11	132.839	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_632_1	132.844	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_632_11	135.272	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_643_1	135.277	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_643_11	136.429	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_646_1	136.434	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_646_11	137.71	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_655_1	137.715	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_655_11	140.142	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_666_1	140.147	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_666_11	142.574	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_675_1	142.579	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_675_11	145.007	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_686_1	145.012	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_686_11	147.44	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_695_1	147.445	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_695_11	148.721	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_698_1	148.726	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_698_11	149.877	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_709_1	149.882	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_709_11	152.309	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_718_1	152.314	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_718_11	154.742	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_729_1	154.747	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_729_11	157.175	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_738_1	157.18	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_738_11	159.607	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_749_1	159.612	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_749_11	160.763	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_752_1	160.768	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_752_11	162.045	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_761_1	162.05	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_761_11	164.477	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_772_1	164.482	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_772_11	166.91	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_781_1	166.915	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_781_11	169.342	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_792_1	169.347	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_792_11	171.774	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_801_1	171.779	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_801_11	173.055	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_804_1	173.06	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_804_11	174.212	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_815_1	174.217	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_815_11	176.645	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_824_1	176.65	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_824_11	179.077	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_835_1	179.082	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_835_11	181.511	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_844_1	181.516	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_844_11	183.944	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_855_1	183.949	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_855_11	185.102	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_858_1	185.107	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_858_11	186.382	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_867_1	186.387	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_867_11	188.816	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_878_1	188.821	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_878_11	191.25	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_887_1	191.255	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_887_11	193.683	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_898_1	193.688	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_898_11	196.116	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_907_1	196.121	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_907_11	197.399	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_910_1	197.404	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_910_11	198.555	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_921_1	198.56	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_921_11	200.989	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_930_1	200.994	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_930_11	203.422	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_941_1	203.427	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_941_11	205.855	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_950_1	205.86	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_950_11	208.289	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_961_1	208.294	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_961_11	209.445	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_964_1	209.45	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_964_11	210.728	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_973_1	210.733	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_973_11	213.161	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_984_1	213.166	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_984_11	215.594	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_993_1	215.599	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_993_11	218.028	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1004_1	218.033	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1004_11	220.462	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1013_1	220.467	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1013_11	221.742	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_1016_1	221.747	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1016_11	222.9	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1027_1	222.905	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1027_11	225.333	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1036_1	225.338	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1036_11	227.767	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1047_1	227.772	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1047_11	230.201	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_1056_1	230.206	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1056_11	232.635	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1067_1	232.64	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1067_11	233.791	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_1070_1	233.796	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1070_11	235.074	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1079_1	235.079	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1079_11	237.508	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1090_1	237.513	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1090_11	239.942	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1099_1	239.947	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1099_11	242.376	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1110_1	242.381	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1110_11	244.81	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1119_1	244.815	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1119_11	246.092	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_1122_1	246.097	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1122_11	247.249	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1133_1	247.254	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1133_11	249.683	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1142_1	249.688	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1142_11	252.117	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1153_1	252.122	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1153_11	254.551	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1162_1	254.556	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1162_11	256.985	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1173_1	256.99	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1173_11	258.142	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_1176_1	258.147	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1176_11	259.424	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1185_1	259.429	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1185_11	261.858	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1196_1	261.863	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1196_11	264.292	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1205_1	264.297	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1205_11	266.726	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1216_1	266.731	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1216_11	269.16	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_1225_1	269.165	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1225_11	270.443	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_1228_1	270.448	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1228_11	271.599	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1239_1	271.604	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1239_11	274.033	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1248_1	274.038	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1248_11	276.467	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1259_1	276.472	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1259_11	278.901	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1268_1	278.906	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1268_11	281.336	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1279_1	281.341	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1279_11	282.493	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_1282_1	282.498	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1282_11	283.776	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1291_1	283.781	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1291_11	286.21	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1302_1	286.215	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1302_11	288.644	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1311_1	288.649	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1311_11	291.079	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1322_1	291.084	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1322_11	293.514	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1331_1	293.519	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1331_11	294.796	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2_1334_1	294.801	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1334_11	295.953	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1345_1	295.958	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1345_11	298.388	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1354_1	298.393	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1354_11	300.822	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1365_1	300.827	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1365_11	303.257	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1374_1	303.262	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1374_11	305.691	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1385_1	305.696	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1385_11	306.848	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_1388_1	306.853	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1388_11	308.13	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1397_1	308.135	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1397_11	310.565	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1408_1	310.57	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1408_11	313	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1417_1	313.005	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1417_11	315.434	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1428_1	315.439	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1428_11	317.868	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1437_1	317.873	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1437_11	319.151	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_1440_1	319.156	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1440_11	320.308	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1451_1	320.313	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1451_11	322.743	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1460_1	322.748	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1460_11	325.177	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1471_1	325.182	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1471_11	327.611	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1480_1	327.616	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1480_11	330.046	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1491_1	330.051	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1491_11	331.205	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3_1494_1	331.21	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1494_11	332.486	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1503_1	332.491	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1503_11	332.507	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1506_1	332.512	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1506_11	334.925	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1517_1	334.93	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1517_11	337.359	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1526_1	337.364	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1526_11	339.794	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1537_1	339.799	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1537_11	342.228	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1546_1	342.233	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1546_11	343.513	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)
C2_1549_1	343.518	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1549_11	344.668	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1560_1	344.673	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1560_11	347.102	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1569_1	347.107	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1569_11	349.537	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1580_1	349.542	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1580_11	351.972	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1589_1	351.977	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1589_11	354.406	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1600_1	354.411	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C2_1600_11	355.566	2'500	1'000	35	2'415	18	1'100	50
C3_1603_1	355.571	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1603_11	356.845	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1612_1	356.85	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1612_11	359.28	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1623_1	359.285	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1623_11	361.715	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1632_1	361.72	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1632_11	364.149	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1643_1	364.154	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1643_11	366.109	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1646_1	366.114	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1646_11	366.646	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1655_1	366.651	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1655_11	366.688	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1658_1	366.693	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3_1658_11	367.994	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C4_1661_1	367.999	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1661_11	369.148	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1672_1	369.153	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1672_11	371.58	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1681_1	371.585	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1681_11	374.013	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1692_1	374.018	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1692_11	376.449	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1701_1	376.454	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1701_11	378.885	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_1712_1	378.89	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C4_1712_11	380.034	2'500	1'000	40	2'400	22	1'100	60
C3riva_1715_1	380.039	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_1715_11	381.326	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_1724_1	381.331	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_1724_11	383.761	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_1735_1	383.766	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_1735_11	386.197	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_1744_1	386.202	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_1744_11	388.633	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_1755_1	388.638	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C3riva_1755_11	390.068	2'500	1'000	35	2'415	20	1'100	50
C2riva_1758_1	390.073	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_1758_11	391.074	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_1767_1	391.079	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_1767_11	393.51	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_1778_1	393.515	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_1778_11	395.946	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_1787_1	395.951	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_1787_11	398.382	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_1798_1	398.387	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C2riva_1798_11	400.102	2'500	1'000	30	2'420	18	1'100	50
C1_1801_1	400.107	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_1801_11	400.822	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_1810_1	400.827	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_1810_11	403.258	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_1821_1	403.263	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_1821_11	405.694	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_1830_1	405.699	2'500	1'000	30	2'435	18	1'100	35
C1_1830_11	408.13	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

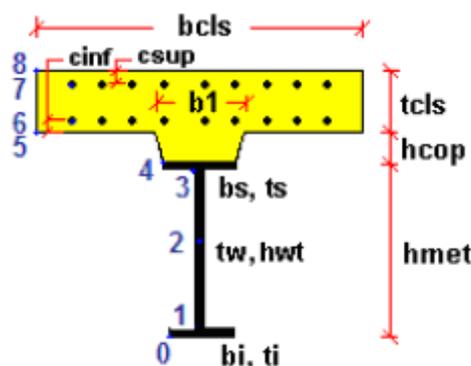


Figura 3-3: Dati caratterizzanti la sezione mista acciaio-calcestruzzo

Sezione C1 50 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	4773x240 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	4721 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	2E+5	2.08E+5	1.876E+5	3.158E+5	1.339E+5
z _G (mm)	1158.38	1823.365	1856.265	1766.626	2137.396	1400.472
J _y (mm ⁴)	1.25E+11	2.387E+11	2.443E+11	2.289E+11	2.93E+11	1.659E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.079E+8	-1.309E+8	-1.316E+8	-1.296E+8	-1.371E+8	-1.184E+8

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
W _{y,1} (mm ³)	-1.112E+8	-1.335E+8	-1.342E+8	-1.322E+8	-1.394E+8	-1.215E+8
W _{y,3} (mm ³)	9.527E+7	3.691E+8	3.981E+8	3.254E+8	8.81E+8	1.551E+8
W _{y,4} (mm ³)	9.314E+7	3.527E+8	3.796E+8	3.121E+8	8.081E+8	1.509E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.24E+8	3.472E+8	2.885E+8	6.934E+8	1.431E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.089E+8	3.303E+8	2.76E+8	6.39E+8	1.388E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	2.65E+8	2.816E+8	2.391E+8	4.995E+8	1.253E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.444E+8	2.589E+8	2.215E+8	4.422E+8	1.185E+8
S _{y,1} (mm ³)	4.392E+7	6.953E+7	7.079E+7	6.734E+7	8.162E+7	5.324E+7
S _{y,2} (mm ³)	5.528E+7	9.831E+7	1.006E+8	9.433E+7	1.214E+8	7.003E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.98E+7	9.455E+7	9.726E+7	8.988E+7	1.204E+8	5.973E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	7.47E+7	7.839E+7	6.832E+7	1.1E+8	2.719E+7
n _E	1E+300	17.325	15.457	21.336	6.298	1E+300

Sezione C2 274 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	5625x240 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	4851 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	2.291E+5	2.385E+5	2.144E+5	3.655E+5	1.511E+5
z _G (mm)	1070.848	1740.833	1777.917	1676.685	2091.429	1256.651
J _y (mm ⁴)	1.526E+11	2.966E+11	3.046E+11	2.827E+11	3.727E+11	1.92E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.425E+8	-1.704E+8	-1.713E+8	-1.686E+8	-1.782E+8	-1.528E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.494E+8	-1.754E+8	-1.763E+8	-1.738E+8	-1.825E+8	-1.592E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.094E+8	4.095E+8	4.433E+8	3.586E+8	9.976E+8	1.589E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.068E+8	3.907E+8	4.218E+8	3.434E+8	9.121E+8	1.545E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.62E+8	3.895E+8	3.201E+8	7.953E+8	1.473E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.468E+8	3.723E+8	3.075E+8	7.386E+8	1.434E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.017E+8	3.22E+8	2.699E+8	5.891E+8	1.309E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.8E+8	2.98E+8	2.517E+8	5.259E+8	1.244E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.752E+7	9.437E+7	9.641E+7	9.084E+7	1.137E+8	6.774E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.69E+7	1.201E+8	1.233E+8	1.147E+8	1.512E+8	8.084E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.941E+7	1.154E+8	1.19E+8	1.091E+8	1.499E+8	6.77E+7
S _{y,4} (mm ³)	-7.451E-9	8.942E+7	9.437E+7	8.086E+7	1.362E+8	2.48E+7
n _E	1E+300	17.325	15.457	21.336	6.298	1E+300

Sezione C3 222 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	5310x240 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	4851 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	2.359E+5	2.448E+5	2.221E+5	3.647E+5	1.623E+5
Z _G (mm)	1077.366	1738.323	1772.523	1679.692	2070.924	1311.586
J _y (mm ⁴)	1.551E+11	3.016E+11	3.092E+11	2.885E+11	3.761E+11	2.064E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.439E+8	-1.735E+8	-1.745E+8	-1.718E+8	-1.816E+8	-1.574E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.509E+8	-1.786E+8	-1.795E+8	-1.77E+8	-1.861E+8	-1.636E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.118E+8	4.15E+8	4.465E+8	3.674E+8	9.543E+8	1.79E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.09E+8	3.959E+8	4.251E+8	3.517E+8	8.765E+8	1.737E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.67E+8	3.927E+8	3.277E+8	7.69E+8	1.654E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.516E+8	3.755E+8	3.148E+8	7.162E+8	1.607E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.06E+8	3.25E+8	2.762E+8	5.759E+8	1.462E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.841E+8	3.009E+8	2.575E+8	5.158E+8	1.387E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.788E+7	9.423E+7	9.611E+7	9.101E+7	1.125E+8	7.076E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.843E+7	1.227E+8	1.258E+8	1.176E+8	1.534E+8	8.668E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.918E+7	1.175E+8	1.21E+8	1.114E+8	1.518E+8	7.337E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	9.141E+7	9.614E+7	8.33E+7	1.374E+8	3.239E+7
n _E	1E+300	17.325	15.457	21.336	6.298	1E+300

Sezione C4 168 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	5460x240 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	4851 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	2.838E+5	2.93E+5	2.696E+5	4.163E+5	2.082E+5
z _G (mm)	1056.096	1767.957	1796.409	1719.87	2058.126	1436.646
J _y (mm ⁴)	1.782E+11	3.614E+11	3.688E+11	3.489E+11	4.372E+11	2.753E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.687E+8	-2.044E+8	-2.053E+8	-2.029E+8	-2.124E+8	-1.916E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.789E+8	-2.116E+8	-2.124E+8	-2.102E+8	-2.188E+8	-2E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.269E+8	5.222E+8	5.558E+8	4.714E+8	1.088E+9	2.69E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.234E+8	4.937E+8	5.242E+8	4.472E+8	9.893E+8	2.589E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.563E+8	4.83E+8	4.153E+8	8.711E+8	2.451E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.365E+8	4.613E+8	3.982E+8	8.128E+8	2.374E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.78E+8	3.976E+8	3.475E+8	6.565E+8	2.138E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.502E+8	3.675E+8	3.23E+8	5.893E+8	2.019E+8
S _{y,1} (mm ³)	6.772E+7	1.147E+8	1.166E+8	1.115E+8	1.339E+8	9.284E+7
S _{y,2} (mm ³)	7.864E+7	1.468E+8	1.497E+8	1.418E+8	1.778E+8	1.137E+8
S _{y,3} (mm ³)	5.696E+7	1.415E+8	1.449E+8	1.358E+8	1.76E+8	1.022E+8
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.13E+8	1.176E+8	1.054E+8	1.591E+8	6.043E+7
n _E	1E+300	17.325	15.457	21.336	6.298	1E+300

Sezione C2riva 73 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	5499x240 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	4721 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	2.22E+5	2.312E+5	2.077E+5	3.554E+5	1.458E+5
z _G (mm)	1017.506	1715.755	1754.145	1649.283	2077.662	1212.081
J _y (mm ⁴)	1.426E+11	2.92E+11	3.002E+11	2.777E+11	3.701E+11	1.838E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.402E+8	-1.702E+8	-1.712E+8	-1.684E+8	-1.781E+8	-1.516E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.474E+8	-1.753E+8	-1.762E+8	-1.736E+8	-1.825E+8	-1.581E+8
W _{y,3} (mm ³)	9.819E+7	3.871E+8	4.194E+8	3.383E+8	9.433E+8	1.461E+8
W _{y,4} (mm ³)	9.62E+7	3.723E+8	4.025E+8	3.264E+8	8.763E+8	1.427E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.458E+8	3.726E+8	3.049E+8	7.673E+8	1.363E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.317E+8	3.566E+8	2.933E+8	7.14E+8	1.328E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	2.896E+8	3.096E+8	2.584E+8	5.726E+8	1.216E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.693E+8	2.871E+8	2.413E+8	5.123E+8	1.157E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.459E+7	9.299E+7	9.51E+7	8.934E+7	1.129E+8	6.529E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.301E+7	1.18E+8	1.212E+8	1.124E+8	1.499E+8	7.744E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.402E+7	1.128E+8	1.166E+8	1.063E+8	1.485E+8	6.32E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	8.977E+7	9.47E+7	8.122E+7	1.363E+8	2.501E+7

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
n _E	1E+300	17.325	15.457	21.336	6.298	1E+300

Sezione C3riva 125 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	5625x240 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	4721 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	2.417E+5	2.511E+5	2.27E+5	3.781E+5	1.637E+5
z _G (mm)	1077.366	1760.747	1795.222	1701.445	2092.468	1323.314
J _y (mm ⁴)	1.551E+11	3.066E+11	3.143E+11	2.933E+11	3.809E+11	2.09E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.439E+8	-1.741E+8	-1.751E+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	4.353E+8	4.692E+8	3.841E+8	1.022E+9	1.831E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.09E+8	4.147E+8	4.459E+8	3.673E+8	9.347E+8	1.776E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.836E+8	4.109E+8	3.416E+8	8.147E+8	1.69E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.67E+8	3.924E+8	3.279E+8	7.565E+8	1.642E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.183E+8	3.384E+8	2.868E+8	6.031E+8	1.492E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.95E+8	3.128E+8	2.67E+8	5.384E+8	1.415E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.788E+7	9.547E+7	9.736E+7	9.22E+7	1.137E+8	7.141E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.843E+7	1.247E+8	1.278E+8	1.195E+8	1.554E+8	8.762E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.918E+7	1.198E+8	1.233E+8	1.136E+8	1.54E+8	7.459E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	9.451E+7	9.928E+7	8.631E+7	1.404E+8	3.401E+7
n _E	1E+300	17.325	15.457	21.336	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);
$N_{layer1} = A_{slinf} \times f_{yk} / \gamma_s$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer inferiore di armatura (di area complessiva A_{slinf});
$N_{layer2} = A_{slsup} \times f_{yk} / \gamma_s$	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:

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

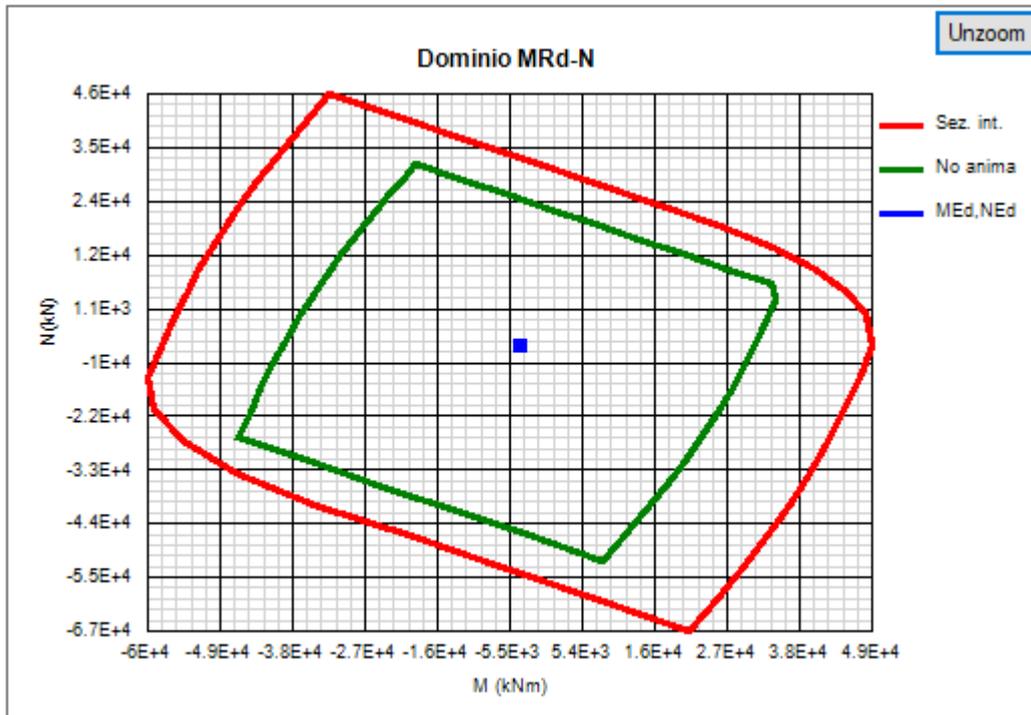
Si evidenzia inoltre che:

- 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.

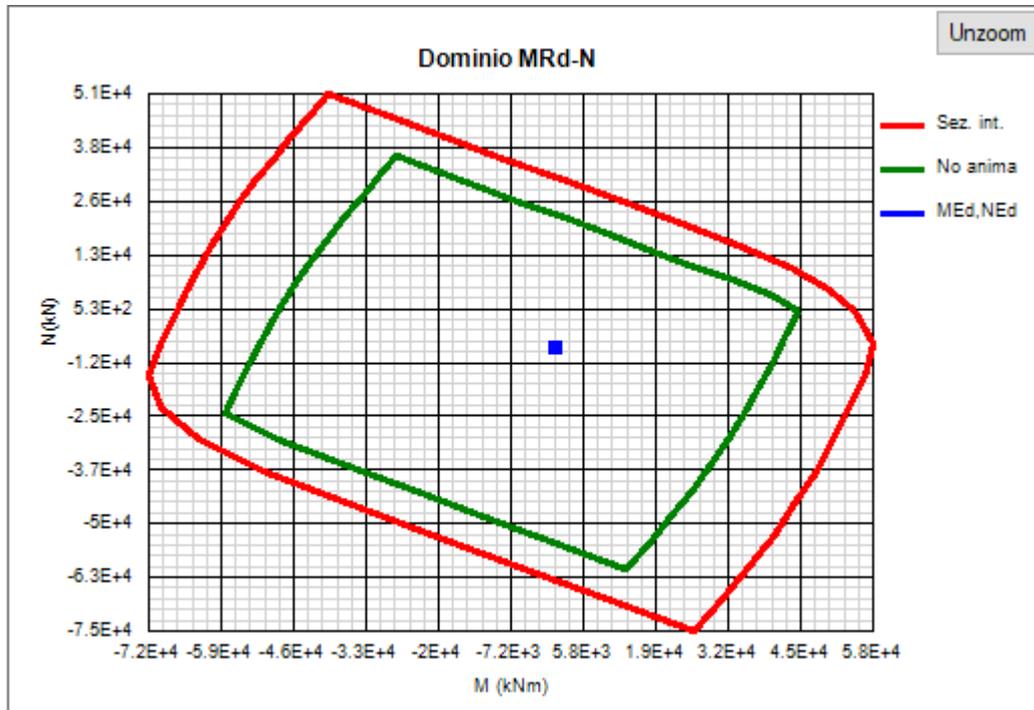
Il tracciamento dei domini viene effettuato per punti, valutando di volta in volta la posizione dell'asse neutro plastico e il valore di M_{pl} sotto l'azione dell'azione assiale N incrementata da 0 (flessione semplice, positiva o negativa) fino a $\pm N_{pl}$ con incrementi pari a $N_{pl}/10$.

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).

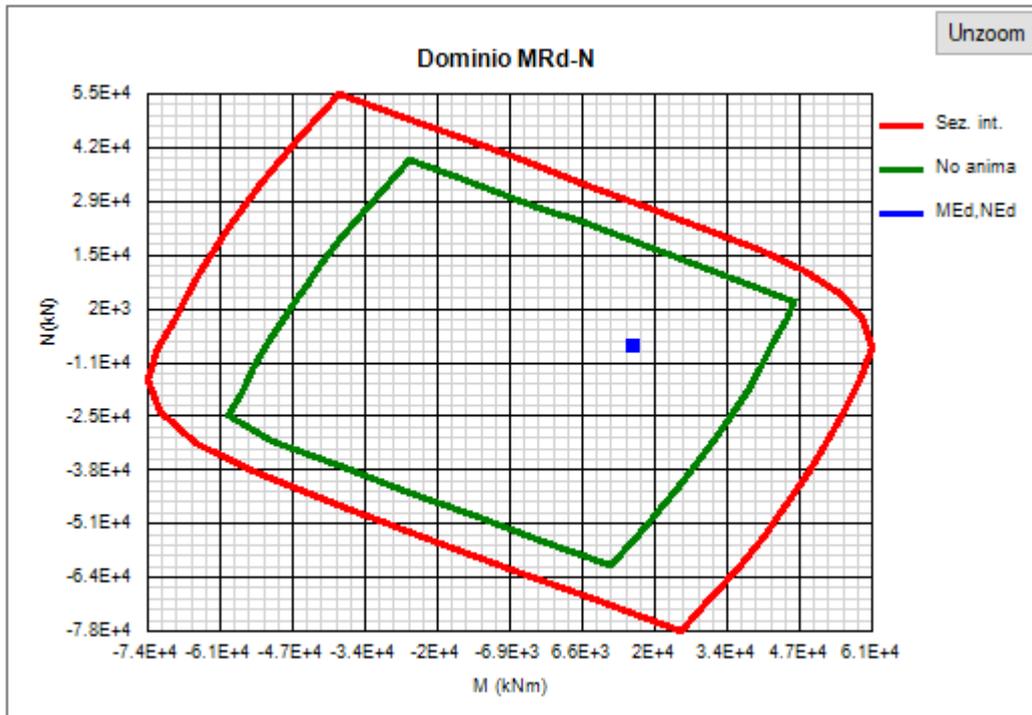
Sezione C1



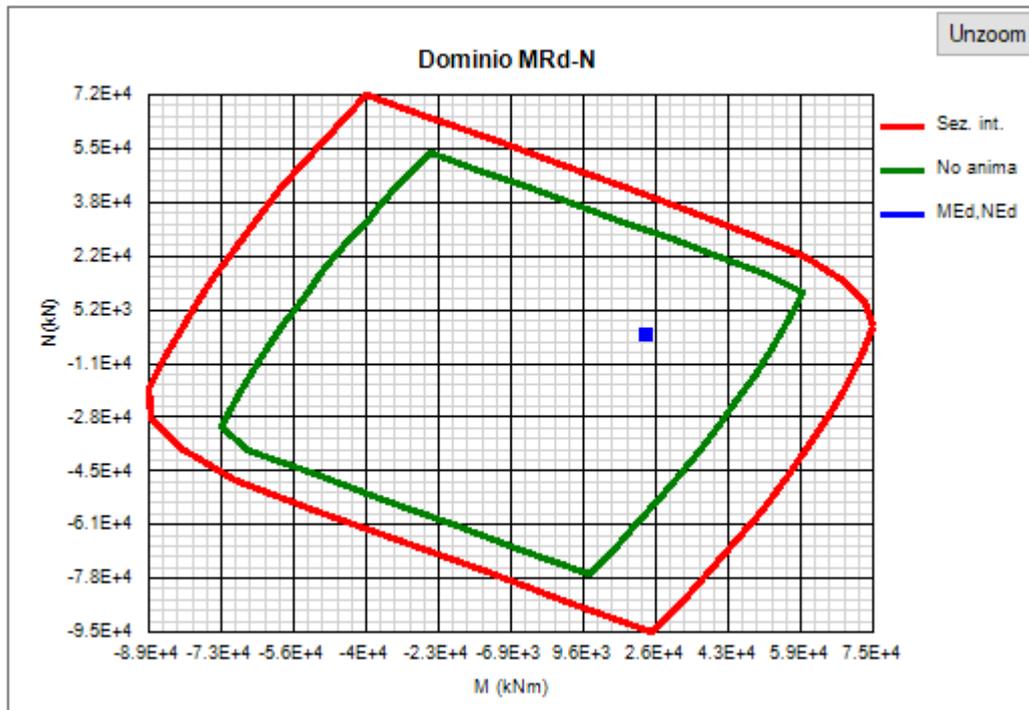
Sezione C2



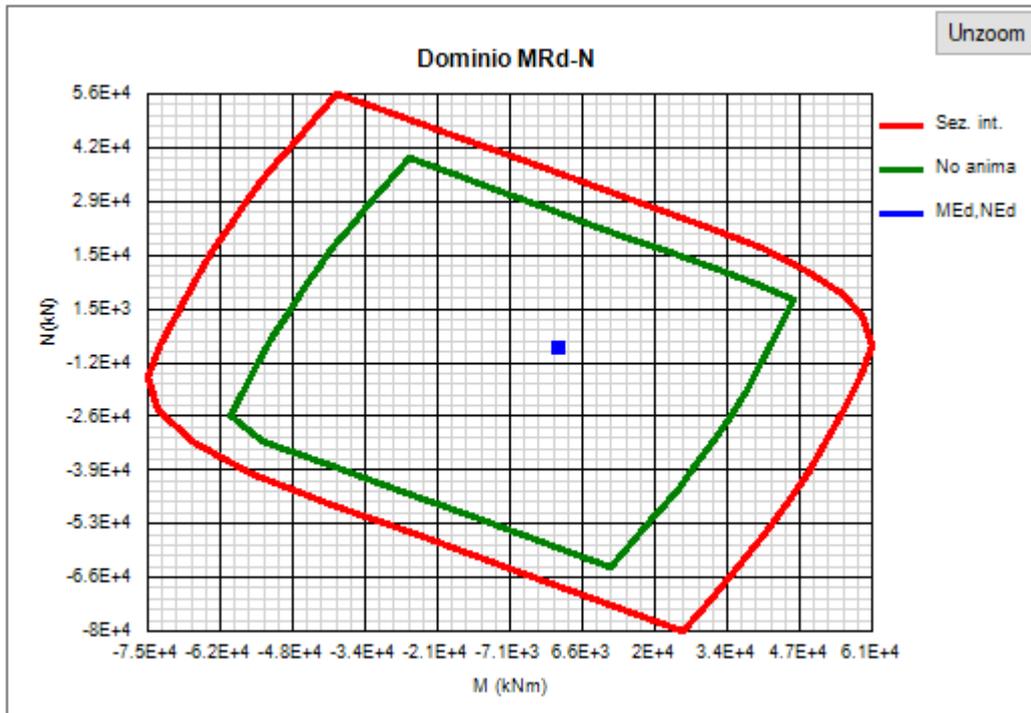
Sezione C3



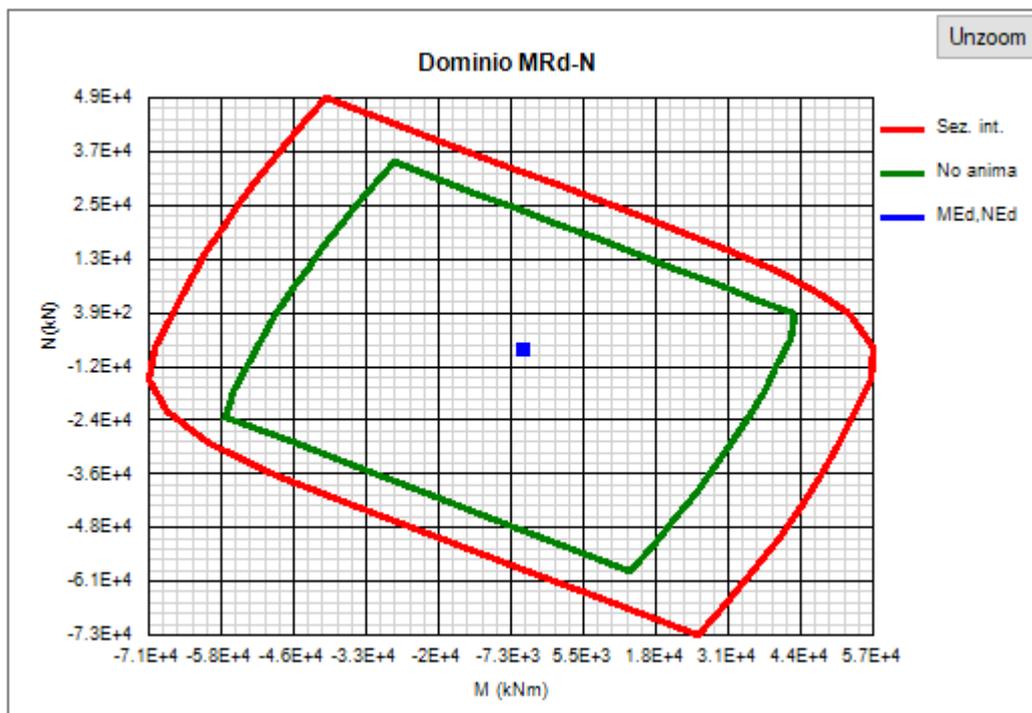
Sezione C4



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 irrigidimenti 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 sono state formulate alcune ipotesi semplificative, esposte 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.
- Ai fini del calcolo, la modellazione numerica dell'impalcato viene effettuata "in retto", assumendo, quale luce di calcolo, la luce "reale" della travata posta in esterno curva, che differisce di circa 5 cm (nel caso peggiore) dalla luce misurata in asse impalcato.
- Ai fini del calcolo, si ipotizza una variazione lineare dell'ampiezza degli sbalzi a partire dalla pila P16, in cui viene assunta una larghezza complessiva di 11.25 m, fino alla spalla S2, in cui viene assunta una larghezza complessiva pari a 12.05 m (i carichi insistenti sulle travi principali verranno pertanto implementati con riferimento a questa variazione lineare.

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.

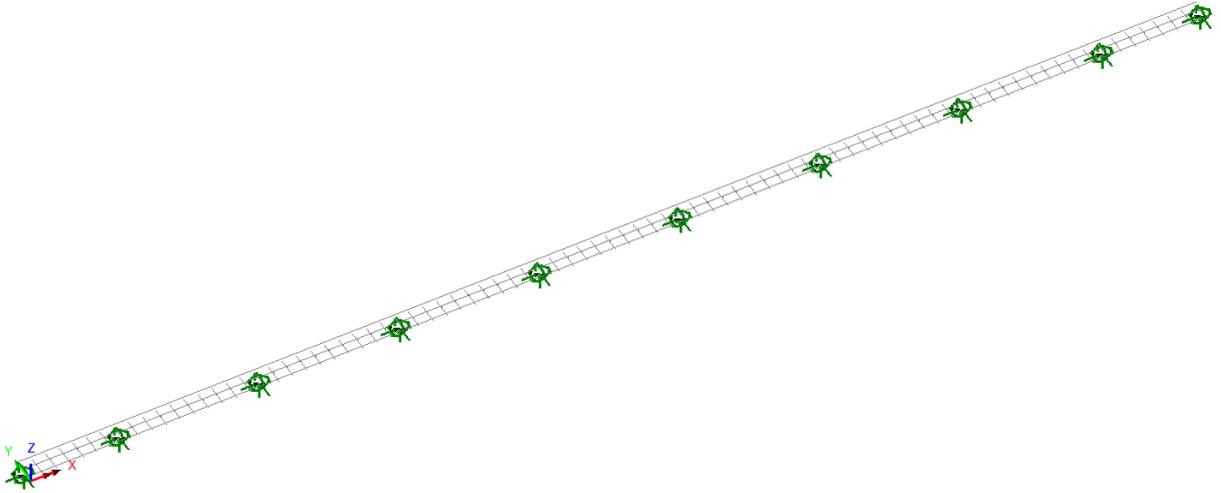


Figura 4-1: Modello fem in FASE 1-Mesh dei soli elementi metallici

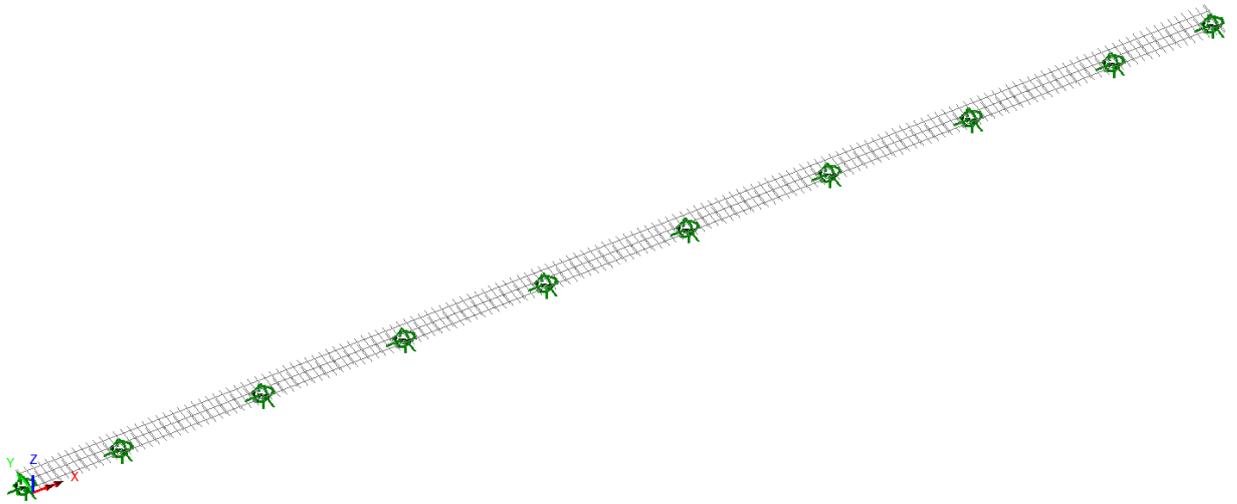


Figura 4-2: Modello FEM in fase 3 - Mesh intero impalcato

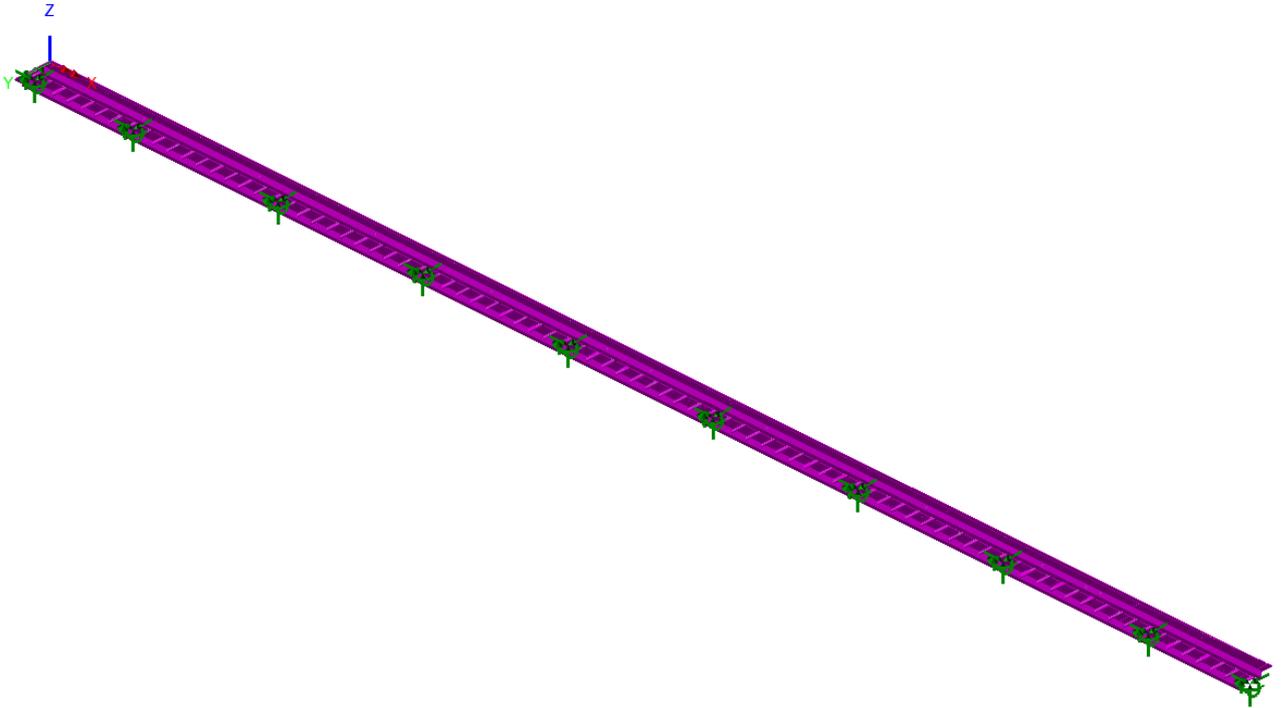


Figura 4-3: Modello FEM in fase 3 – Rendering

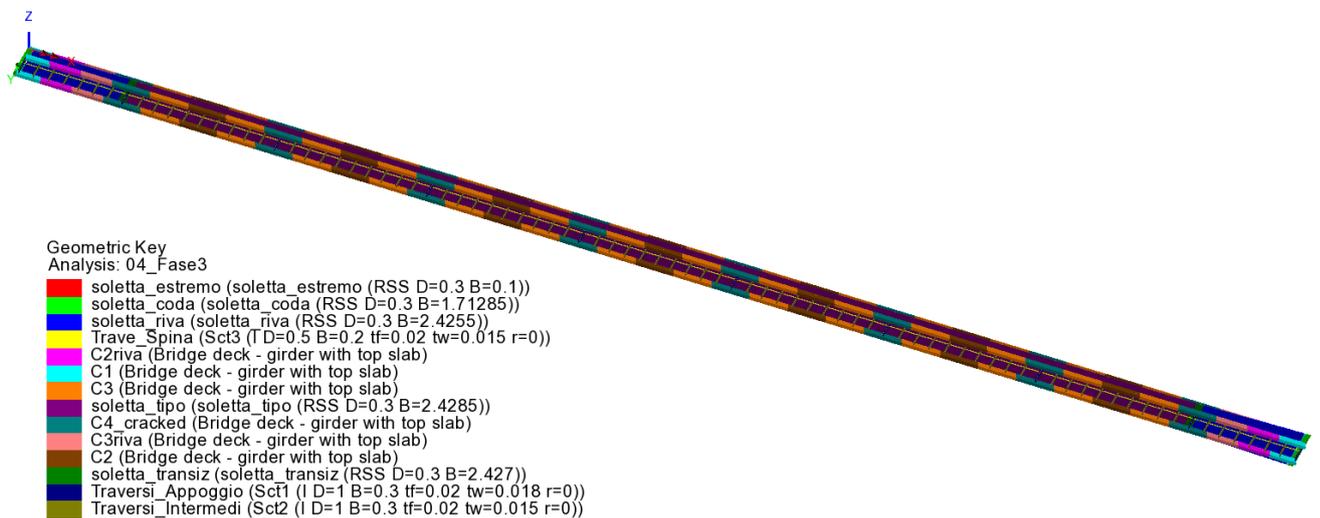


Figura 4-4: Modello FEM in fase 3 – Rendering e attributi geometrici membrature

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, in corrispondenza della pila P8 e della spalla S2 vengono inserite al disotto degli isolatori dei pattini in modo da rilasciare il grado di libertà traslazionale longitudinale.

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

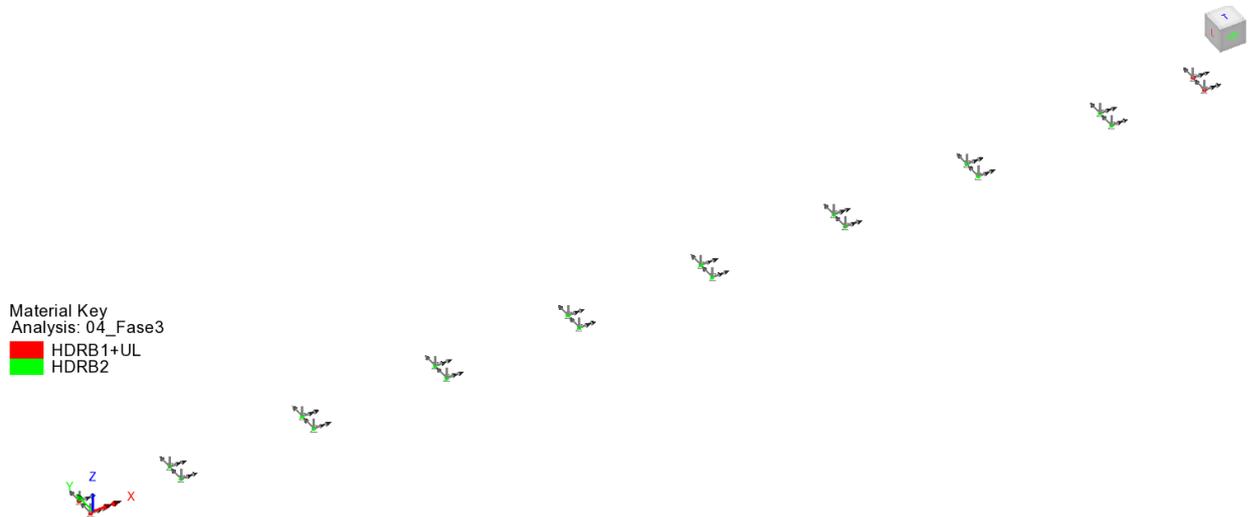


Figura 4-6 Orientamento convenzionale assi appoggio modello FEM

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 $0.3 * (2500 * 9.81) = 7.36 \text{ KN/m}^2$

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.

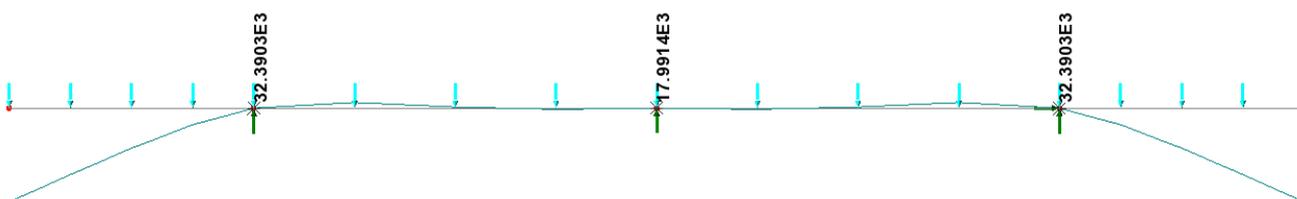


Figura 5-1 Ripartizione peso soletta tra travi e trave di spina/m

La porzione di soletta in allargamento è stata assegnata come carico variabile lineare alle due travi dell'ultima campata.

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_gurdavia_dx			-2000	N/m
5)	gk2_barriera_gurdavia_sx			-2000	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 $\varepsilon_{sh} = - 2.706E-04$.

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_P8	---	34.0	0.0068 m
qsettl_P9	34.00	48.50	0.0083 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	48.50	0.0097 m
qsettl_P14	48.50	48.50	0.0097 m
qsettl_P15	48.50	48.50	0.0097 m
qsettl_P16	48.50	34.00	0.0083 m
qsettl_Sp2	34.00	---	0.0068 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 .

Viadotto Molino Vecchio - RELAZIONE DI CALCOLO impalcato



Mapa delle temperature massime dell'aria all'ombra, al livello del mare (T_{max}).

Mapa delle temperature minime dell'aria all'ombra, al livello del mare (T_{min}).

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

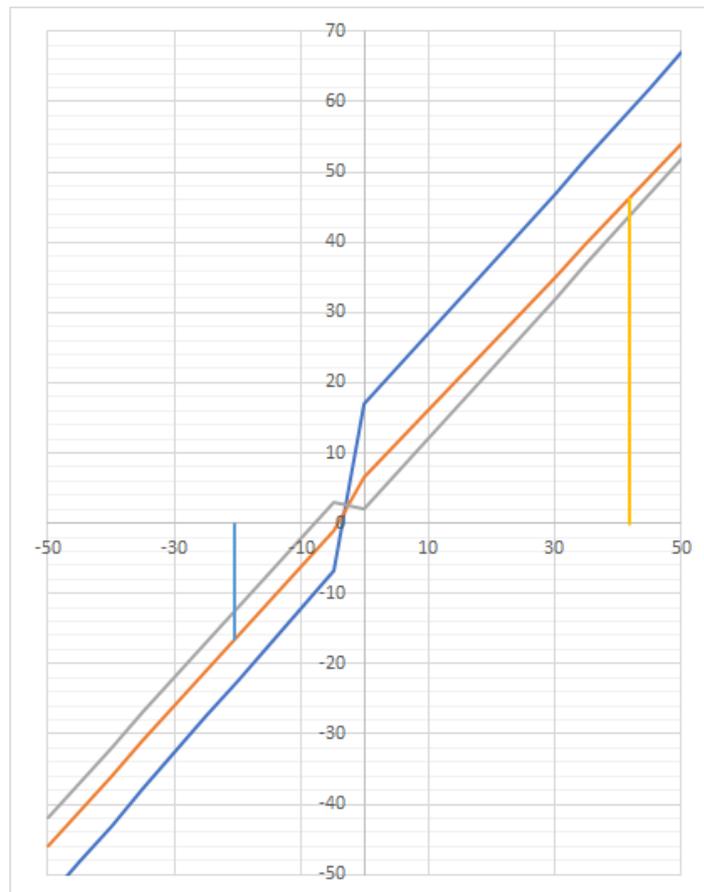


Figura 5-3 Correlazione tra T e Te

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 ₀ = 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.

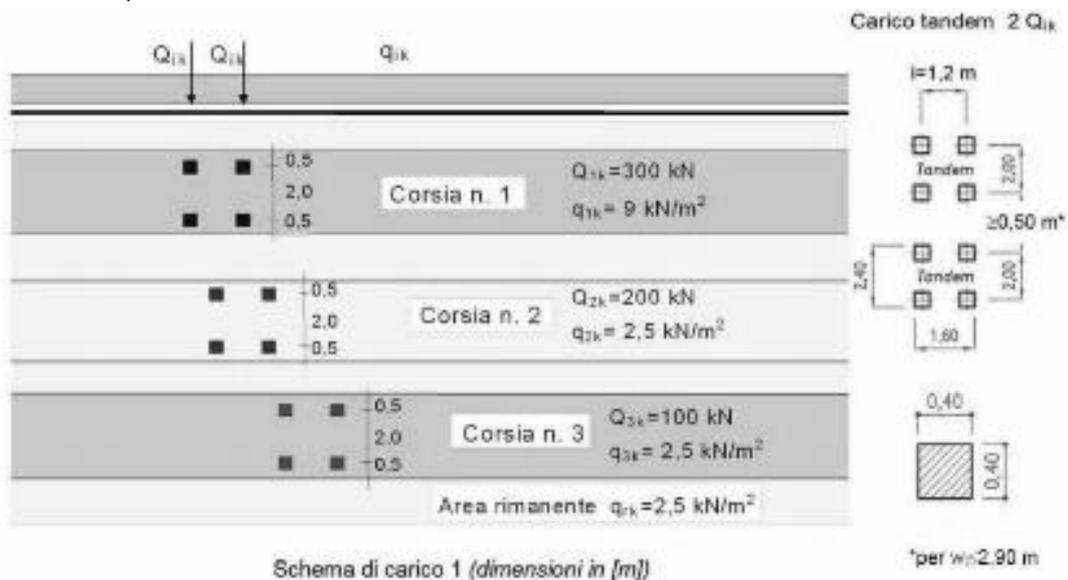


Figura 5-4: Schema di carico convenzionale 1

Nel caso in esame, la carreggiata ha una larghezza utile costante pari a 9.75m, quindi, si prevede la presenza di 3 corsie convenzionali da 3 m, ed una r.a. da 85 cm. 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 I.d.i. da studiare. Pertanto, si fisserà l'attenzione sull'intera travata esterna e sui trasversi e trave di spina delle campate 1, 2, 3, 4 e 9 (quest'ultima per la presenza dell'allargamento).

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, 4 e 9;
- Valutazione massima/minima Flessione e Taglio sulla trave di spina, nelle campate 1, 2, 3, 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.

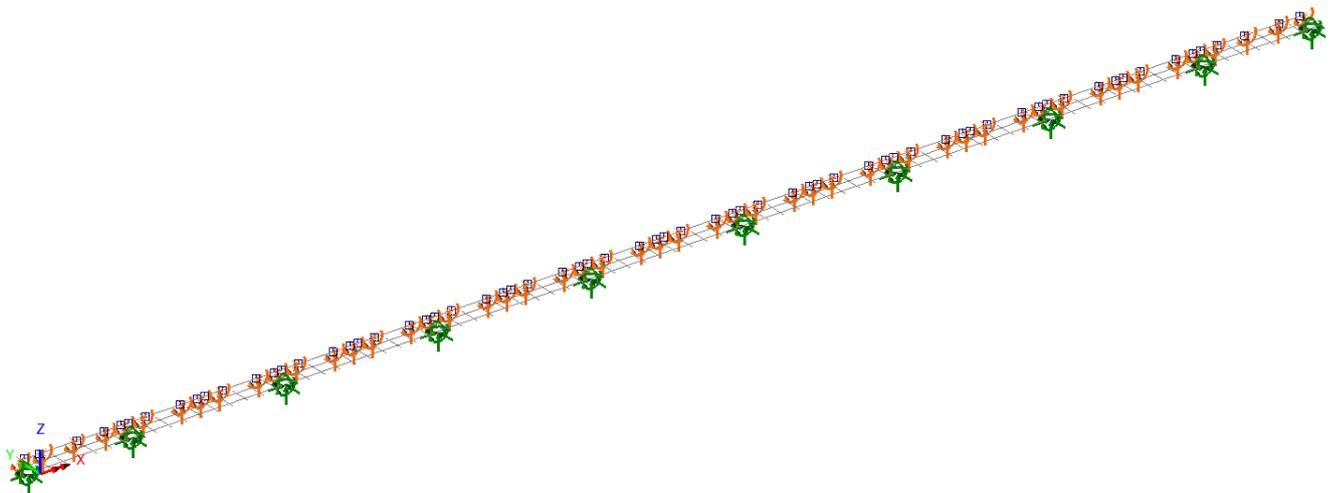


Figura 5-5 Posizione punti linee di influenza DMI verifica travi

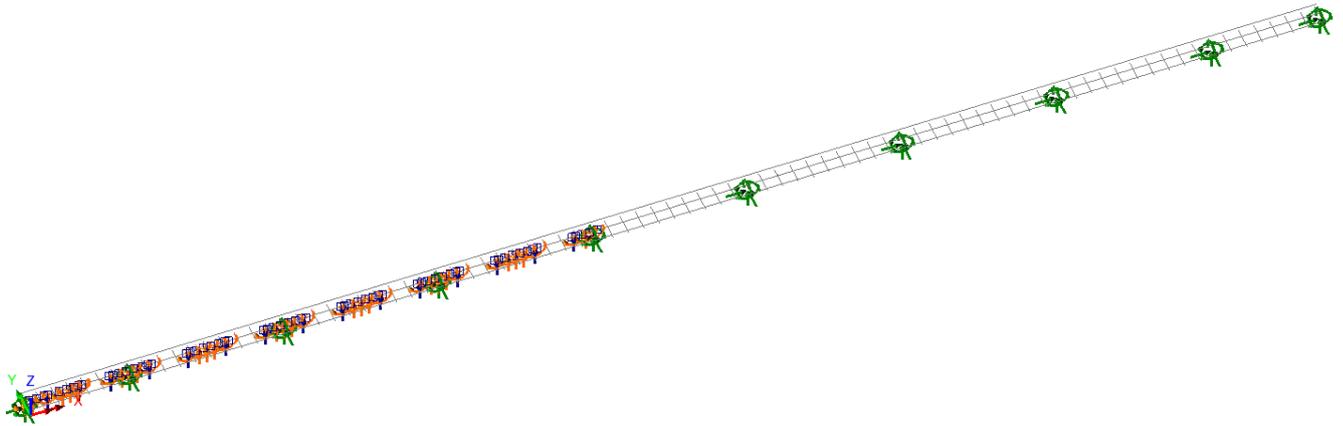


Figura 5-6 Posizione punti linee di influenza DMI verifica trave di spina.

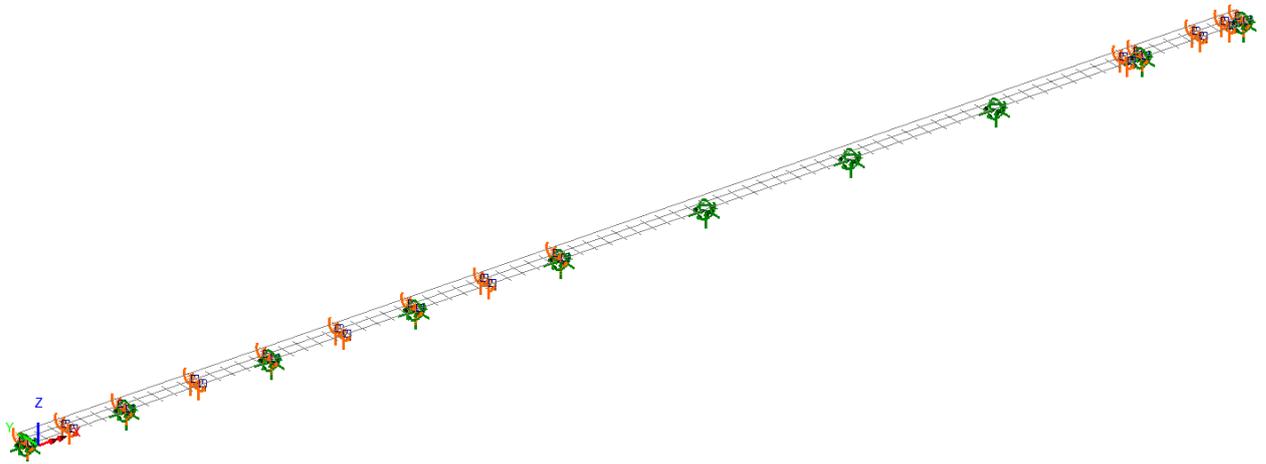


Figura 5-7 Posizione punti linee di influenza DMI verifica traversi

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.

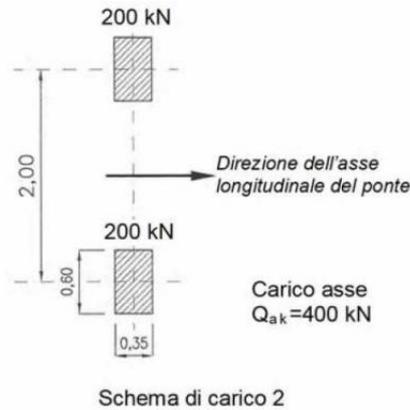


Figura 5-8: Schema di carico convenzionale 2

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.

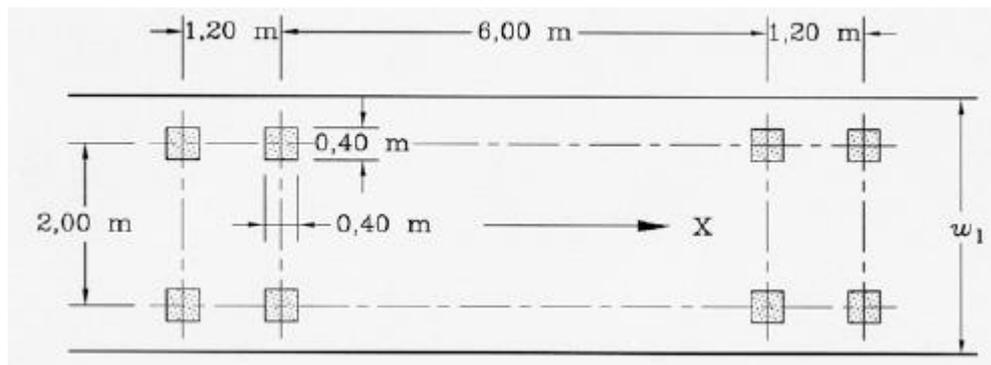


Figura 5-9: Carico convenzionale per verifiche a fatica

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 inviluppo 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)				
Q _l k,i	L _{calc} (m)	n travi	Q _l tot (N)	Q _l ,i (N/m)
Q _l k,i	408.11	2	900000	1102.64

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.

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

Nella fattispecie la forza centrifuga è stata considerata, per la verifica degli appoggi, nel tratto di tracciato tra la pila P14 e la spalla S2, dove il raggio di curvatura risulta leggermente minore di 1500m e si traduce in una forza orizzontale $F_y(Q_{tk})$ ed una coppia di forze verticali pari a $F_z(Q_{tk}) = M_x(Q_{tk})/it$.

Centrifuga (q _t ,k)				
R (m)	deltah	TS _{tot} (kN)	$F_y(Q_{tk})$ - N	$M_x(Q_{tk})$ - N
1320	0.41	1200	36364	14909

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.

Ai fini del calcolo, si è considerata la superficie di prospetto individuata dall'ingombro della trave di impalcato, soletta, e sagoma da 3 m posizionata sul piano viabile.

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}	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_{b0}	27 m/s, 4.1.(1) P	$d_{scarico}$	4.46 (m) d_{rif} . A ponte scarico (cfr. figura)
a_0	500 m, (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	d_{carico}	5.91 (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	$C_{fx\ scarico}$	1.71 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
v_b	28.7 m/s, velocità di base del vento	$C_{fx\ carico}$	1.88
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2	$b/d_{scarico}$	2.50
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3	b/d_{carico}	1.89
C_r	0.92 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)	$f_{w, orizz. scarico}$	1873 (N/m ²)
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomand. da N.A.D.)	$f_{w, orizz. carico}$	2058 (N/m ²)
C_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3	F_w^*	1619 (N/m ²) press. Spec. nominale (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
T_r	100 anni, periodo di ritorno	$F_{w, orizz. scarico}$	8354 (N/m) Risultante a ponte scarico, caratteristico
α_r	1.06 coeff. Aggiustamento T_r (CNR-DT 2017-2018) 3.2.2	$F_{w, orizz. carico}$	12160 (N/m) Ris. a ponte carico, caratteristico
z_0	0.1 EN 1991-1-4 §4.3.2	$\min(\psi_0 F_w; F_w^*)$	7296 (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	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)		
$c_e(z)$	2.13 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione		
$q_p(z)$	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)		
$l_v^*(z)$	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		
$q_p^*(z)$	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 - §8.1. 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	N/A m	
d, carico	5.91 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	12160.18	0.455	-5532.88

	ey (m)	1/Wxx (1/m ³)	Fy,i (N/m)	Fz,i (N/m)
Fw,trave1	-3.5	-1.43E-01	6080.09	790.41
Fw,trave2	3.500	1.43E-01	6080.09	-790.41

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 HI-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_{b0}	27 4.1.(1) P	z_{max}	7.5 m quota massima testa pila
a_0	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)	l/b	2.50
v_{bD}	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	$C_{r,0}$	1.65 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.23
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3	Ψ_r	0.50 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.24
$C_r(z)$	0.86 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)	Ψ_λ	1.00 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.36
$C_r(0)$	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_{scd}	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_0	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3		
T_r	100 periodo di ritorno		
α_r	1.06 coeff. Aggiustamento T_r (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_{min}	5.00 EN 1991-1-4 §4.3.2		
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2		
k_r	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.		
α_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		
$C_0(z)$	1.9437		
$q_p(z)$	1000.02		
$q_p(0)$	873.64		

EN 1991-1-4 figura 7.24

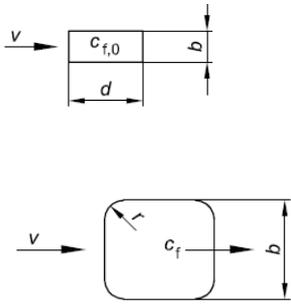


Figura 5-11 Vento sui sostegni

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

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

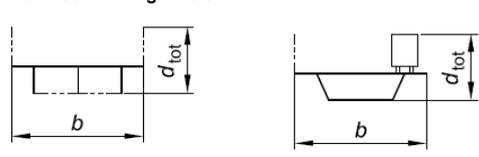


Tabella 5-5 Vento in fase di costruzione

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

$$F_{y,w} = 0.5 \times 3220 = 1610 \text{ kN/m}$$

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 5-6: 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 5-7: 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.

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

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se} \quad T_D \leq T$$

L'impalcato è isolato con isolatori elastomerici ad elevato smorzamento (16%).

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	2.000 s
csi	15.000 %
q	1.00
η	0.69

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

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

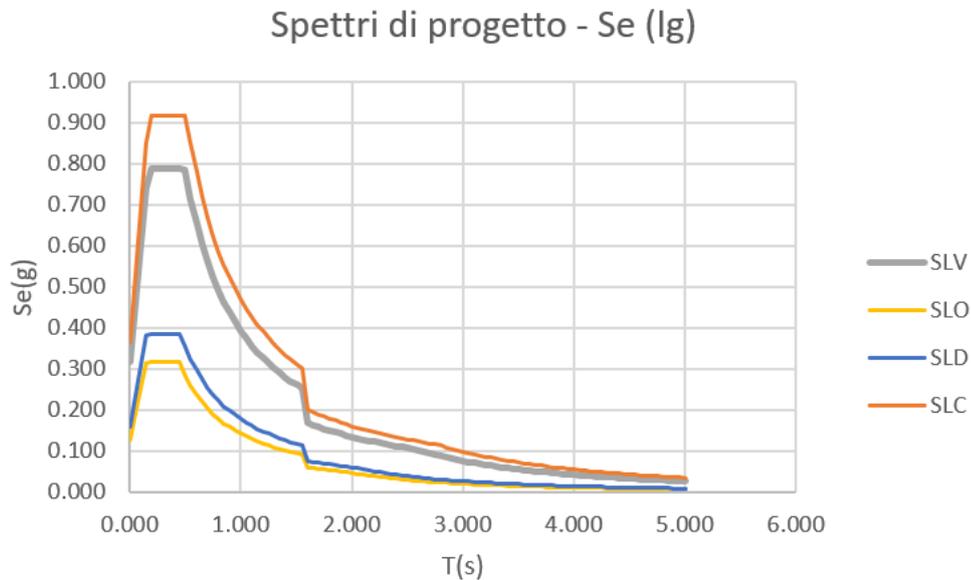


Figura 5-12: Spettro elastico per la componente orizzontale

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.

Spettri di progetto - Sv

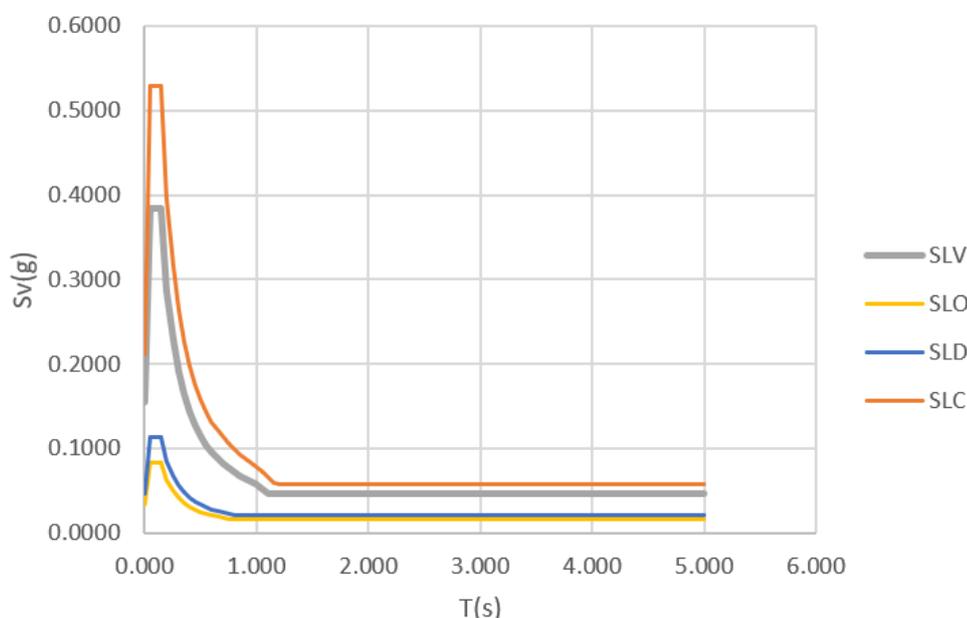


Figura 5-14: Spettro elastico per la componente verticale

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.

Tale effetto viene considerato ai fini del dimensionamento/verifica di tutte le sottostrutture (spalle, sostegni intermedi, fondazioni, dispositivi di vincolo e giunti, mentre verrà trascurato per semplicità per la verifica dell'impalcato, risultando tale effetto, in questo caso, di scarsa importanza.

Ai fini della valutazione degli effetti della variabilità spaziale del moto sismico (convenzionalmente, di cui in poi, indicata con "VSM") 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		SLV_VSM_A_S1_x	neg	2		SLC_VSM_A_S1_x	neg
3		SLV_VSM_A_S1_y	pos	3		SLC_VSM_A_S1_y	pos
4		SLV_VSM_A_S1_y	neg	4		SLC_VSM_A_S1_y	neg
5		SLV_VSM_A_S2_x	pos	5		SLC_VSM_A_S2_x	pos
6		SLV_VSM_A_S2_x	neg	6		SLC_VSM_A_S2_x	neg
7		SLV_VSM_A_S2_y	pos	7		SLC_VSM_A_S2_y	pos
8		SLV_VSM_A_S2_y	neg	8		SLC_VSM_A_S2_y	neg
9	SET B	SLV_VSM_B_x	pos	9	SET B	SLC_VSM_B_x	pos
10		SLV_VSM_B_x	neg	10		SLC_VSM_B_x	neg
11		SLV_VSM_B_y	pos	11		SLC_VSM_B_y	pos
12		SLV_VSM_B_y	neg	12		SLC_VSM_B_y	neg

Tabella 5-9 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).

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

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

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

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 5-10 VSM - dati di base

		SET A					
		SLV				SLC	
sostegno	x(m)	L_i (S1)	L_i (S2)	d_{ri} (S1) (mm)	d_{ri} (S2) (mm)	d_{ri} (S1) (mm)	d_{ri} (S1) (mm)
S1	0.00	0.00	766.5	0.00	143.95	0.00	184.02
P1	34.00	34.00	732.5	12.24	143.95	15.64	184.02
P2	82.50	82.50	684	29.69	143.95	37.95	184.02
P3	131.00	131.00	635.5	47.14	143.95	60.27	184.02
P4	179.50	179.50	587	64.60	143.95	82.58	184.02
P5	228.00	228.00	538.5	82.05	143.95	104.89	184.02
P6	276.50	276.50	490	99.50	143.95	127.20	184.02
P7	325.00	325.00	441.5	116.96	143.95	149.52	184.02
P8	359.00	359.00	407.5	129.19	143.95	165.16	184.02
P9	393.00	393.00	373.5	141.43	134.41	180.80	171.83
P10	441.50	441.50	325	143.95	116.96	184.02	149.52
P11	490.00	490.00	276.5	143.95	99.50	184.02	127.20
P12	538.50	538.50	228	143.95	82.05	184.02	104.89
P13	587.00	587.00	179.5	143.95	64.60	184.02	82.58
P14	635.50	635.50	131	143.95	47.14	184.02	60.27
P15	684.00	684.00	82.5	143.95	29.69	184.02	37.95
P16	732.50	732.50	34	143.95	12.24	184.02	15.64
S2	766.50	766.50	0	143.95	0.00	184.02	0.00
giuntoS1	0.00	0.00	766.5	0.00	143.95	0.00	184.02
giuntoS2	766.50	766.50	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 5-11 Spostamenti VSM - set A (SLV e SLC)

	SET B				SLV		SLC	
	x(m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	L _{av} (m)	Δdi (mm)	d _i (mm)	Δdi (mm)	d _i (mm)
S1	0.00	0	34	34	6.12	3.06	7.82	3.91
1	34.00	34	48.5	41.25	7.42	-3.71	9.49	-4.74
2	82.50	48.5	48.5	48.5	8.73	4.36	11.16	5.58
3	131.00	48.5	48.5	48.5	8.73	-4.36	11.16	-5.58
4	179.50	48.5	48.5	48.5	8.73	4.36	11.16	5.58
5	228.00	48.5	48.5	48.5	8.73	-4.36	11.16	-5.58
6	276.50	48.5	48.5	48.5	8.73	4.36	11.16	5.58
7	325.00	48.5	34	41.25	7.42	-3.71	9.49	-4.74
8	359.00	34	34	34	6.12	3.06	7.82	3.91
9	393.00	34	48.5	41.25	7.42	-3.71	9.49	-4.74
10	441.50	48.5	48.5	48.5	8.73	4.36	11.16	5.58
11	490.00	48.5	48.5	48.5	8.73	-4.36	11.16	-5.58
12	538.50	48.5	48.5	48.5	8.73	4.36	11.16	5.58
13	587.00	48.5	48.5	48.5	8.73	-4.36	11.16	-5.58
14	635.50	48.5	48.5	48.5	8.73	4.36	11.16	5.58
15	684.00	48.5	48.5	48.5	8.73	-4.36	11.16	-5.58
16	732.50	48.5	34	41.25	7.42	3.71	9.49	4.74
S2	766.50	34	0	34	6.12	-3.06	7.82	-3.91
giuntoS1	0.00	0.00	34.00	34.00	6.12	3.06	7.82	3.91
giuntoS2	766.50	34.00	0.00	34.00	6.12	-3.06	7.82	-3.91

NOTE:

- L₁ distanza pila precedente dal sostegno in esame
- L₂ 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 5-12 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.

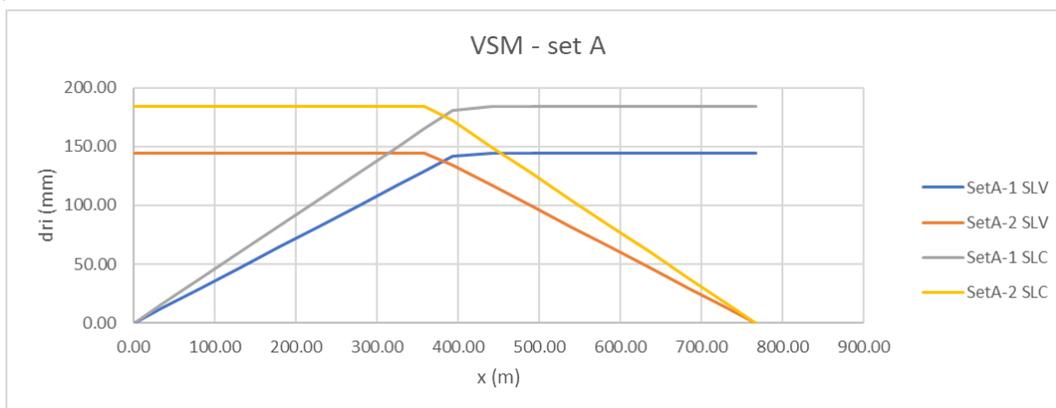


Figura 5-16 VSM - set A

(*) set A-1: origine su spalla S1

(*) set A-2: origine su spalla S2

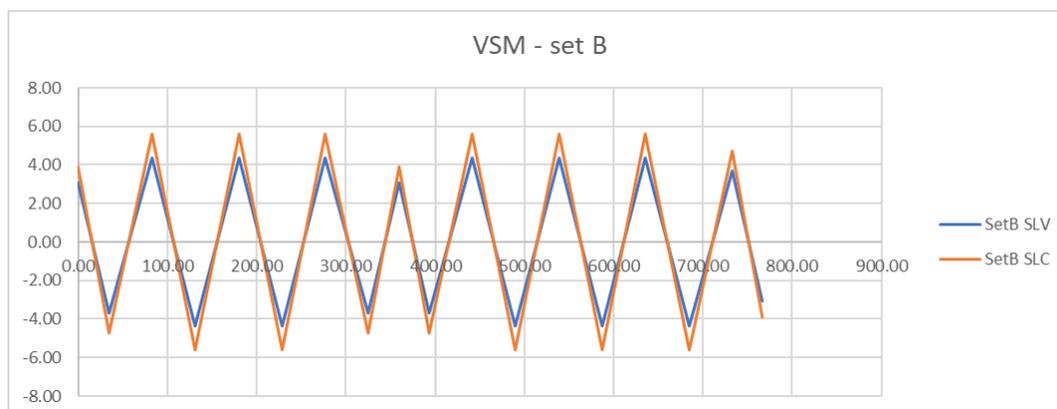


Figura 5-17 VSM - set B

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
γ_{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:

$\psi_{2,1} = 0$ 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. - 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(P)1), 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.

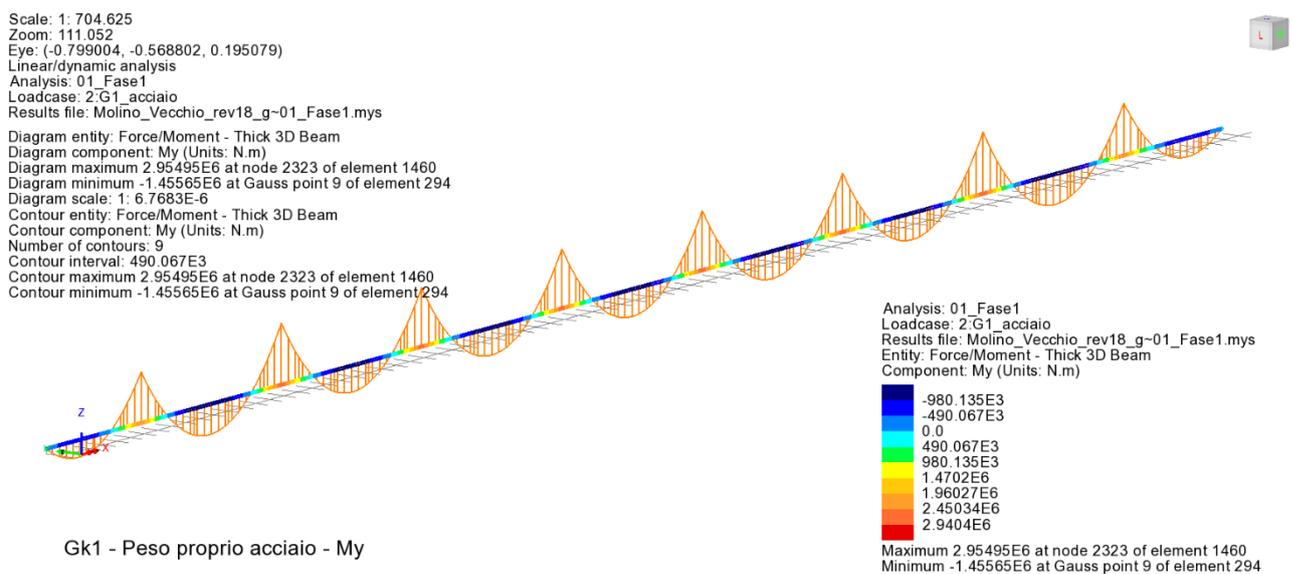
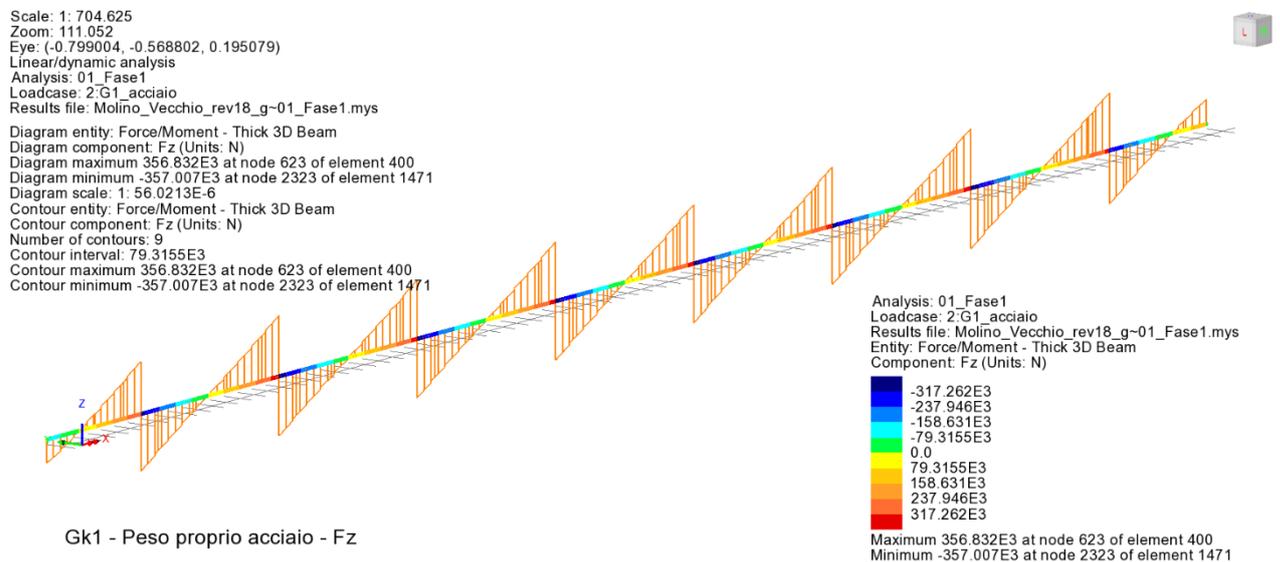
6 ANALISI STRUTTURALE IMPALCATO

Si riportano nel presente capitolo i risultati salienti delle varie analisi condotte, in forma diagrammatica, allo scopo di fornire elementi utili per la valutazione del comportamento della struttura. Ulteriori dettagli sono riportati nell'ambito dei successivi capitolo dedicati alle verifiche dei singoli elementi strutturali.

6.1 SOLLECITAZIONI TRAVE

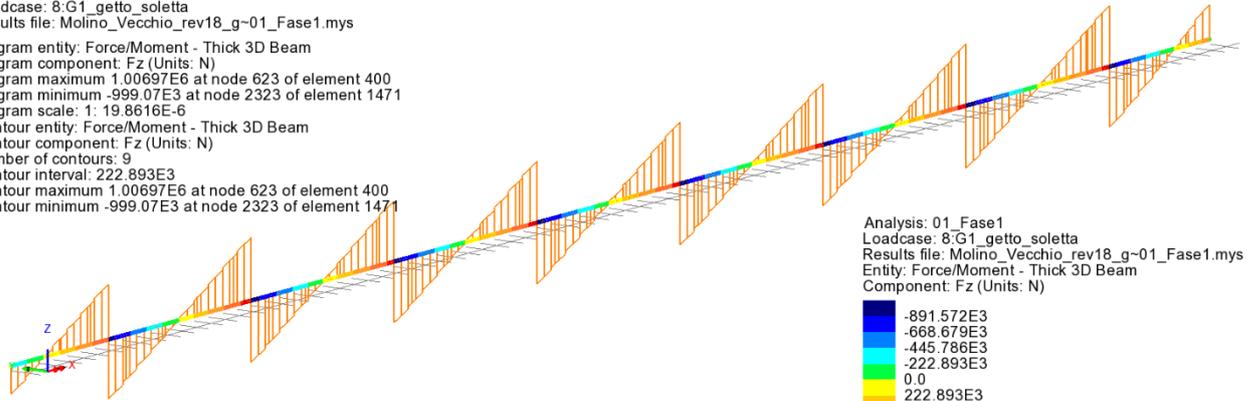
A valle dell'analisi strutturale, effettuate per le singole condizioni di carico, vengono eseguiti gli involuppi e le combinazioni pertinenti ai vari scopi, rispettivamente per max/min V e max/min M.

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



Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 8;G1_getto_soletta
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-01_Fase1.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 1.00697E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -999.07E3 at node 2323 of element 1471
Diagram scale: 1: 19.8616E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 222.893E3
Contour maximum 1.00697E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -999.07E3 at node 2323 of element 1471



Gk1 - Peso proprio soletta - Fz

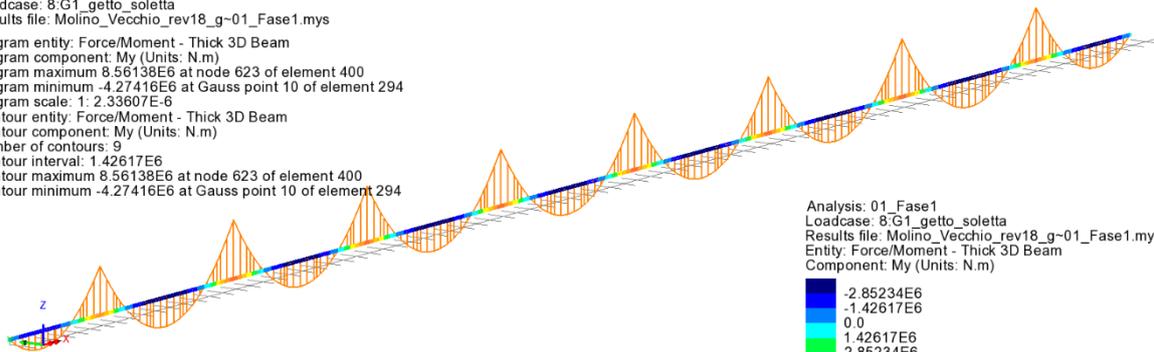
Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 8;G1_getto_soletta
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-01_Fase1.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

-891.572E3
-668.679E3
-445.786E3
-222.893E3
0.0
222.893E3
445.786E3
668.679E3
891.572E3

Maximum 1.00697E6 at node 623 of element 400
Minimum -999.07E3 at node 2323 of element 1471

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 8;G1_getto_soletta
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-01_Fase1.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 8.56138E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -4.27416E6 at Gauss point 10 of element 294
Diagram scale: 1: 2.33607E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.42617E6
Contour maximum 8.56138E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -4.27416E6 at Gauss point 10 of element 294



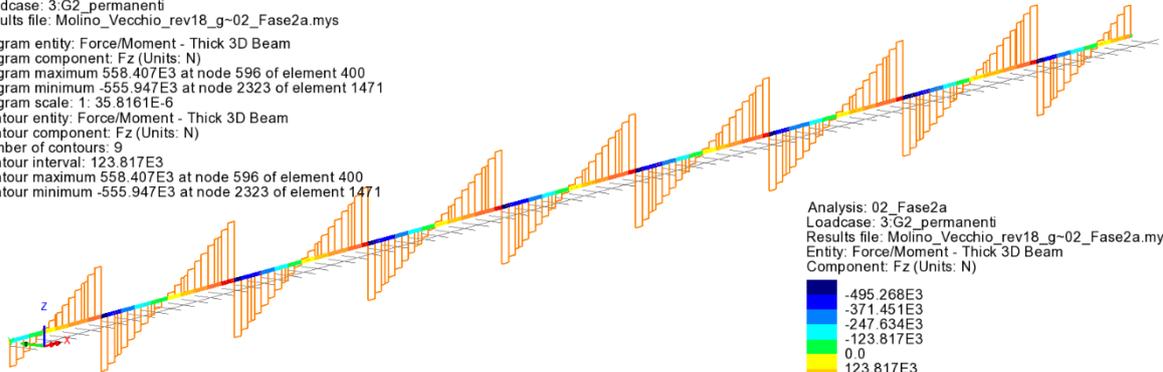
Gk1 - Peso proprio soletta - My

Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 8;G1_getto_soletta
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-01_Fase1.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-2.85234E6
-1.42617E6
0.0
1.42617E6
2.85234E6
4.27851E6
5.70468E6
7.13086E6
8.55703E6

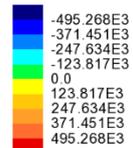
Maximum 8.56138E6 at node 623 of element 400
Minimum -4.27416E6 at Gauss point 10 of element 294

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 02_Fase2a
Loadcase: 3:G2_permanenti
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-02_Fase2a.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 558.407E3 at node 596 of element 400
Diagram minimum -555.947E3 at node 2323 of element 1471
Diagram scale: 1: 35.8161E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 123.817E3
Contour maximum 558.407E3 at node 596 of element 400
Contour minimum -555.947E3 at node 2323 of element 1471



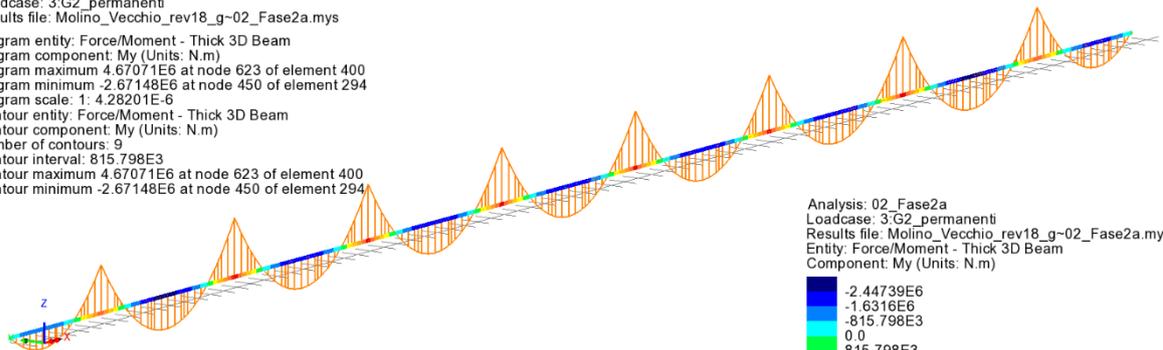
Gk2 - Permanenti non strutturali - Fz

Analysis: 02_Fase2a
Loadcase: 3:G2_permanenti
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-02_Fase2a.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



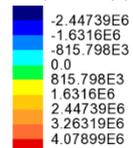
Maximum 558.407E3 at node 596 of element 400
Minimum -555.947E3 at node 2323 of element 1471

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 02_Fase2a
Loadcase: 3:G2_permanenti
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-02_Fase2a.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 4.67071E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -2.67148E6 at node 450 of element 294
Diagram scale: 1: 4.28201E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 815.798E3
Contour maximum 4.67071E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -2.67148E6 at node 450 of element 294



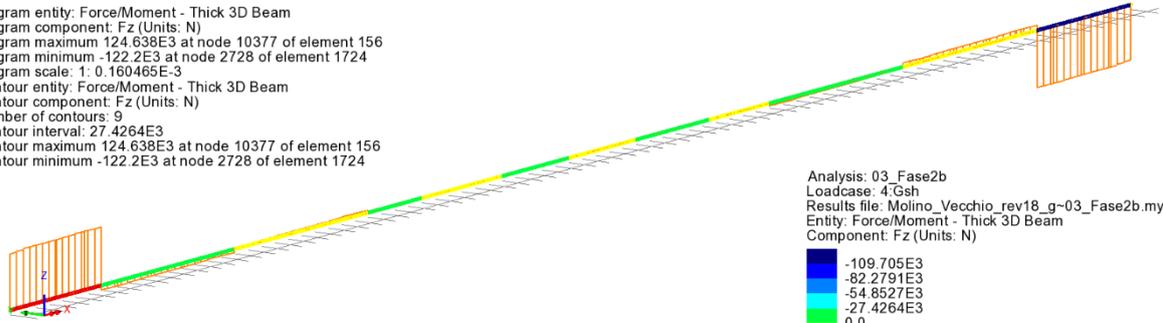
Gk2 - Permanenti non strutturali - My

Analysis: 02_Fase2a
Loadcase: 3:G2_permanenti
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-02_Fase2a.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 4.67071E6 at node 623 of element 400
Minimum -2.67148E6 at node 450 of element 294

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 4:Gsh
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 124.638E3 at node 10377 of element 156
Diagram minimum -122.2E3 at node 2728 of element 1724
Diagram scale: 1: 0.160465E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 27.4264E3
Contour maximum 124.638E3 at node 10377 of element 156
Contour minimum -122.2E3 at node 2728 of element 1724



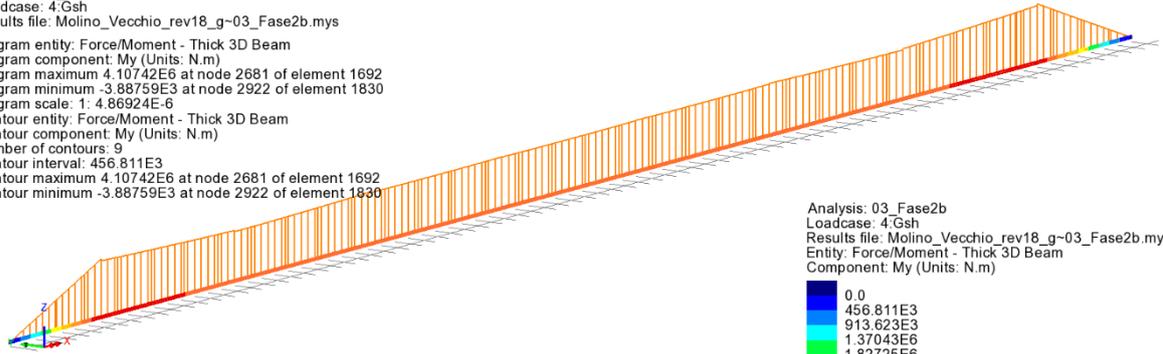
Gsh - Ritiro - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 4:Gsh
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

Blue	-109.705E3
Dark Blue	-82.2791E3
Light Blue	-54.8527E3
Cyan	-27.4264E3
Green	0.0
Yellow	27.4264E3
Orange	54.8527E3
Red	82.2791E3
Dark Red	109.705E3

Maximum 124.638E3 at node 10377 of element 156
Minimum -122.2E3 at node 2728 of element 1724

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 4:Gsh
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 4.10742E6 at node 2681 of element 1692
Diagram minimum -3.88759E3 at node 2922 of element 1830
Diagram scale: 1: 4.86924E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 456.811E3
Contour maximum 4.10742E6 at node 2681 of element 1692
Contour minimum -3.88759E3 at node 2922 of element 1830



Gsh - Ritiro - My

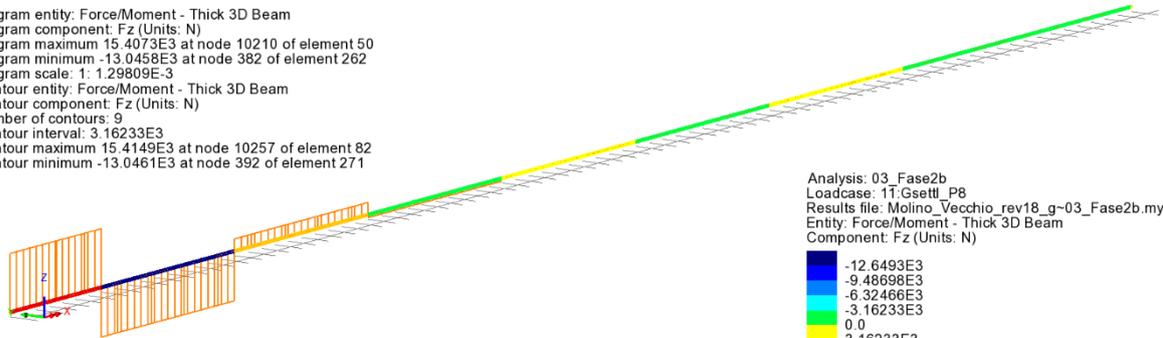
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 4:Gsh
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

Blue	0.0
Dark Blue	456.811E3
Light Blue	913.623E3
Cyan	1.37043E6
Green	1.82725E6
Yellow	2.28406E6
Orange	2.74087E6
Red	3.19768E6
Dark Red	3.65449E6

Maximum 4.10742E6 at node 2681 of element 1692
Minimum -3.88759E3 at node 2922 of element 1830

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 1T:Gsettl_P8
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 15.4073E3 at node 10210 of element 50
Diagram minimum -13.0458E3 at node 382 of element 262
Diagram scale: 1: 1.29809E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 3.16233E3
Contour maximum 15.4149E3 at node 10257 of element 82
Contour minimum -13.0461E3 at node 392 of element 271



Qkc - Cedimenti Pila P8 - Fz

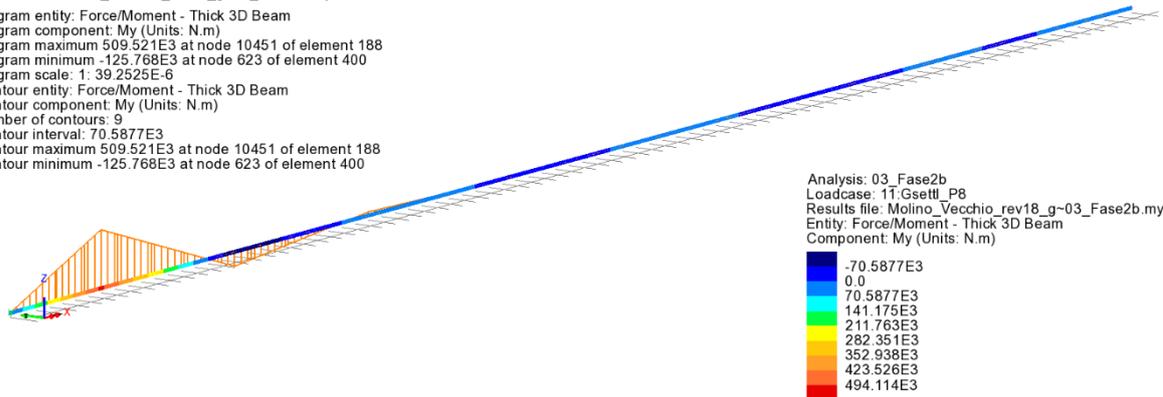
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 1T:Gsettl_P8
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

-12.6493E3
-9.48698E3
-6.32466E3
-3.16233E3
0.0
3.16233E3
6.32466E3
9.48698E3
12.6493E3

Maximum 15.4149E3 at node 10257 of element 82
Minimum -13.0461E3 at node 392 of element 271

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 1T:Gsettl_P8
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 509.521E3 at node 10451 of element 188
Diagram minimum -125.768E3 at node 623 of element 400
Diagram scale: 1: 39.2525E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 70.5877E3
Contour maximum 509.521E3 at node 10451 of element 188
Contour minimum -125.768E3 at node 623 of element 400



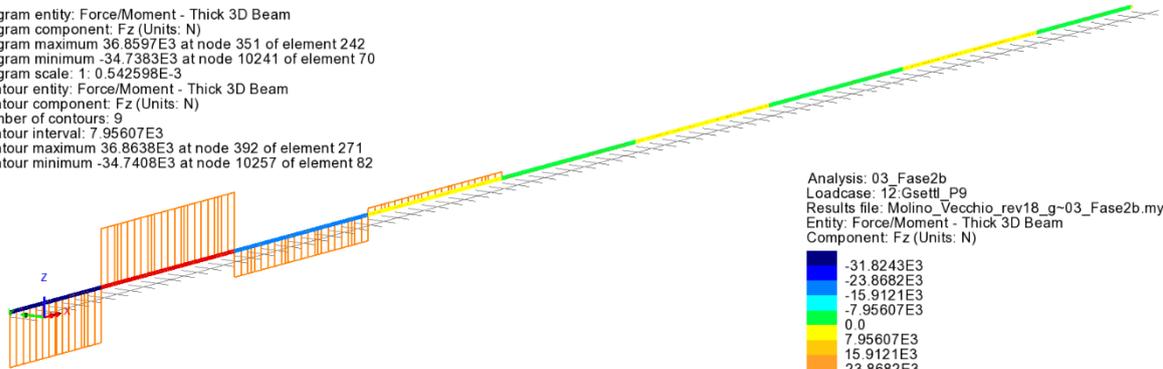
Qkc - Cedimenti Pila P8 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 1T:Gsettl_P8
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-70.5877E3
0.0
70.5877E3
141.175E3
211.763E3
282.351E3
352.938E3
423.526E3
494.114E3

Maximum 509.521E3 at node 10451 of element 188
Minimum -125.768E3 at node 623 of element 400

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 12_Gsettl_P9
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 36.8638E3 at node 392 of element 271
Diagram minimum -34.7383E3 at node 10241 of element 70
Diagram scale: 1: 0.542598E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 7.95607E3
Contour maximum 36.8638E3 at node 392 of element 271
Contour minimum -34.7408E3 at node 10257 of element 82



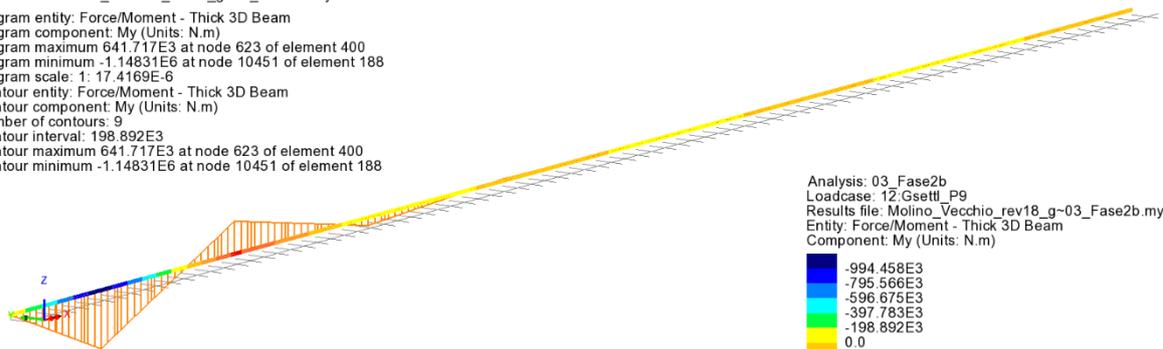
Qkc - Cedimenti Pila P9 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 12_Gsettl_P9
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

Blue	-31.8243E3
Dark Blue	-23.8682E3
Cyan	-15.9121E3
Green	-7.95607E3
Yellow	0.0
Orange	7.95607E3
Red-Orange	15.9121E3
Red	23.8682E3
Dark Red	31.8243E3

Maximum 36.8638E3 at node 392 of element 271
Minimum -34.7408E3 at node 10257 of element 82

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 12_Gsettl_P9
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 641.717E3 at node 623 of element 400
Diagram minimum -1.14831E6 at node 10451 of element 188
Diagram scale: 1: 17.4169E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 198.892E3
Contour maximum 641.717E3 at node 623 of element 400
Contour minimum -1.14831E6 at node 10451 of element 188



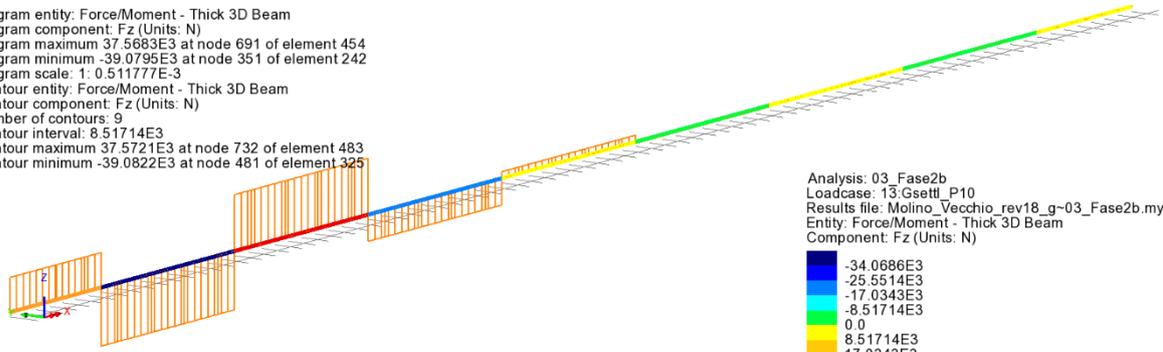
Qkc - Cedimenti Pila P9 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 12_Gsettl_P9
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

Blue	-994.458E3
Dark Blue	-795.566E3
Cyan	-596.675E3
Green	-397.783E3
Yellow	-198.892E3
Orange	0.0
Red-Orange	198.892E3
Red	397.783E3
Dark Red	596.675E3

Maximum 641.717E3 at node 623 of element 400
Minimum -1.14831E6 at node 10451 of element 188

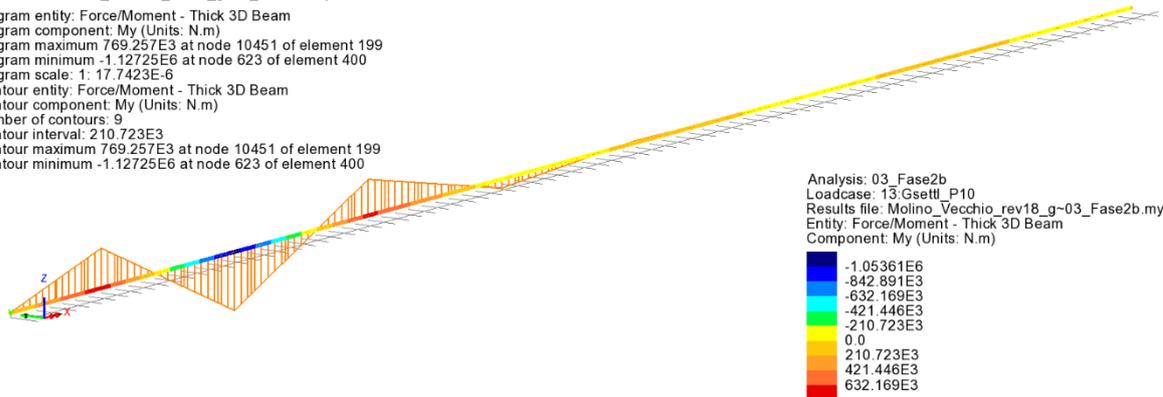
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 13:Gsettl_P10
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 37.5683E3 at node 691 of element 454
Diagram minimum -39.0795E3 at node 351 of element 242
Diagram scale: 1: 0.511777E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.51714E3
Contour maximum 37.5721E3 at node 732 of element 483
Contour minimum -39.0822E3 at node 481 of element 325



Qkc - Cedimenti Pila P10 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 13:Gsettl_P10
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)
-34.0686E3
-25.5514E3
-17.0343E3
-8.51714E3
0.0
8.51714E3
17.0343E3
25.5514E3
34.0686E3
Maximum 37.5721E3 at node 732 of element 483
Minimum -39.0822E3 at node 481 of element 325

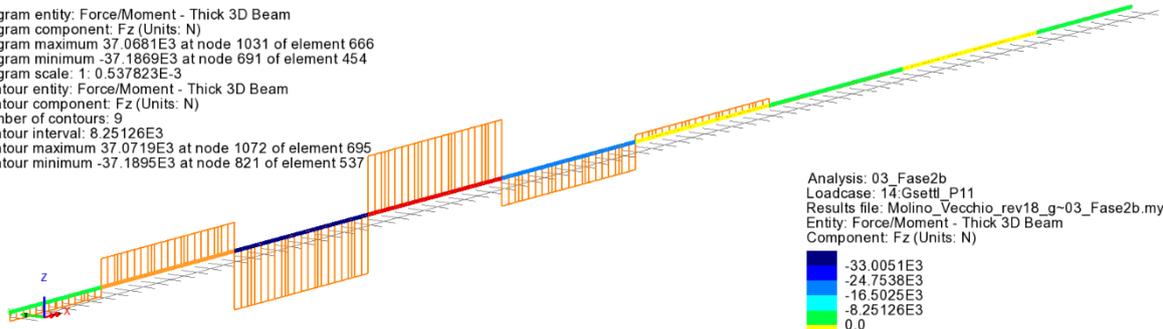
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 13:Gsettl_P10
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 769.257E3 at node 10451 of element 199
Diagram minimum -1.12725E6 at node 623 of element 400
Diagram scale: 1: 17.7423E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 210.723E3
Contour maximum 769.257E3 at node 10451 of element 199
Contour minimum -1.12725E6 at node 623 of element 400



Qkc - Cedimenti Pila P10 - My

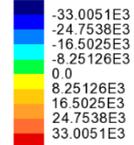
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 13:Gsettl_P10
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)
-1.05361E6
-842.891E3
-632.169E3
-421.446E3
-210.723E3
0.0
210.723E3
421.446E3
632.169E3
Maximum 769.257E3 at node 10451 of element 199
Minimum -1.12725E6 at node 623 of element 400

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 14_Gsettl_P11
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 37.0681E3 at node 1031 of element 666
Diagram minimum -37.1869E3 at node 691 of element 454
Diagram scale: 1: 0.537823E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.25126E3
Contour maximum 37.0719E3 at node 1072 of element 695
Contour minimum -37.1895E3 at node 821 of element 537



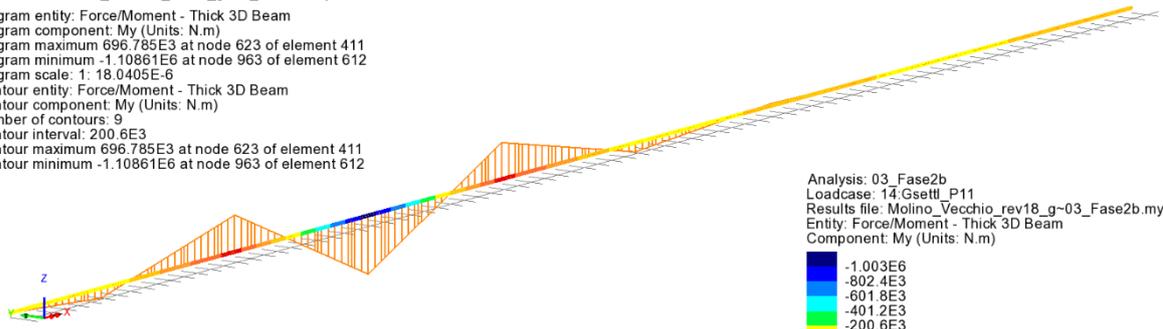
Qkc - Cedimenti Pila P11 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 14_Gsettl_P11
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



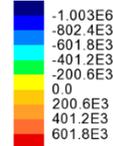
Maximum 37.0719E3 at node 1072 of element 695
Minimum -37.1895E3 at node 821 of element 537

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 14_Gsettl_P11
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 696.785E3 at node 623 of element 411
Diagram minimum -1.10861E6 at node 963 of element 612
Diagram scale: 1: 18.0405E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 200.6E3
Contour maximum 696.785E3 at node 623 of element 411
Contour minimum -1.10861E6 at node 963 of element 612



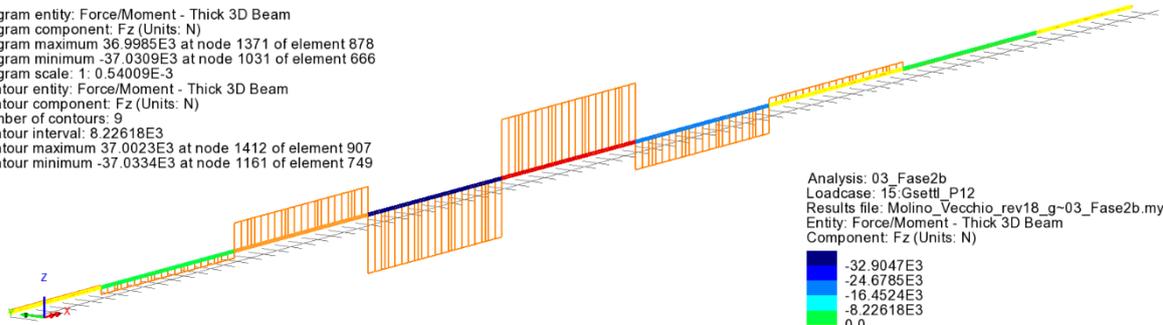
Qkc - Cedimenti Pila P11 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 14_Gsettl_P11
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 696.785E3 at node 623 of element 411
Minimum -1.10861E6 at node 963 of element 612

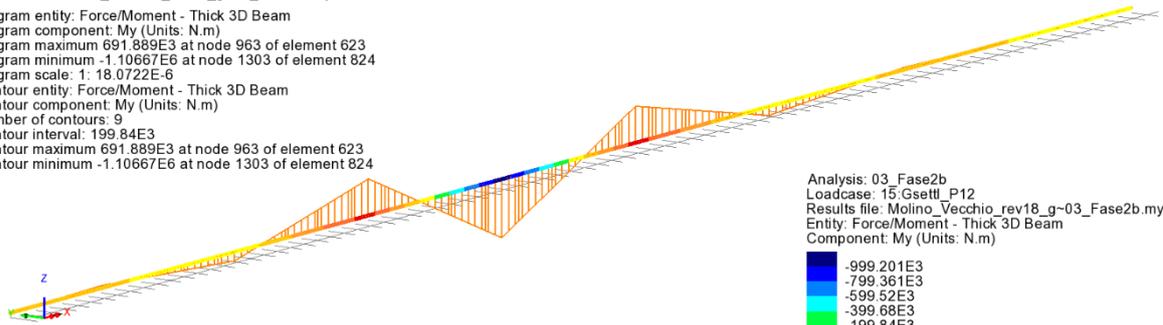
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 15_Gsettl_P12
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 36.9985E3 at node 1371 of element 878
Diagram minimum -37.0309E3 at node 1031 of element 666
Diagram scale: 1: 0.54009E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.22618E3
Contour maximum 37.0023E3 at node 1412 of element 907
Contour minimum -37.0334E3 at node 1161 of element 749



Qkc - Cedimenti Pila P12 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 15_Gsettl_P12
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)
Maximum 37.0023E3 at node 1412 of element 907
Minimum -37.0334E3 at node 1161 of element 749

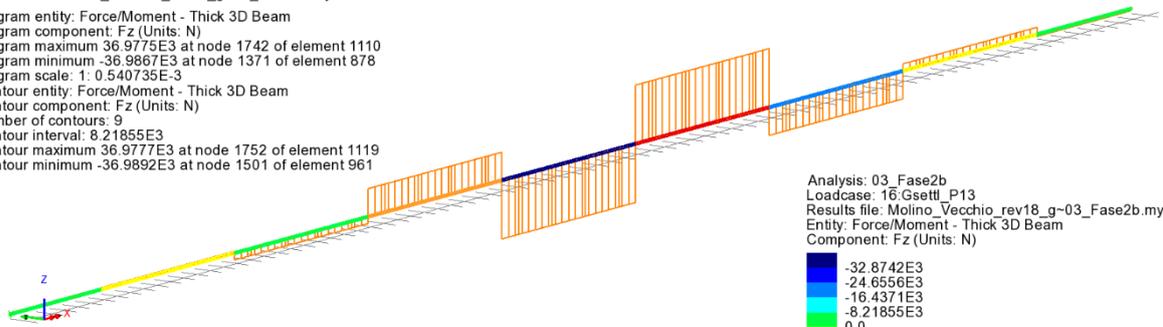
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 15_Gsettl_P12
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 691.889E3 at node 963 of element 623
Diagram minimum -1.10667E6 at node 1303 of element 824
Diagram scale: 1: 18.0722E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 199.84E3
Contour maximum 691.889E3 at node 963 of element 623
Contour minimum -1.10667E6 at node 1303 of element 824



Qkc - Cedimenti Pila P12 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 15_Gsettl_P12
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)
Maximum 691.889E3 at node 963 of element 623
Minimum -1.10667E6 at node 1303 of element 824

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 16_Gsettl_P13
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 36.9775E3 at node 1742 of element 1110
Diagram minimum -36.9867E3 at node 1371 of element 878
Diagram scale: 1: 0.540735E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.21855E3
Contour maximum 36.9777E3 at node 1752 of element 1119
Contour minimum -36.9892E3 at node 1501 of element 961



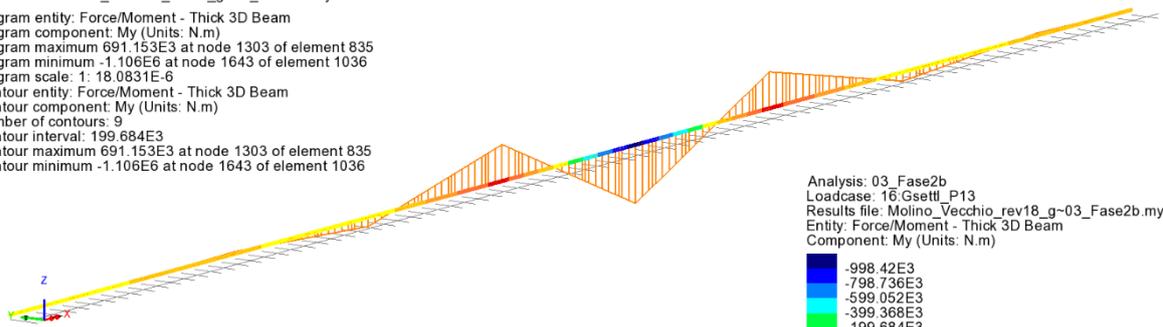
Qkc - Cedimenti Pila P13 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 16_Gsettl_P13
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

-32.8742E3
-24.6556E3
-16.4371E3
-8.21855E3
0.0
8.21855E3
16.4371E3
24.6556E3
32.8742E3

Maximum 36.9777E3 at node 1752 of element 1119
Minimum -36.9892E3 at node 1501 of element 961

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 16_Gsettl_P13
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 691.153E3 at node 1303 of element 835
Diagram minimum -1.106E6 at node 1643 of element 1036
Diagram scale: 1: 18.0831E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 199.684E3
Contour maximum 691.153E3 at node 1303 of element 835
Contour minimum -1.106E6 at node 1643 of element 1036



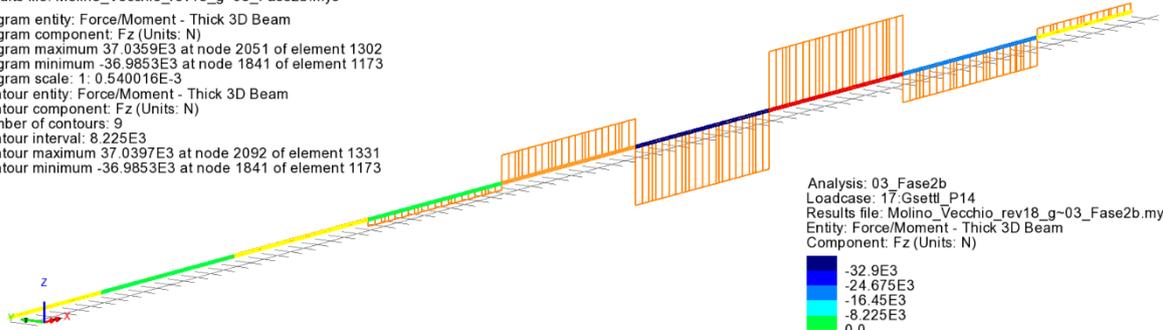
Qkc - Cedimenti Pila P13 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 16_Gsettl_P13
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-998.42E3
-798.736E3
-599.052E3
-399.368E3
-199.684E3
0.0
199.684E3
399.368E3
599.052E3

Maximum 691.153E3 at node 1303 of element 835
Minimum -1.106E6 at node 1643 of element 1036

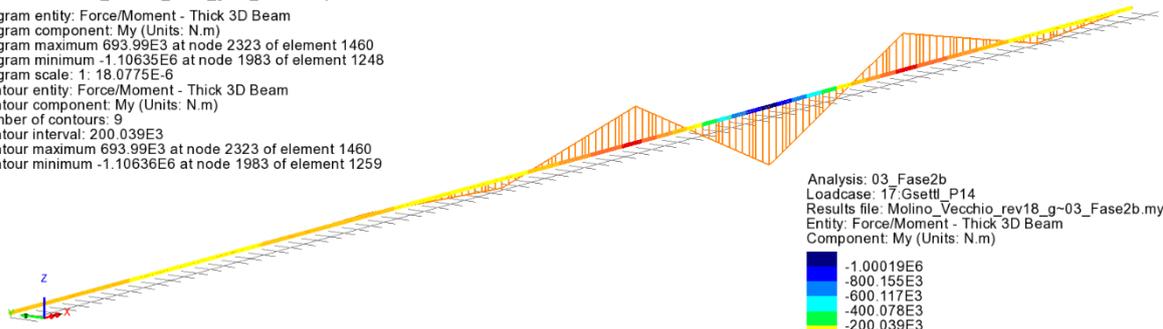
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 17:Gsettl_P14
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 37.0359E3 at node 2051 of element 1302
Diagram minimum -36.9853E3 at node 1841 of element 1173
Diagram scale: 1: 0.540016E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.225E3
Contour maximum 37.0397E3 at node 2092 of element 1331
Contour minimum -36.9853E3 at node 1841 of element 1173



Qkc - Cedimenti Pila P14 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 17:Gsettl_P14
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)
-32.9E3
-24.675E3
-16.45E3
-8.225E3
0.0
8.225E3
16.45E3
24.675E3
32.9E3
Maximum 37.0397E3 at node 2092 of element 1331
Minimum -36.9853E3 at node 1841 of element 1173

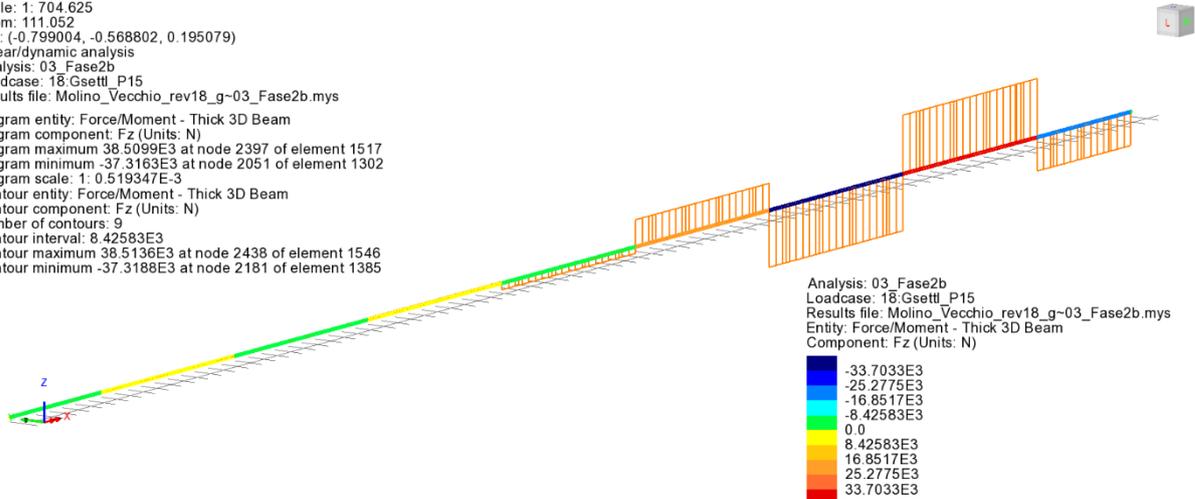
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 17:Gsettl_P14
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 693.99E3 at node 2323 of element 1460
Diagram minimum -1.10635E6 at node 1983 of element 1248
Diagram scale: 1: 18.0775E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 200.039E3
Contour maximum 693.99E3 at node 2323 of element 1460
Contour minimum -1.10636E6 at node 1983 of element 1259



Qkc - Cedimenti Pila P14 - My

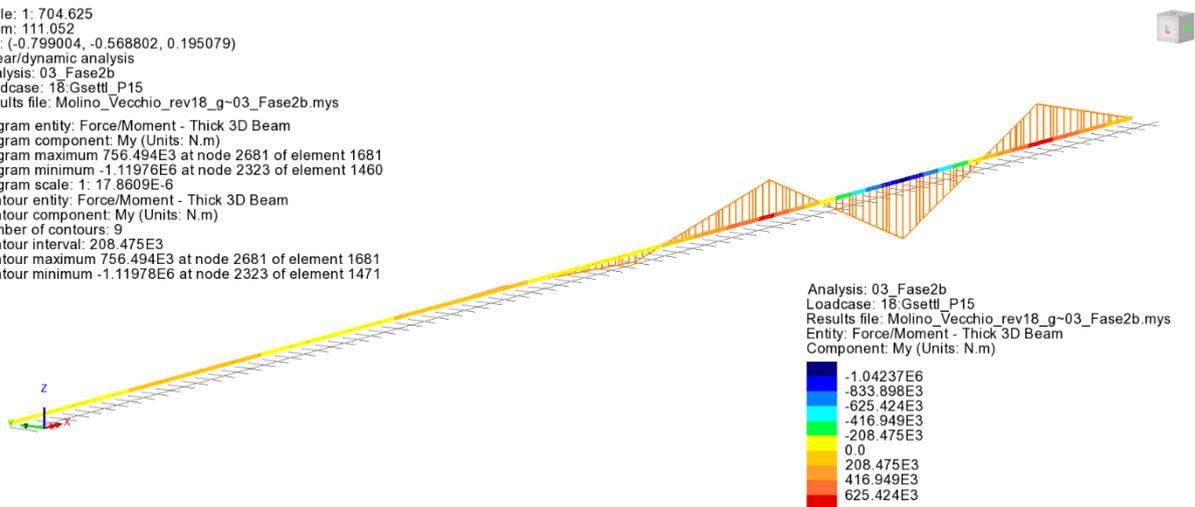
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 17:Gsettl_P14
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)
-1.00019E6
-800.155E3
-600.117E3
-400.078E3
-200.039E3
0.0
200.039E3
400.078E3
600.117E3
Maximum 693.99E3 at node 2323 of element 1460
Minimum -1.10636E6 at node 1983 of element 1259

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 18_Gsettl_P15
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 38.5099E3 at node 2397 of element 1517
Diagram minimum -37.3163E3 at node 2051 of element 1302
Diagram scale: 1: 0.519347E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.42583E3
Contour maximum 38.5136E3 at node 2438 of element 1546
Contour minimum -37.3188E3 at node 2181 of element 1385



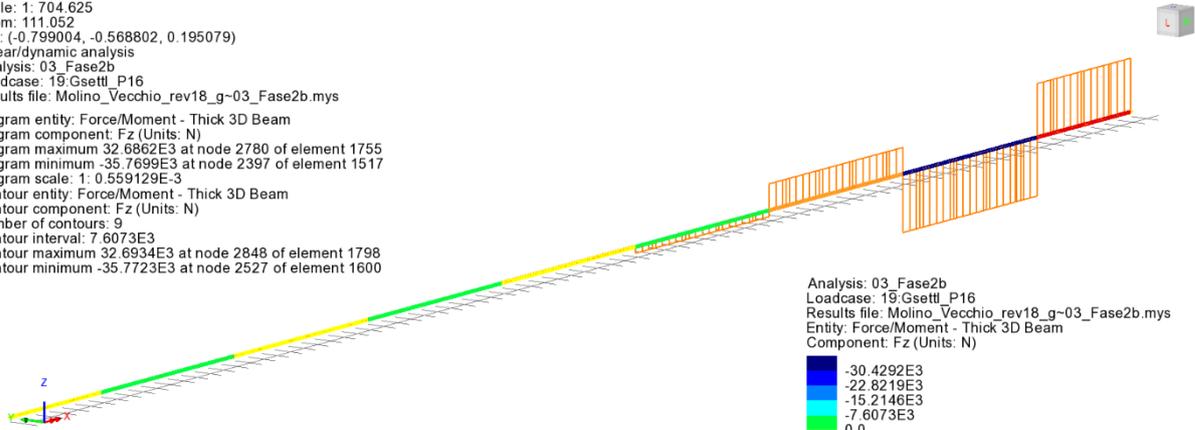
Qkc - Cedimenti Pila P15 - Fz

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 18_Gsettl_P15
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 756.494E3 at node 2681 of element 1681
Diagram minimum -1.11976E6 at node 2323 of element 1460
Diagram scale: 1: 17.8609E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 208.475E3
Contour maximum 756.494E3 at node 2681 of element 1681
Contour minimum -1.11978E6 at node 2323 of element 1471



Qkc - Cedimenti Pila P15 - My

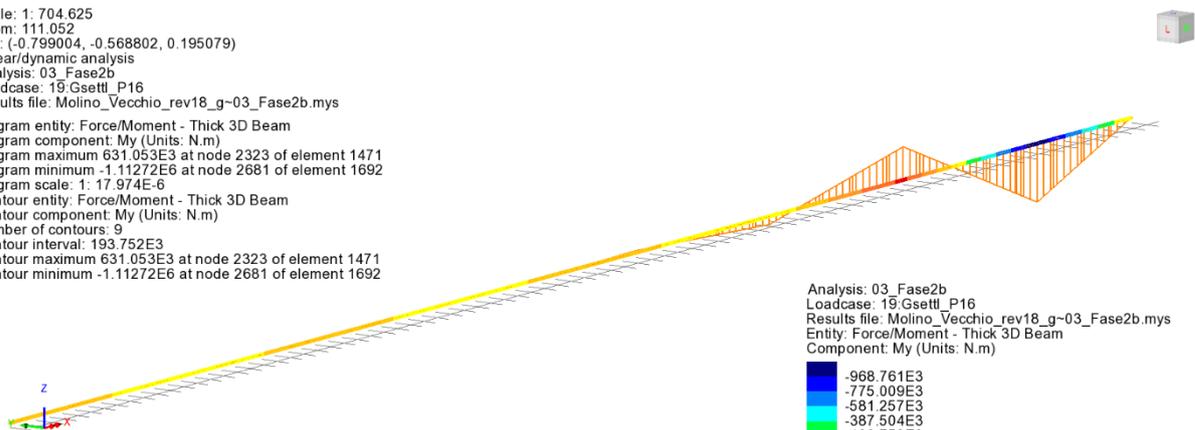
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 19:Gsettl_P16
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 32.6862E3 at node 2780 of element 1755
Diagram minimum -35.7699E3 at node 2397 of element 1517
Diagram scale: 1: 0.559129E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 7.6073E3
Contour maximum 32.6934E3 at node 2848 of element 1798
Contour minimum -35.7723E3 at node 2527 of element 1600



Qkc - Cedimenti Pila P16 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 19:Gsettl_P16
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)
Maximum 32.6934E3 at node 2848 of element 1798
Minimum -35.7723E3 at node 2527 of element 1600

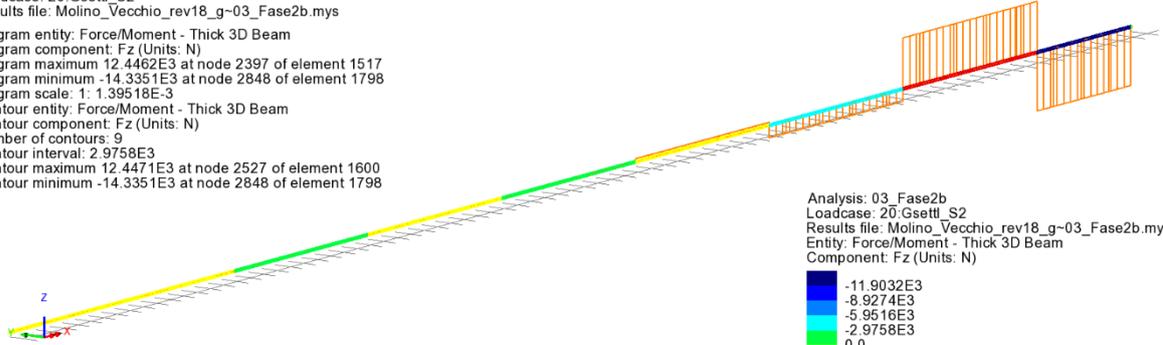
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 19:Gsettl_P16
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 631.053E3 at node 2323 of element 1471
Diagram minimum -1.11272E6 at node 2681 of element 1692
Diagram scale: 1: 17.974E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 193.752E3
Contour maximum 631.053E3 at node 2323 of element 1471
Contour minimum -1.11272E6 at node 2681 of element 1692



Qkc - Cedimenti Pila P16 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 19:Gsettl_P16
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)
Maximum 631.053E3 at node 2323 of element 1471
Minimum -1.11272E6 at node 2681 of element 1692

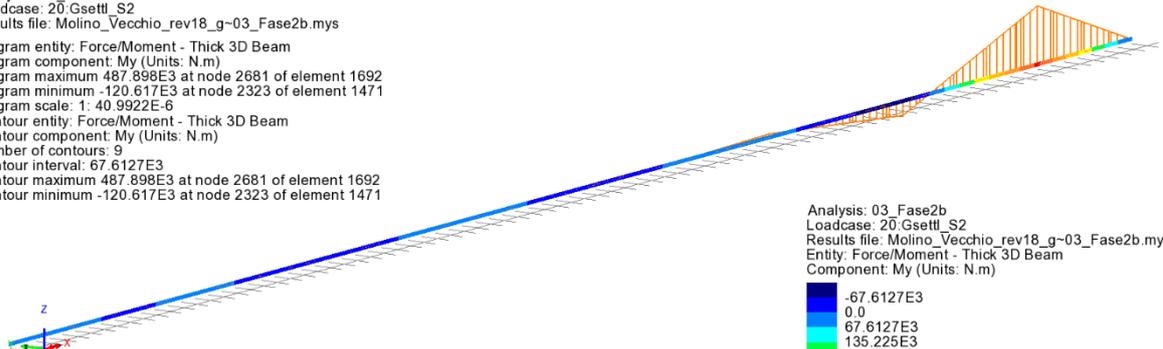
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 20_Gsettl_S2
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 12.4462E3 at node 2397 of element 1517
Diagram minimum -14.3351E3 at node 2848 of element 1798
Diagram scale: 1: 1.39518E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.9758E3
Contour maximum 12.4471E3 at node 2527 of element 1600
Contour minimum -14.3351E3 at node 2848 of element 1798



Qkc - Cedimenti Spalla S2 - Fz

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 20_Gsettl_S2
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)
-11.9032E3
-8.9274E3
-5.9516E3
-2.9758E3
0.0
2.9758E3
5.9516E3
8.9274E3
11.9032E3
Maximum 12.4471E3 at node 2527 of element 1600
Minimum -14.3351E3 at node 2848 of element 1798

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 20_Gsettl_S2
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 487.898E3 at node 2681 of element 1692
Diagram minimum -120.617E3 at node 2323 of element 1471
Diagram scale: 1: 40.9922E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 67.6127E3
Contour maximum 487.898E3 at node 2681 of element 1692
Contour minimum -120.617E3 at node 2323 of element 1471

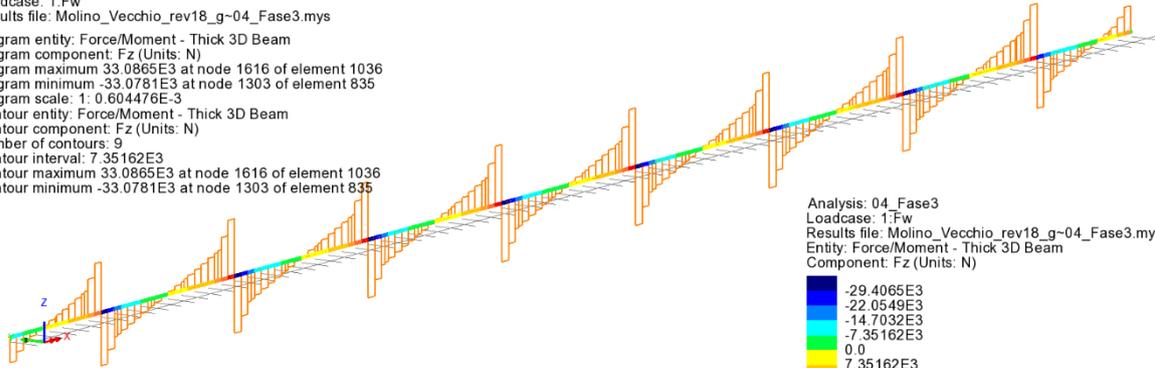


Qkc - Cedimenti Spalla S2 - My

Analysis: 03_Fase2b
Loadcase: 20_Gsettl_S2
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-03_Fase2b.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)
-67.6127E3
0.0
67.6127E3
135.225E3
202.838E3
270.451E3
338.064E3
405.676E3
473.289E3
Maximum 487.898E3 at node 2681 of element 1692
Minimum -120.617E3 at node 2323 of element 1471

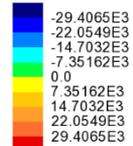
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 1:Fw
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 33.0865E3 at node 1616 of element 1036
Diagram minimum -33.0781E3 at node 1303 of element 835
Diagram scale: 1: 0.604476E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 7.35162E3
Contour maximum 33.0865E3 at node 1616 of element 1036
Contour minimum -33.0781E3 at node 1303 of element 835



Qkv - Vento - Fz

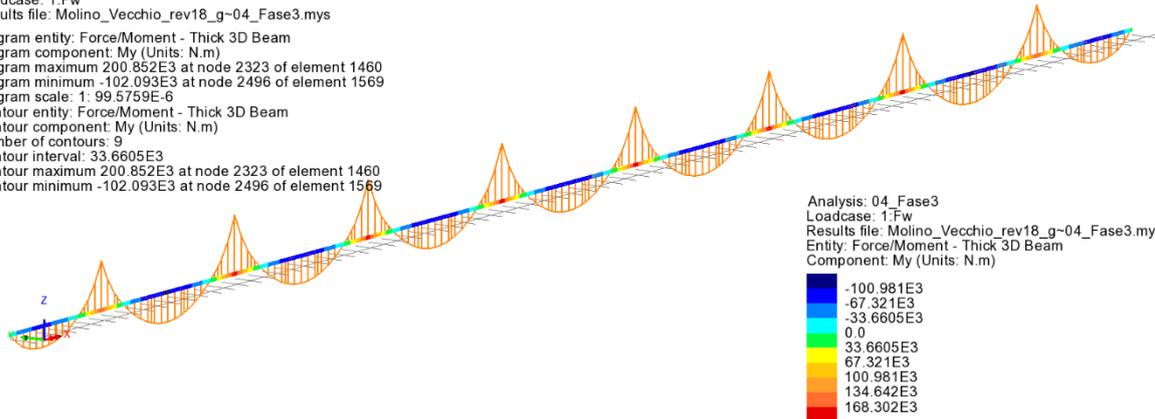
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 1:Fw
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 33.0865E3 at node 1616 of element 1036
Minimum -33.0781E3 at node 1303 of element 835

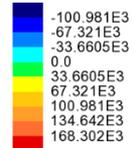
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 1:Fw
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 200.852E3 at node 2323 of element 1460
Diagram minimum -102.093E3 at node 2496 of element 1569
Diagram scale: 1: 99.5759E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 33.6605E3
Contour maximum 200.852E3 at node 2323 of element 1460
Contour minimum -102.093E3 at node 2496 of element 1569



Qkv - Vento - My

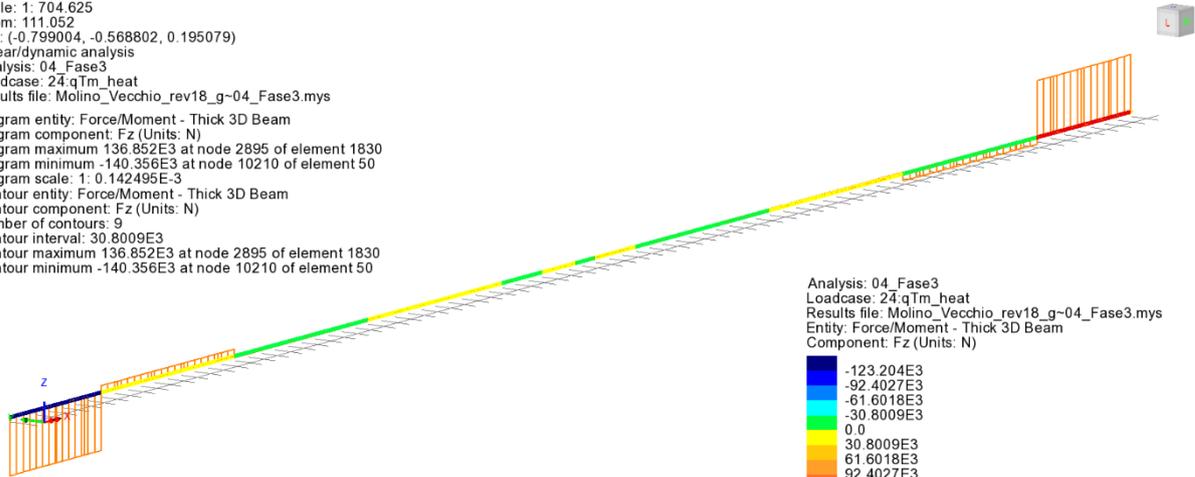
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 1:Fw
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 200.852E3 at node 2323 of element 1460
Minimum -102.093E3 at node 2496 of element 1569

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 24.qTm_heat
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 136.852E3 at node 2895 of element 1830
Diagram minimum -140.356E3 at node 10210 of element 50
Diagram scale: 1: 0.142495E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 30.8009E3
Contour maximum 136.852E3 at node 2895 of element 1830
Contour minimum -140.356E3 at node 10210 of element 50



QkT - Gradiente positivo - Fz

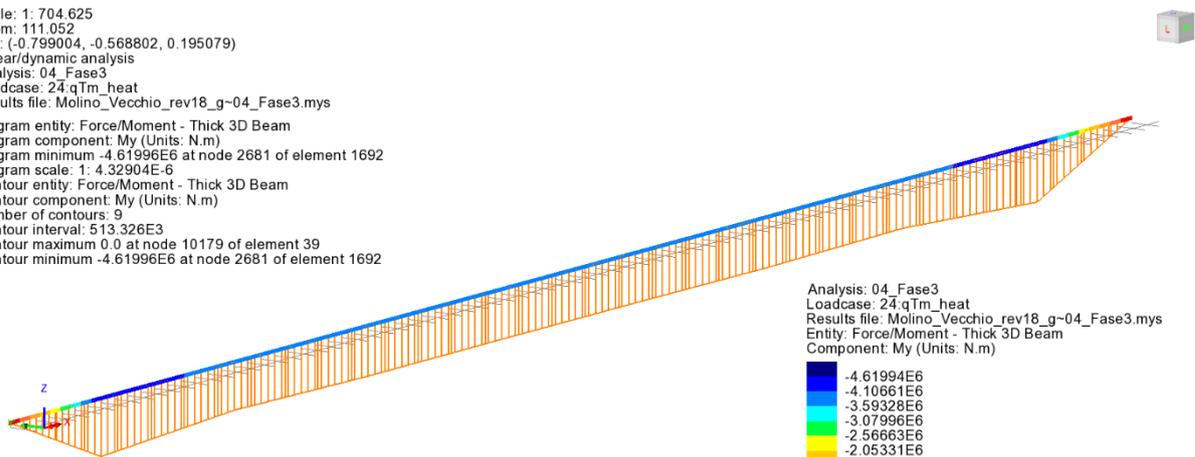
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 24.qTm_heat
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

Blue	-123.204E3
Dark Blue	-92.4027E3
Cyan	-61.6018E3
Green	-30.8009E3
Yellow	0.0
Orange	30.8009E3
Red-Orange	61.6018E3
Red	92.4027E3
Dark Red	123.204E3

Maximum 136.852E3 at node 2895 of element 1830
Minimum -140.356E3 at node 10210 of element 50

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 24.qTm_heat
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram minimum -4.61996E6 at node 2681 of element 1692
Diagram scale: 1: 4.32904E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 513.326E3
Contour maximum 0.0 at node 10179 of element 39
Contour minimum -4.61996E6 at node 2681 of element 1692



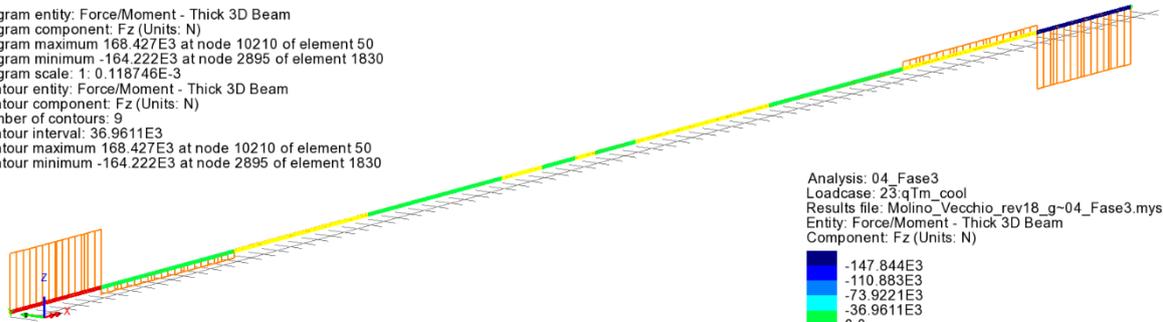
QkT - Gradiente positivo - My

Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 24.qTm_heat
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

Blue	-4.61994E6
Dark Blue	-4.10661E6
Cyan	-3.59328E6
Green	-3.07996E6
Yellow	-2.56663E6
Orange	-2.05331E6
Red-Orange	-1.53998E6
Red	-1.02665E6
Dark Red	-513.326E3

Maximum 0.0 at node 10179 of element 39
Minimum -4.61996E6 at node 2681 of element 1692

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 23.qTm_cool
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 168.427E3 at node 10210 of element 50
Diagram minimum -164.222E3 at node 2895 of element 1830
Diagram scale: 1: 0.118746E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 36.9611E3
Contour maximum 168.427E3 at node 10210 of element 50
Contour minimum -164.222E3 at node 2895 of element 1830



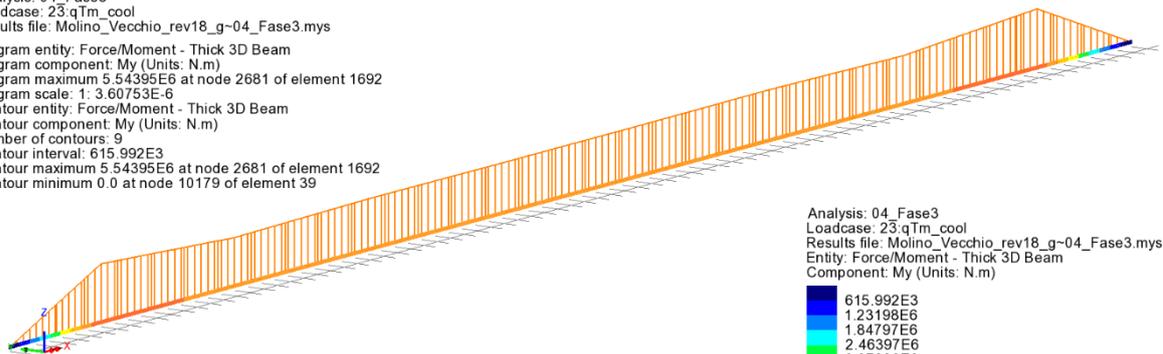
QkT - Gradiente negativo - Fz

Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 23.qTm_cool
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

-147.844E3
-110.883E3
-73.9221E3
-36.9611E3
0.0
36.9611E3
73.9221E3
110.883E3
147.844E3

Maximum 168.427E3 at node 10210 of element 50
Minimum -164.222E3 at node 2895 of element 1830

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 23.qTm_cool
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 5.54395E6 at node 2681 of element 1692
Diagram scale: 1: 3.60753E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 615.992E3
Contour maximum 5.54395E6 at node 2681 of element 1692
Contour minimum 0.0 at node 10179 of element 39



QkT - Gradiente negativo - My

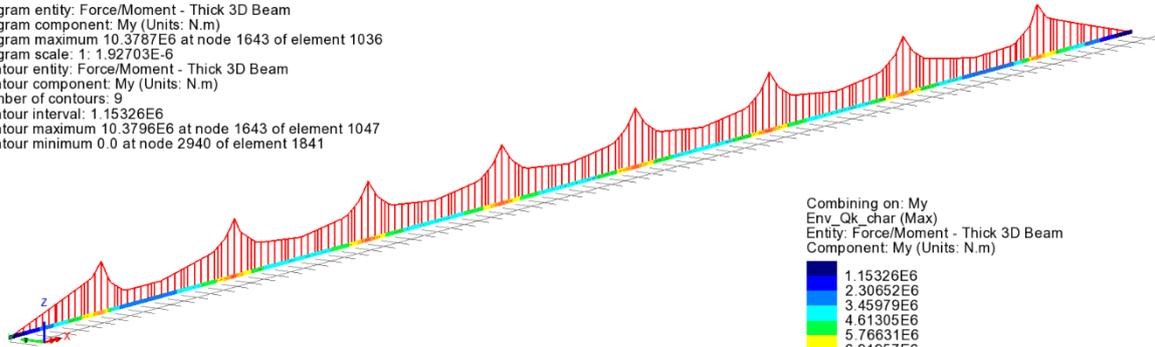
Analysis: 04_Fase3
Loadcase: 23.qTm_cool
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g-04_Fase3.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

615.992E3
1.23198E6
1.84797E6
2.46397E6
3.07996E6
3.69595E6
4.31194E6
4.92793E6
5.54392E6

Maximum 5.54395E6 at node 2681 of element 1692
Minimum 0.0 at node 10179 of element 39

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
Env_Qk_char (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 10.3787E6 at node 1643 of element 1036
Diagram scale: 1: 1.92703E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.15326E6
Contour maximum 10.3796E6 at node 1643 of element 1047
Contour minimum 0.0 at node 2940 of element 1841



Qk - Traffico caratteristico My (max)

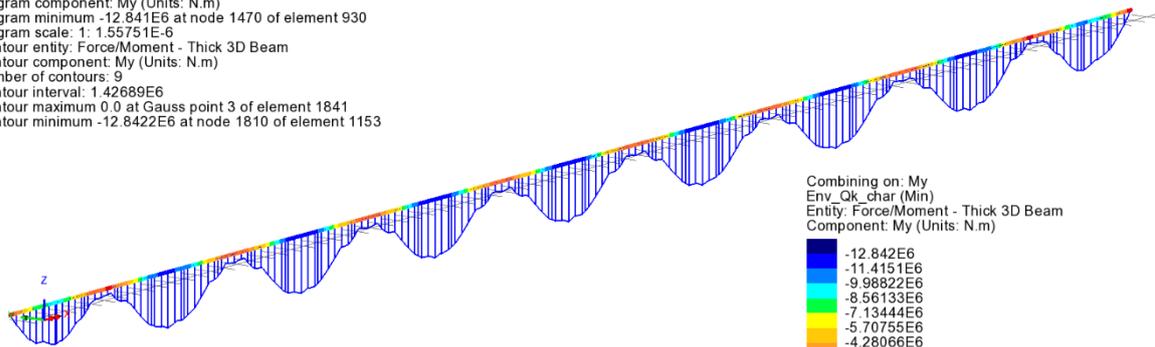
Combining on: My
Env_Qk_char (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

1.15326E6
2.30652E6
3.45979E6
4.61305E6
5.76631E6
6.91957E6
8.07283E6
9.22609E6
10.3794E6

Maximum 10.3796E6 at node 1643 of element 1047
Minimum 0.0 at node 2940 of element 1841

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
Env_Qk_char (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram minimum -12.841E6 at node 1470 of element 930
Diagram scale: 1: 1.55751E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.42689E6
Contour maximum 0.0 at Gauss point 3 of element 1841
Contour minimum -12.8422E6 at node 1810 of element 1153



Qk - Traffico caratteristico My (min)

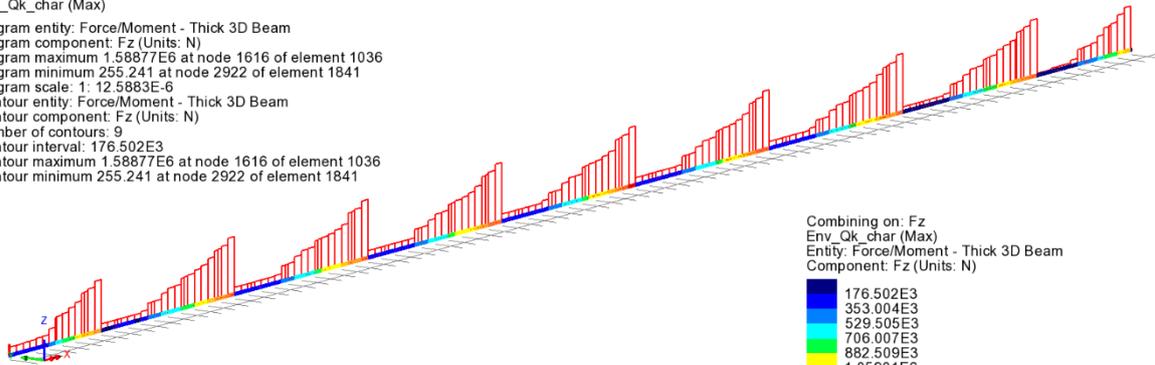
Combining on: My
Env_Qk_char (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-12.842E6
-11.4151E6
-9.98822E6
-8.56133E6
-7.13444E6
-5.70755E6
-4.28066E6
-2.85378E6
-1.42689E6

Maximum 0.0 at Gauss point 3 of element 1841
Minimum -12.8422E6 at node 1810 of element 1153

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
Env_Qk_char (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 1.58877E6 at node 1616 of element 1036
Diagram minimum 255.241 at node 2922 of element 1841
Diagram scale: 1: 12.5883E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 176.502E3
Contour maximum 1.58877E6 at node 1616 of element 1036
Contour minimum 255.241 at node 2922 of element 1841



Qk - Traffico caratteristico Fz (max)

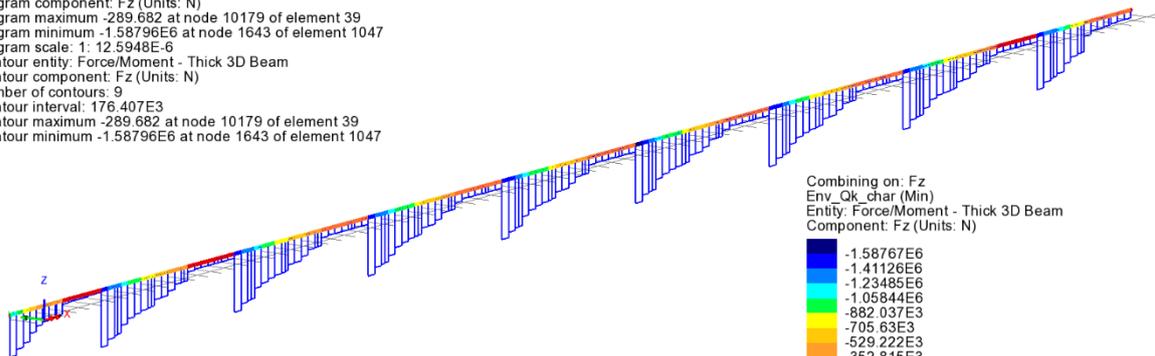
Combining on: Fz
Env_Qk_char (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

176.502E3
353.004E3
529.505E3
706.007E3
882.509E3
1.05901E6
1.23551E6
1.41201E6
1.58852E6

Maximum 1.58877E6 at node 1616 of element 1036
Minimum 255.241 at node 2922 of element 1841

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
Env_Qk_char (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum -289.682 at node 10179 of element 39
Diagram minimum -1.58796E6 at node 1643 of element 1047
Diagram scale: 1: 12.5948E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 176.407E3
Contour maximum -289.682 at node 10179 of element 39
Contour minimum -1.58796E6 at node 1643 of element 1047



Qk - Traffico caratteristico Fz (min)

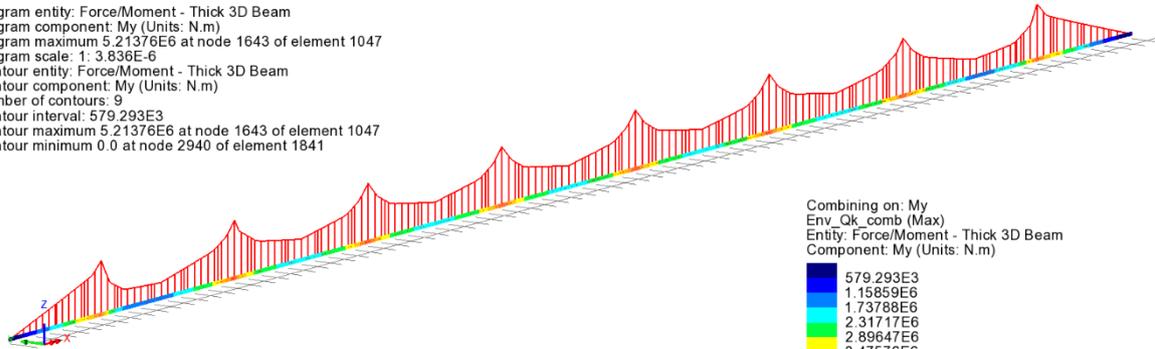
Combining on: Fz
Env_Qk_char (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

-1.58767E6
-1.41126E6
-1.23485E6
-1.05844E6
-882.037E3
-705.63E3
-529.222E3
-352.815E3
-176.407E3

Maximum -289.682 at node 10179 of element 39
Minimum -1.58796E6 at node 1643 of element 1047

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
Env_Qk_comb (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 5.21376E6 at node 1643 of element 1047
Diagram scale: 1: 3.836E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 579.293E3
Contour maximum 5.21376E6 at node 1643 of element 1047
Contour minimum 0.0 at node 2940 of element 1841



Qk - Traffico frequente My (max)

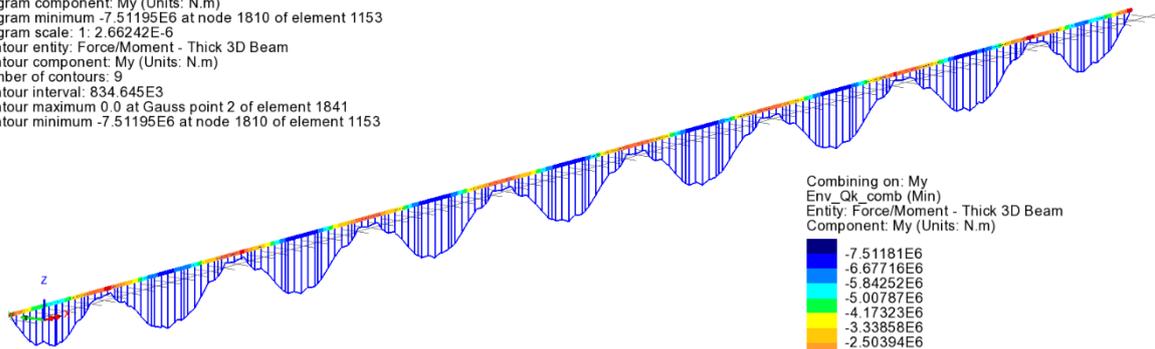
Combining on: My
Env_Qk_comb (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

579.293E3
1.15859E6
1.73788E6
2.31717E6
2.89647E6
3.47576E6
4.05505E6
4.63435E6
5.21364E6

Maximum 5.21376E6 at node 1643 of element 1047
Minimum 0.0 at node 2940 of element 1841

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
Env_Qk_comb (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram minimum -7.51195E6 at node 1810 of element 1153
Diagram scale: 1: 2.66242E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 834.645E3
Contour maximum 0.0 at Gauss point 2 of element 1841
Contour minimum -7.51195E6 at node 1810 of element 1153



Qk - Traffico frequente My (min)

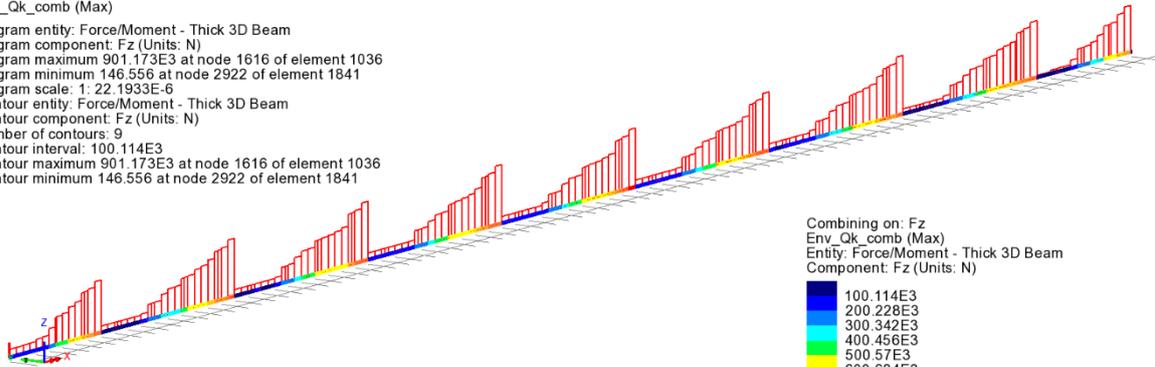
Combining on: My
Env_Qk_comb (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-7.51181E6
-6.67716E6
-5.84252E6
-5.00787E6
-4.17323E6
-3.33858E6
-2.50394E6
-1.66929E6
-834.645E3

Maximum 0.0 at Gauss point 2 of element 1841
Minimum -7.51195E6 at node 1810 of element 1153

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
Env_Qk_comb (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 901.173E3 at node 1616 of element 1036
Diagram minimum 146.556 at node 2922 of element 1841
Diagram scale: 1: 22.1933E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 100.114E3
Contour maximum 901.173E3 at node 1616 of element 1036
Contour minimum 146.556 at node 2922 of element 1841



Qk - Traffico frequente Fz (max)

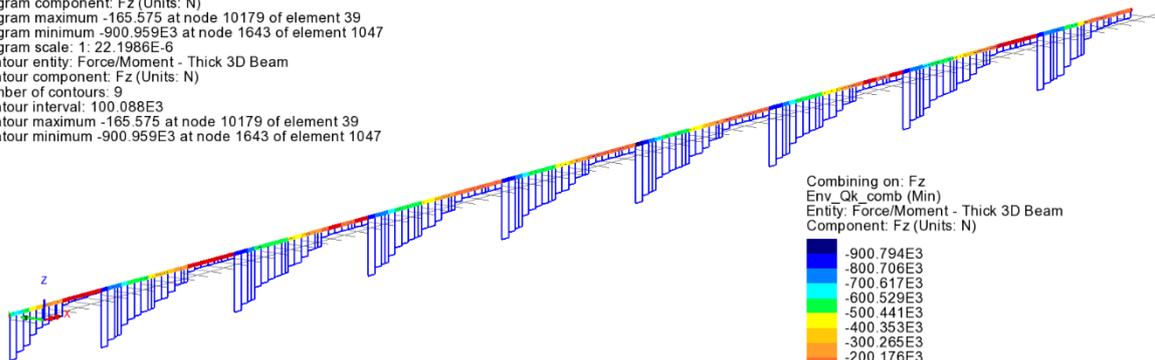
Combining on: Fz
Env_Qk_comb (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

100.114E3
200.228E3
300.342E3
400.456E3
500.57E3
600.684E3
700.798E3
800.912E3
901.026E3

Maximum 901.173E3 at node 1616 of element 1036
Minimum 146.556 at node 2922 of element 1841

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
Env_Qk_comb (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum -165.575 at node 10179 of element 39
Diagram minimum -900.959E3 at node 1643 of element 1047
Diagram scale: 1: 22.1986E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 100.088E3
Contour maximum -165.575 at node 10179 of element 39
Contour minimum -900.959E3 at node 1643 of element 1047



Qk - Traffico frequente Fz (min)

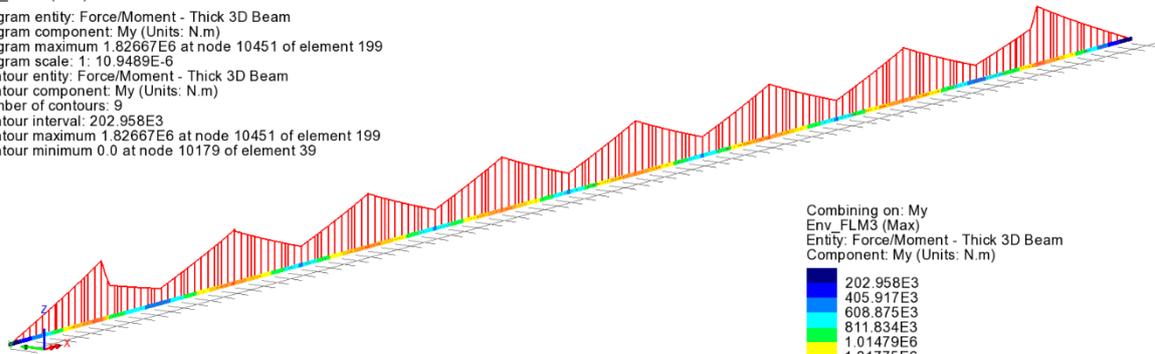
Combining on: Fz
Env_Qk_comb (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

-900.794E3
-800.706E3
-700.617E3
-600.529E3
-500.441E3
-400.353E3
-300.265E3
-200.176E3
-100.088E3

Maximum -165.575 at node 10179 of element 39
Minimum -900.959E3 at node 1643 of element 1047

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
Env_FLM3 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 1.82667E6 at node 10451 of element 199
Diagram scale: 1: 10.9489E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 202.958E3
Contour maximum 1.82667E6 at node 10451 of element 199
Contour minimum 0.0 at node 10179 of element 39



FLM3 - Fatica My (max)

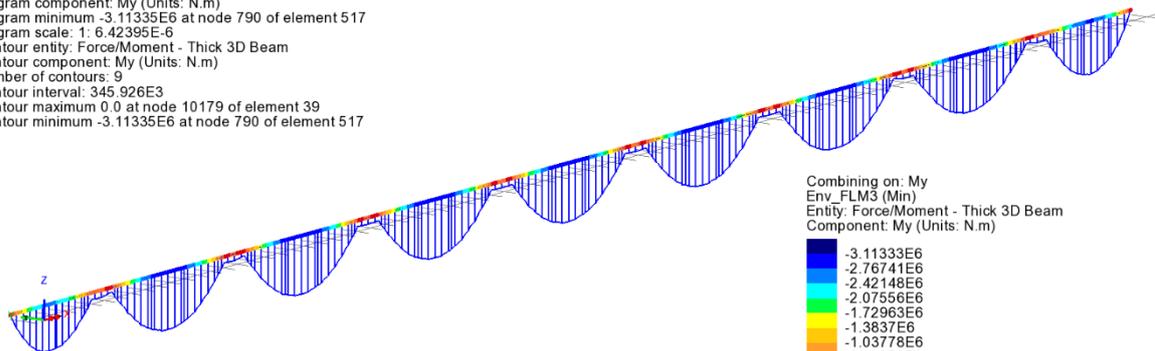
Combining on: My
Env_FLM3 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

202.958E3
405.917E3
608.875E3
811.834E3
1.01479E6
1.21775E6
1.42071E6
1.62367E6
1.82663E6

Maximum 1.82667E6 at node 10451 of element 199
Minimum 0.0 at node 10179 of element 39

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
Env_FLM3 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram minimum -3.11335E6 at node 790 of element 517
Diagram scale: 1: 6.42395E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 345.926E3
Contour maximum 0.0 at node 10179 of element 39
Contour minimum -3.11335E6 at node 790 of element 517



FLM3 - Fatica My (min)

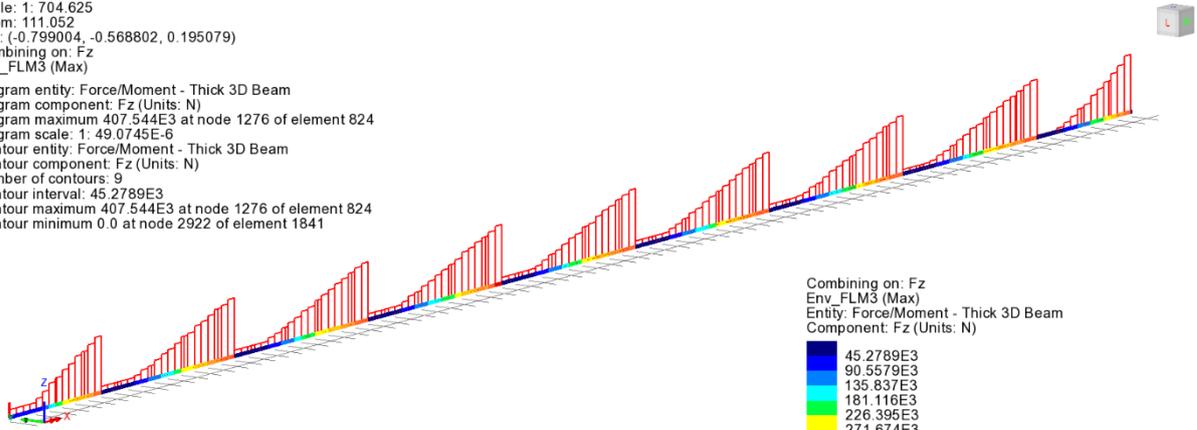
Combining on: My
Env_FLM3 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-3.11333E6
-2.76741E6
-2.42148E6
-2.07556E6
-1.72963E6
-1.3837E6
-1.03778E6
-691.852E3
-345.926E3

Maximum 0.0 at node 10179 of element 39
Minimum -3.11335E6 at node 790 of element 517

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
Env_FLM3 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 407.544E3 at node 1276 of element 824
Diagram scale: 1: 49.0745E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 45.2789E3
Contour maximum 407.544E3 at node 1276 of element 824
Contour minimum 0.0 at node 2922 of element 1841



FLM3 - Fatica Fz (max)

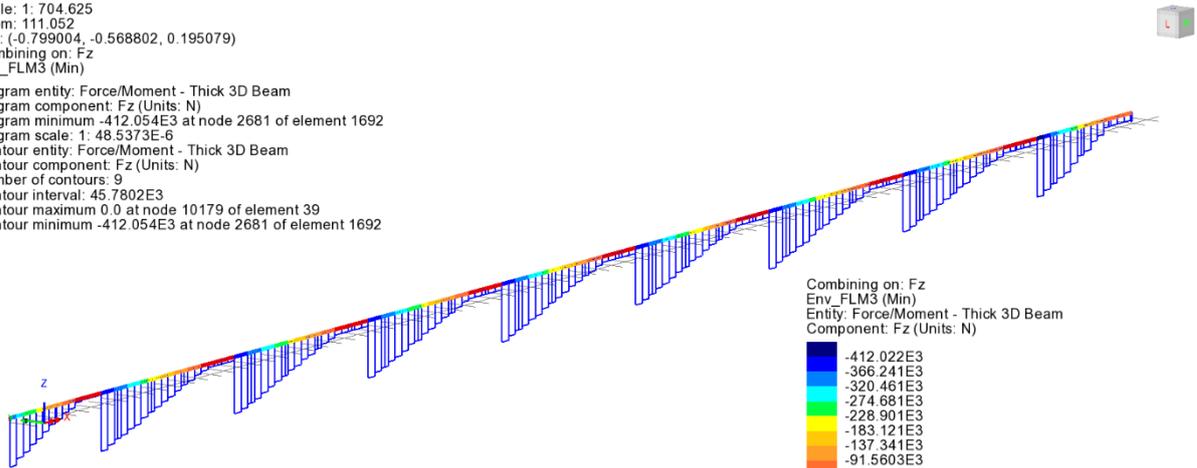
Combining on: Fz
Env_FLM3 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

- 45.2789E3
- 90.5579E3
- 135.837E3
- 181.116E3
- 226.395E3
- 271.674E3
- 316.953E3
- 362.232E3
- 407.511E3

Maximum 407.544E3 at node 1276 of element 824
Minimum 0.0 at node 2922 of element 1841

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
Env_FLM3 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram minimum -412.054E3 at node 2681 of element 1692
Diagram scale: 1: 48.5373E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 45.7802E3
Contour maximum 0.0 at node 10179 of element 39
Contour minimum -412.054E3 at node 2681 of element 1692



FLM3 - Fatica Fz (min)

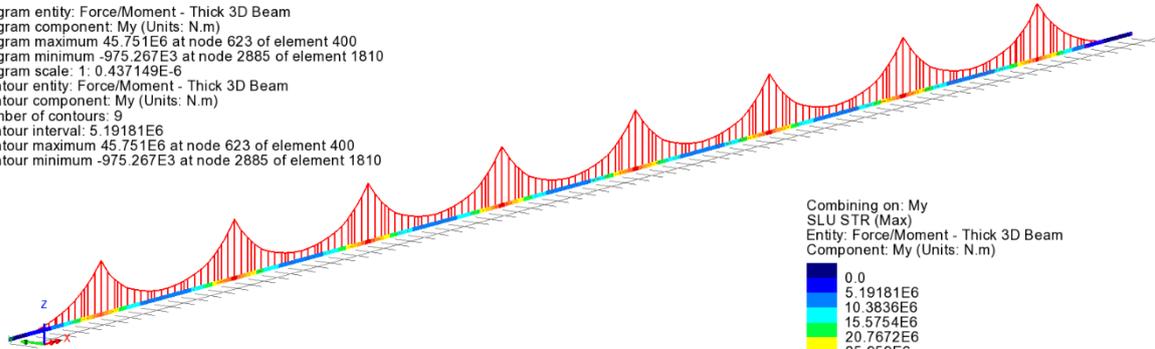
Combining on: Fz
Env_FLM3 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

- 412.022E3
- 366.241E3
- 320.461E3
- 274.681E3
- 228.901E3
- 183.121E3
- 137.341E3
- 91.5603E3
- 45.7802E3

Maximum 0.0 at node 10179 of element 39
Minimum -412.054E3 at node 2681 of element 1692

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 45.751E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -975.267E3 at node 2885 of element 1810
Diagram scale: 1: 0.437149E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 5.19181E6
Contour maximum 45.751E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -975.267E3 at node 2885 of element 1810



SLU fondamentale My (max)

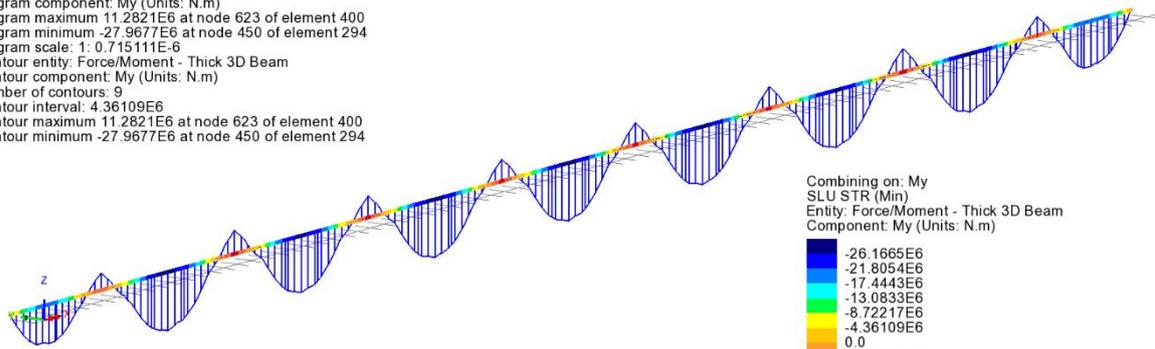
Combining on: My
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

0.0
5.19181E6
10.3836E6
15.5754E6
20.7672E6
25.959E6
31.1508E6
36.3426E6
41.5344E6

Maximum 45.751E6 at node 623 of element 400
Minimum -975.267E3 at node 2885 of element 1810

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 11.2821E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -27.9677E6 at node 450 of element 294
Diagram scale: 1: 0.715111E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 4.36109E6
Contour maximum 11.2821E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -27.9677E6 at node 450 of element 294



SLU fondamentale My (min)

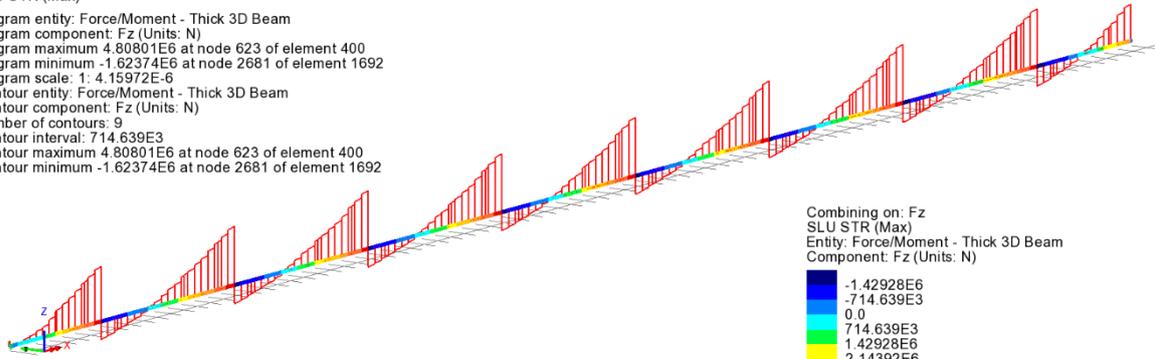
Combining on: My
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-26.1665E6
-21.8054E6
-17.4443E6
-13.0833E6
-8.72217E6
-4.36109E6
0.0
4.36109E6
8.72217E6

Maximum 11.2821E6 at node 623 of element 400
Minimum -27.9677E6 at node 450 of element 294

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.80801E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -1.62374E6 at node 2681 of element 1692
Diagram scale: 1: 4.15972E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 714.639E3
Contour maximum 4.80801E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -1.62374E6 at node 2681 of element 1692



SLU fondamentale Fz (max)

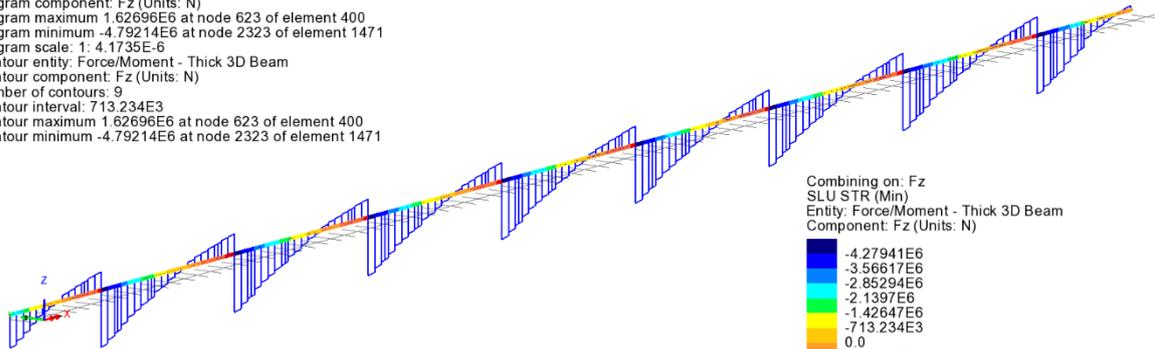
Combining on: Fz
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

-1.42928E6
-714.639E3
0.0
714.639E3
1.42928E6
2.14392E6
2.85856E6
3.57319E6
4.28783E6

Maximum 4.80801E6 at node 623 of element 400
Minimum -1.62374E6 at node 2681 of element 1692

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 1.62696E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -4.79214E6 at node 2323 of element 1471
Diagram scale: 1: 4.1735E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 713.234E3
Contour maximum 1.62696E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -4.79214E6 at node 2323 of element 1471



SLU fondamentale Fz (min)

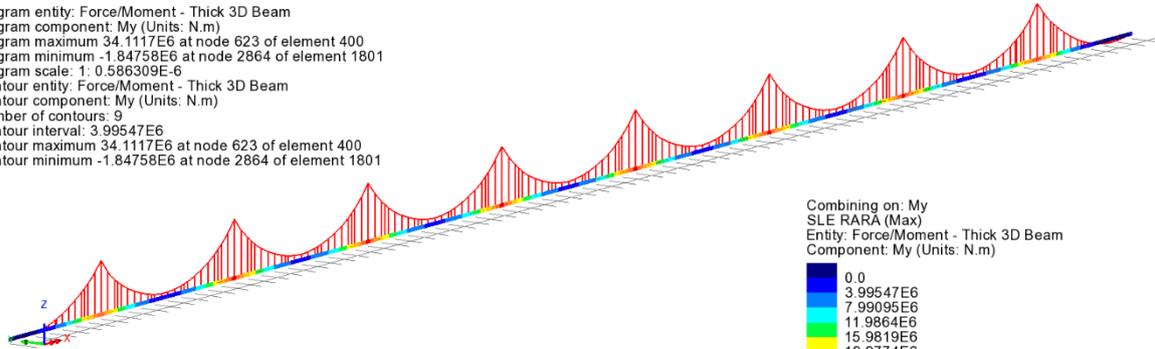
Combining on: Fz
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

-4.27941E6
-3.56617E6
-2.85294E6
-2.1397E6
-1.42647E6
-713.234E3
0.0
713.234E3
1.42647E6

Maximum 1.62696E6 at node 623 of element 400
Minimum -4.79214E6 at node 2323 of element 1471

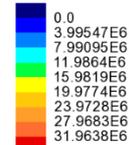
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 34.1117E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -1.84758E6 at node 2864 of element 1801
Diagram scale: 1: 0.586309E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 3.99547E6
Contour maximum 34.1117E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -1.84758E6 at node 2864 of element 1801



SLE caratteristica My (max)

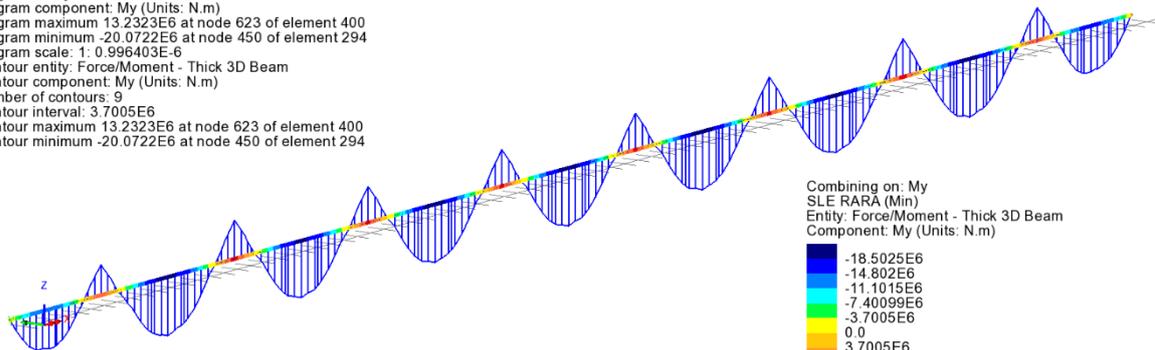
Combining on: My
SLE RARA (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 34.1117E6 at node 623 of element 400
Minimum -1.84758E6 at node 2864 of element 1801

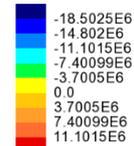
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 13.2323E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -20.0722E6 at node 450 of element 294
Diagram scale: 1: 0.996403E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 3.7005E6
Contour maximum 13.2323E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -20.0722E6 at node 450 of element 294



SLE caratteristica My (min)

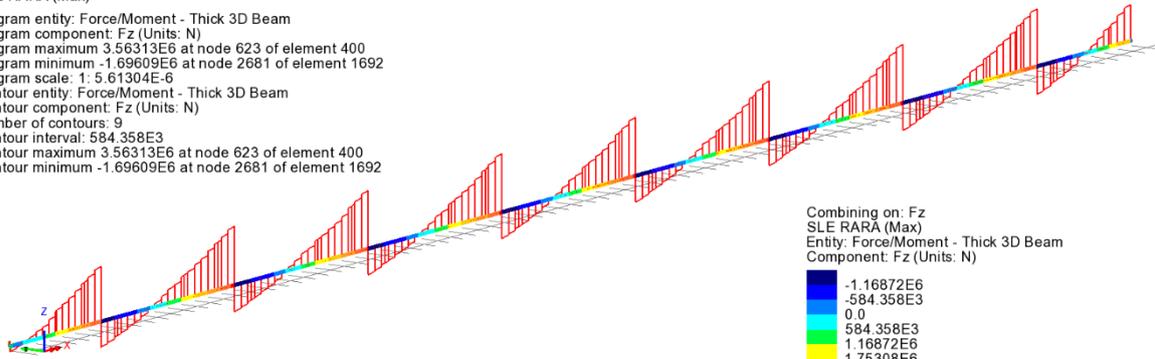
Combining on: My
SLE RARA (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 13.2323E6 at node 623 of element 400
Minimum -20.0722E6 at node 450 of element 294

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.56313E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -1.69609E6 at node 2681 of element 1692
Diagram scale: 1: 5.61304E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 584.358E3
Contour maximum 3.56313E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -1.69609E6 at node 2681 of element 1692



SLE caratteristica Fz (max)

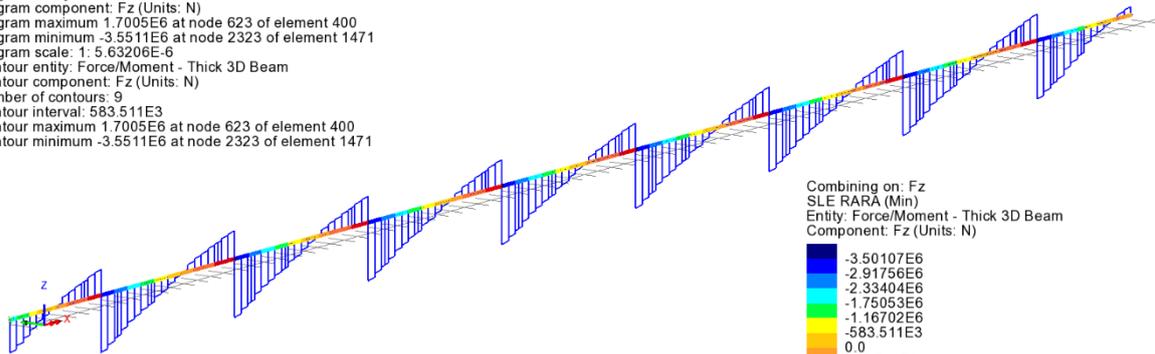
Combining on: Fz
SLE RARA (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

Blue	-1.16872E6
Dark Blue	-584.358E3
Light Blue	0.0
Cyan	584.358E3
Green	1.16872E6
Yellow	1.75308E6
Orange	2.33743E6
Red	2.92179E6
Dark Red	3.50615E6

Maximum 3.56313E6 at node 623 of element 400
Minimum -1.69609E6 at node 2681 of element 1692

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 1.7005E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -3.5511E6 at node 2323 of element 1471
Diagram scale: 1: 5.63206E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 583.511E3
Contour maximum 1.7005E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -3.5511E6 at node 2323 of element 1471



SLE caratteristica Fz (min)

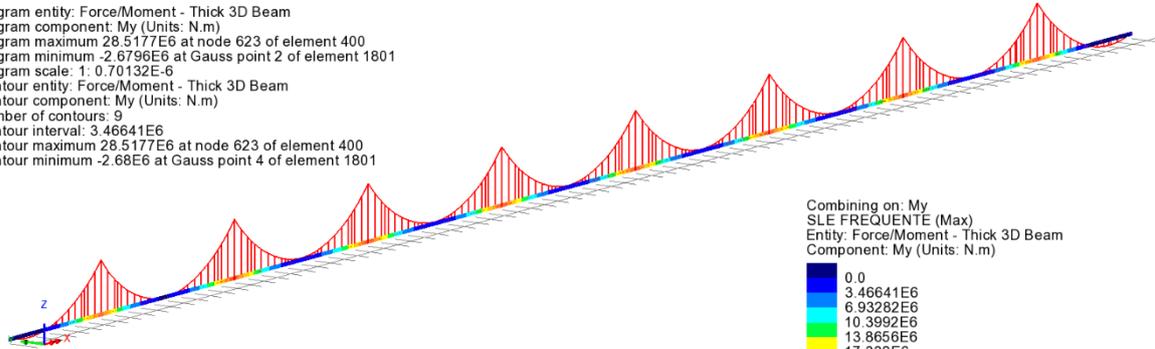
Combining on: Fz
SLE RARA (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

Blue	-3.50107E6
Dark Blue	-2.91756E6
Light Blue	-2.33404E6
Cyan	-1.75053E6
Green	-1.16702E6
Yellow	-583.511E3
Orange	0.0
Red	583.511E3
Dark Red	1.16702E6

Maximum 1.7005E6 at node 623 of element 400
Minimum -3.5511E6 at node 2323 of element 1471

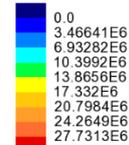
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 28.5177E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -2.6796E6 at Gauss point 2 of element 1801
Diagram scale: 1: 0.70132E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 3.46641E6
Contour maximum 28.5177E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -2.68E6 at Gauss point 4 of element 1801



SLE frequente My (max)

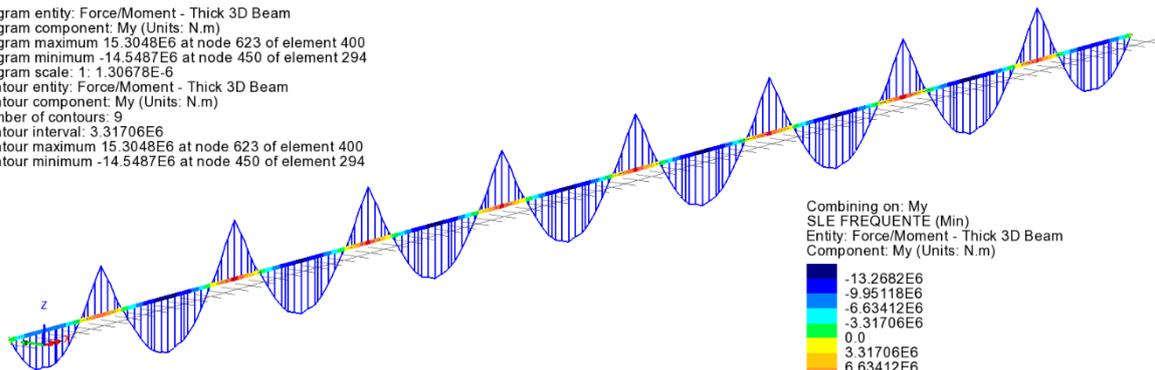
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 28.5177E6 at node 623 of element 400
Minimum -2.68E6 at Gauss point 4 of element 1801

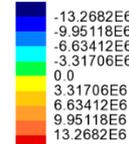
Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 15.3048E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -14.5487E6 at node 450 of element 294
Diagram scale: 1: 1.30678E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 3.31706E6
Contour maximum 15.3048E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -14.5487E6 at node 450 of element 294



SLE frequente My (min)

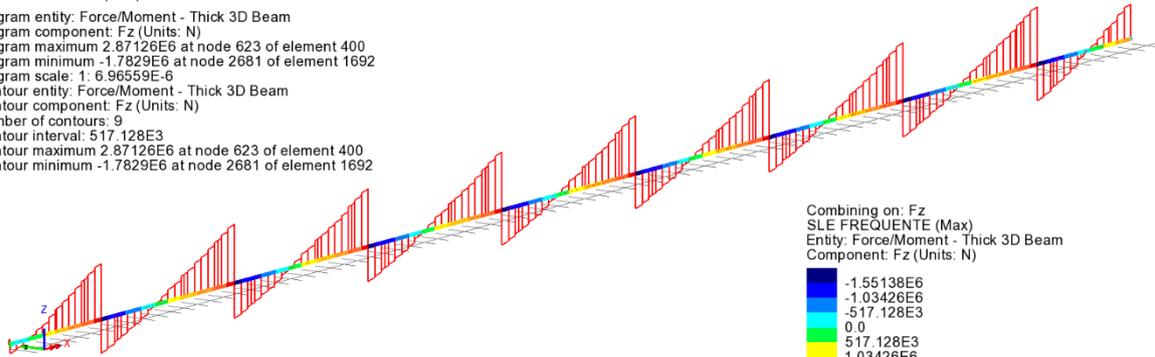
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 15.3048E6 at node 623 of element 400
Minimum -14.5487E6 at node 450 of element 294

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 2.87126E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -1.7829E6 at node 2681 of element 1692
Diagram scale: 1: 6.96559E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 517.128E3
Contour maximum 2.87126E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -1.7829E6 at node 2681 of element 1692



SLE frequente Fz (max)

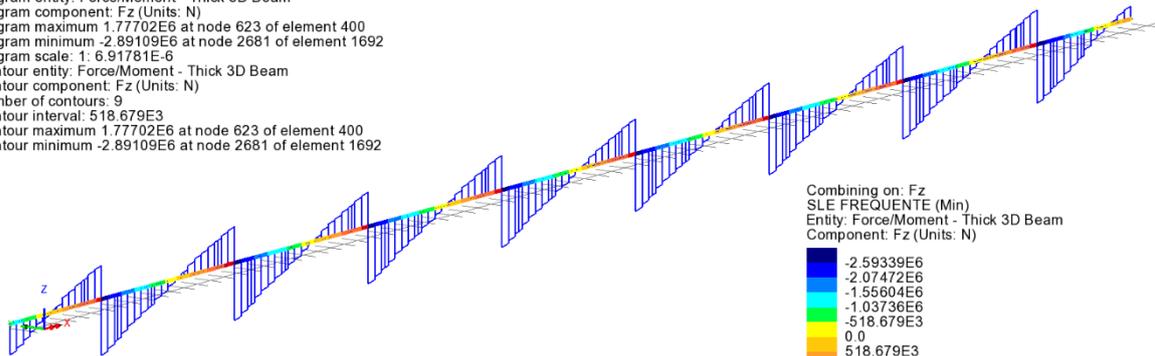
Combining on: Fz
SLE FREQUENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

Blue	-1.55138E6
Dark Blue	-1.03426E6
Cyan	-517.128E3
Green	0.0
Yellow	517.128E3
Orange	1.03426E6
Red	1.55138E6
Dark Red	2.06851E6
Red	2.58564E6

Maximum 2.87126E6 at node 623 of element 400
Minimum -1.7829E6 at node 2681 of element 1692

Scale: 1: 704.625
Zoom: 111.052
Eye: (-0.799004, -0.568802, 0.195079)
Combining on: Fz
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 1.77702E6 at node 623 of element 400
Diagram minimum -2.89109E6 at node 2681 of element 1692
Diagram scale: 1: 6.91781E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 518.679E3
Contour maximum 1.77702E6 at node 623 of element 400
Contour minimum -2.89109E6 at node 2681 of element 1692



SLE frequente Fz (min)

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

Blue	-2.59339E6
Dark Blue	-2.07472E6
Cyan	-1.55604E6
Green	-1.03736E6
Yellow	-518.679E3
Orange	0.0
Red	518.679E3
Dark Red	1.03736E6
Red	1.55604E6

Maximum 1.77702E6 at node 623 of element 400
Minimum -2.89109E6 at node 2681 of element 1692

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: 1.1099E3
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
 G1_acciaio+G1_soletta
 Maximum displacement 0.0330715 at Gauss point 9 of element 294
 Deformation exaggeration: 1.67803E3

Peak/value entity: Displacement
 Peak/value component: DZ (Units: m)
 Peak range(%): 10.0
 Peak/value maximum 0.126795E-3 at node 2940
 Peak/value minimum -0.0330403 at node 450

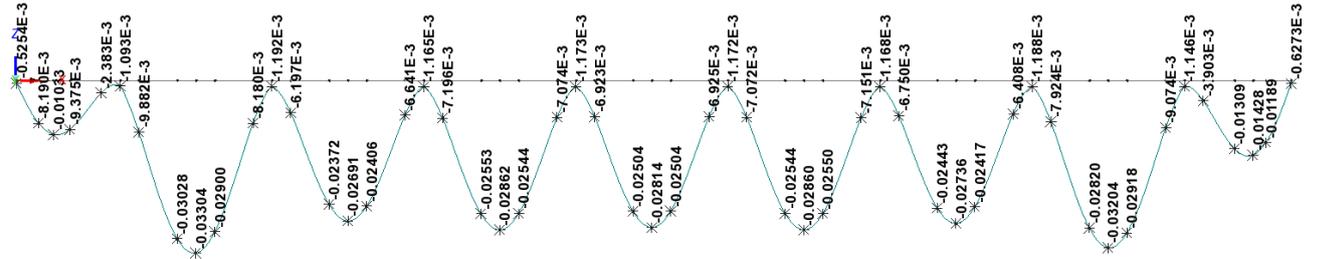


Figura 6-1: Deformata verticale e spostamenti DZ dovuti al peso proprio (Fase 1)

Scale: 1: 1.1099E3
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
 Linear/dynamic analysis
 Analysis: 02_Fase2a
 Loadcase: 3:G2_permanenti
 Results file: Molino_Vecchio_rev18_g~02_Fase2a.mys
 Maximum displacement 7.74178E-3 at Gauss point 9 of element 294
 Deformation exaggeration: 7.16823E3

Peak/value entity: Displacement
 Peak/value component: DZ (Units: m)
 Peak range(%): 10.0
 Peak/value maximum -0.111579E-3 at node 10179
 Peak/value minimum -7.73575E-3 at node 450

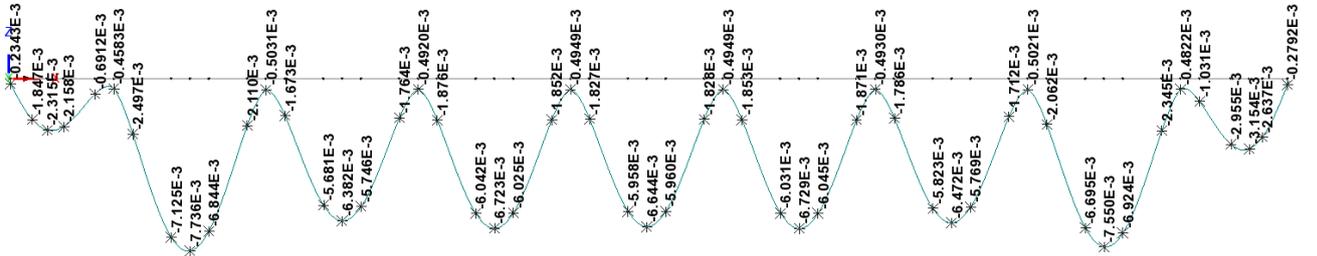


Figura 6-2: Deformata verticale e spostamenti DZ dovuti ai permanenti (Fase 2a)

Scale: 1: 1.1099E3
 Zoom: 100.0
 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 -0.765949E-3 at node 2940
 Peak/value minimum -0.0313503 at node 1810



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:

$$L/\delta_{\max} = 48.50/0.032 = 1515 \quad \text{per effetto dei soli carichi mobili}$$

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 in destra, 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 controfrecce nei giunti

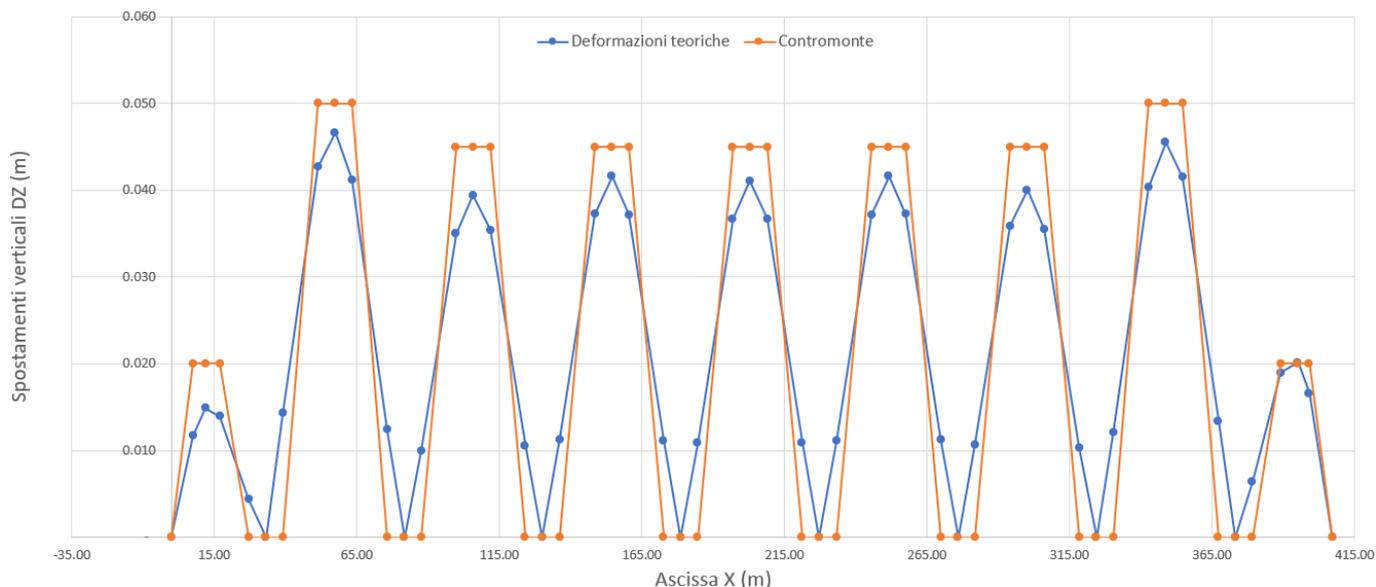


Figura 6-4 sovrapposizione deformata (-1) / contromonte

Considerata l'uniformità del comportamento, i risultati, in termini di contromonta verranno estesi al viadotto 1, 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	-	-	-	-	-
7.55	0.008	0.002	0.008	0.012	0.020
11.80	0.010	0.002	0.011	0.015	0.020
17.05	0.009	0.002	0.012	0.014	0.020
27.05	0.002	0.001	0.006	0.004	-
33.05	-	-	-	-	-
39.05	0.010	0.002	0.010	0.014	-
51.30	0.030	0.007	0.026	0.043	0.050
57.30	0.033	0.008	0.029	0.047	0.050
63.30	0.029	0.007	0.027	0.041	0.050
75.55	0.008	0.002	0.010	0.012	-
81.56	-	-	-	-	-
87.56	0.006	0.002	0.011	0.010	-
99.80	0.024	0.006	0.028	0.035	0.045
105.80	0.027	0.006	0.031	0.039	0.045
111.80	0.024	0.006	0.028	0.035	0.045
124.10	0.007	0.002	0.011	0.011	-
130.10	-	-	-	-	-
136.10	0.007	0.002	0.011	0.011	-
148.40	0.026	0.006	0.028	0.037	0.045
154.40	0.029	0.007	0.031	0.042	0.045
160.40	0.025	0.006	0.028	0.037	0.045
172.60	0.007	0.002	0.011	0.011	-
178.60	-	-	-	-	-
184.60	0.007	0.002	0.011	0.011	-
196.90	0.025	0.006	0.029	0.037	0.045
202.90	0.028	0.007	0.031	0.041	0.045
208.90	0.025	0.006	0.029	0.037	0.045
221.20	0.007	0.002	0.011	0.011	-
227.20	-	-	-	-	-
233.20	0.007	0.002	0.011	0.011	-
245.50	0.025	0.006	0.029	0.037	0.045
251.50	0.029	0.007	0.031	0.042	0.045
257.50	0.026	0.006	0.029	0.037	0.045
269.80	0.007	0.002	0.011	0.011	-
275.80	-	-	-	-	-
281.80	0.007	0.002	0.011	0.011	-
294.10	0.024	0.006	0.028	0.036	0.045

	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>
300.10	0.027	0.006	0.031	0.040	0.045
306.10	0.024	0.006	0.028	0.036	0.045
318.40	0.006	0.002	0.011	0.010	-
324.40	-	-	-	-	-
330.40	0.008	0.002	0.011	0.012	-
342.70	0.028	0.007	0.027	0.040	0.050
348.70	0.032	0.008	0.030	0.046	0.050
354.70	0.029	0.007	0.027	0.041	0.050
367.10	0.009	0.002	0.010	0.013	-
373.10	-	-	-	-	-
379.10	0.004	0.001	0.008	0.006	-
389.10	0.013	0.003	0.015	0.019	0.020
395.00	0.014	0.003	0.014	0.020	0.020
399.10	0.012	0.003	0.010	0.017	0.020
407.10	-	-	-	-	-

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 longitudinale e trasversale.

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	2557.	1.000	1.000	0.2773E-01	0.1176E-09	0.1176E-09	-0.6626E-01	0.6717E-09	0.6717E-09
2	-0.3170E-01	0.1538E-09	1.000	2476.	0.9379	0.9379	-0.1085E-03	0.1801E-14	0.6717E-09
3	0.1334E-01	0.2724E-10	1.000	-89.68	0.1231E-02	0.9391	-0.1999E-03	0.6114E-14	0.6717E-09
4	0.1383E-01	0.2925E-10	1.000	628.8	0.6050E-01	0.9996	-0.1785E-03	0.4877E-14	0.6717E-09
5	0.6011E-02	0.5528E-11	1.000	-22.31	0.7615E-04	0.9997	-0.9853E-04	0.1486E-14	0.6717E-09
6	0.2329E-02	0.8298E-12	1.000	43.16	0.2850E-03	1.000	-0.3423E-04	0.1793E-15	0.6717E-09
7	0.1045E-02	0.1672E-12	1.000	-2.026	0.6281E-06	1.000	-0.4032E-01	0.2488E-09	0.9205E-09
8	-0.6317E-01	0.6106E-09	1.000	-0.7212E-03	0.7958E-13	1.000	38.11	0.2223E-03	0.2223E-03
9	-0.4978E-03	0.3792E-13	1.000	-0.7694E-02	0.9057E-11	1.000	0.1909	0.5574E-08	0.2223E-03
10	0.8628	0.1139E-06	1.000	0.5047E-03	0.3897E-13	1.000	6.802	0.7079E-05	0.2293E-03

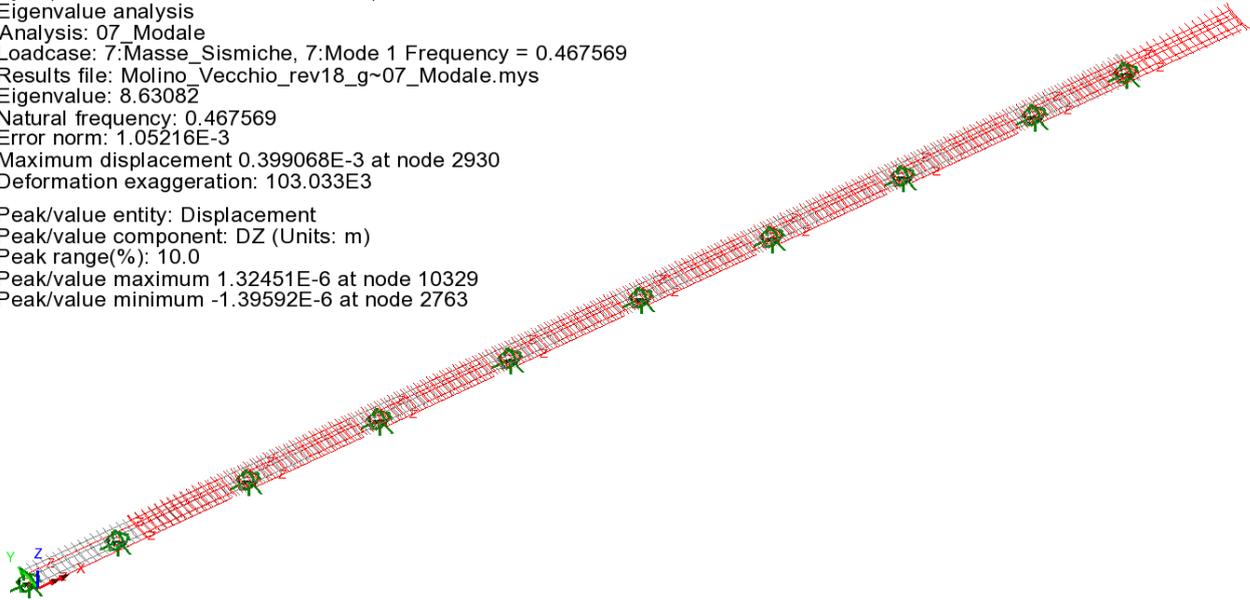
Tabella 8.1 Risultati analisi dinamica

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

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

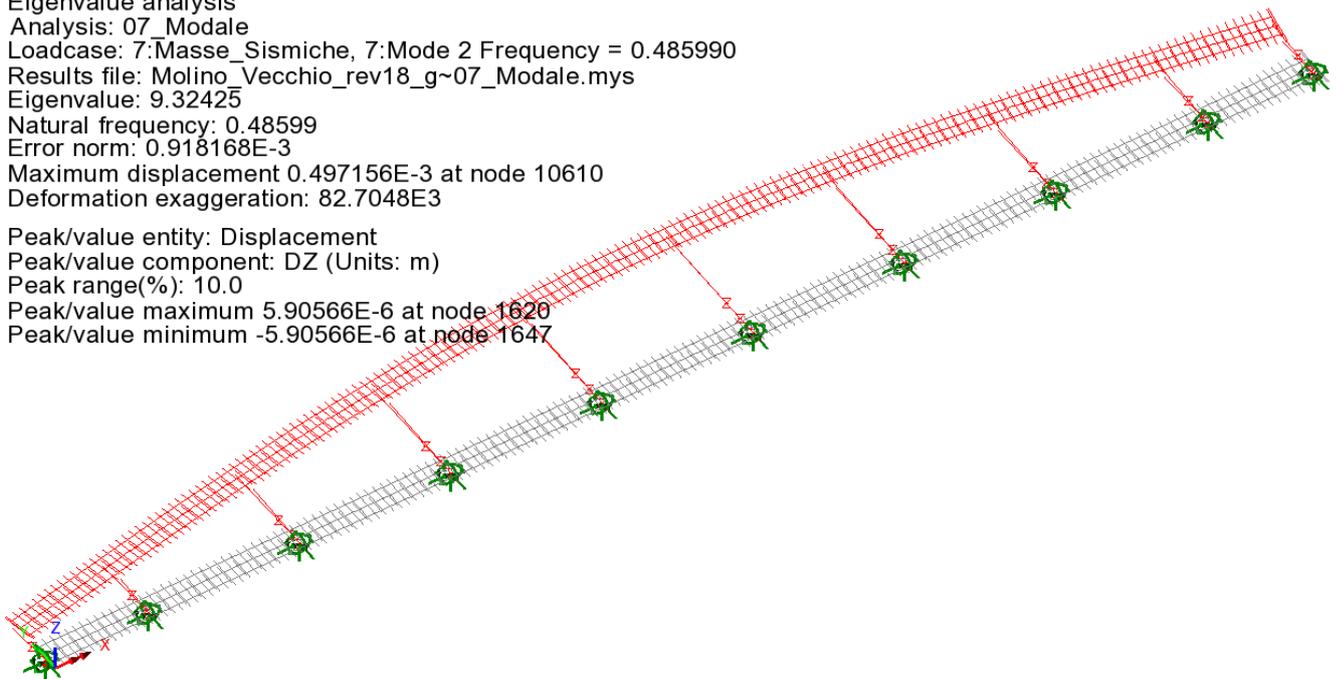
Modo 1 (f = 0.468 Hz, T = 2.14 s)

Scale: 1: 1.17478E3
Zoom: 100.0
Eye: (-0.375555, -0.580972, 0.722101)
Eigenvalue analysis
Analysis: 07_Modale
Loadcase: 7: Masse_Sismiche, 7: Mode 1 Frequency = 0.467569
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g~07_Modale.mys
Eigenvalue: 8.63082
Natural frequency: 0.467569
Error norm: 1.05216E-3
Maximum displacement 0.399068E-3 at node 2930
Deformation exaggeration: 103.033E3
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 1.32451E-6 at node 10329
Peak/value minimum -1.39592E-6 at node 2763



Modo 2 (f = 0.486 Hz, T = 2.06 s)

Scale: 1: 1.17478E3
Zoom: 100.0
Eye: (-0.375555, -0.580972, 0.722101)
Eigenvalue analysis
Analysis: 07_Modale
Loadcase: 7: Masse_Sismiche, 7: Mode 2 Frequency = 0.485990
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g~07_Modale.mys
Eigenvalue: 9.32425
Natural frequency: 0.48599
Error norm: 0.918168E-3
Maximum displacement 0.497156E-3 at node 10610
Deformation exaggeration: 82.7048E3
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 5.90566E-6 at node 1620
Peak/value minimum -5.90566E-6 at node 1647



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/κ_1

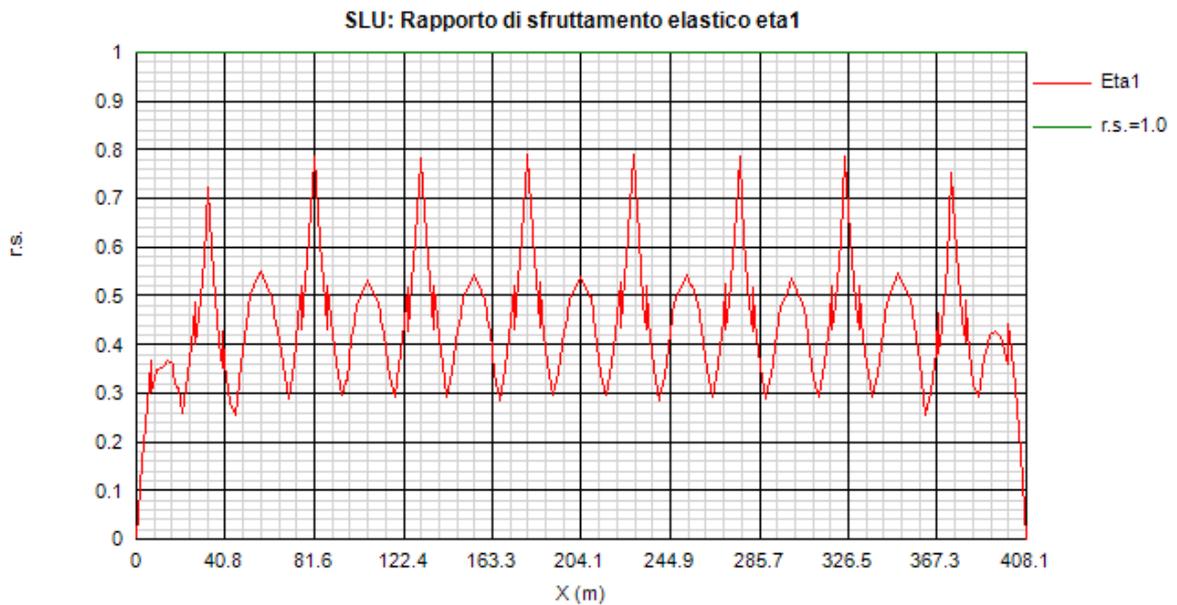
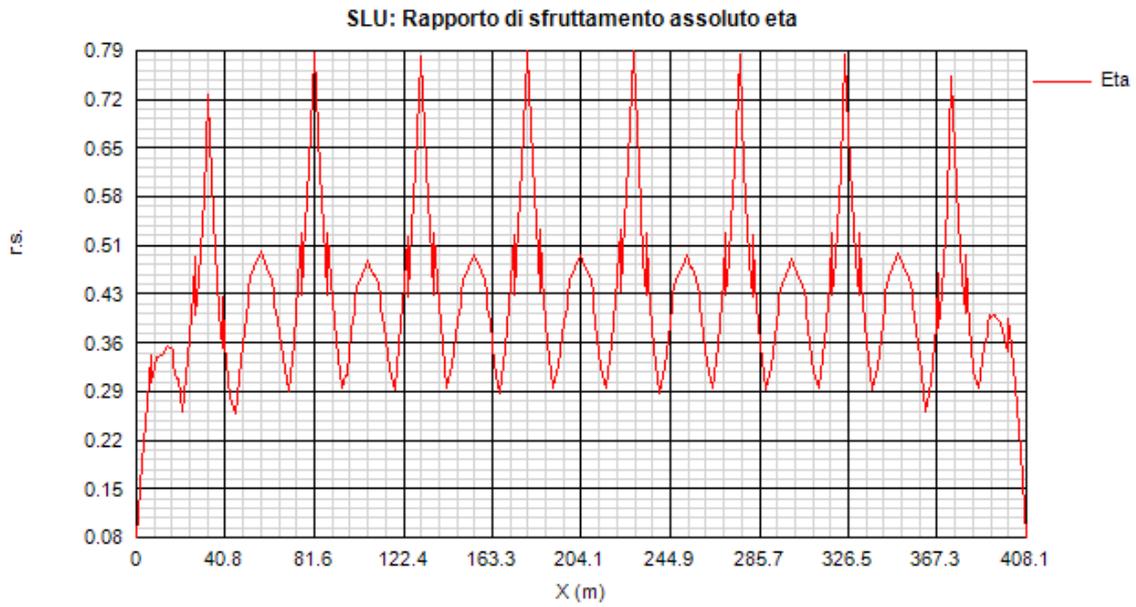
Rapporto di sfruttamento a flessione; nell'ambito delle condizioni di applicabilità dell'analisi plastica, esso coincide con il rapporto $\kappa_1 = M_{Ed}/M_{pl}$ (rapporto di sfruttamento plastico); in tutti gli altri casi è pari a $\eta_1 = \sigma_{Ed}/(\gamma_{mo}f_{yk})$. I rapporti di sfruttamento 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.

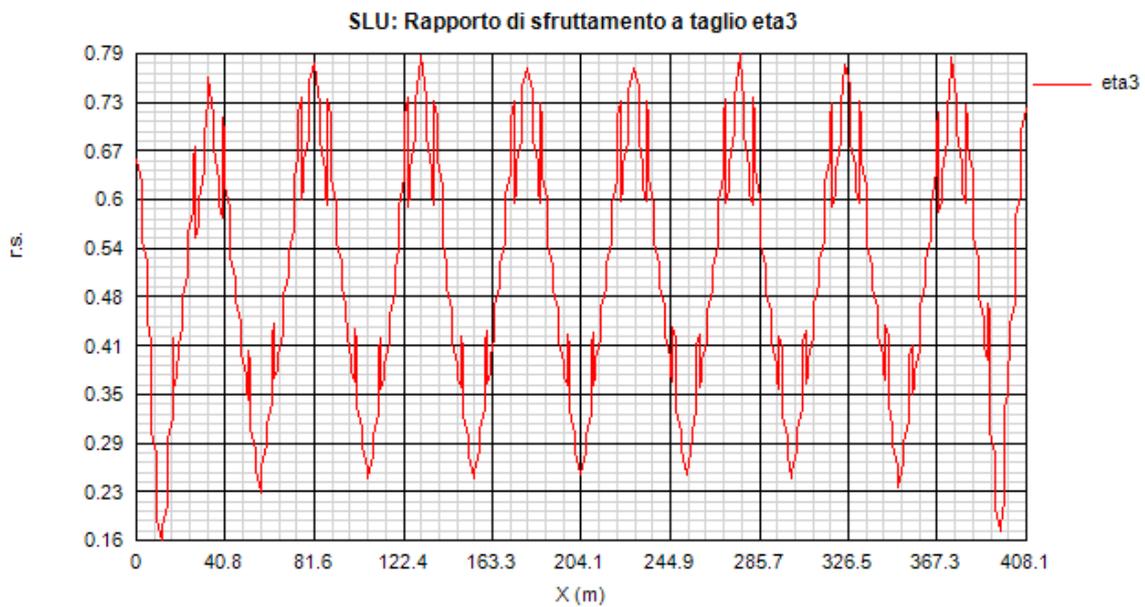
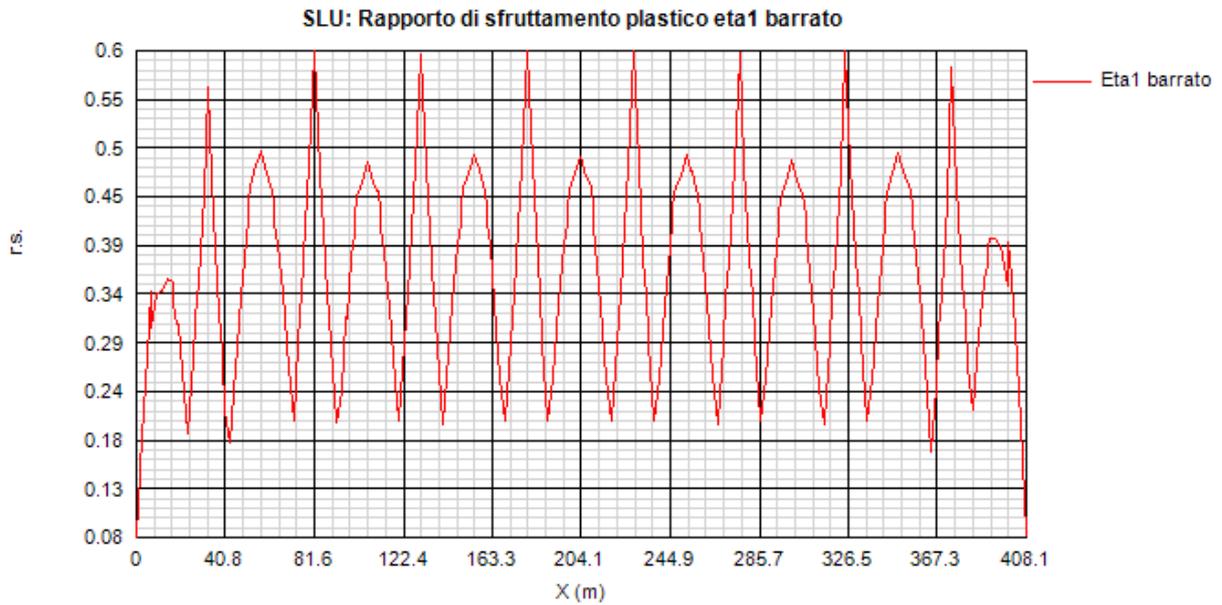
max η_3 (*)

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.

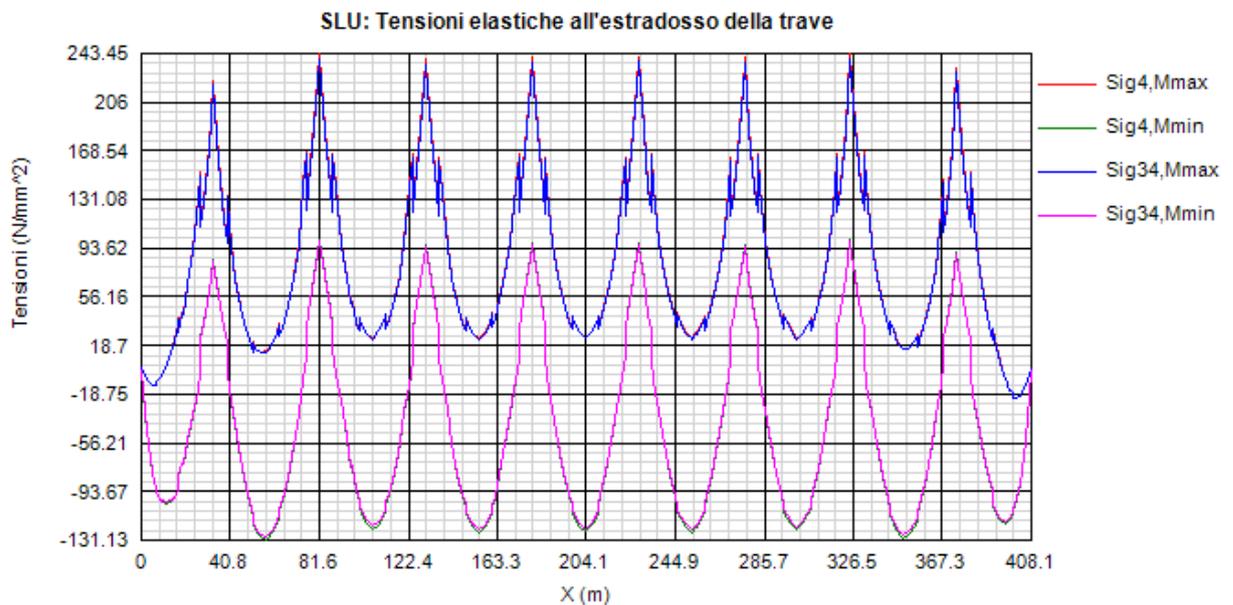
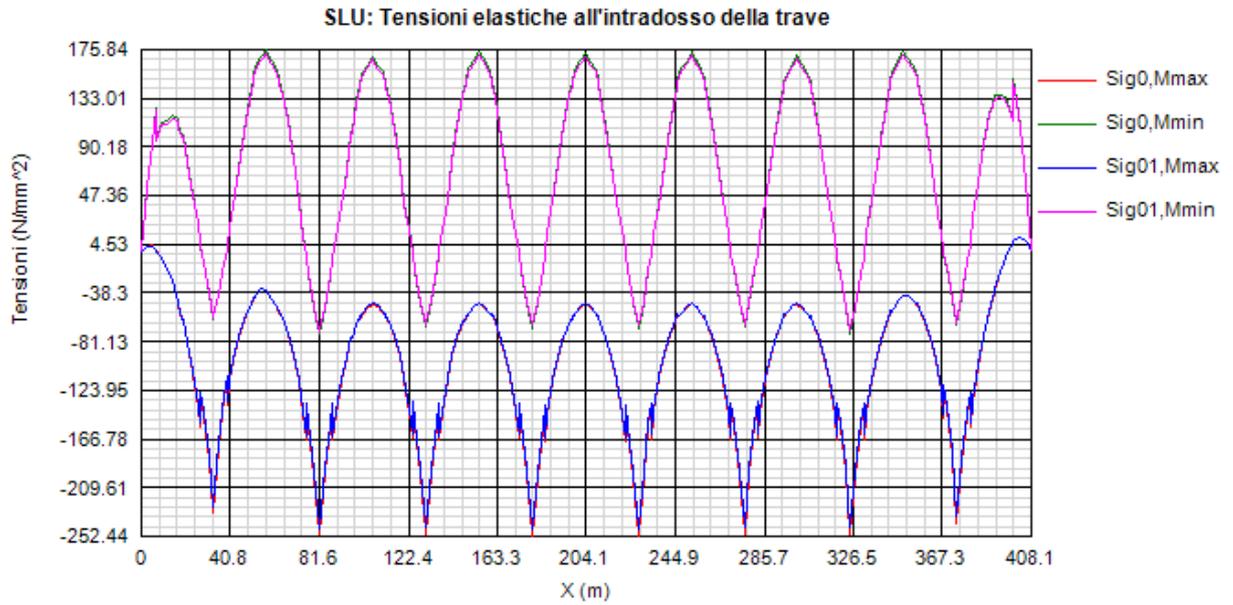
Si riportano di seguito i diagrammi dei rapporti di sfruttamento.





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).

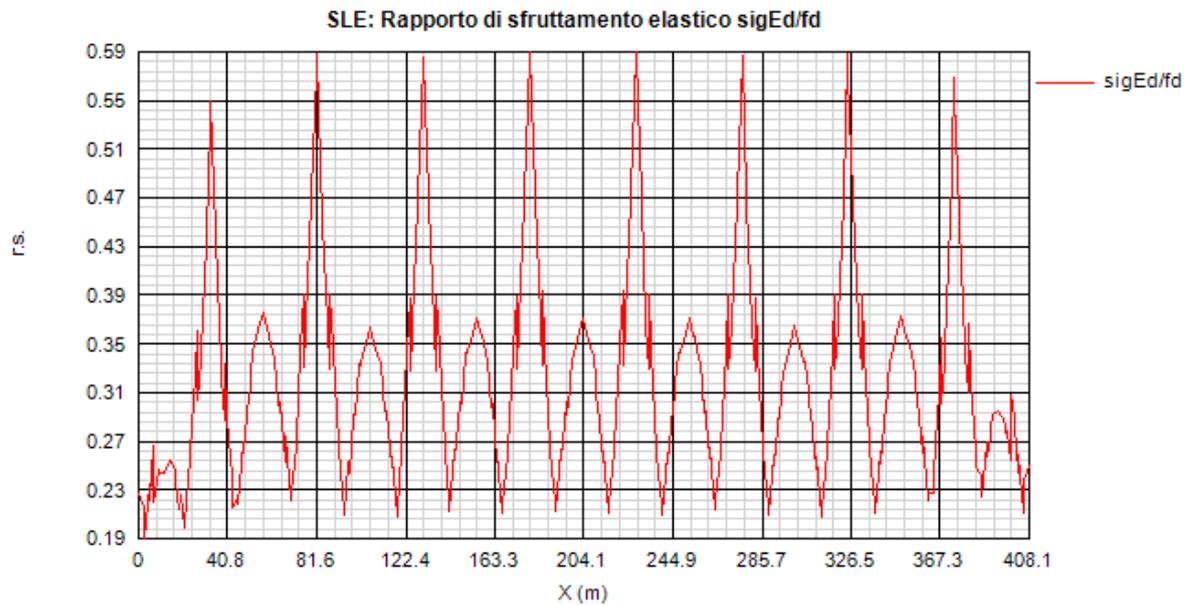


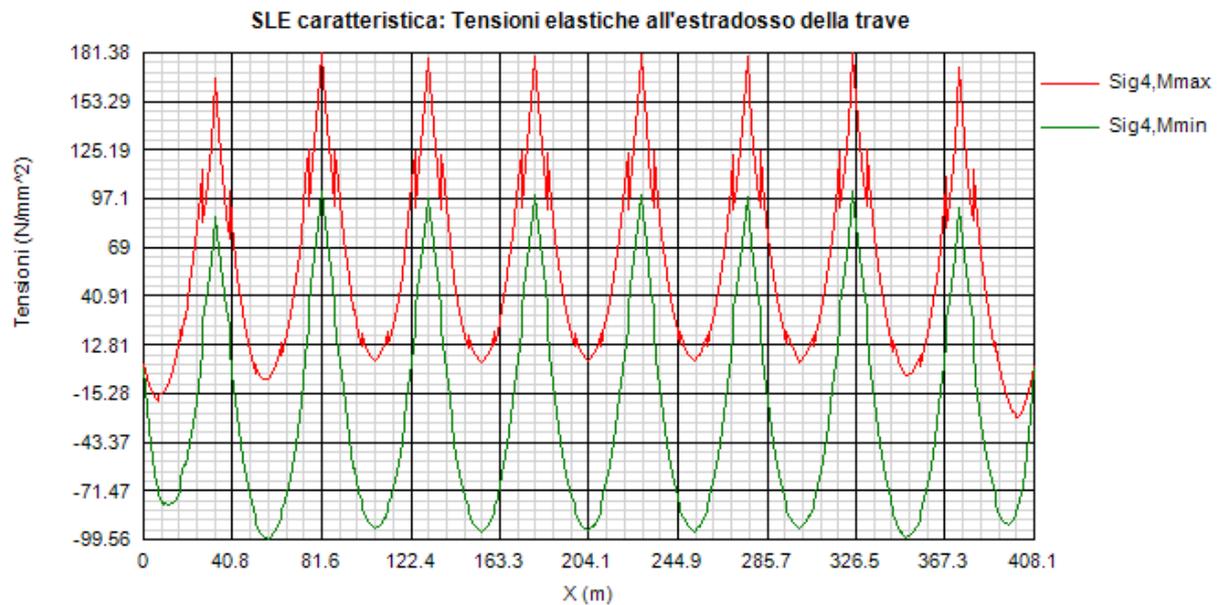
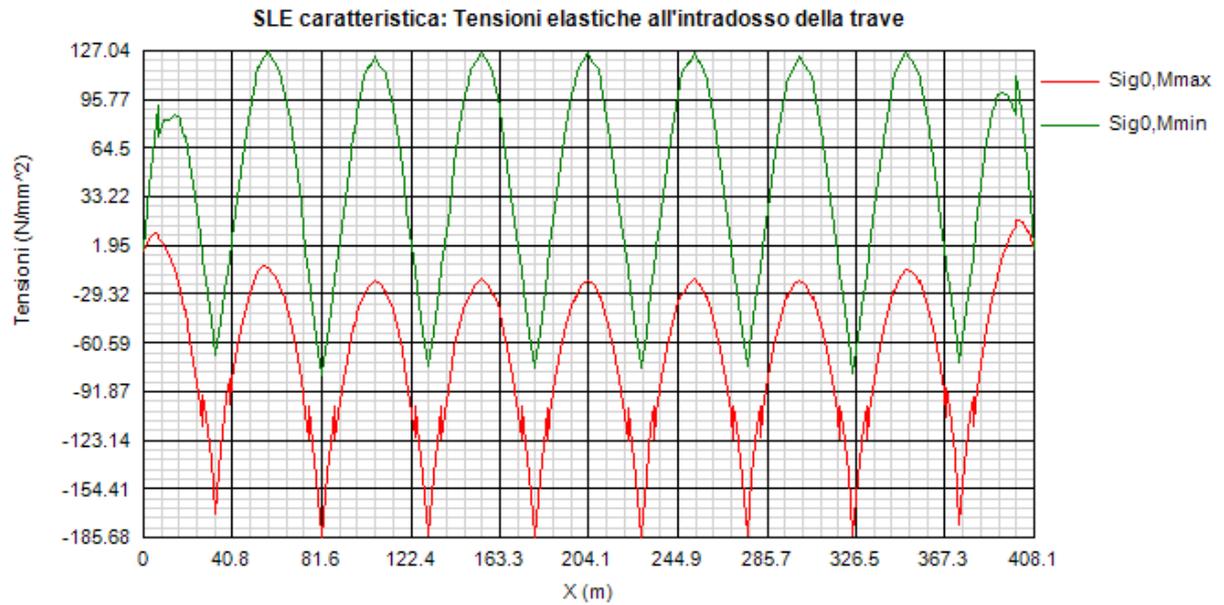
8.1.2 S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento

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.

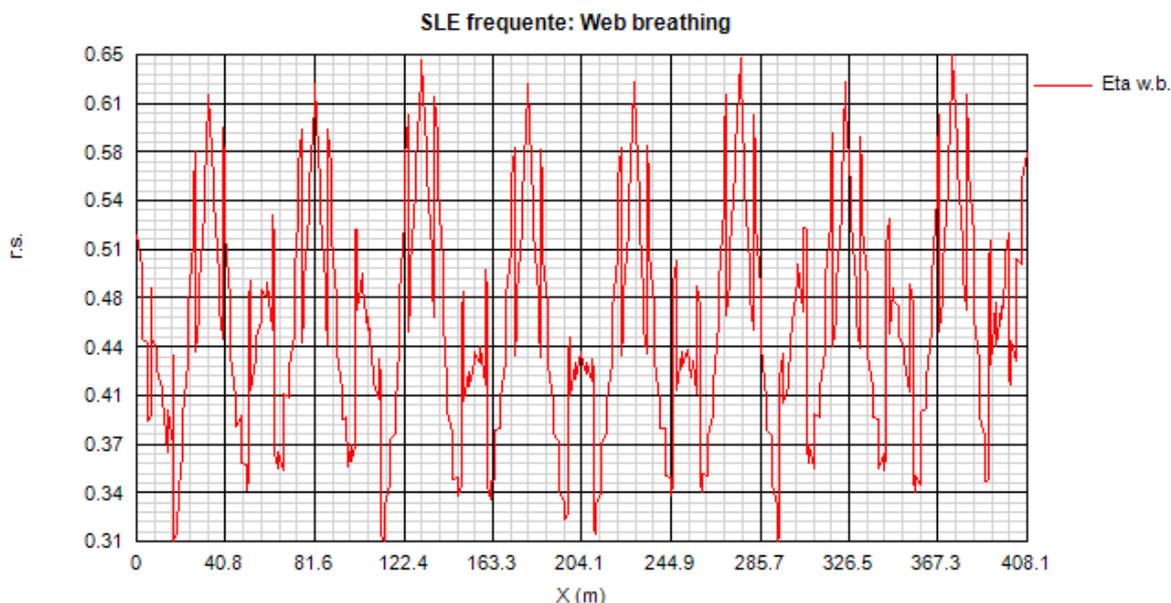
Si riportano anche in questo caso i diagrammi relativi alle tensioni all'intradosso ed estradosso della trave. (MPa).





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

Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4}$
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	
γ_{Fd}	1
γ_{M2}	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:

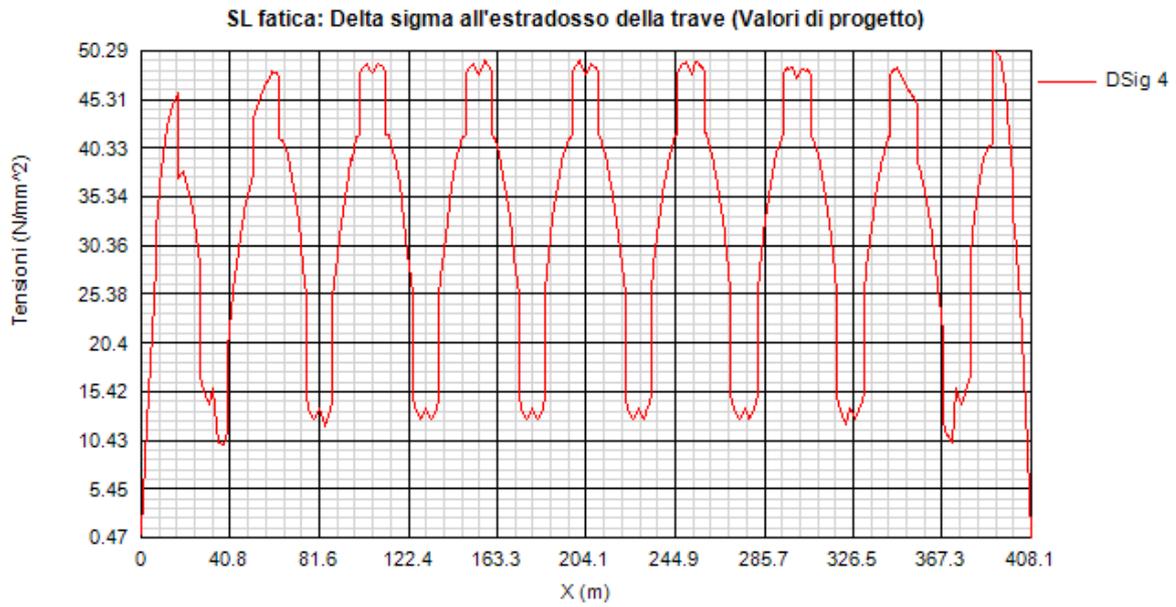
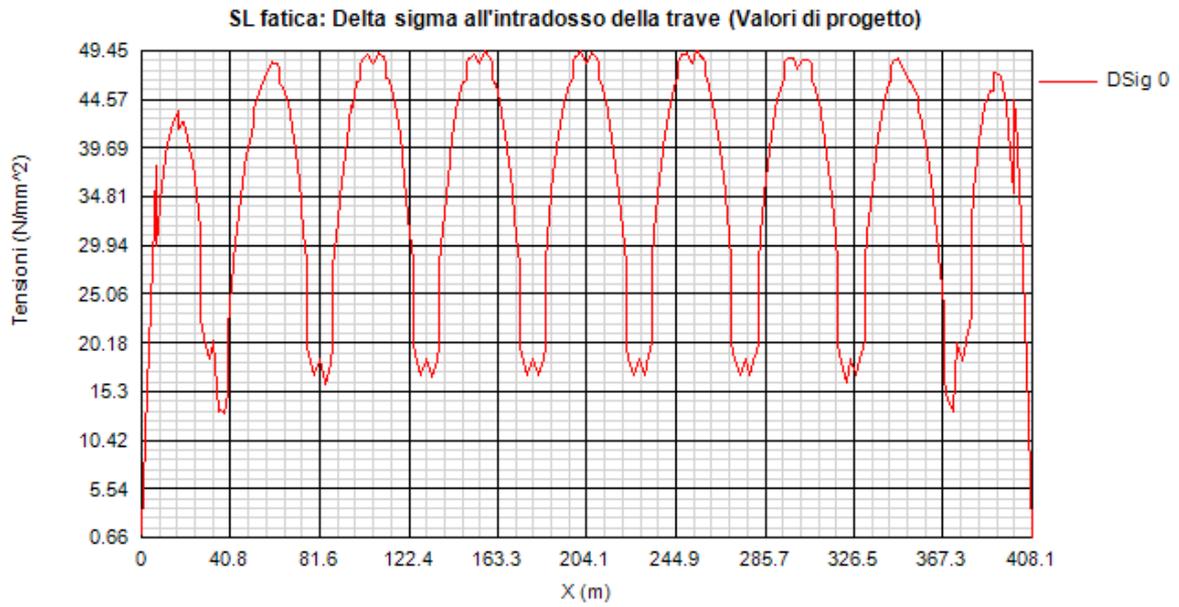
Elementi strutturali	cat./dett.	Rif. EN 1993-1-9
Piattabande - tensioni normali	125/5	tab. 8.1
Anima - tensioni tangenziali	100/6	tab. 8.1
Saldatura composizione anima-piatt.	112/3	tab. 8.2
Saldatura di testa piatt inf. e sup.	112/4(*)	tab. 8.3
Attacco irr. vert. - piattabande	80/6(**)	tab. 8.4
Attacco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

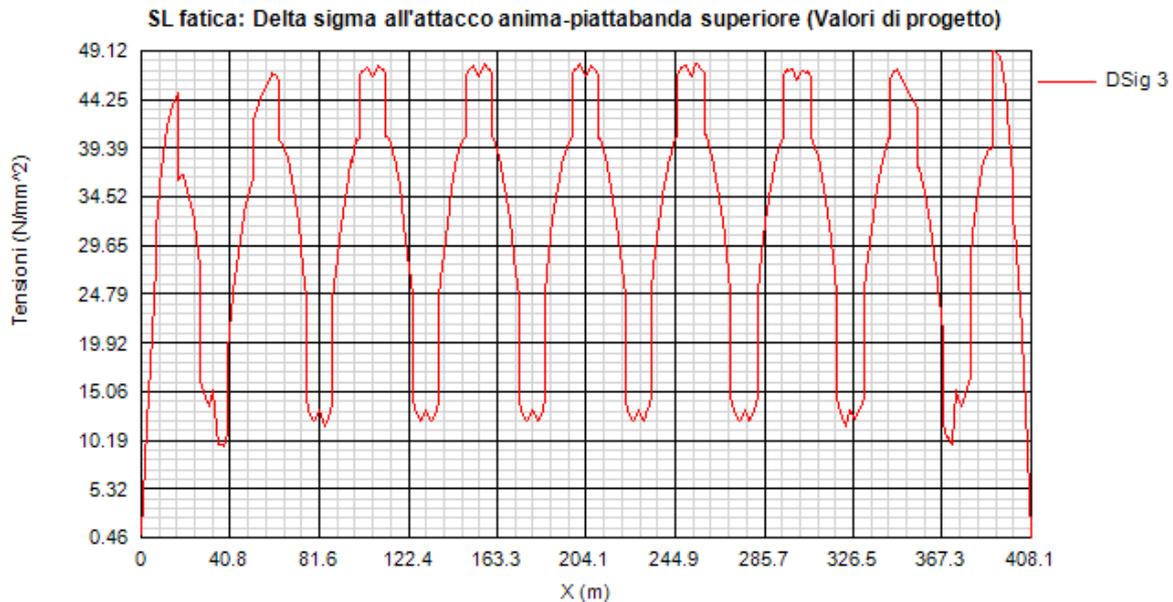
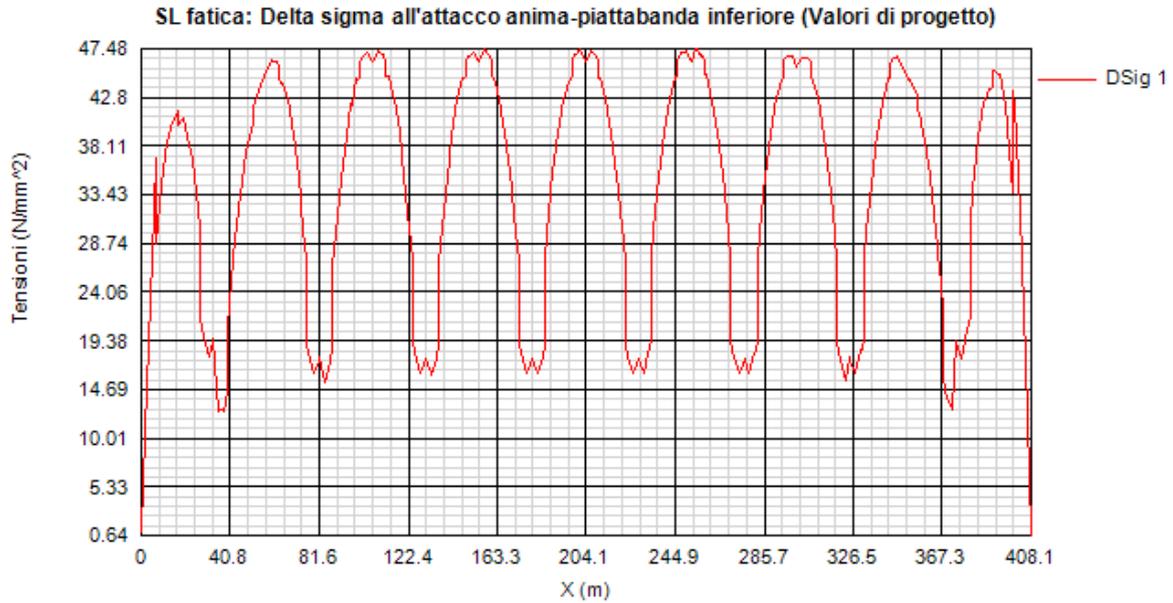
(*) si conteggia il size effect $k_s = (25/t)^{0.2}$

(**) $t < 50$ 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 $\gamma_f \Delta \sigma_E = 45.38$ MPa (concio 2riva, Sez. 1758_1).

$$\gamma_f \Delta \sigma_E = 45.38 \text{ MPa}$$

su attacco piattabanda superiore/ irrigidente

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

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

$$P_{Rd,S.L.E.} = 0.6 * P_{Rd,SLU} = 65.69 \text{ kN}$$

8.2.2 Dettagli costruttivi

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

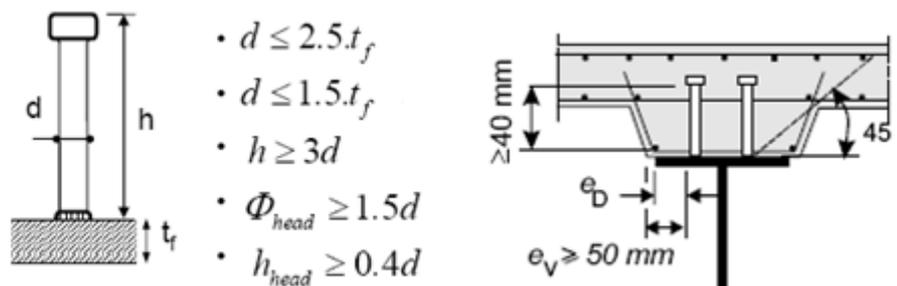


Figura 8-1: Dettagli dei pioli

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

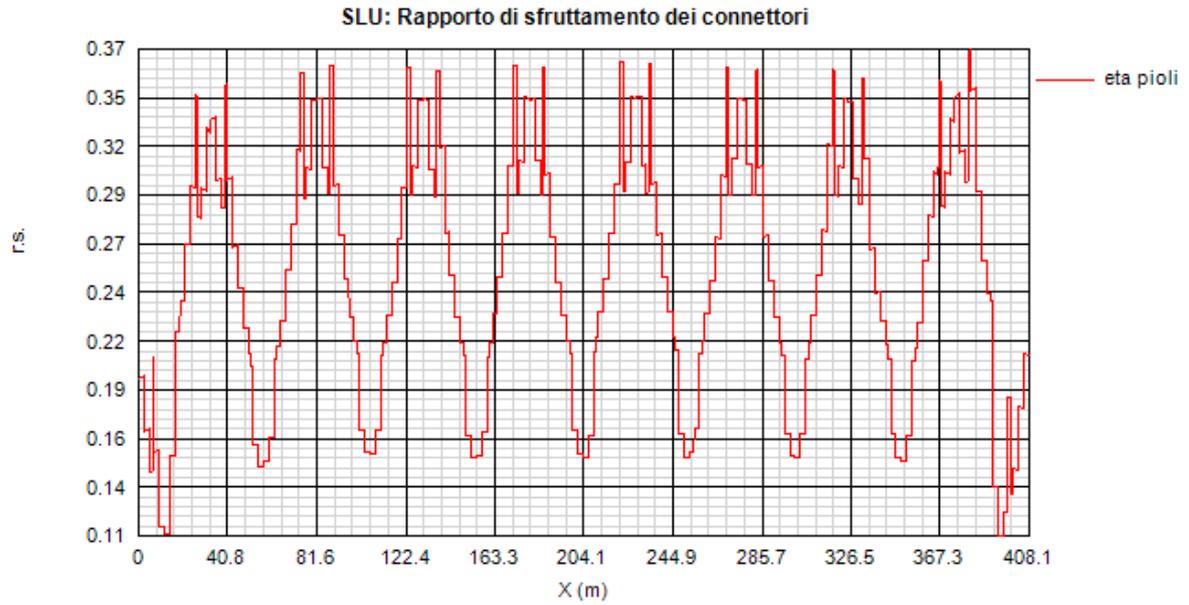
Il calcolo dello scorrimento nelle varie sezioni di verifica ed il confronto con la piolatura di progetto viene effettuato in automatico dal programma PontiEC4 nell'ambito delle condizioni considerate ($M_{\text{max/min}}$ e $V_{\text{max/min}}$).

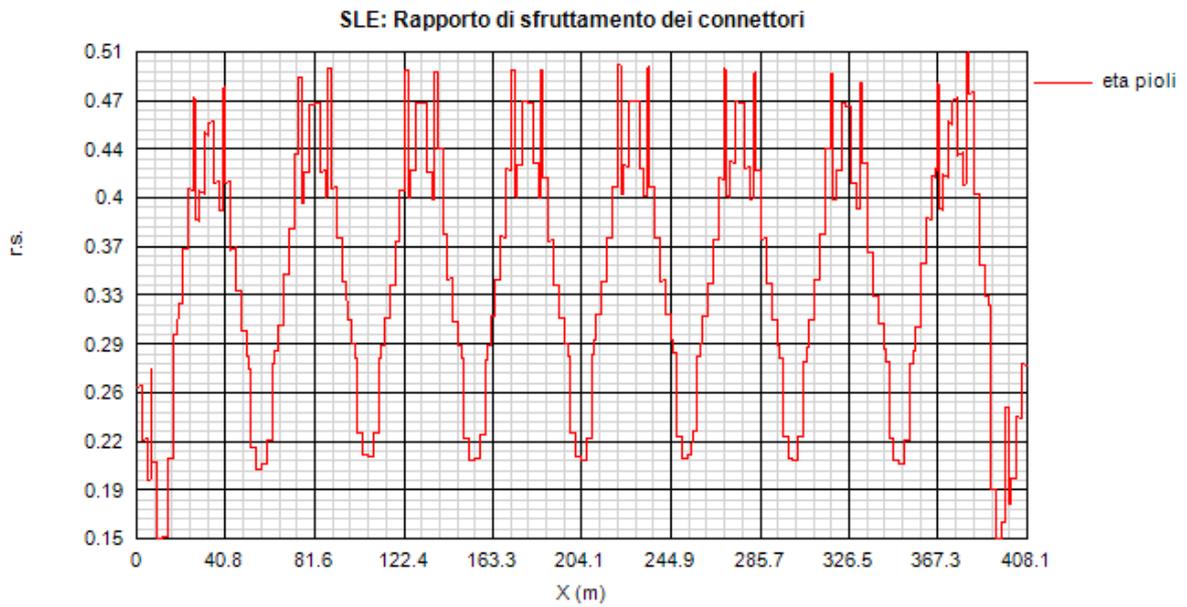
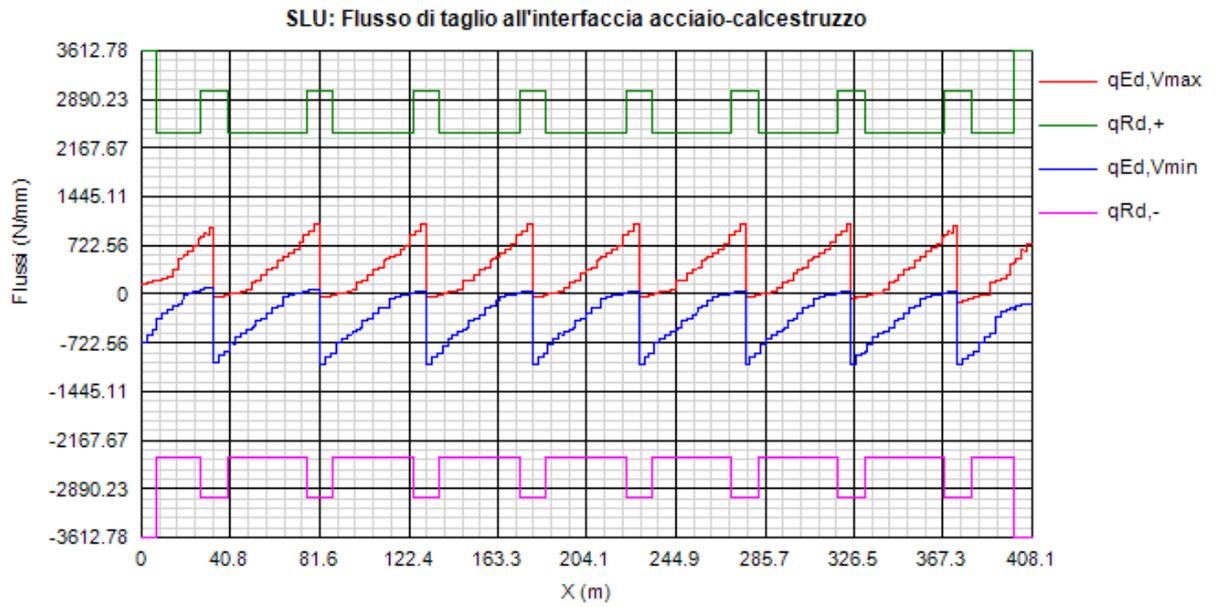
I diagrammi seguenti riportano, oltre alla copertura S.L.U. del flusso di taglio acciaio calcestruzzo, l'andamento del rapporto di sfruttamento dei connettori allo S.L.U., S.L.E. e S.L.F.; in quest'ultimo caso, il rapporto di sfruttamento indicato è il maggiore relativo alle varie modalità di collasso.

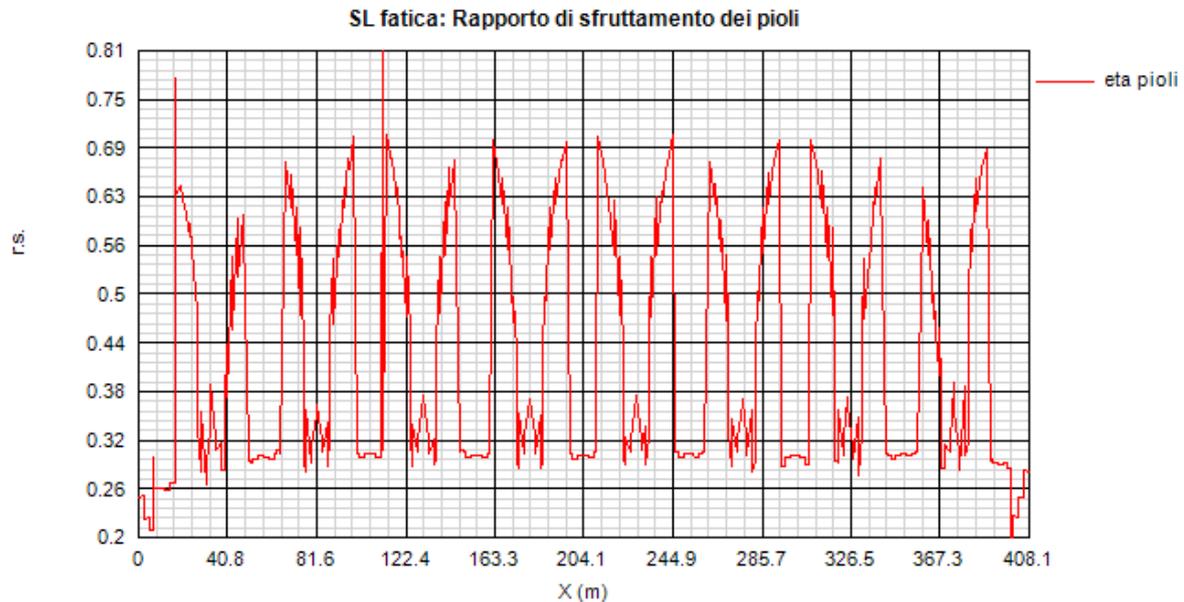
Per la determinazione dei coefficienti λ_v per il calcolo delle tensioni equivalenti a fatica, si sono adottate le ipotesi riassunte in tabella.

<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_{Ft}		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 trasversi 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 C1_1830_1).

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

Ist = 9.699E+7 mm⁴ > Ist min = 1.065E+7 mm⁴

VERIFICA SODDISFATTA

a = 4721 mm hw = 2435 mm a/hw = 1.939

tw = 18 mm bw = 464.4 mm

Ast = 14608.4 mm² e1 = 57.3 mm²

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)
σcr	--

6*fy	--
ICr	--
Iw	--
IT	1.302E+6
IP	1.305E+8
IT/IP	0.01
5.3 fy/E	0.009
cθ	--
E	210000
fy	355
G	80769
a	4721

Verifica resistenza

La verifica di resistenza al difuori 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/(fy/gM1)	Vertical Stiffeners w/(hw/300)
0.112	0.095

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 rigidezza e resistenza nella sezione C4_188_11 relativa alla sezione di appoggio in corrispondenza della pila P9.

Verifica dei requisiti di rigidezza

La verifica dei requisiti di rigidezza 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

$$a = 4851 \text{ mm} \quad h_W = 2400 \text{ mm} \quad a/h_W = 2.021$$

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

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

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}	--
$6 \cdot f_y$	--
ICr	--
lw	--
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

$$\sigma_{\max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$w \leq \frac{h_w}{300}$$

$$\sigma_{\max} = 296.7 < 322.7 \text{ N/mm}^2 \quad w = 0.2 < 8 \text{ mm}$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 1E+7 + 3.159E+4 = 1.003E+7 \text{ N}$$

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

$$\sigma_m = 0.054 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C)/\sigma_{cr}(P) = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$\sigma_{cr}(P) = 1E+300 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C) = 3.9 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} = 6.302E+5 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.426 \quad N_{cr,st} = 3.952E+8 \text{ N}$$

$$e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\max} = 361 \text{ mm} \quad w_0 = 8 \text{ mm}$$

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;

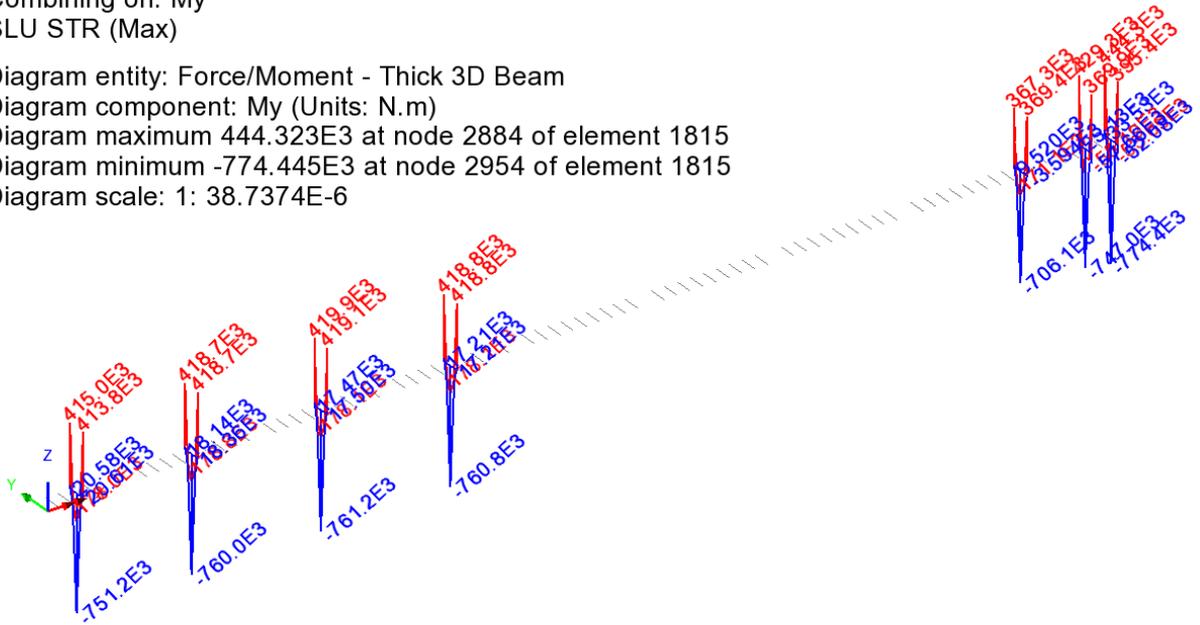
S.L.V. Sisma Y (trasversale);

S.L.F.

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

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 71.2687
Eye: (-0.499245, -0.713619, 0.491429)
Combining on: My
SLU STR (Max)

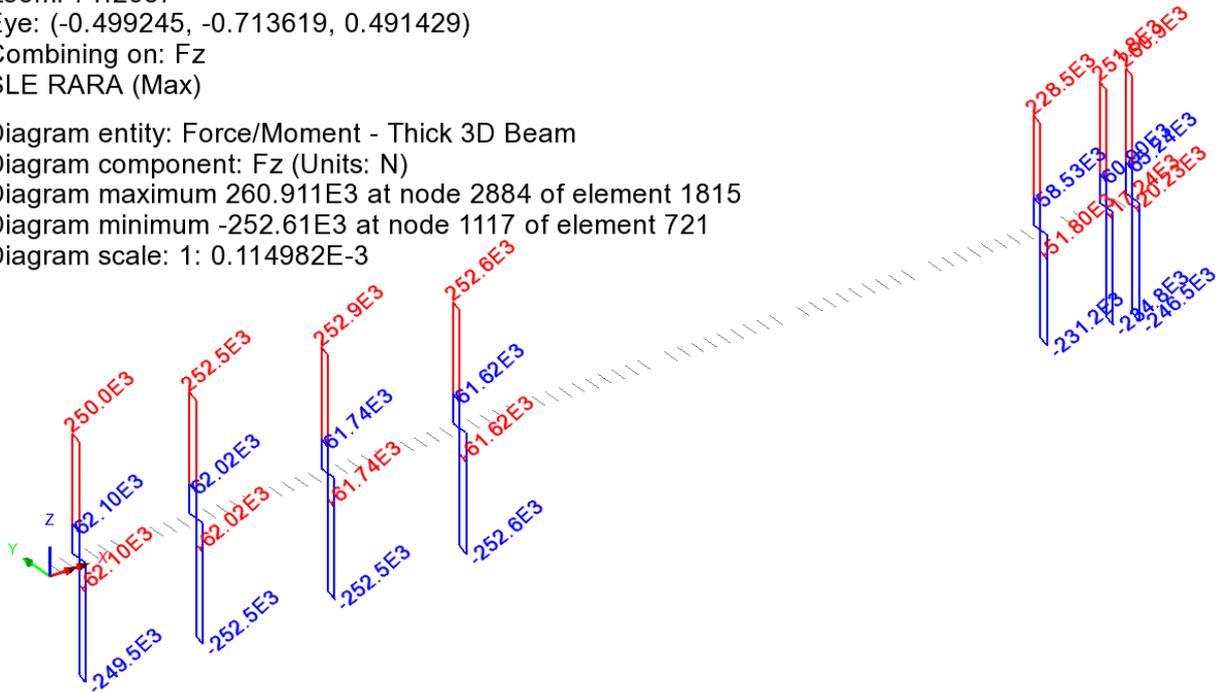
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 444.323E3 at node 2884 of element 1815
Diagram minimum -774.445E3 at node 2954 of element 1815
Diagram scale: 1: 38.7374E-6



SLU fondamentale (STR) - My

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 71.2687
Eye: (-0.499245, -0.713619, 0.491429)
Combining on: Fz
SLE RARA (Max)

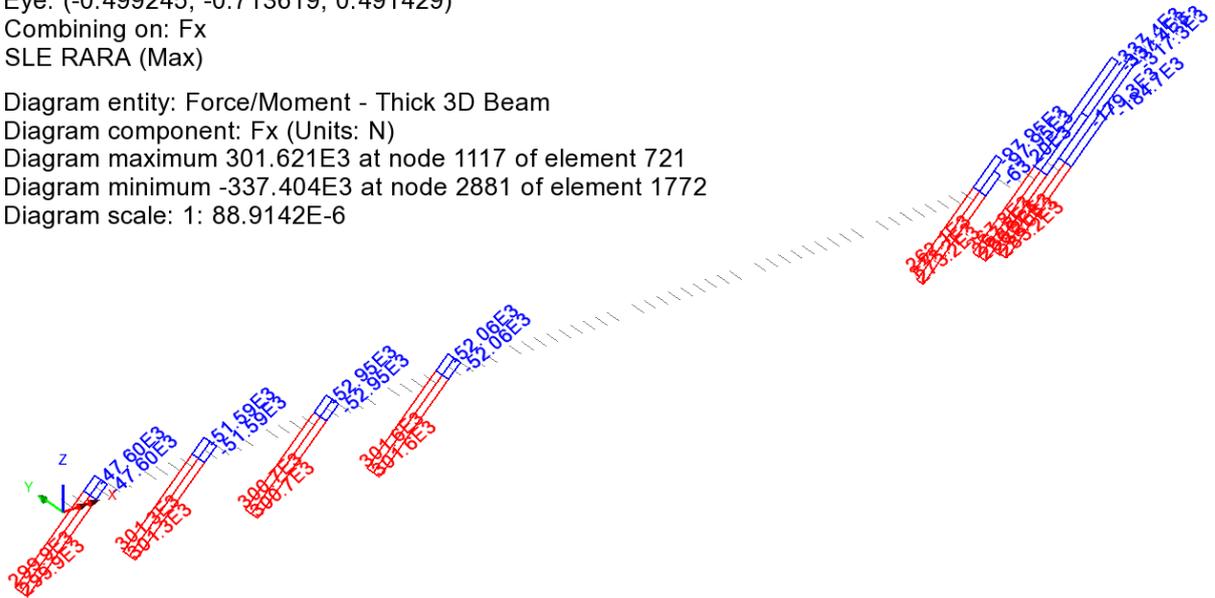
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 260.911E3 at node 2884 of element 1815
Diagram minimum -252.61E3 at node 1117 of element 721
Diagram scale: 1: 0.114982E-3



SLE RARA - Fz

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 71.2687
Eye: (-0.499245, -0.713619, 0.491429)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

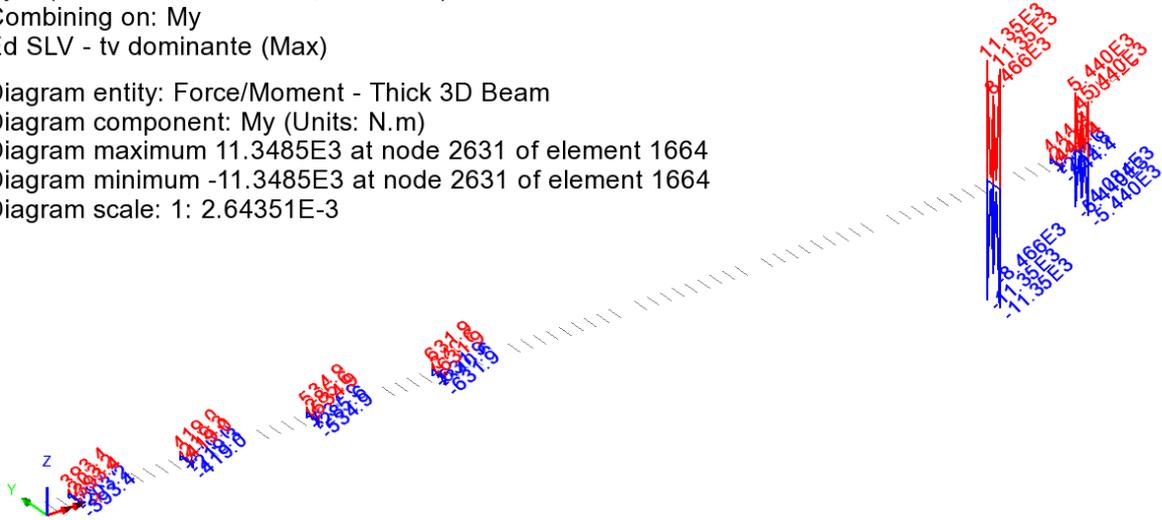
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 301.621E3 at node 1117 of element 721
Diagram minimum -337.404E3 at node 2881 of element 1772
Diagram scale: 1: 88.9142E-6



SLE RARA - Fx

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 71.2687
Eye: (-0.499245, -0.713619, 0.491429)
Combining on: My
Ed SLV - tv dominante (Max)

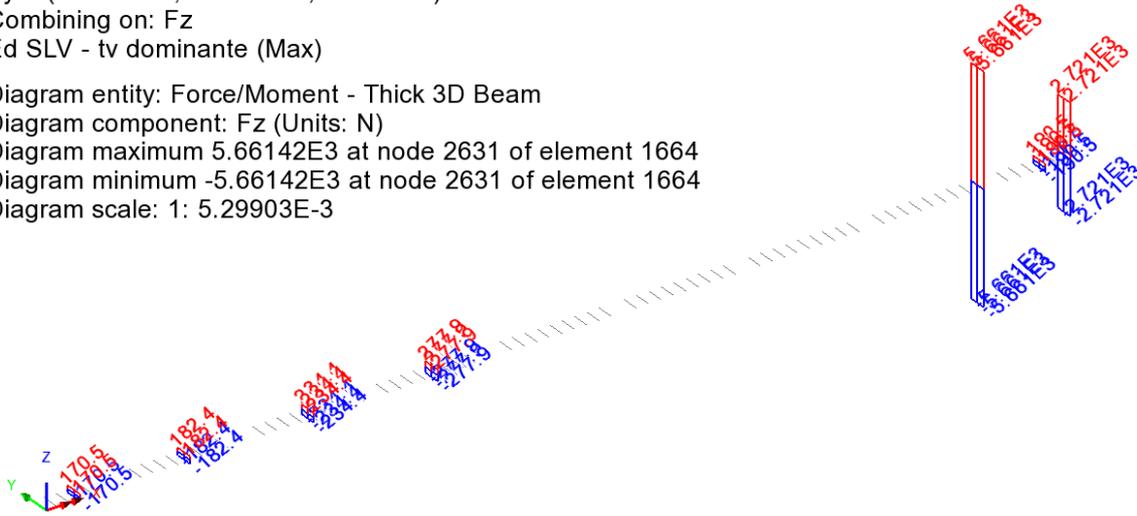
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 11.3485E3 at node 2631 of element 1664
Diagram minimum -11.3485E3 at node 2631 of element 1664
Diagram scale: 1: 2.64351E-3



SLV SismaY My

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 71.2687
Eye: (-0.499245, -0.713619, 0.491429)
Combining on: Fz
Ed SLV - tv dominante (Max)

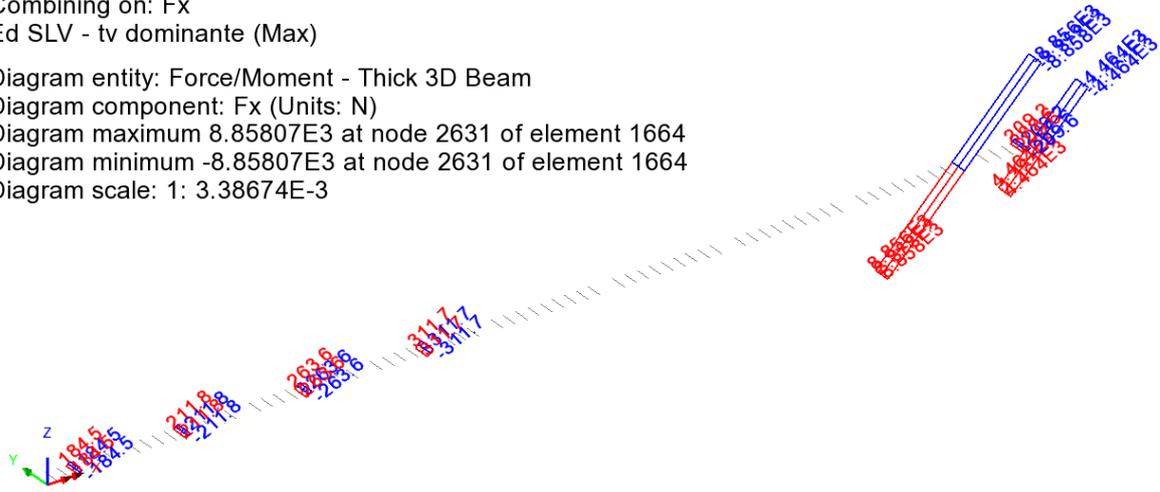
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 5.66142E3 at node 2631 of element 1664
Diagram minimum -5.66142E3 at node 2631 of element 1664
Diagram scale: 1: 5.29903E-3



SLV SismaY Fz

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 71.2687
Eye: (-0.499245, -0.713619, 0.491429)
Combining on: Fx
Ed SLV - tv dominante (Max)

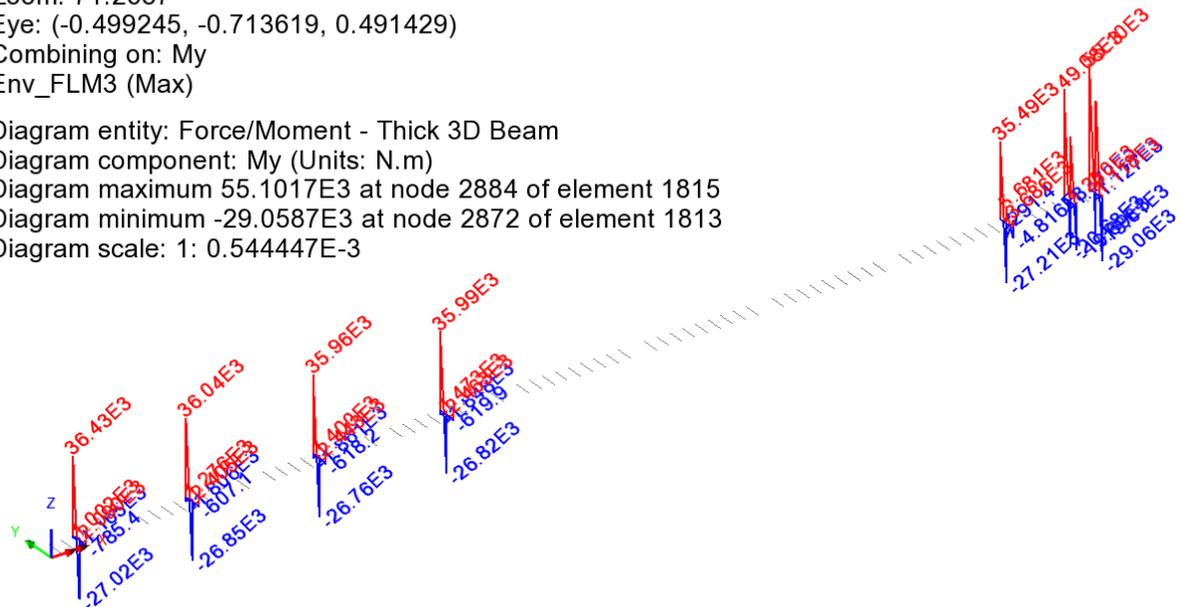
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 8.85807E3 at node 2631 of element 1664
Diagram minimum -8.85807E3 at node 2631 of element 1664
Diagram scale: 1: 3.38674E-3



SLV SismaY Fx

Scale: 1: 1.03994E3
 Zoom: 71.2687
 Eye: (-0.499245, -0.713619, 0.491429)
 Combining on: My
 Env_FLM3 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 55.1017E3 at node 2884 of element 1815
 Diagram minimum -29.0587E3 at node 2872 of element 1813
 Diagram scale: 1: 0.544447E-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:

Fx max, |Fz|max, |My|max

Fx min, |Fz|max, |My|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 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 T.

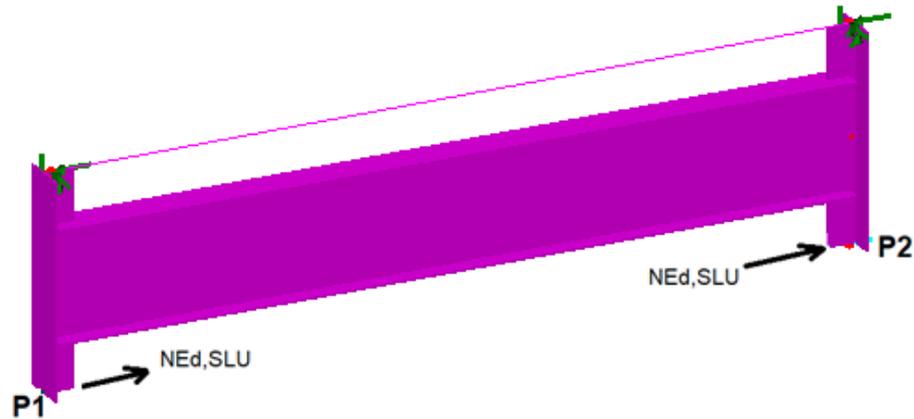


Figura 8-2 Modello locale per valutazione effetto $N_{Ed,SLU}$ su traverso per instabilità Pinf travi

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 8.8.2):

$$|N_{Ed,SLU}| = 145000 \text{ N}$$

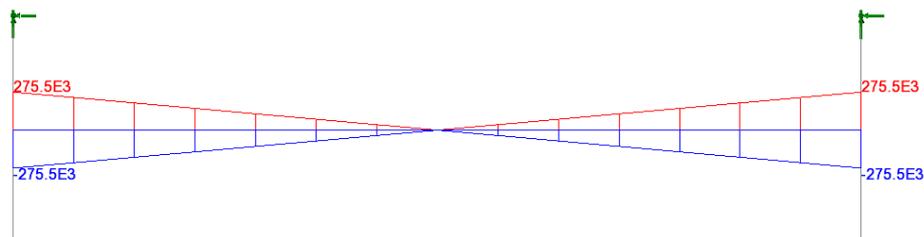
La forza N_{Ed} agisce sulle piattabande inferiori con verso concorde o discorde; sono possibili quindi le seguenti 4 condizioni di carico:

Condizione di carico 1:	$N_{Ed,SLU} (P1) = +145000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = +145000 \text{ N}$
Condizione di carico 2:	$N_{Ed,SLU} (P1) = -145000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = -145000 \text{ N}$
Condizione di carico 3:	$N_{Ed,SLU} (P1) = +145000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = -145000 \text{ N}$
Condizione di carico 4:	$N_{Ed,SLU} (P1) = -145000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = +145000 \text{ N}$

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

Scale: 1: 10.1074
Zoom: 32.0362
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
Combining on: My
CC1-CC2 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 275.5E3 at node 24 of element 23
Diagram minimum -275.5E3 at node 24 of element 23
Diagram scale: 1: 36.2976E-6



Viadotto Molino Vecchio - RELAZIONE DI CALCOLO impalcato

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

Scale: 1: 10.1074
Zoom: 32.0362
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
Combining on: Fz
CC1-CC2 (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 78.7143E3 at node 24 of element 23
Diagram minimum -78.7143E3 at node 24 of element 23
Diagram scale: 1: 0.127042E-3

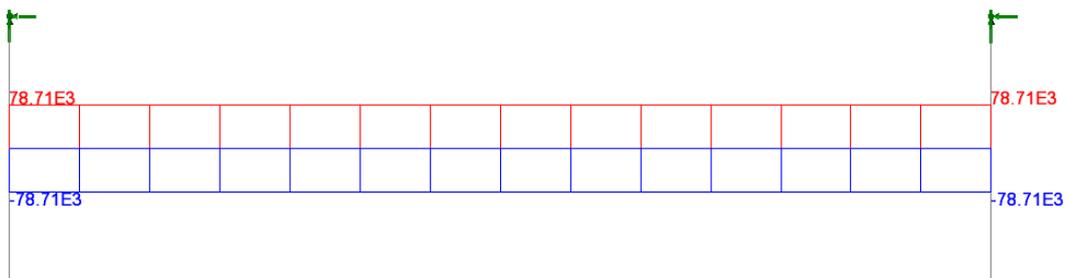


Figura 8-4 Taglio Fz (N) – condizioni di carico 1-2

Scale: 1: 10.1074
Zoom: 35.8805
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
Combining on: My
CC3-CC4 (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 119.063E3 at node 24 of element 23
Diagram minimum -119.063E3 at node 24 of element 23
Diagram scale: 1: 83.989E-6

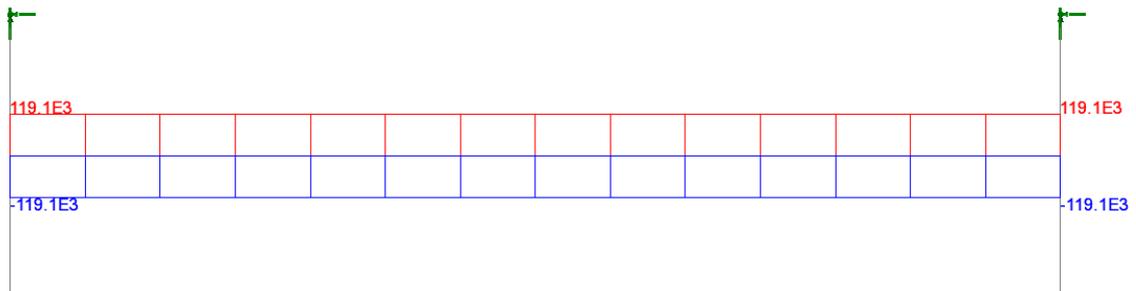


Figura 8-5 Momento My (Nm) – condizioni di carico 3-4

Scale: 1: 10.1074
Zoom: 35.8805
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
Combining on: Fx
CC3-CC4 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 164.67E3 at node 24 of element 23
Diagram minimum -164.67E3 at node 24 of element 23
Diagram scale: 1: 60.7274E-6

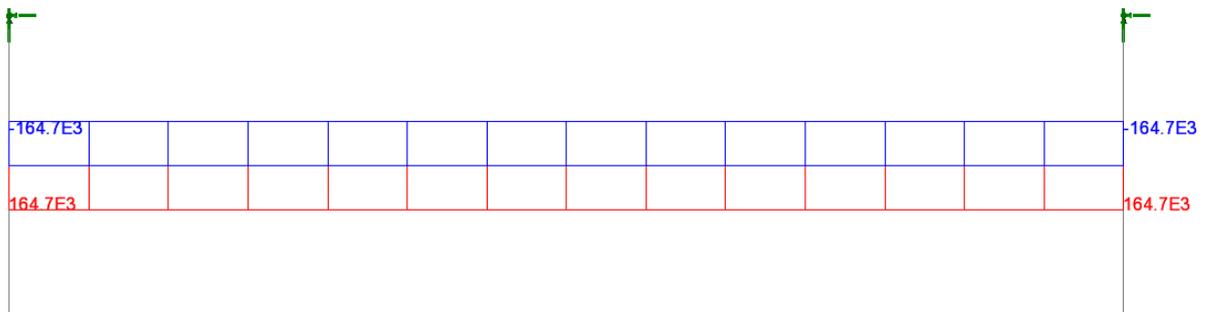


Figura 8-6 Sforzo normale Fx (N) – condizioni di carico 3-4

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	422000+165000=587000	355000+79000=434000	450000+280000=730000
S1-SLU- Fx min	-456000-165000=-621000	355000+79000=434000	450000+280000=730000
S1-SLV - Fx max	9000	5700	11350
S1-SLV - Fx min	9000	3700	11350
S2-SLU- Fx max	422000+165000=587000	355000+79000=434000	775000+120000=895000
S2-SLU- Fx min	-456000-165000=-621000	355000+79000=434000	775000+120000=895000
S2-SLV - Fx max	9000	5700	8500
S2-SLV - Fx min	9000	3700	8500

Tabella 8-3 Sezione all'incastro. SLU.

Fase	My min (Nm)	My max (Nm)
------	--------------	--------------

S1-SLF	1500	55000
S2-SLF	20000	45000

Tabella 8-4 Sezione in mezzeria. SLF.

Fase	Fx (N)	Fz (N)	My (Nm)
S1-SLU- Fx max	302000	265000	330000
S1-SLU- Fx min	-340000	265000	330000

Tabella 8-5 Sezione in mezzeria. 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	0.23	(.337)	0.175
S1-SLU- Fx min	2	(.23)	0.34	0.175
S2-SLU- Fx max	1	0.29	(.398)	0.175
S2-SLU- Fx min	2	(.29)	0.402	0.175

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 sezioni per i vari dettagli costruttivi.

	Psup	Pinf	Web	Web-Psup	Web-Pinf	IrrV-Web	IrrV-Psup	IrrV-Pinf
S1-SLF	0.183	0.183	0	0.196	0.196	0.275	0.275	0.275
S2-SLF	0.211	0.211	0	0.226	0.226	0.316	0.316	0.316

Tabella 8-7 Coefficienti di utilizzo a SLF

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

	<i>Fessurata</i>
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	-6.21E+5	4.34E+5	8.95E+5	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	64	561.23	0.56	-0.64	3
Piattabanda superiore	7.12				1
Piattabanda inferiore	7.12				1
classe della sezione					3

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-6.21E+5	M _{Ed} (Nm)	8.95E+5	N _{Ed} (N)	-6.21E+5
N _{Rd} (N)	-8.926E+6	M _{Rd} (Nm)	3.156E+6	M _{Ed} (Nm)	8.95E+5
				M _{Rd} (Nm)	3.137E+6
N _{Ed} /N _{Rd}	0.07	M _{Ed} /M _{Rd}	0.284	M _{Ed} /M _{Rd}	0.285

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	σ	η ₁
4	88.7	0.26
		2
3	84.2	0.24
		9
2	-23.5	0.07
σ	-	0.38

1	131.3	8
σ	-	0.40
0	135.7	2

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.402 VERIFICA SODDISFATTA

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: $V_{b,Rd}=2.477E+6 \text{ N}$

Essendo:

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

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=2.465E+6 \text{ N}, \quad \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=1.235E+4 \text{ N}$$

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

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=1.083E+6 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd}=1.689E+6 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.641$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=3.373E+6 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=2.477E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.175, \quad (= \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.176, \quad \eta_1=\max(\eta_i)=0.402$$

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 Trasverso S2-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

	<i>Fessurata</i>
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)

	$N (N)$	$V (N)$	$M (Nm)$	$T (Nm)$
3b max	0E+00	0E+00	4.5E+4	0E+00
3b max	0E+00	0E+00	-2E+4	0E+00

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

	Max	Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_4	5.6	-2.5	8.2
σ_3	5.4	-2.4	7.8
σ_2	0	0	0
σ_1	-5.4	2.4	7.8
σ_0	-5.6	2.5	8.2

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

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:	γ_{Ff}	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)	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)
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	19.51	92.593	0.211
Piattabanda inferiore	19.513	92.593	0.211
Anima	0	74.074	0
Attacco anima-piattabanda superiore	18.732	82.963	0.226
Attacco anima-piattabanda inferiore	18.732	82.963	0.226
Attacco irrigidente verticale - anima	18.732	59.259	0.316
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	18.732	59.259	0.316
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	18.732	59.259	0.316

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.

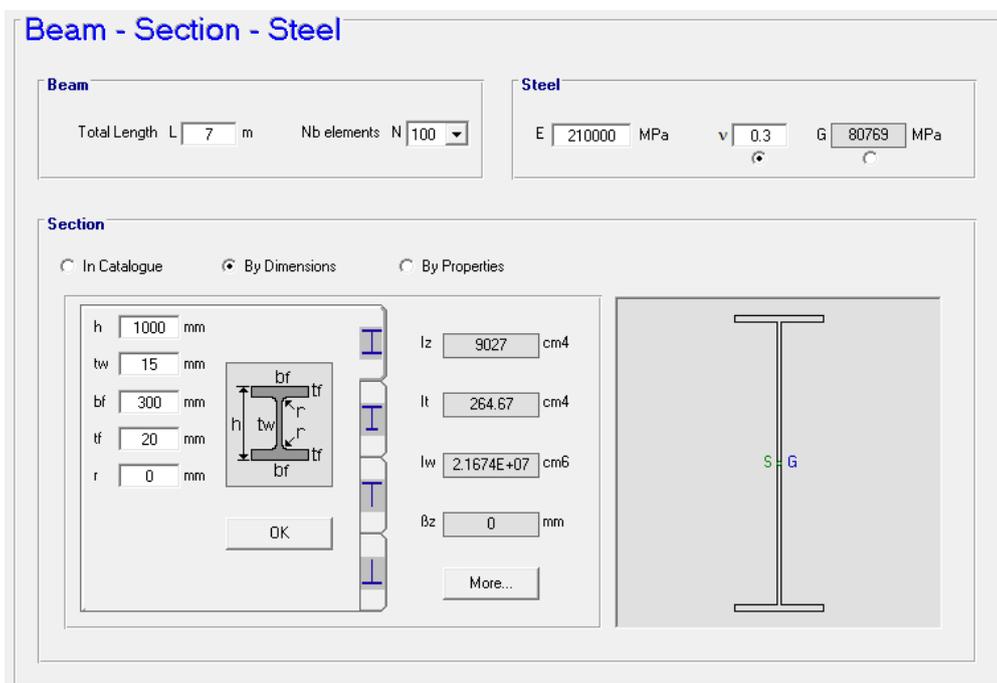


Tabella 8-8 Caratteristiche profilo

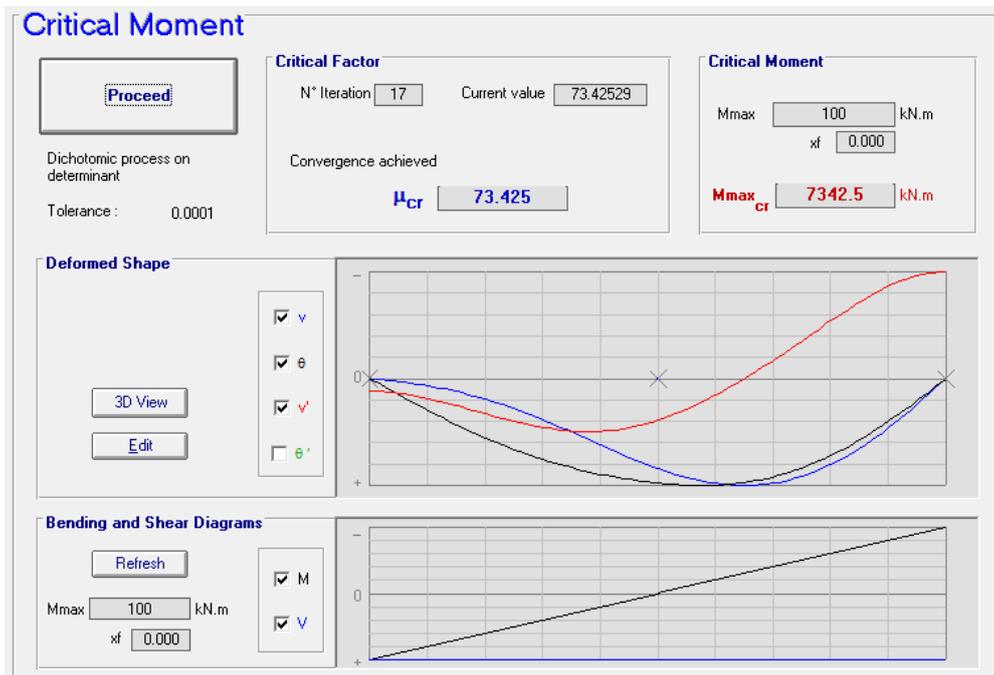


Figura 8-7 Stabilità torsionale - caso asimmetrico

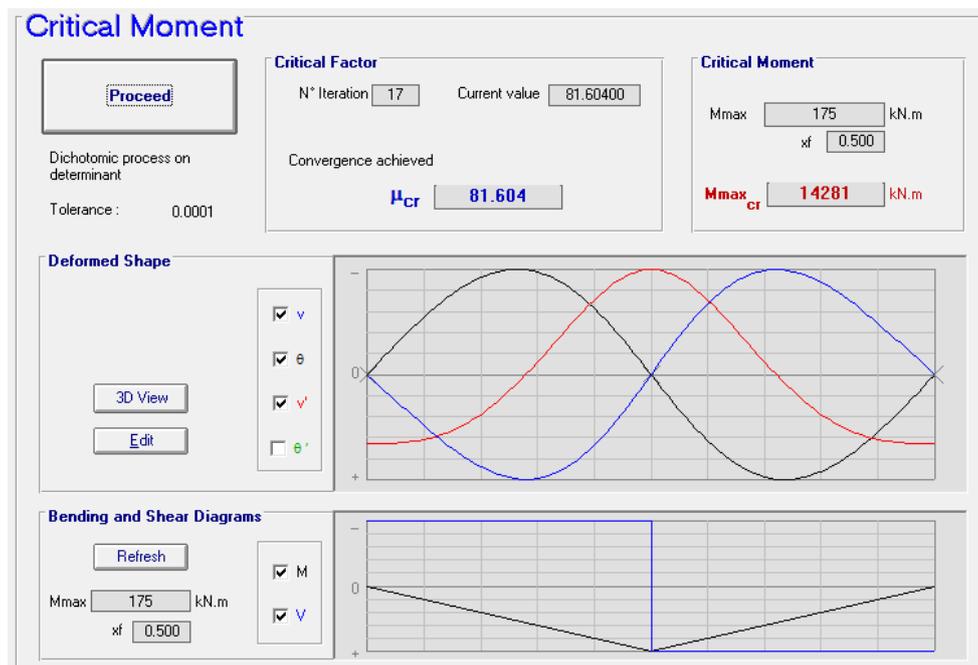


Figura 8-8 Stabilità torsionale - caso simmetrico

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}	895 kNm
γ_{M1}	1.1		$M_{Ed}/M_{cr,LT}$	0.122
Curva imperf. (tab. 6.3)			λ_{LT}	0.62
α_{LT}	0.76		λ_{LTO}	0.4
Curva d			λ_{LTO}^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
			$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.500

8.4.4 Giunto bullonato

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/mm²)

0<t<=40 mm

355

40<t<=200 mm

335

0<t<=40 mm

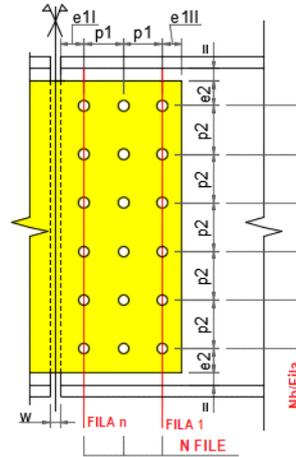
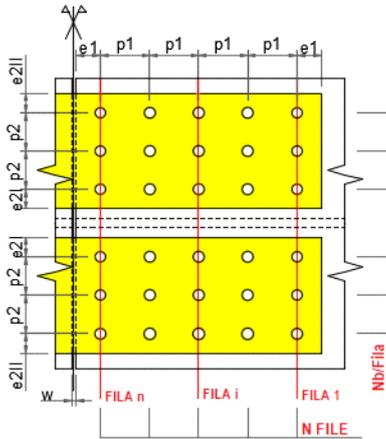
f_u (N/mm²)

510

40<t<=200 mm

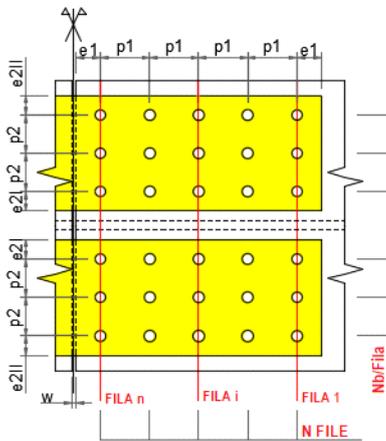
470

GIUNTO: Traverso S1-SLU(Fxmin) - Traverso S1-SLU(Fxmin)



Ala superiore: Distr. Rettangolare regolare

Anima: Distr. Rettangolare regolare



Ala inferiore: Distr. Rettangolare regolare

A DATI GENERALI

Definizione del giunto

Sezioni

Traverso_S1-SLU(Fxmin) (SX)

Traverso_S1-SLU(Fxmin) (DX)

**Ala superiore
Bulloni**

SX

DX

**Anima
Bulloni**

SX

DX

**Ala inferiore
Bulloni**

SX

DX

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 _{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	15			t piatti interni - esterni	15			t piatti interni - esterni	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	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	
				J _{net} (mm ⁴)	8.799E+8	8.799E+8					
Distanze - Interassi				Distanze - Interassi				Distanze - Interassi			
e ₁ (mm)	50			e ₁₁ (mm)	50			e ₁ (mm)	50		
p ₁ (mm)	70			e _{11l} (mm)	50			p ₁ (mm)	70		
e ₂₁ (mm)	50			p ₁ (mm)	70			e ₂₁ (mm)	50		
e _{21l} (mm)	50			e ₂ (mm)	50			e _{21l} (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

Dim_CheckComb.	Comp.	F _{vEd} /F _{vRd}	F _{bEd} /F _{bRd}	V _{Ed} /V _{plnetRd}	N-M _{Ed} /N- RD	V _{Ed} /V _{pyRd}	N-M _{Ed} /N- pRd	Comb.	Comp.	F _{vEd} /F _{sRd}
Ali SLU, Mmax	Ali sup.	0.247	0.157	-	0.21	-	0.23	SLE max	c., Ali sup.	0.216
ip.:True										
Anima:True	Anima	0.411	0.333	0.211	0.422	0.182	0.409		Anima	0.429
Ali inf.:True	Ali inf.	0.422	0.268	-	0.335	-	0.335		Ali inf.	0.418

D DETTAGLIO RISULTATI: Comb. Mmax

SOLLECITAZIONI

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
N _{Ed} (SLU) (N)	3.971E+5	3.971E+5	N _{Ed} (SLU) (N)	-3.387E+5	-3.387E+5	N _{Ed} (SLU) (N)	-6.794E+5	-6.794E+5
			M _{Ed} (SLU) (N*m)	2.025E+5	2.025E+5			
			V _{Ed} (SLU) (N)	4.34E+5	4.34E+5			

N_{Ed} (SLE) (N)	1.66E+5	1.66E+5	N_{Ed} (SLE) (N)	-1.855E+5	-1.855E+5	N_{Ed} (SLE) (N)	-3.206E+5	-3.206E+5
N_{Edmax} (SLF) (N)	0E+00	0E+00	M_{Ed} (SLE) (N*m)	9.152E+4	9.152E+4	N_{Edmax} (SLF) (N)	0E+00	0E+00
N_{Edmin} (SLF) (N)	0E+00	0E+00	$ V_{Ed} $ (SLE) (N)	2.65E+5	2.65E+5	N_{Edmin} (SLF) (N)	0E+00	0E+00
			N_{Edmax} (SLF) (N)	0E+00	0E+00			
			M_{Edmax} (SLF) (N*m)	0E+00	0E+00			
			V_{Edmax} (SLF) (N)	0E+00	0E+00			
			N_{Edmin} (SLF) (N)	0E+00	0E+00			
			M_{Edmin} (SLF) (N*m)	0E+00	0E+00			
			V_{Edmin} (SLF) (N)	0E+00	0E+00			

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)	2.415E+5	2.415E+5			
			J_b (mm ²)	1.431E+6				
			$V_{1b} = V_{Ed} /N_b$ (N)	1.808E+4	1.808E+4			
			$V_{2b} = M_b/J_b * X_{maxb}$ (N)	5.908E+3	5.908E+3			
			$V_b = V_{1b} + V_{2b}$ (N)	2.399E+4	2.399E+4			
			$H_{1b} = N_{Ed} /N_b$ (N)	1.411E+4	1.411E+4			
			$H_{2b} = M_b/J_b * Y_{maxb}$ (N)	6.499E+4	6.499E+4			
			$H_b = H_{1b} + H_{2b}$ (N)	7.91E+4	7.91E+4			
$F_{VEd} = N_{Ed} /2/N_b$ (N)	2.482E+4	2.482E+4	$F_{VEd} = ((V_b^2 + H_b^2)^{0.5})/2$ (N)	4.133E+4	4.133E+4	$F_{VEd} = N_{Ed} /2/N_b$ (N)	4.246E+4	4.246E+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
$CU_{FV} = F_{VEd} / F_{VRd}$	0.247	0.247	$CU_{FV} = F_{VEd} / F_{VRd}$	0.411	0.411	$CU_{FV} = F_{VEd} / F_{VRd}$	0.422	0.422

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)	2.482E+4	2.482E+4	$F_{bEd,1b}$ long. (N)	3.955E+4	3.955E+4	$F_{bEd,1b}$ long. (N)	4.246E+4	4.246E+4
Check plastico	False		Check plastico	False		Check plastico	False	
$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd}$ long.	0.105	0.105	$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd}$ long.	0.25	0.25	$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd}$ long.	0.179	0.179
			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed})$ 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)	1.2E+4	1.2E+4			
			Check plastico	False				
			$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd}$ transv.	0.076	0.076			
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

$F_{bRd,max} \text{ long. (N)}$	3.408E+5	3.408E+5	$F_{bRd,max} \text{ long. (N)}$	2.372E+5	2.372E+5	$F_{bRd,max} \text{ long. (N)}$	3.408E+5	3.408E+5
$F_{bRd,tot} \text{ long. (N)}$	2.628E+6	2.628E+6	$F_{bRd,tot} \text{ long. (N)}$	4.744E+5	4.744E+5	$F_{bRd,tot} \text{ long. (N)}$	2.628E+6	2.628E+6
$F_{bEd,1b} \text{ long. (N)}$	4.964E+4	4.964E+4	$F_{bEd,1b} \text{ long. (N)}$	7.91E+4	7.91E+4	$F_{bEd,1b} \text{ long. (N)}$	8.492E+4	8.492E+4
Check plastico	False	False	Check plastico	False	False	Check plastico	False	False
$CU_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd} \text{ long.}$	0.157	0.157	$CU_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd} \text{ long.}$	0.333	0.333	$CU_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd} \text{ long.}$	0.268	0.268
			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,ed}) \text{ transv. (N)}$	2.372E+5	2.372E+5			
			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed},k_{1,in}) \text{ transv. (N)}$	0E+00	0E+00			
			$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,ed}) \text{ transv. (N)}$	2.556E+5	2.556E+5			
			$F_{bRd}(\alpha_{b,in},k_{1,in}) \text{ transv. (N)}$	0E+00	0E+00			
			$F_{bRd,min} \text{ transv. (N)}$	2.372E+5	2.372E+5			
			$F_{bRd,max} \text{ transv. (N)}$	2.556E+5	2.556E+5			
			$F_{bRd,tot} \text{ transv. (N)}$	3.03E+6	3.03E+6			
			$F_{bEd,1b} \text{ transv. (N)}$	2.399E+4	2.399E+4			
			Check plastico	False	False			
			$CU_{Fb} = F_{bEd}/F_{bRd} \text{ transv.}$	0.101	0.101			

RESISTENZA PIATTI (SLU)

<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
$N_{pyRd} = A_p \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} \text{ (N)}$	2.029E+6		$N_{pyRd} = A_{np} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} \text{ (N)}$	4.138E+6		$N_{pyRd} = A_p \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} \text{ (N)}$	2.029E+6	
$N_{puRd} = 0.9 \cdot A_{np} \cdot f_{up} / \gamma_{M2} \text{ (N)}$	1.73E+6		$W_{np} = J_{np} / (h_p / 2) \text{ (mm}^3\text{)}$	1.83E+6		$N_{puRd} = 0.9 \cdot A_{np} \cdot f_{up} / \gamma_{M2} \text{ (N)}$	1.73E+6	
			$M_{pyRd} = W_{np} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$	6.188E+8				
			$f_{ypRed}(I_{V_{Ed}}/I_{V_{pyRd}} > 0.5)$	355	355			
$CU_{Np} = N_{Ed} / N_{pyRd}$	=0.23	0.23	$CU_{Np} = N_{Ed} / N_{pyRd} \cdot (f_{yp} / f_{ypRed})$	=0.082	0.082	$CU_{Np} = N_{Ed} / N_{pyRd}$	0.335	0.335
$ax(N_{Ed}/N_{pyRd}, N_{Ed}/N_{puRd})$			$CU_{Mp} = M_{Ed} / M_{pyRd} \cdot (f_{yp} / f_{ypRed})$	=0.327	0.327			
			$CU_{NMp} = CU_{Np} + CU_{Mp}$	0.409	0.409			
			$V_{pyRd} = A_{np} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} / (3^{0.5}) \text{ (N)}$	2.389E+6				
			$CU_{Vp} = V_{Ed} / V_{pyRd}$	0.182	0.182			

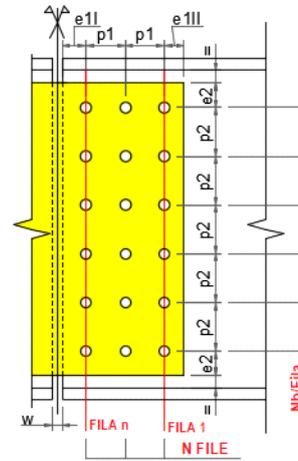
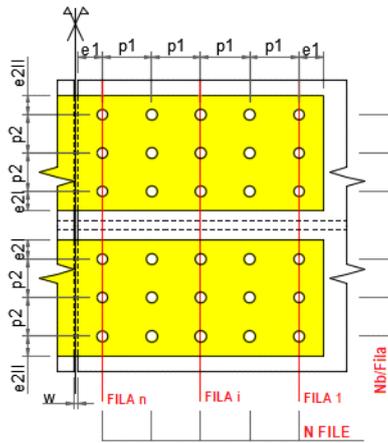
RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO (SLE)

<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
$F_{pCd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_{resb} \text{ (N)}$	1.759E+5		$F_{pCd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_{resb} \text{ (N)}$	1.759E+5		$F_{pCd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_{resb} \text{ (N)}$	1.759E+5	
$F_{sRd} = k_s \cdot \mu \cdot F_{pCd} / \gamma_{M3} \text{ (N)}$	4.798E+4		$F_{sRd} = k_s \cdot \mu \cdot F_{pCd} / \gamma_{M3} \text{ (N)}$	4.798E+4		$F_{sRd} = k_s \cdot \mu \cdot F_{pCd} / \gamma_{M3} \text{ (N)}$	4.798E+4	
$CU_{Fs} = F_{vEd} / F_{sRd}$	0.216	0.216	$CU_{Fs} = F_{vEd} / F_{sRd}$	0.429	0.429	$CU_{Fs} = F_{vEd} / F_{sRd}$	0.418	0.418

RESISTENZA SEZIONE PROFILO (SLU)

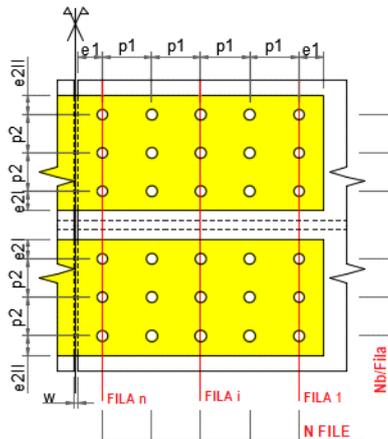
<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
$N_{pl,Rd} \text{ (N)}$	2.029E+6	2.029E+6	Sezione con 12 fori			$N_{pl,Rd} \text{ (N)}$	2.029E+6	2.029E+6
Sezione con 2 fori			$N_{net,Rd} \text{ (N)}$	3.56E+6	3.56E+6	$CU_N (N_{Ed} < 0)$	0.335	0.335
$N_{u,Rd} \text{ (N)}$	1.887E+6	1.887E+6	$M_{net,Rd} \text{ (N} \cdot \text{mm)}$	6.198E+8	6.198E+8			
$CU_N (N_{Ed} > 0)$	0.21	0.21	$W_{net} \text{ (mm}^3\text{)}$	1.833E+6	1.833E+6			
			$f_{ykRed} / \gamma_{M0} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	338.095	338.095			
			CU_{NM}	0.422	0.422			
			$V_{plnetRd} \text{ (N)}$	2.055E+6	2.055E+6			
			CU_{Vnet}	0.211	0.211			

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)

Ala superiore Bulloni		SX	DX	Anima Bulloni		SX	DX	Ala inferiore 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	
			J_{np} (mm ⁴)	7.962E+8				
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
			J_{net} (mm ⁴)	8.799E+8	8.799E+8			
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.	0.297	0.572
	Anima	0.307	0.553
	Ali inf.	0.297	0.572

D DETTAGLIO RISULTATI: Comb. Mmax

SOLLECITAZIONI

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
N_{Edmax} (SLF) (N)	4.055E+4	4.055E+4	N_{Edmax} (SLF) (N)	0E+00	0E+00	N_{Edmax} (SLF) (N)	-	-
							4.055E+4	4.055E+4
			M_{Edmax} (SLF) (N*m)	1.525E+4	1.525E+4			
			V_{Edmax} (SLF) (N)	0E+00	0E+00			
N_{Edmin} (SLF) (N)	-	-	N_{Edmin} (SLF) (N)	0E+00	0E+00	N_{Edmin} (SLF) (N)	1.106E+3	1.106E+3
	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			

VERIFICHE

RESISTENZA A FATICA (SLF)

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
Profilo in acciaio								
$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	19.8	19.8	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	20.5	20.5	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	19.8	19.8
$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_d / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	66.7	66.7	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_d / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	66.7	66.7	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_d / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	66.7	66.7
$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.297	0.297	$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.307	0.307	$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.297	0.297
Piatti								
$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	21.2	21.2	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	20.5	20.5	$\Delta\sigma_{Ed} = \gamma_{FI} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_I$ (N/mm ²)	21.2	21.2
$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_d / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	37	37	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_d / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	37	37	$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_d / \gamma_{MI}$ (N/mm ²)	37	37
$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.572	0.572	$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.553	0.553	$CU_{Fat} = \Delta\sigma_{Ed} / \Delta\sigma_{Rd}$	0.572	0.572

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;

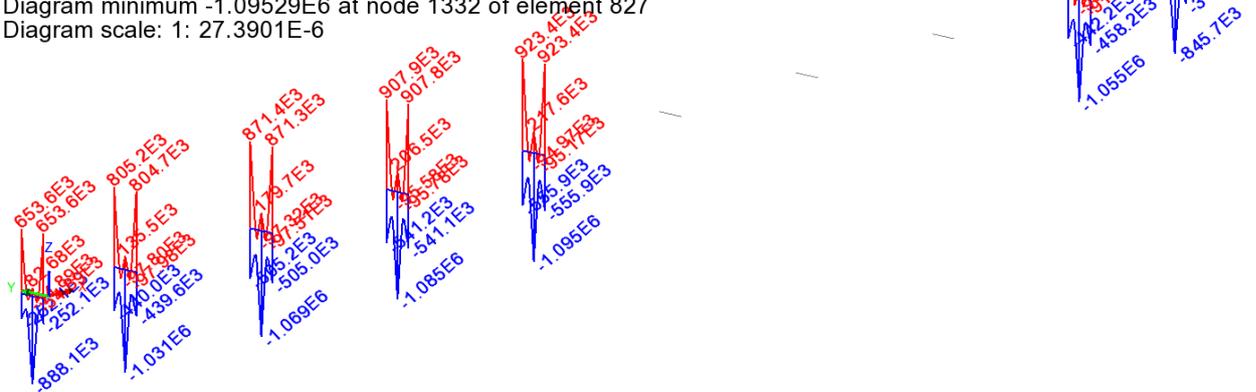
S.L.V. Sisma Y (trasversale);

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) e dell'ultima, coerentemente alle linee di influenza adottate per le massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni.

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 116.596
Eye: (-0.724291, -0.640847, 0.254396)
Combining on: My
SLU STR (Max)

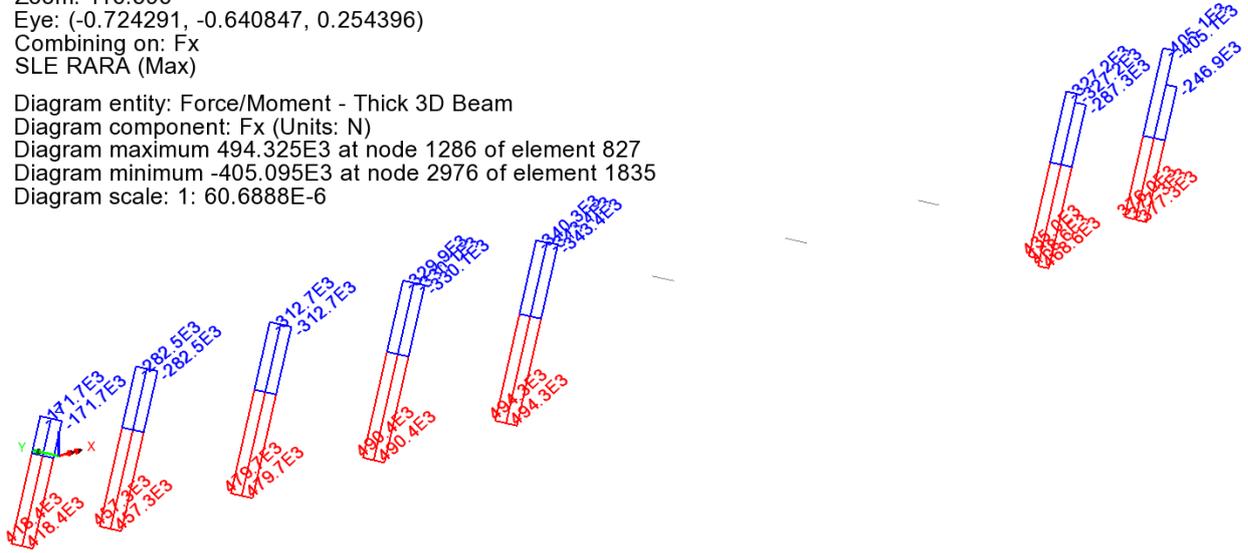
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 923.408E3 at node 1286 of element 827
Diagram minimum -1.09529E6 at node 1332 of element 827
Diagram scale: 1: 27.3901E-6



SLU fondamentale (STR) - My

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 116.596
Eye: (-0.724291, -0.640847, 0.254396)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

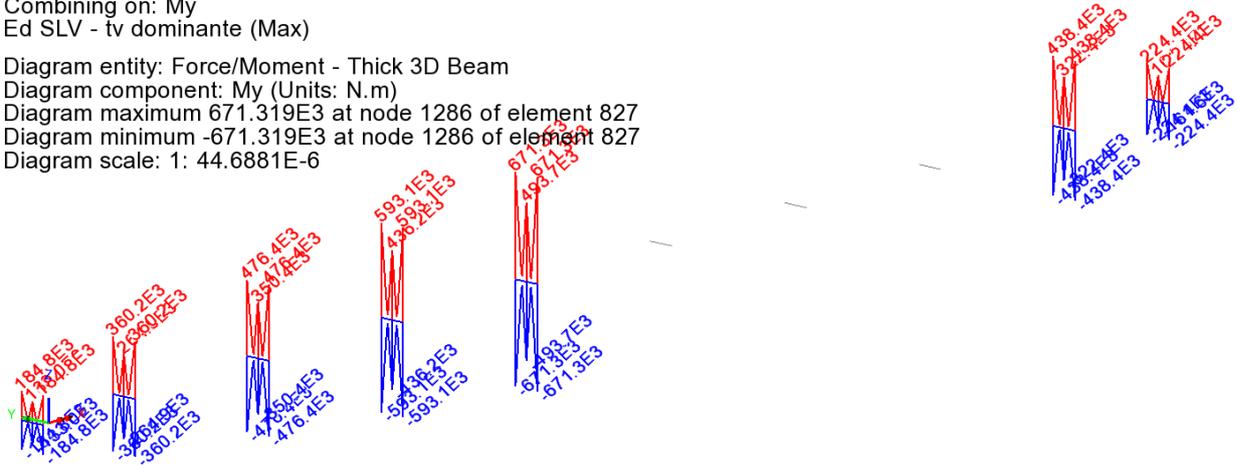
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 494.325E3 at node 1286 of element 827
Diagram minimum -405.095E3 at node 2976 of element 1835
Diagram scale: 1: 60.6888E-6



SLE RARA - Fx

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 116.596
Eye: (-0.724291, -0.640847, 0.254396)
Combining on: My
Ed SLV - tv dominante (Max)

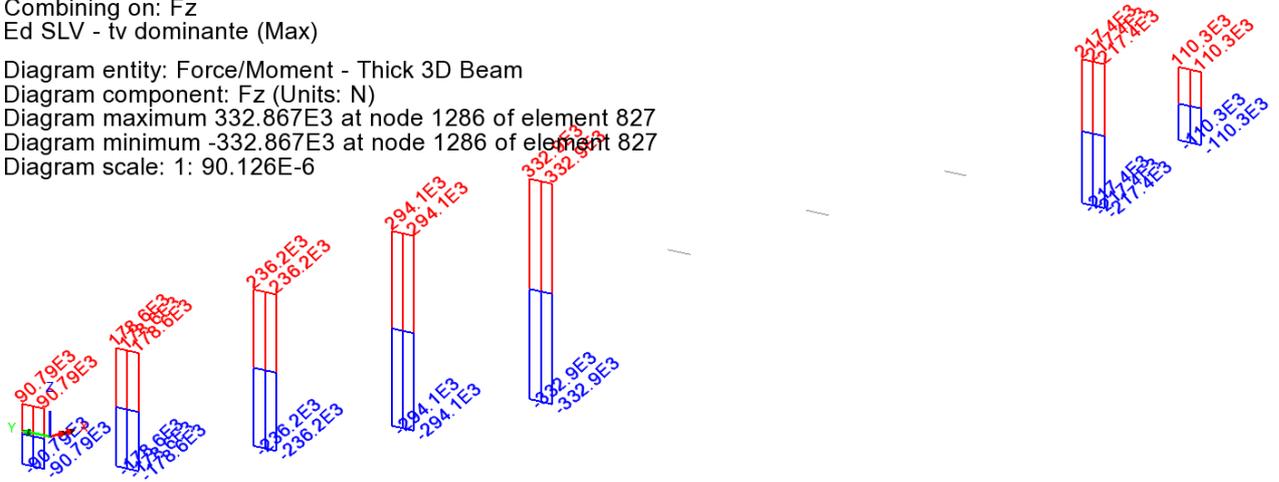
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 671.319E3 at node 1286 of element 827
Diagram minimum -671.319E3 at node 1286 of element 827
Diagram scale: 1: 44.6881E-6



SLV SismaY My

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 116.596
Eye: (-0.724291, -0.640847, 0.254396)
Combining on: Fz
Ed SLV - tv dominante (Max)

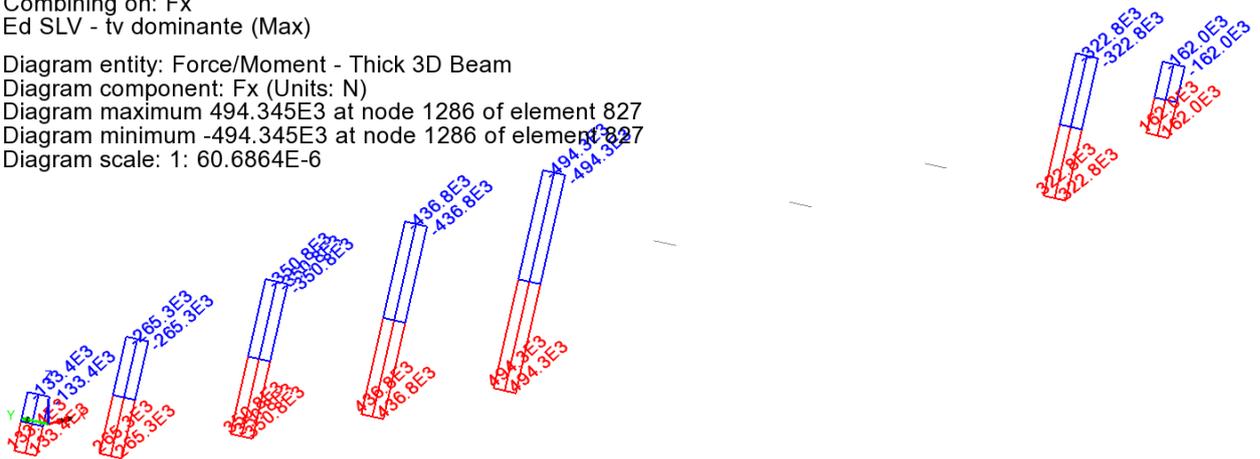
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 332.867E3 at node 1286 of element 827
Diagram minimum -332.867E3 at node 1286 of element 827
Diagram scale: 1: 90.126E-6



SLV SismaY Fz

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 116.596
Eye: (-0.724291, -0.640847, 0.254396)
Combining on: Fx
Ed SLV - tv dominante (Max)

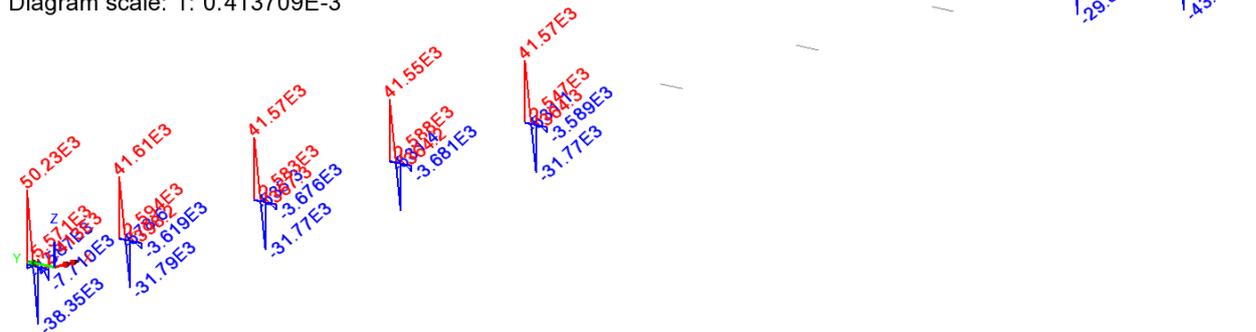
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 494.345E3 at node 1286 of element 827
Diagram minimum -494.345E3 at node 1286 of element 827
Diagram scale: 1: 60.6864E-6



SLV SismaY Fx

Scale: 1: 1.03994E3
Zoom: 116.596
Eye: (-0.724291, -0.640847, 0.254396)
Combining on: My
Env_FLM3 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 72.5147E3 at node 2921 of element 1835
Diagram minimum -43.3855E3 at node 2905 of element 1833
Diagram scale: 1: 0.413709E-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 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.

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 \oplus .

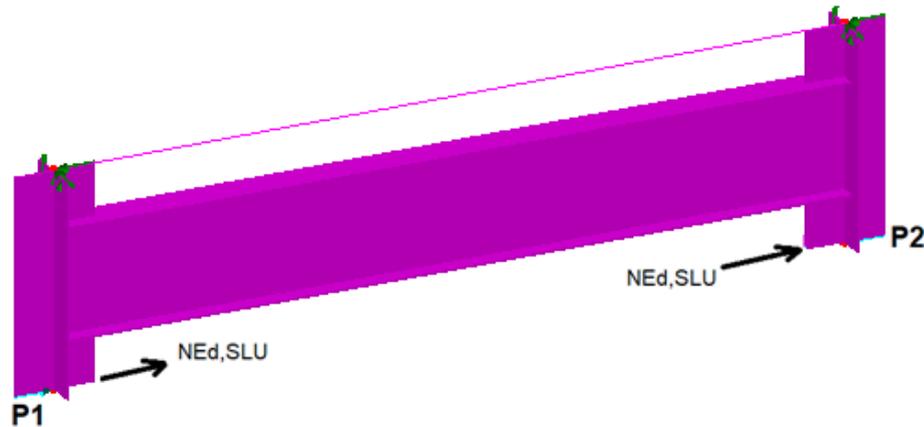


Figura 8-9 Modello locale per valutazione effetto $N_{Ed,SLU}$ su traverso per instabilità Pinf travi

Anche in questo caso, allo S.L.U. , si considerano le medesime azioni indotte sul traverso per effetto della stabilizzazione della piattabanda inferiore viste al punto precedente:

$$|N_{Ed,SLU}| = 145000 \text{ N}$$

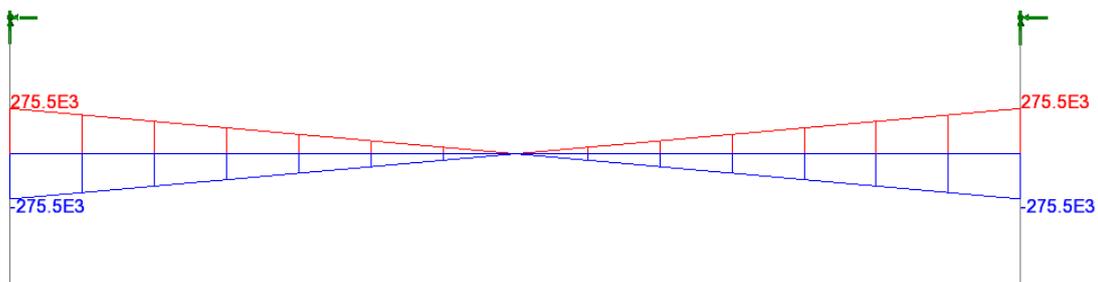
La forza N_{Ed} agisce sulle piattabande inferiori con verso concorde o discorde; sono possibili quindi le seguenti 4 condizioni di carico:

Condizione di carico 1:	$N_{Ed,SLU} (P1) = +145000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = +145000 \text{ N}$
Condizione di carico 2:	$N_{Ed,SLU} (P1) = -145000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = -145000 \text{ N}$
Condizione di carico 3:	$N_{Ed,SLU} (P1) = +145000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = -145000 \text{ N}$
Condizione di carico 4:	$N_{Ed,SLU} (P1) = -145000 \text{ N};$	$N_{Ed,SLU} (P2) = +145000 \text{ N}$

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

Scale: 1: 10.1074
Zoom: 32.0362
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
Combining on: My
CC1-CC2 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 275.5E3 at node 24 of element 23
Diagram minimum -275.5E3 at node 24 of element 23
Diagram scale: 1: 36.2976E-6



Viadotto Molino Vecchio - RELAZIONE DI CALCOLO impalcato

Figura 8-10 Momento My (Nm) – condizioni di carico 1-2

Scale: 1: 10.1074
Zoom: 32.0362
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
Combining on: Fz
CC1-CC2 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 78.7143E3 at node 24 of element 23
Diagram minimum -78.7143E3 at node 24 of element 23
Diagram scale: 1: 0.127042E-3

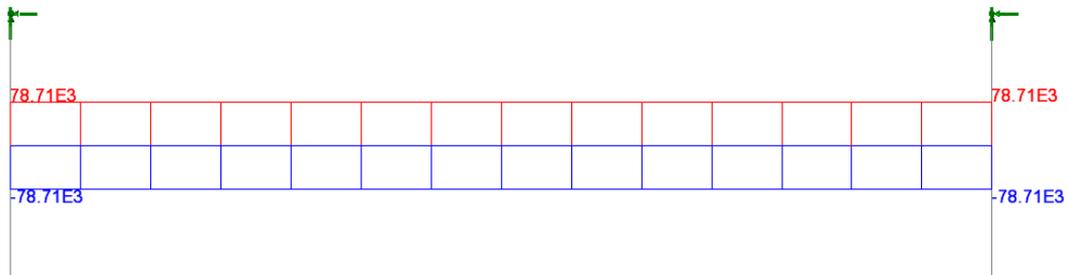


Figura 8-11 Taglio Fz (N) – condizioni di carico 1-2

Scale: 1: 22.3844
Zoom: 67.6301
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
Combining on: My
CC3-CC4 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 69.6562E3 at node 9 of element 9
Diagram minimum -69.6562E3 at node 9 of element 9
Diagram scale: 1: 0.143562E-3

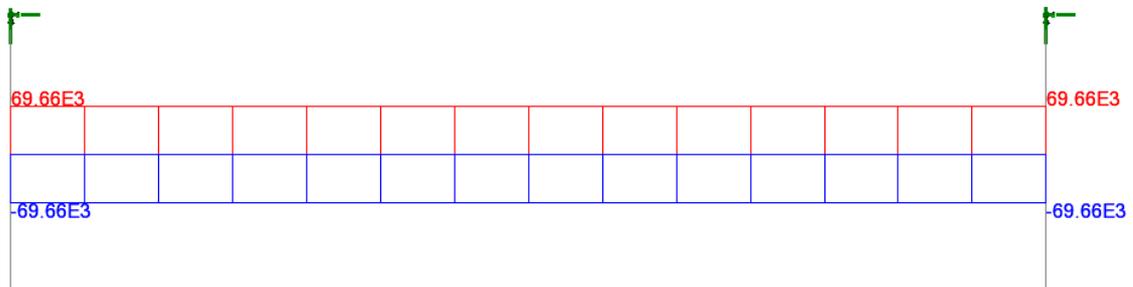


Figura 8-12 Momento My (Nm) – condizioni di carico 3-4

Scale: 1: 22.3844
Zoom: 67.6301
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
Combining on: Fx
CC3-CC4 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 216.678E3 at node 9 of element 9
Diagram minimum -216.678E3 at node 9 of element 9
Diagram scale: 1: 46.1515E-6

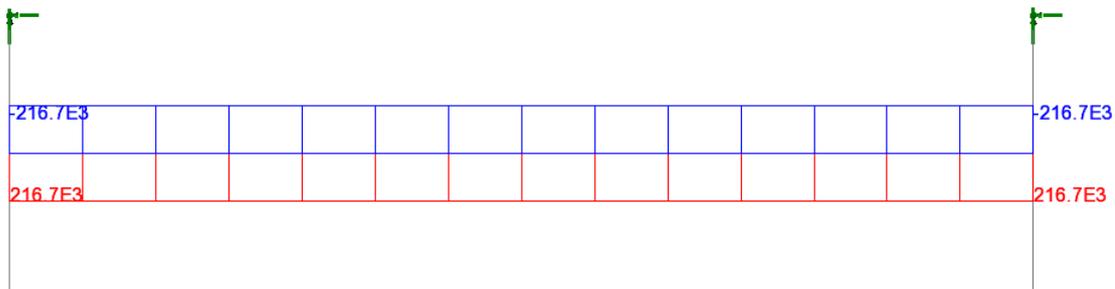


Figura 8-13 Sforzo normale Fx (N) – condizioni di carico 3-4

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	720000+220000=940000	585000+79000=664000	930000+276000=1206000
S1-SLU- Fx min	-560000-220000=-780000	585000+79000=664000	930000+276000=1206000
S1-SLV - Fx max	495000	335000	675000
S1-SLV - Fx min	-495000	335000	675000
S2-SLU- Fx max	720000+220000=940000	585000+79000=664000	1100000+70000=1170000
S2-SLU- Fx min	-560000-220000=-780000	585000+79000=664000	1100000+70000=1170000
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	2700	73000
S2-SLF	26000	57500

Tabella 8-10 Sezione in mezzeria. SLF.

Fase	Fx (N)	Fz (N)	My (Nm)
S1-SLU- Fx max	495000	410000	650000
S1-SLU- Fx min	-406000	410000	650000

Tabella 8-11 Sezione in mezzeria. 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	0.36	(.519)	0.187
S1-SLU- Fx min	2	0.36	(.503)	0.187
S1-SLV - Fx max	1	0.2	(.287)	0.094
S1-SLV - Fx min	2	0.2	(.287)	0.094
S2-SLU- Fx max	1	0.35	(.506)	0.187
S2-SLU- Fx min	2	0.35	(.49)	0.187
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	0.233	0.233	0	0.249	0.249	0.349	0.349	0.349
S2-SLF	0.256	0.256	0	0.275	0.275	0.385	0.385	0.385

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	9.4E+5	6.64E+5	1.21E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	53.33	422.77	0.42	-1.61	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)	9.4E+5	M _{Ed} (Nm)	1.206E+6	N _{Ed} (N)	9.4E+5
N _{Rd} (N)	9.899E+6	M _{Rd} (Nm)	3.39E+6	M _{Ed} (Nm)	1.206E+6
				M _{Rd} (Nm)	3.354E+6
N _{Ed} /N _{Rd}	0.095	M _{Ed} /M _{Rd}	0.356	M _{Ed} /M _{Rd}	0.36

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorde (Comb. Mmax)

		η ₁
σ ₄	175.4	0.519
σ ₃	169.6	0.502

σ_2	32.1	0.095
σ_1	-105.4	0.312
σ_0	-111.2	0.329

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.519 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling
 $h_w/t_w=53.333 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=48.911$ Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd}=3.557E+6$ N

Essendo:

$a/h_w=7.292$, $\eta=1.2$, $K_\tau=5.415$
 contributo anima: $V_{bw,Rd}=3.549E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=8.088E+3$ N
 $\chi_w=1.102$, $\lambda_w=0.753$, $\tau_{cr}=361.7$, $C=1831$
 $M_{Ed}=1.206E+6$ Nm, $M_{f,Rd}=1.535E+6$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.786$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=4.048E+6$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=3.557E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.187, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.187, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.36$$

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 S2-SLF

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria (Comb. Mmax)

Fase	M (Nm)
3b max	5.75E+4
3b max	-2.6E+4

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

	Max	Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_4	6.8	-3.1	9.9
σ_3	6.6	-3	9.5
σ_2	0	0	0
σ_1	-6.6	3	9.5
σ_0	-6.8	3.1	9.9

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

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.35
Fattore equivalente di danno per flessione per la	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.58 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 2.394 < 2.6$ (Campata)

carpenteria:		
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 _{ml} (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	23.75	92.593	0.256
Piattabanda inferiore	23.749	92.593	0.256
Anima	0	74.074	0
Attacco anima-piattabanda superiore	22.799	82.963	0.275
Attacco anima-piattabanda inferiore	22.799	82.963	0.275
Attacco irrigidente verticale - anima	22.799	59.259	0.385
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	22.799	59.259	0.385
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	22.799	59.259	0.385

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

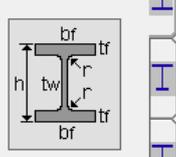
tw: mm

bf: mm

tf: mm

r: mm

OK



Iz: cm⁴

It: cm⁴

Iw: cm⁶

β_z : mm

More...

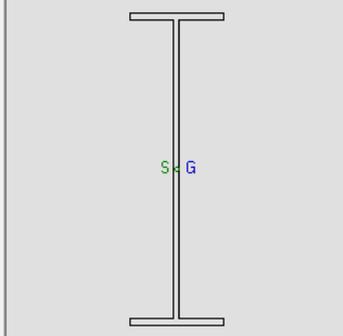


Tabella 8-14 Caratteristiche profilo

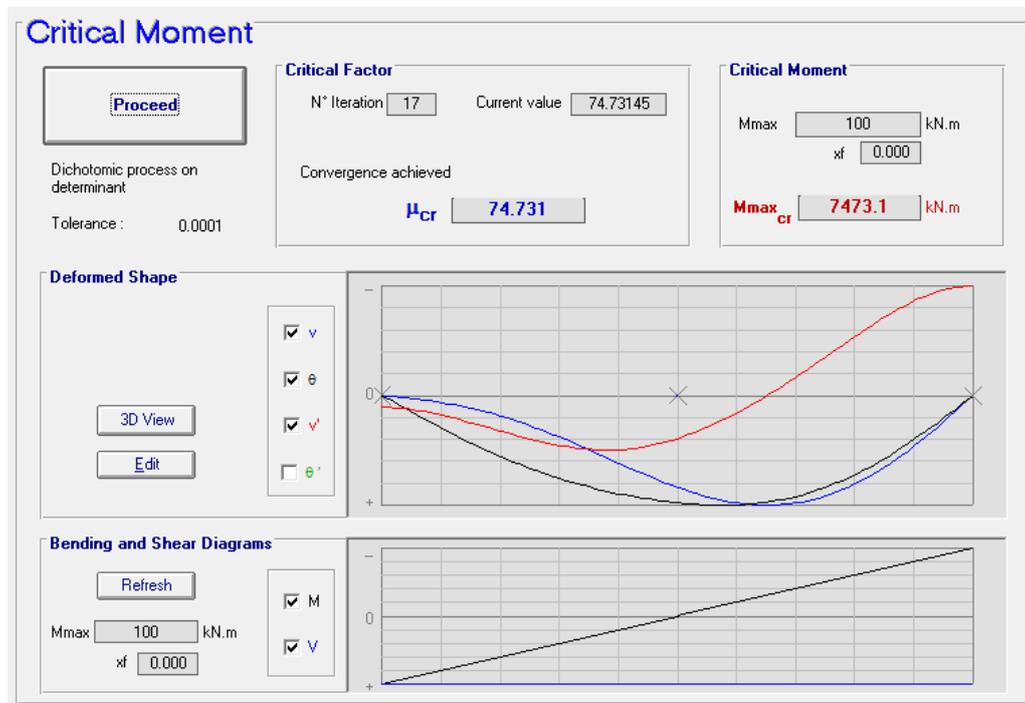


Figura 8-14 Stabilità torsionale - caso asimmetrico

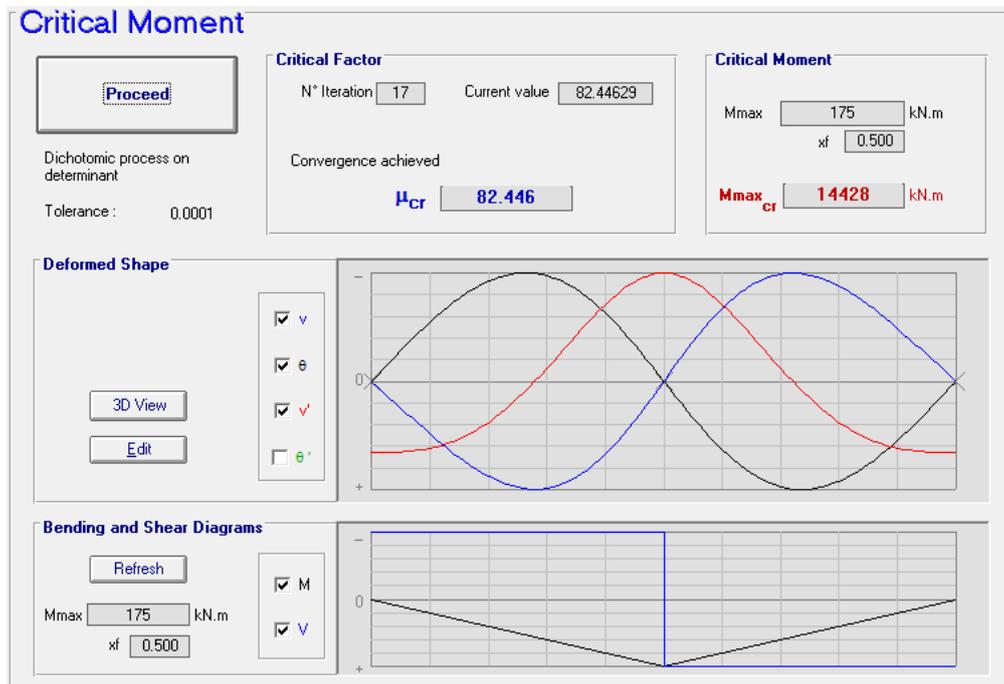


Figura 8-15 Stabilità torsionale - caso simmetrico

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}	1206 kNm
γ_{M1}	1.1	$M_{Ed}/M_{cr,LT}$	0.161
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
		$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.645

8.5.4 Giunto bullonato

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/mm²)

0<t<=40 mm 355

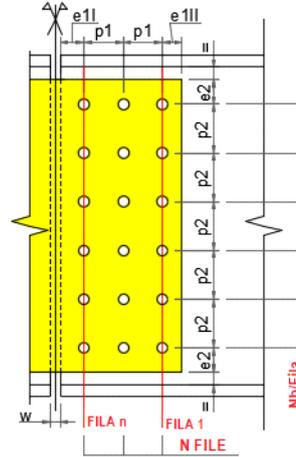
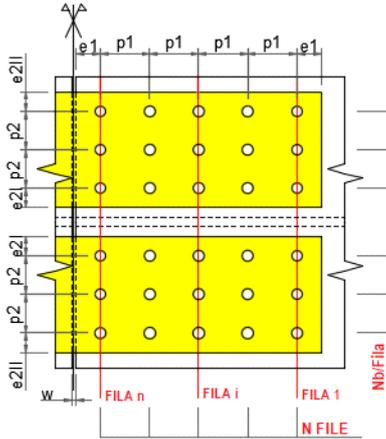
40<t<=200 mm 335

f_u (N/mm²)

0<t<=40 mm 510

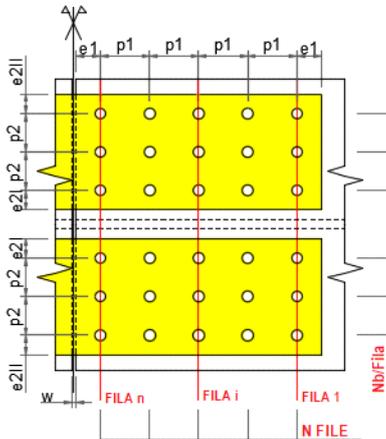
40<t<=200 mm 470

GIUNTO: Traverso S1-SLU(Fxmax) - Traverso S1-SLU(Fxmax)



Ala superiore: Distr. Rettangolare regolare

Anima: Distr. Rettangolare regolare



Ala inferiore: Distr. Rettangolare regolare

A DATI GENERALI

Definizione del giunto

Sezioni

Traverso_S1-SLU(Fxmax) (SX)

Traverso_S1-SLU(Fxmax) (DX)

**Ala superiore
Bulloni**

SX

DX

**Anima
Bulloni**

SX

DX

**Ala inferiore
Bulloni**

SX

DX

Tipo di distribuzione Rettangolar e regolare		Tipo di distribuzione Rettangolar e regolare		Tipo di distribuzione Rettangolar e 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)	15	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	A (mm ²)	17280	A (mm ²)	6000
A _{net} (mm ²)	5140	A _{net} (mm ²)	12636	A _{net} (mm ²)	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

Dim_Check	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}
Ali sup.:True	SLU, Mmax	Ali sup.	0.644	0.409	-	0.548	-	0.598	SLE c., Mmax	Ali sup.	0.724
Anima:True		Anima	0.729	0.497	0.269	0.641	0.278	0.749		Anima	0.84
Ali inf.:True		Ali inf.	0.404	0.257	-	0.32	-	0.32		Ali inf.	0.459

D DETTAGLIO RISULTATI: Comb. Mmax

SOLLECITAZIONI

Ala superiore	SX	DX	Anima	SX	DX	Ala inferiore	SX	DX
N _{Ed} (SLU) (N)	1.035E+6	1.035E+6	N _{Ed} (SLU) (N)	5.548E+5	5.548E+5	N _{Ed} (SLU) (N)	-6.498E+5	-6.498E+5
			M _{Ed} (SLU) (N*m)	3.803E+5	3.803E+5			
			V _{Ed} (SLU) (N)	6.64E+5	6.64E+5			
N _{Ed} (SLE) (N)	5.555E+5	5.555E+5	N _{Ed} (SLE) (N)	2.921E+5	2.921E+5	N _{Ed} (SLE) (N)	-3.526E+5	-3.526E+5
			M _{Ed} (SLE) (N*m)	2.05E+5	2.05E+5			
			V _{Ed} (SLE) (N)	4.1E+5	4.1E+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	
$\beta_p = 9^\circ d / (8^\circ d + 3^\circ t_p) (<=1)$	1		1	$\beta_p = 9^\circ d / (8^\circ d + 3^\circ t_p) (<=1)$	1		1	$\beta_p = 9^\circ d / (8^\circ d + 3^\circ t_p) (<=1)$	1		1
				$M_b = M_{Ed} + V_{Ed} \cdot u \cdot (N \cdot m)$	4.4E+5		4.4E+5				
				$J_b \text{ (mm}^2\text{)}$	1.431E+6						
				$V_{1b} = V_{Ed} / N_b \text{ (N)}$	2.767E+4		2.767E+4				
				$V_{2b} = M_b / J_b \cdot X_{maxb} \text{ (N)}$	1.076E+4		1.076E+4				
				$V_b = V_{1b} + V_{2b} \text{ (N)}$	3.843E+4		3.843E+4				
				$H_{1b} = N_{Ed} / N_b \text{ (N)}$	2.311E+4		2.311E+4				
				$H_{2b} = M_b / J_b \cdot Y_{maxb} \text{ (N)}$	1.184E+5		1.184E+5				
				$H_b = H_{1b} + H_{2b} \text{ (N)}$	1.415E+5		1.415E+5				
$F_{VEd} = N_{Ed} / 2 / N_b \text{ (N)}$	6.469E+4		6.469E+4	$F_{VEd} = ((V_b^2 + H_b^2)^{0.5}) / 2 \text{ (N)}$	7.332E+4		7.332E+4	$F_{VEd} = N_{Ed} / 2 / N_b \text{ (N)}$	4.061E+4		4.061E+4
$F_{VRd} = \beta_p \cdot \alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_{Vb} / \gamma_{M2} \text{ (N)}$	1.005E+5		1.005E+5	$F_{VRd} = \beta_p \cdot \alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_{Vb} / \gamma_{M2} \text{ (N)}$	1.005E+5		1.005E+5	$F_{VRd} = \beta_p \cdot \alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_{Vb} / \gamma_{M2} \text{ (N)}$	1.005E+5		1.005E+5
$CU_{FV} = F_{VEd} / F_{VRd}$	0.644		0.644	$CU_{FV} = F_{VEd} / F_{VRd}$	0.729		0.729	$CU_{FV} = F_{VEd} / F_{VRd}$	0.404		0.404

RESISTENZA A RIFOLLAMENTO (SLU)

Ala superiore		SX	DX	Anima		SX	DX	Ala inferiore		SX	DX
Piatti				Piatti				Piatti			
$\alpha_{b,ed} \text{ long.}$		0.775		$\alpha_{b,ed} \text{ long.}$		0.775		$\alpha_{b,ed} \text{ long.}$		0.775	
$\alpha_{b,in} \text{ long.}$		0.835		$\alpha_{b,in} \text{ long.}$		0		$\alpha_{b,in} \text{ long.}$		0.835	
$k_{1,ed} \text{ long.}$		2.5		$k_{1,ed} \text{ long.}$		2.5		$k_{1,ed} \text{ long.}$		2.5	
$k_{1,in} \text{ long.}$		0		$k_{1,in} \text{ long.}$		2.5		$k_{1,in} \text{ long.}$		0	
				$\alpha_{b,ed} \text{ transv.}$		0.775					
				$\alpha_{b,in} \text{ transv.}$		0.835					
				$k_{1,ed} \text{ transv.}$		2.5					
				$k_{1,in} \text{ transv.}$		0					
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	2.372E+5			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	1.581E+5			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	2.372E+5		
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	1.581E+5			$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00		
$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	2.556E+5			$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	0E+00			$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	2.556E+5		
$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00			$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00			$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00		
$F_{bRd,min} \text{ long. (N)}$	2.372E+5			$F_{bRd,min} \text{ long. (N)}$	1.581E+5			$F_{bRd,min} \text{ long. (N)}$	2.372E+5		
$F_{bRd,max} \text{ long. (N)}$	2.556E+5			$F_{bRd,max} \text{ long. (N)}$	1.581E+5			$F_{bRd,max} \text{ long. (N)}$	2.556E+5		
$F_{bRd,tot} \text{ long. (N)}$	1.971E+6			$F_{bRd,tot} \text{ long. (N)}$	3.163E+5			$F_{bRd,tot} \text{ long. (N)}$	1.971E+6		
$F_{bEd,1b} \text{ long. (N)}$	6.469E+4		6.469E+4	$F_{bEd,1b} \text{ long. (N)}$	7.076E+4		7.076E+4	$F_{bEd,1b} \text{ long. (N)}$	4.061E+4		4.061E+4
Check plastico	False			Check plastico	False			Check plastico	False		
$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd} \text{ long.}$	0.273		0.273	$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd} \text{ long.}$	0.447		0.447	$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd} \text{ long.}$	0.171		0.171
				$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed}) \text{ transv. (N)}$	1.581E+5						
				$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in}) \text{ transv. (N)}$	0E+00						
				$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed}) \text{ transv. (N)}$	1.704E+5						
				$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in}) \text{ transv. (N)}$	0E+00						
				$F_{bRd,min} \text{ transv. (N)}$	1.581E+5						
				$F_{bRd,max} \text{ transv. (N)}$	1.704E+5						
				$F_{bRd,tot} \text{ transv. (N)}$	2.02E+6						
				$F_{bEd,1b} \text{ transv. (N)}$	1.922E+4		1.922E+4				
				Check plastico	False						
				$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd} \text{ transv.}$	0.122		0.122				
Profilo in acciaio				Profilo in acciaio				Profilo in acciaio			
$\alpha_{b,ed} \text{ long.}$		0.775	0.775	$\alpha_{b,ed} \text{ long.}$		0.775	0.775	$\alpha_{b,ed} \text{ long.}$		0.775	0.775
$\alpha_{b,in} \text{ long.}$		0.835	0.835	$\alpha_{b,in} \text{ long.}$		0	0	$\alpha_{b,in} \text{ long.}$		0.835	0.835
$k_{1,ed} \text{ long.}$		2.5		$k_{1,ed} \text{ long.}$		2.5		$k_{1,ed} \text{ long.}$		2.5	
$k_{1,in} \text{ long.}$		0		$k_{1,in} \text{ long.}$		2.5		$k_{1,in} \text{ long.}$		0	
				$\alpha_{b,ed} \text{ transv.}$		0.775	0.775				
				$\alpha_{b,in} \text{ transv.}$		0.835	0.835				
				$k_{1,ed} \text{ transv.}$		2.5					
				$k_{1,in} \text{ transv.}$		0					
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	3.163E+5		3.163E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	2.847E+5		2.847E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	3.163E+5		3.163E+5
$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00		0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	2.847E+5		2.847E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00		0E+00
$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	3.408E+5		3.408E+5	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	0E+00		0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed}) \text{ long. (N)}$	3.408E+5		3.408E+5
$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00		0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00		0E+00	$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in}) \text{ long. (N)}$	0E+00		0E+00
$F_{bRd,min} \text{ long. (N)}$	3.163E+5		3.163E+5	$F_{bRd,min} \text{ long. (N)}$	2.847E+5		2.847E+5	$F_{bRd,min} \text{ long. (N)}$	3.163E+5		3.163E+5
$F_{bRd,max} \text{ long. (N)}$	3.408E+5		3.408E+5	$F_{bRd,max} \text{ long. (N)}$	2.847E+5		2.847E+5	$F_{bRd,max} \text{ long. (N)}$	3.408E+5		3.408E+5
$F_{bRd,tot} \text{ long. (N)}$	2.628E+6		2.628E+6	$F_{bRd,tot} \text{ long. (N)}$	5.693E+5		5.693E+5	$F_{bRd,tot} \text{ long. (N)}$	2.628E+6		2.628E+6
$F_{bEd,1b} \text{ long. (N)}$	1.294E+5		1.294E+5	$F_{bEd,1b} \text{ long. (N)}$	1.415E+5		1.415E+5	$F_{bEd,1b} \text{ long. (N)}$	8.123E+4		8.123E+4
Check plastico	False		False	Check plastico	False		False	Check plastico	False		False
$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd} \text{ long.}$	0.409		0.409	$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd} \text{ long.}$	0.497		0.497	$CU_{Fb} = F_{bEd} / F_{bRd} \text{ long.}$	0.257		0.257
				$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,ed}) \text{ transv. (N)}$	2.847E+5		2.847E+5				
				$F_{bRd}(\alpha_{b,ed}, k_{1,in}) \text{ transv. (N)}$	0E+00		0E+00				
				$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,ed}) \text{ transv. (N)}$	3.067E+5		3.067E+5				
				$F_{bRd}(\alpha_{b,in}, k_{1,in}) \text{ transv. (N)}$	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)	3.843E+4	3.843E+4
Check plastico	False	False
CU _{Fb} = F _{bEd} /F _{bRd} transv.	0.135	0.135

RESISTENZA PIATTI (SLU)

<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
N _{pyRd} = A _p *f _{yp} /γ _{M0} (N)	2.029E+6		N _{pyRd} = A _{np} *f _{yp} /γ _{M0} (N)	4.138E+6		N _{pyRd} = A _p *f _{yp} /γ _{M0} (N)	2.029E+6	
N _{puRd} = 0.9*A _{np} *f _{up} /γ _{M2} (N)	1.73E+6		W _{np} = J _{np} /(I _p /2) (mm ³)	1.83E+6		N _{puRd} = 0.9*A _{np} *f _{up} /γ _{M2} (N)	1.73E+6	
			M _{pyRd} = W _{np} *f _{yp} /γ _{M0} (N*mm)	6.188E+8				
			f _{ypRed} (V _{Ed} /V _{pyRd} >0.5) (N/mm ²)	355	355			
CU _{Np}	=0.598	0.598	CU _{Np} = N _{Ed} /N _{pyRd} * (f _{yp} /f _{ypRed})	0.134	0.134	CU _{Np} = N _{Ed} /N _{pyRd}	0.32	0.32
max(N _{Ed} /N _{pyRd} , N _{Ed} /N _{puRd})			CU _{Mp} = M _{Ed} /M _{pyRd} * (f _{yp} /f _{ypRed})	0.615	0.615			
			CU _{NMp} = CU _{Np} +CU _{Mp}	0.749	0.749			
			V _{pyRd} = A _{np} *f _{yp} /γ _{M0} /(3 ^{0.5}) (N)	2.389E+6				
			CU _{Vp} = V _{Ed} /V _{pyRd}	0.278	0.278			

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*f _{ub} *A _{resb} (N)	1.759E+5		F _{pCd} = 0.7*f _{ub} *A _{resb} (N)	1.759E+5		F _{pCd} = 0.7*f _{ub} *A _{resb} (N)	1.759E+5	
F _{sRd} = k _s *μ*F _{pCd} /γ _{M3} (N)	4.798E+4		F _{sRd} = k _s *μ*F _{pCd} /γ _{M3} (N)	4.798E+4		F _{sRd} = k _s *μ*F _{pCd} /γ _{M3} (N)	4.798E+4	
CU _{Fs} = F _{vEd} /F _{sRd}	0.724	0.724	CU _{Fs} = F _{vEd} /F _{sRd}	0.84	0.84	CU _{Fs} = F _{vEd} /F _{sRd}	0.459	0.459

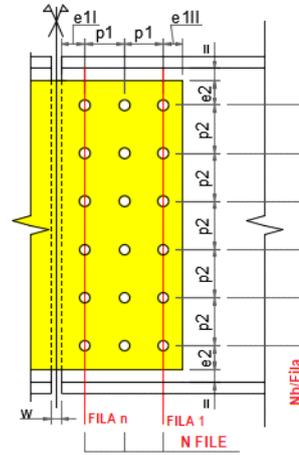
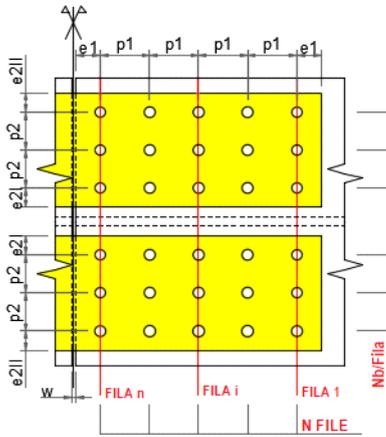
RESISTENZA SEZIONE PROFILO (SLU)

<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)	4.272E+6	4.272E+6	CU _N (N _{Ed} <0)	0.32	0.32
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)	0.548	0.548	W _{net} (mm ³)	2.2E+6	2.2E+6			
			f _{ykRed} /γ _{M0} (N/mm ²)	338.095	338.095			
			CU _{NM}	0.641	0.641			
			V _{plnetRd} (N)	2.467E+6	2.467E+6			
			CU _{Vnet}	0.269	0.269			

RESISTENZA A FATICA (SLF)

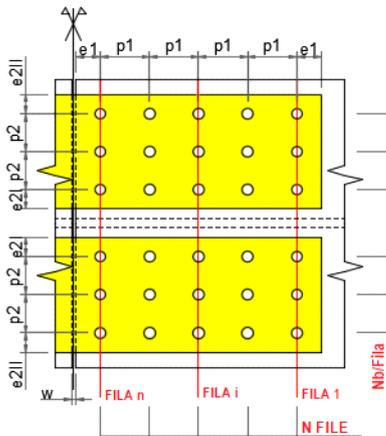
<i>Ala superiore</i>	SX	DX	<i>Anima</i>	SX	DX	<i>Ala inferiore</i>	SX	DX
Profilo in acciaio			Profilo in acciaio			Profilo in acciaio		
Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	0	0	Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	0	0	Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	0	0
Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{Mf} (N/mm ²)	66.7	66.7	Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{Mf} (N/mm ²)	66.7	66.7	Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{Mf} (N/mm ²)	66.7	66.7
CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0	0	CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0	0	CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0	0
Piatti			Piatti			Piatti		
Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	0	0	Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	0	0	Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	0	0
Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{Mf} (N/mm ²)	37	37	Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{Mf} (N/mm ²)	37	37	Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{Mf} (N/mm ²)	37	37
CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0	0	CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0	0	CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0	0

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)

**Ala superiore
Bulloni**

SX

DX

**Anima
Bulloni**

SX

DX

**Ala inferiore
Bulloni**

SX

DX

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 _{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)	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

RESISTENZA A FATICA (SLF)

Ala superiore

	SX	DX
Profilo in acciaio		
Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	25.1	25.1
Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{M1} (N/mm ²)	66.7	66.7
CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0.377	0.377
Piatti		
Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	26.9	26.9
Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{M1} (N/mm ²)	37	37
CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0.726	0.726

Anima

	SX	DX
Profilo in acciaio		
Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	26	26
Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{M1} (N/mm ²)	66.7	66.7
CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0.39	0.39
Piatti		
Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	31.2	31.2
Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{M1} (N/mm ²)	37	37
CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0.843	0.843

Ala inferiore

	SX	DX
Profilo in acciaio		
Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	25.1	25.1
Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{M1} (N/mm ²)	66.7	66.7
CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0.377	0.377
Piatti		
Δσ _{Ed} = γ _{F1} *λ*Δσ _I (N/mm ²)	26.9	26.9
Δσ _{Rd} = Δσ _d /γ _{M1} (N/mm ²)	37	37
CU _{Fat} = Δσ _{Ed} /Δσ _{Rd}	0.726	0.726

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

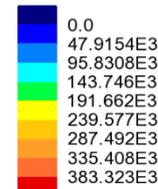
A valle dell'analisi strutturale, effettuate per le singole condizioni di carico, vengono eseguiti gli involuppi e le combinazioni pertinenti ai vari scopi, rispettivamente per max/min V e max/min M.

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

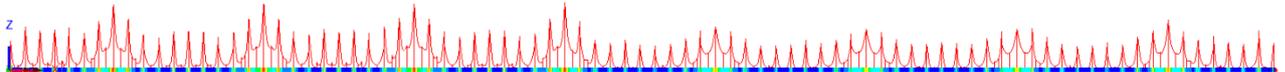
Scale: 1: 1.15396E3
Zoom: 105.769
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 430.468E3 at node 1327 of element 823
Diagram minimum -770.622 at Gauss point 6 of element 1829
Diagram scale: 1: 46.4611E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 47.9154E3
Contour maximum 430.468E3 at node 1327 of element 823
Contour minimum -770.622 at Gauss point 6 of element 1829

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



Maximum 430.468E3 at node 1327 of element 823
Minimum -770.622 at Gauss point 6 of element 1829

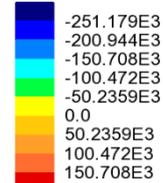


SLU fondamentale My (max)

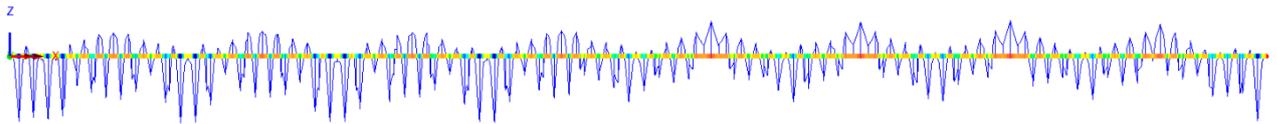
Scale: 1: 1.15396E3
Zoom: 105.769
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 157.141E3 at node 2373 of element 1470
Diagram minimum -294.982E3 at node 10502 of element 284
Diagram scale: 1: 67.8008E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 50.2359E3
Contour maximum 157.141E3 at node 2373 of element 1470
Contour minimum -294.982E3 at node 10502 of element 284

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



Maximum 157.141E3 at node 2373 of element 1470
Minimum -294.982E3 at node 10502 of element 284

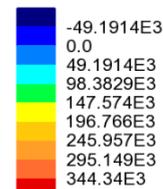


SLU fondamentale My (min)

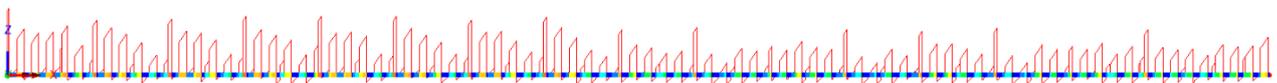
Scale: 1: 1.15396E3
Zoom: 105.769
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: Fz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 385.616E3 at node 68 of element 38
Diagram minimum -57.1072E3 at node 2373 of element 1470
Diagram scale: 1: 51.8651E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 49.1914E3
Contour maximum 385.616E3 at node 68 of element 38
Contour minimum -57.1072E3 at node 2373 of element 1470

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



Maximum 385.616E3 at node 68 of element 38
Minimum -57.1072E3 at node 2373 of element 1470

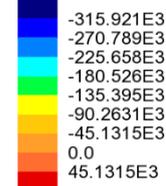


SLU fondamentale Fz (max)

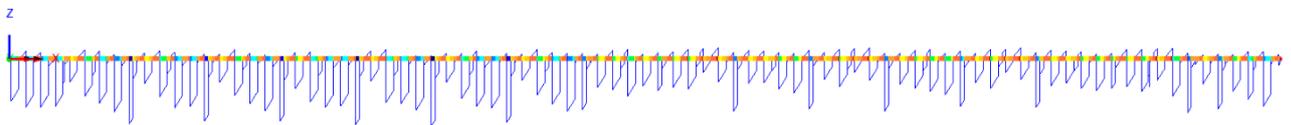
Scale: 1: 1.15396E3
Zoom: 105.769
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: Fz
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 57.6508E3 at node 2373 of element 1459
Diagram minimum -348.533E3 at node 1011 of element 642
Diagram scale: 1: 57.3834E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 45.1315E3
Contour maximum 57.6508E3 at node 2373 of element 1459
Contour minimum -348.533E3 at node 1011 of element 642

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



Maximum 57.6508E3 at node 2373 of element 1459
Minimum -348.533E3 at node 1011 of element 642

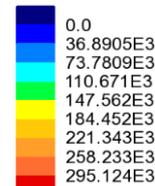


SLU fondamentale Fz (min)

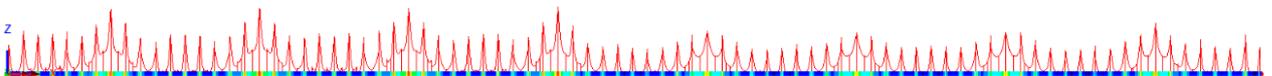
Scale: 1: 1.15396E3
Zoom: 105.769
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 324.016E3 at node 1327 of element 823
Diagram minimum -7.99812E3 at Gauss point 5 of element 1829
Diagram scale: 1: 61.7254E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 36.8905E3
Contour maximum 324.016E3 at node 1327 of element 823
Contour minimum -7.99812E3 at Gauss point 5 of element 1829

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



Maximum 324.016E3 at node 1327 of element 823
Minimum -7.99812E3 at Gauss point 5 of element 1829

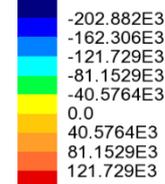


SLE caratteristica My (max)

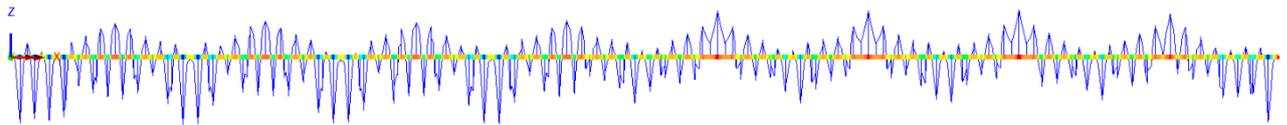
Scale: 1: 1.15396E3
Zoom: 105.769
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 150.652E3 at node 2373 of element 1470
Diagram minimum -214.536E3 at node 10502 of element 284
Diagram scale: 1: 93.2243E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 40.5764E3
Contour maximum 150.652E3 at node 2373 of element 1470
Contour minimum -214.536E3 at node 10502 of element 284

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



Maximum 150.652E3 at node 2373 of element 1470
Minimum -214.536E3 at node 10502 of element 284

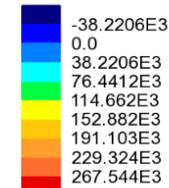


SLE caratteristica My (min)

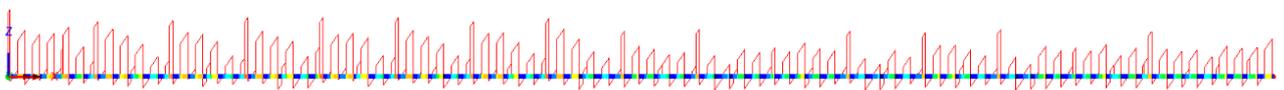
Scale: 1: 1.15396E3
Zoom: 105.769
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: Fz
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 285.656E3 at node 68 of element 38
Diagram minimum -58.3293E3 at node 2373 of element 1470
Diagram scale: 1: 70.0143E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 38.2206E3
Contour maximum 285.656E3 at node 68 of element 38
Contour minimum -58.3293E3 at node 2373 of element 1470

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



Maximum 285.656E3 at node 68 of element 38
Minimum -58.3293E3 at node 2373 of element 1470

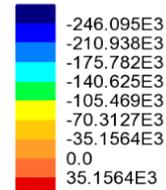


SLE caratteristica Fz (max)

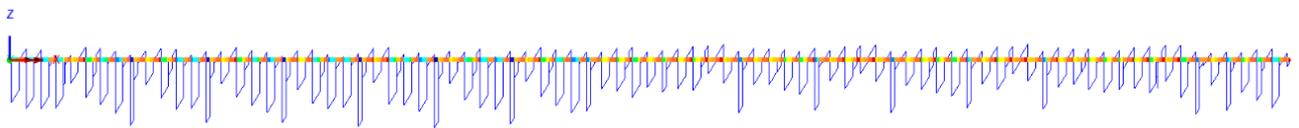
Scale: 1: 1.15396E3
 Zoom: 105.769
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
 Combining on: Fz
 SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 58.6963E3 at node 2373 of element 1459
 Diagram minimum -257.711E3 at node 1011 of element 642
 Diagram scale: 1: 77.6063E-6
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Contour component: Fz (Units: N)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 35.1564E3
 Contour maximum 58.6963E3 at node 2373 of element 1459
 Contour minimum -257.711E3 at node 1011 of element 642

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



Maximum 58.6963E3 at node 2373 of element 1459
 Minimum -257.711E3 at node 1011 of element 642



SLE caratteristica Fz (min)

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

Si riportano di seguito i diagrammi, dei seguenti rapporti di sfruttamento per la trave di spina. L'output è stato effettuato considerando la prima metà della trave, ovvero il tratto compreso tra l'estremità sinistra e la mezzeria della campata 4.

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 $\eta_1 = \sigma_{Ed}/(\gamma_{mo}f_{yk})$. 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.

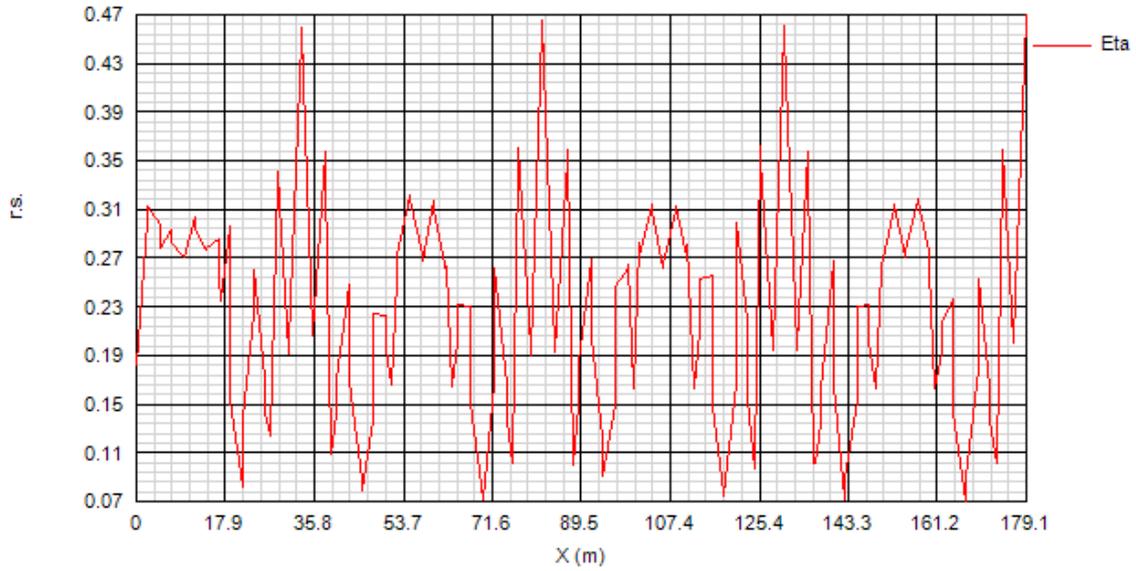
max η_3 (*)

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

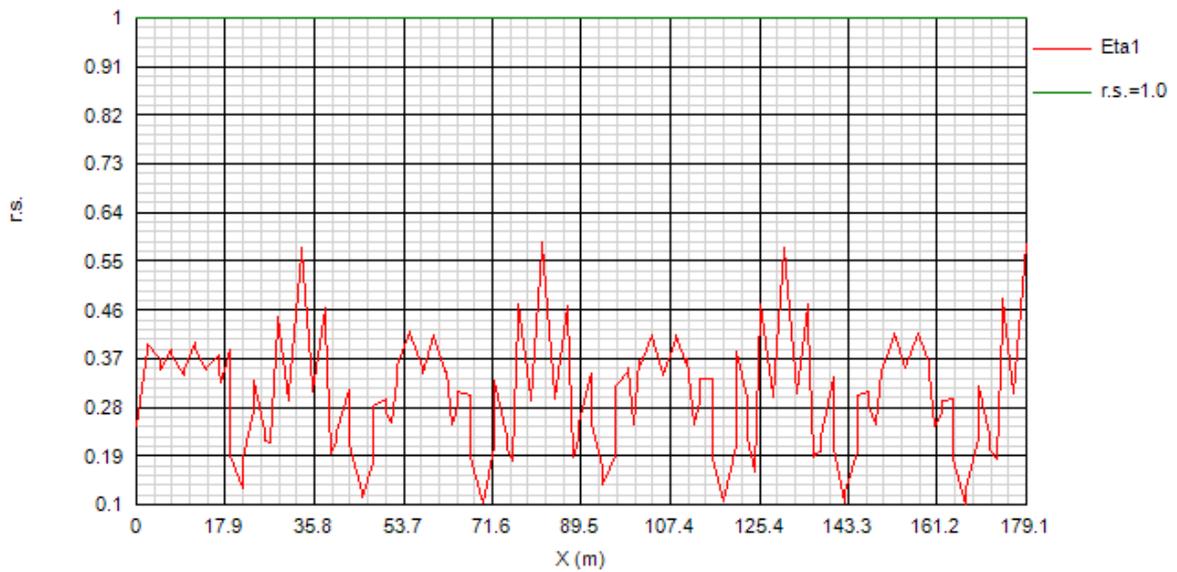
(*) Si riporta il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio, nella condizione più gravosa, corrispondente a "non rigid" end post. Nella condizione "rigid" end post si hanno infatti coefficienti di sfruttamento inferiori.

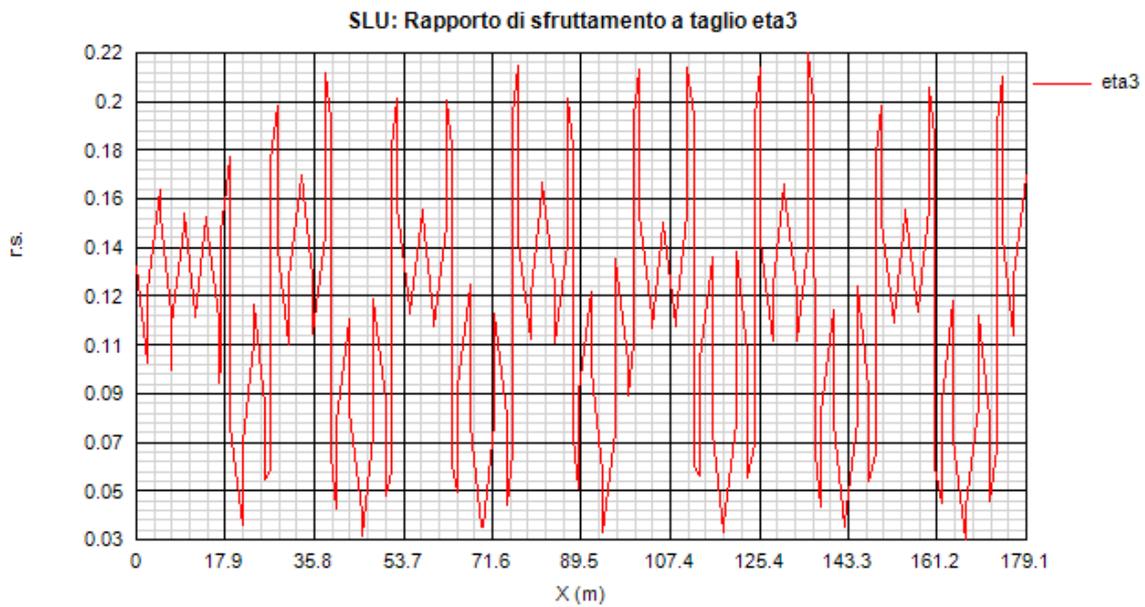
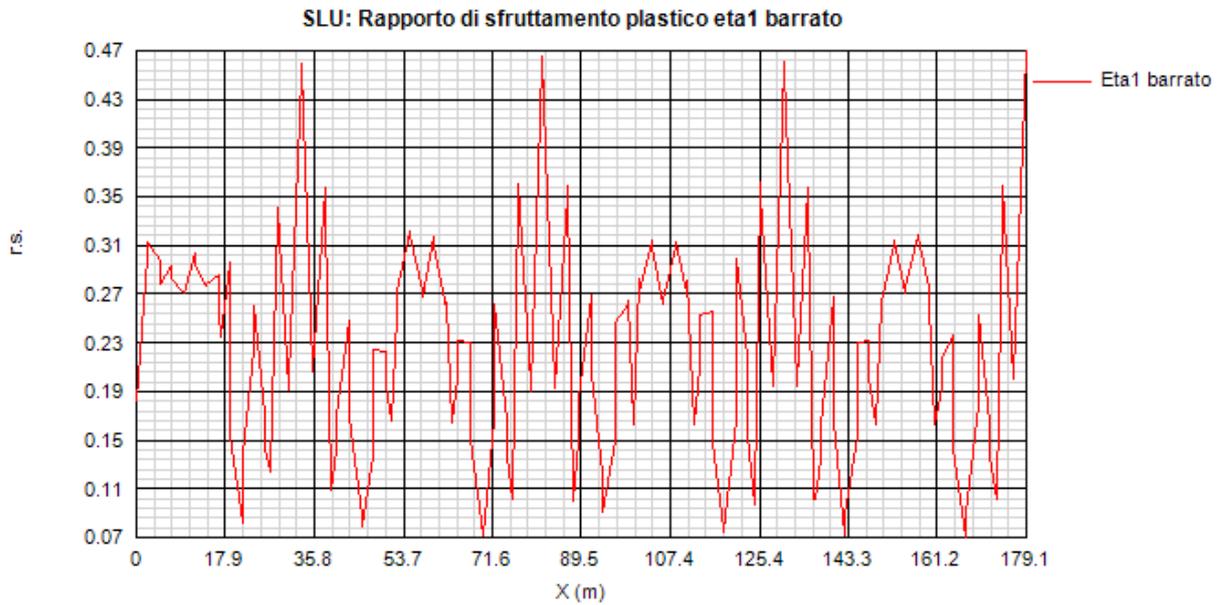
Si riportano di seguito i diagrammi dei rapporti di sfruttamento.

SLU: Rapporto di sfruttamento assoluto eta



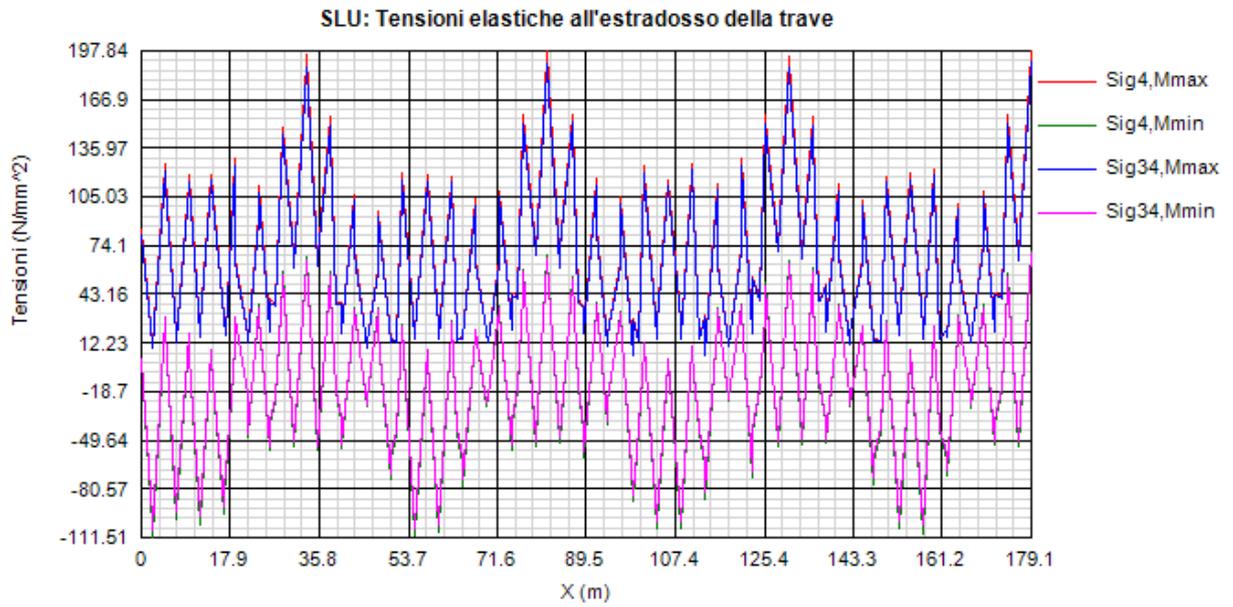
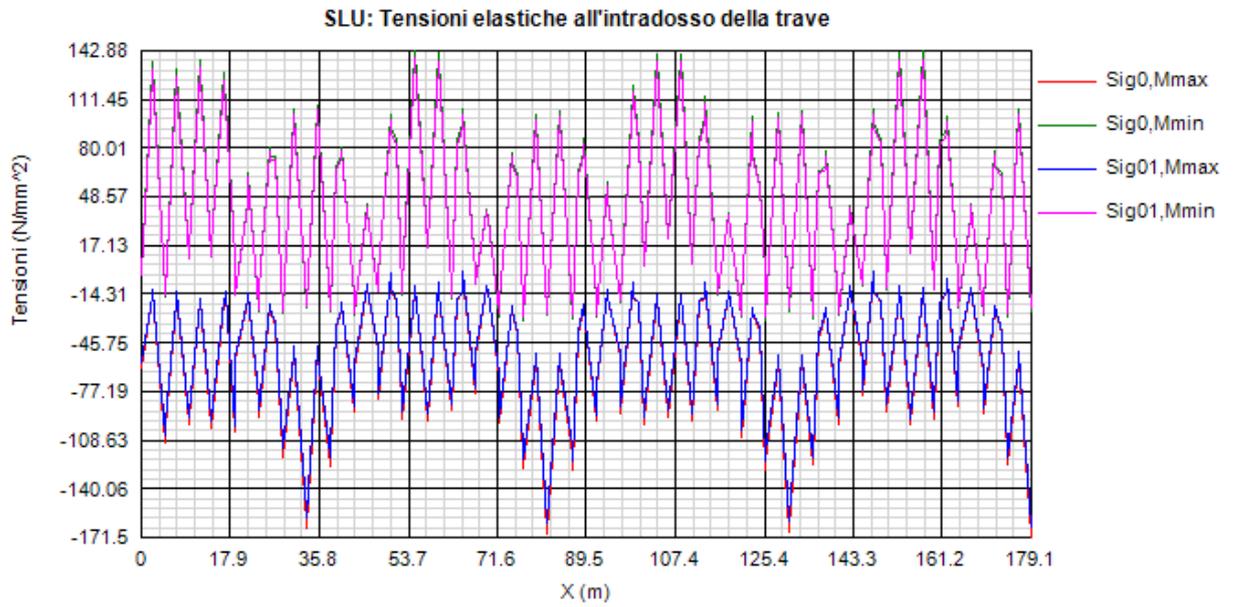
SLU: Rapporto di sfruttamento elastico eta1





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

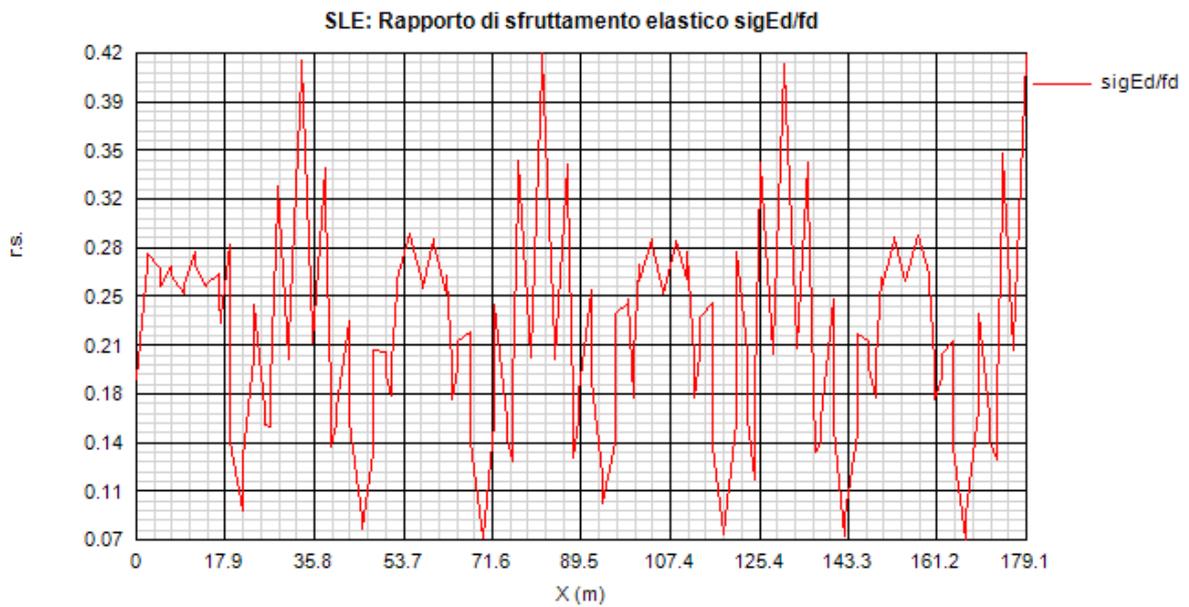
Si riportano anche i diagrammi relativi alle tensioni S.L.U. rilevate sulla piattabanda inferiore e superiore della trave (valori in MPa).



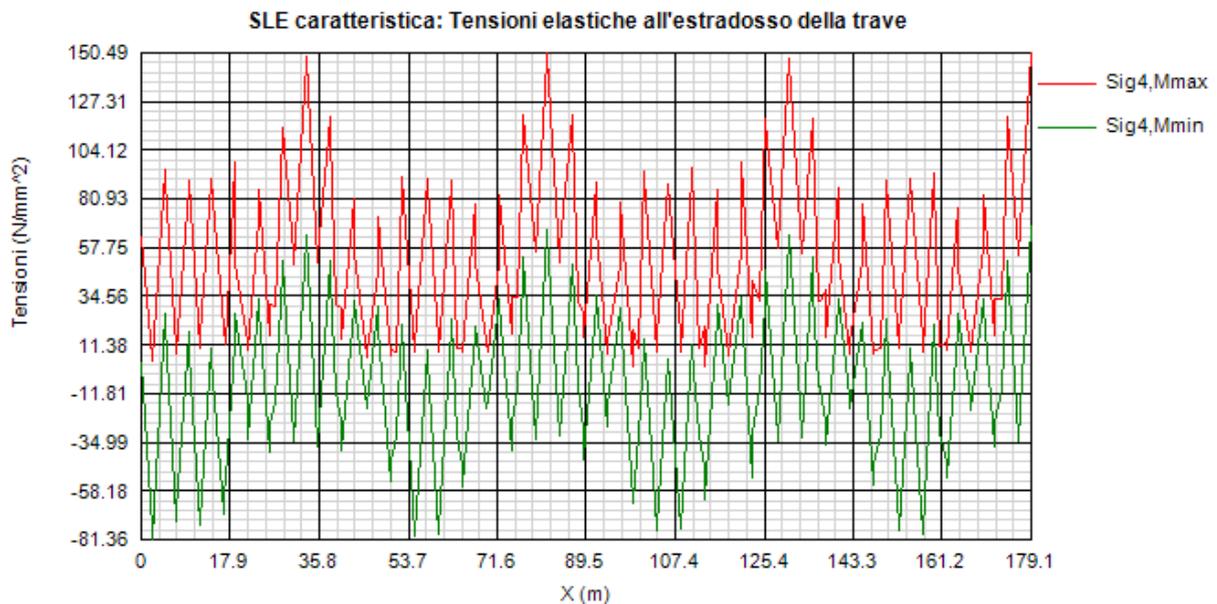
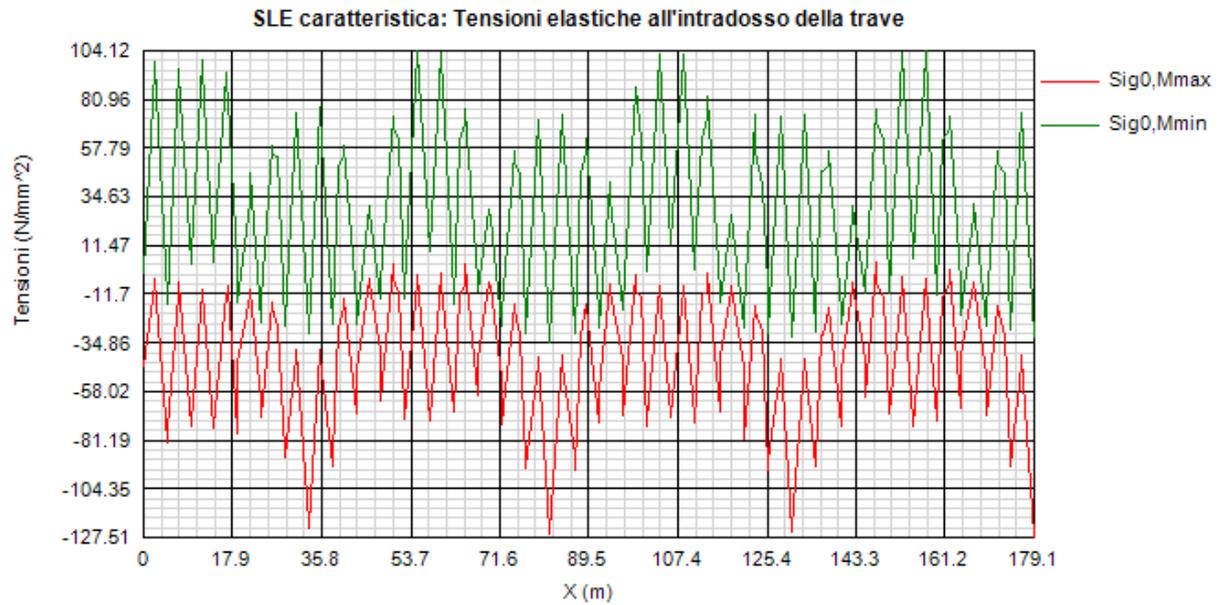
8.6.3 S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento

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.

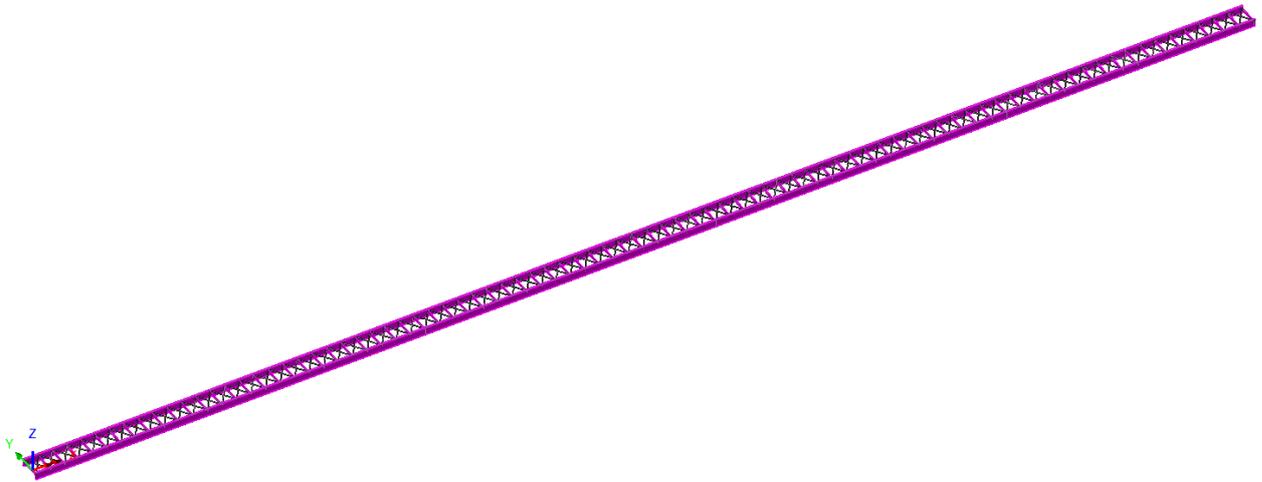
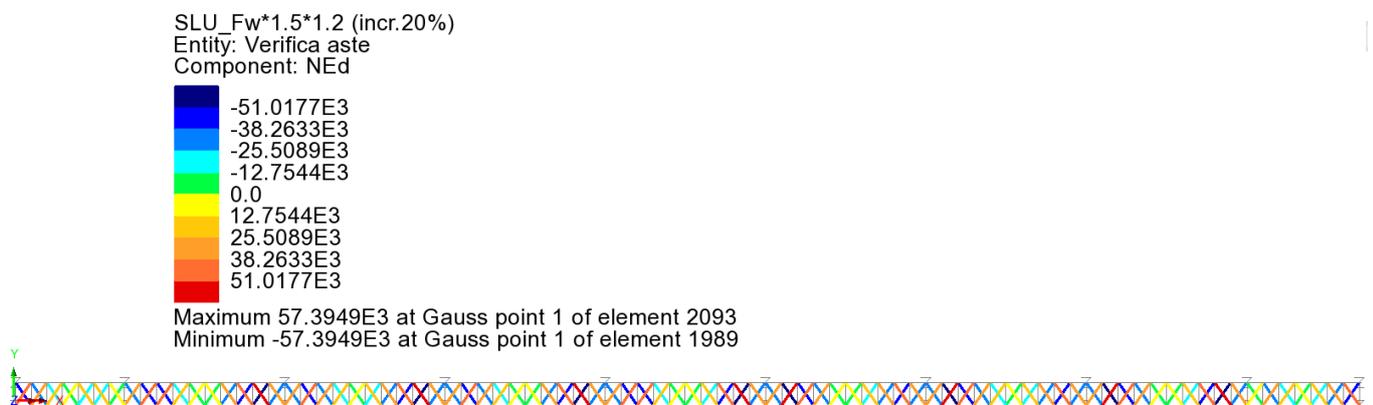


Figura 8-16: modello 3D per calcolo controventi di montaggio

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.



Azione assiale nei controventi- NEd

A partire dagli sforzi assiali precedenti si verificano le aste ed i giunti bullonati schematizzati di seguito.

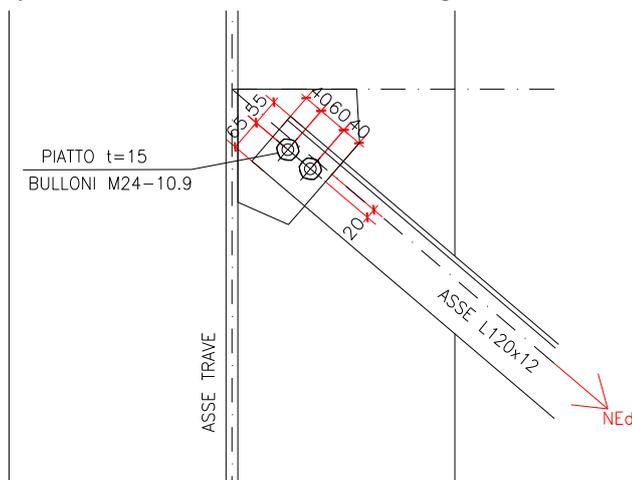
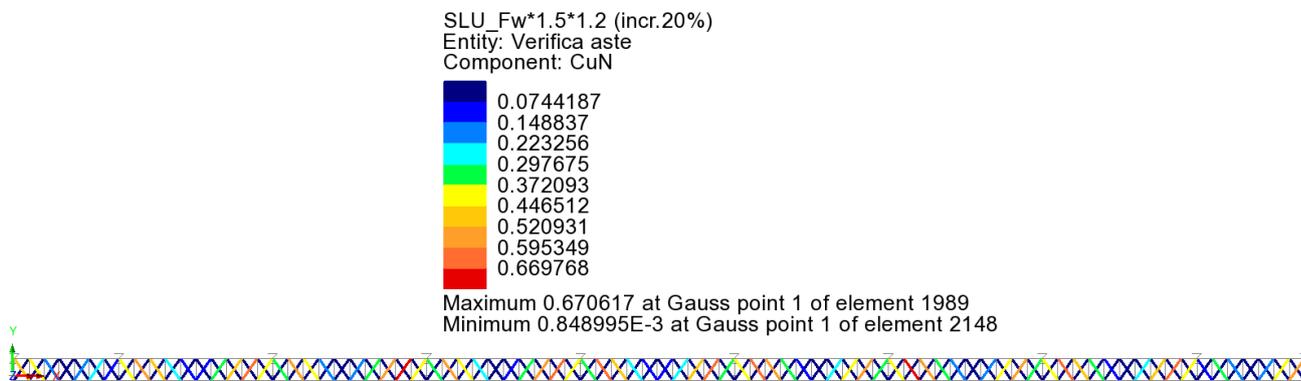


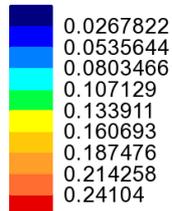
Figura 8-17: Particolare giunto bullonato

Le mappature che seguono riportano i coefficienti di utilizzo relativi, rispettivamente, alla verifica di resistenza delle membrature, di resistenza a taglio dei bulloni e di resistenza a rifollamento.



C.U. - resistenza membrature

SLU_Fw*1.5*1.2 (incr.20%)
Entity: Verifica aste
Component: CuFvBulloni

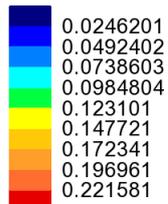


Maximum 0.244264 at Gauss point 1 of element 1989
Minimum 3.22402E-3 at Gauss point 1 of element 2064



C.U. - resistenza a taglio bulloni Fv,Rd

SLU_Fw*1.5*1.2 (incr.20%)
Entity: Verifica aste
Component: CuFb



Maximum 0.224545 at Gauss point 1 of element 1989
Minimum 2.96374E-3 at Gauss point 1 of element 2064



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 ininfluenza ai fini delle verifiche, la presenza della trave di spina.

Scale: 1:865254
Zoom: 100.0
Eye: (-0.411305, -0.650486, 0.638511)
Eigenvalue analysis
Analysis: 01_fase_costruzione_buckling
Loadcase: 4-G1+FW_SLU_buckling_4.Mode 1 Load Factor = 38.8403
Results file: Molino_Vecchio_fase1_08-01_fase_costruzione_buckling.mys
Eigenvalue: 0.974254
Load factor: 38.8403
Amplification factor: 1.02643
Error norm: 0.189161E-6
Maximum displacement 1.00002 at node 1448
Deformation exaggeration: 2.0

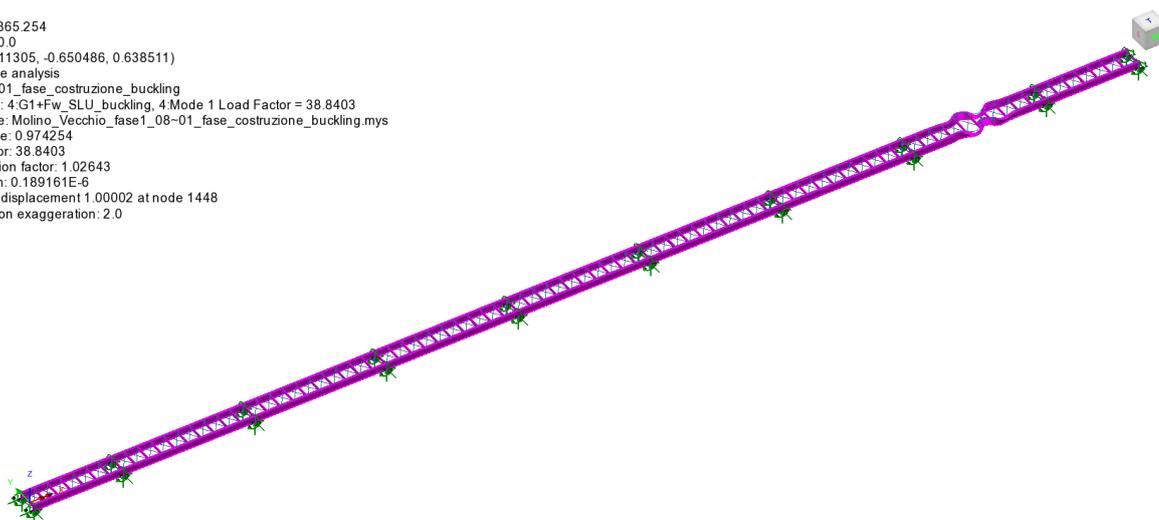


Figura 8-18 Verifica stabilità fase1 – modello

Scale: 1:1.41017E3
Zoom: 953.556
Eye: (-0.411305, -0.650486, 0.638511)
Eigenvalue analysis
Analysis: 01_fase_costruzione_buckling
Loadcase: 4.G1+FW_SLU_buckling, 4.Mode 1 Load Factor = 38.8403
Results file: Molino_Vecchio_fase1_08-01_fase_costruzione_buckling.mys
Eigenvalue: 0.974254
Load factor: 38.8403
Amplification factor: 1.02643
Error norm: 0.189161E-6
Maximum displacement 1.00002 at node 1448
Deformation exaggeration: 2.0

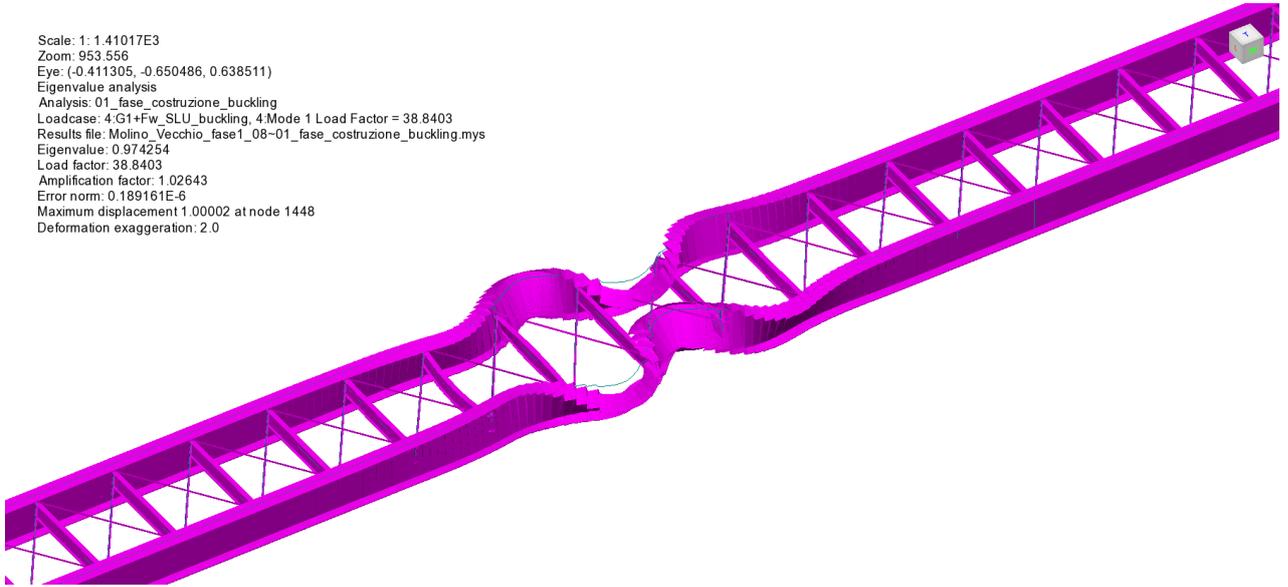


Figura 8-19 Verifica stabilità fase1 – prima deformata critica ($\lambda = 38.8$)

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: $\lambda_{\min} = 38.8$

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).

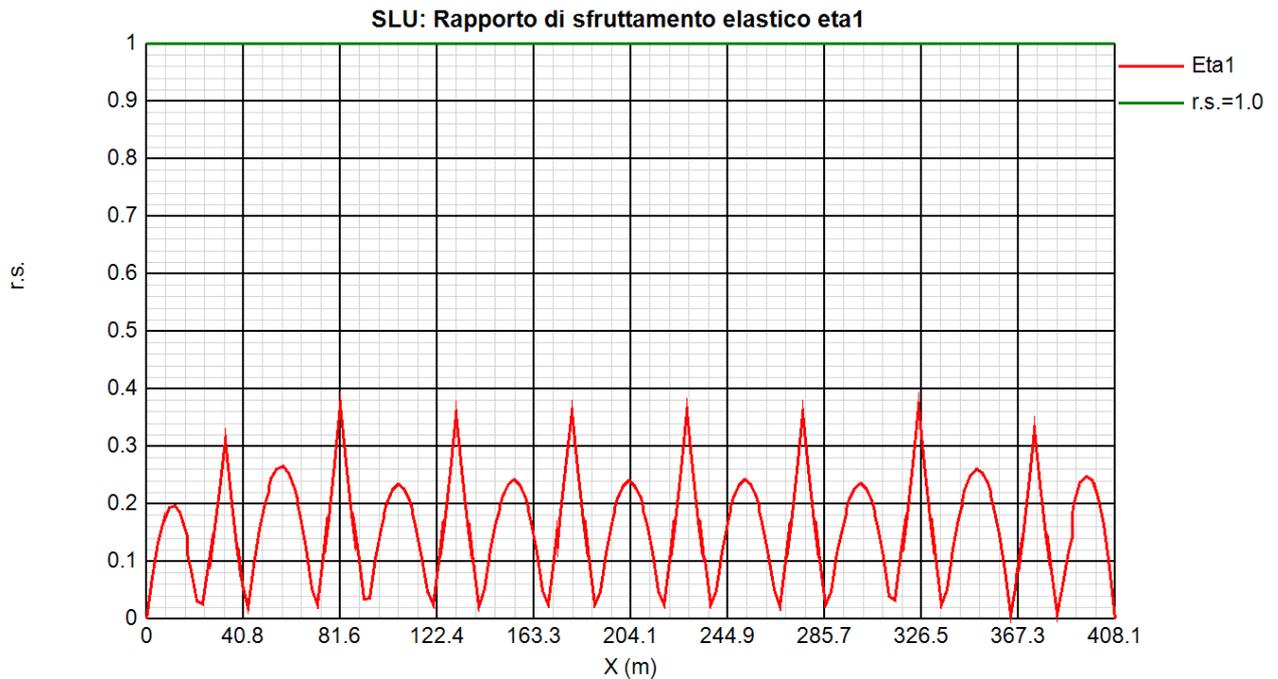


Figura 8-20 Andamento r.s. S.L.U. fase 1

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 esercizio -verifica torsional buckling (EN 1993-1-1 6.3.4.)

η	0.370	Coeff. di utilizzo	
$\alpha_{ult,k}/\gamma_{M0}$	2.70	$=1/\eta$	
γ_{M0}	1.05		
$\alpha_{ult,k}$	2.838		
γ_{M1}	1.10		
$\alpha_{c,op}$	38.8	fattore di buckling dedotto dal modello FEM globale	
λ_{op}	0.270	$=(\alpha_{ult,k}/\alpha_{cr,op})^{0.5}$	
χ_{op}	0.946	$=\min[\chi;\chi_{LT}]$	
χ	0.946	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$	<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	0.563	$\Phi = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$	
χ_{LT}	0.946	$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$	<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}	0.563	$\Phi_{LT} = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$	
$\chi_{op} * \alpha_{ult,k} / \gamma_{M1}$	2.440	> 1	Verifica soddisfatta <i>EN1993-1-1, 6.3.4(2)</i>

Tabella 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”.

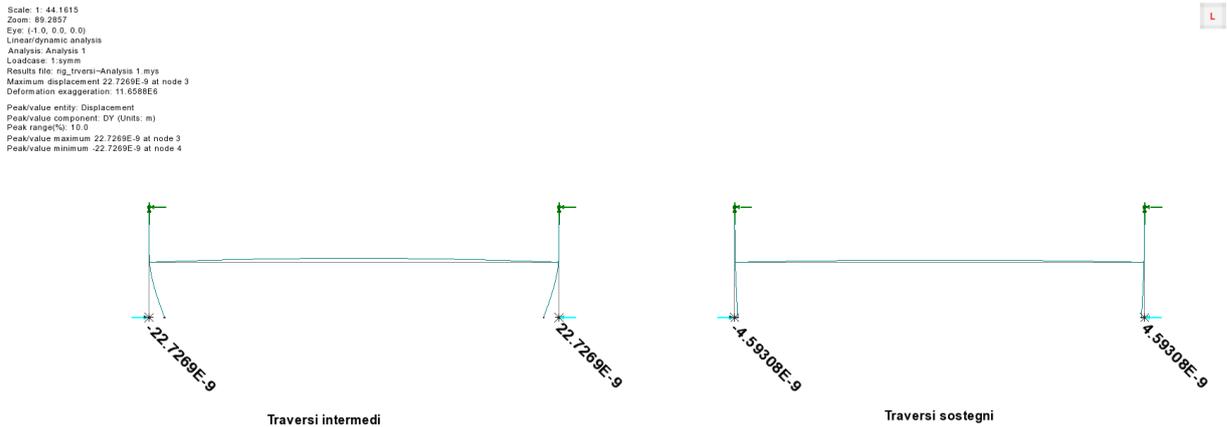


Figura 8-21 simmetrica

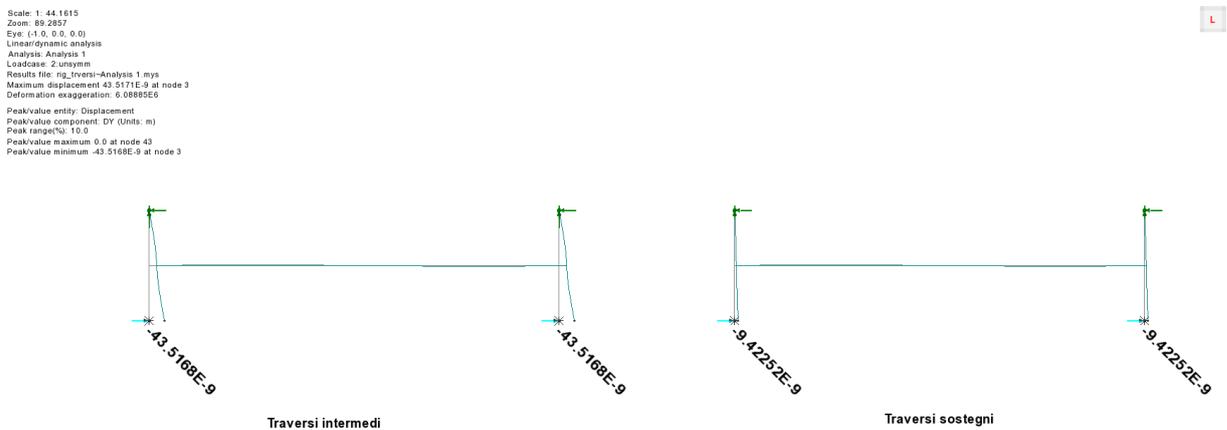


Figura 8-22 Antisimmetrica

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 16 rigidezza efficace

Al 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: 1.06011E3
Zoom: 79.7194
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 00_lineare
Loadcase: 2.SLU_maxM_el400 (Copy 1)
Results file: Molino_Vecchio_stab_B_01-00_lineare.mys
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.24536E6
Contour maximum 5.61883E6 at Gauss point 2 of element 54
Contour minimum -14.5894E6 at Gauss point 2 of element 42
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 5.61883E6 at Gauss point 2 of element 54
Diagram minimum -14.5894E6 at Gauss point 2 of element 42
Diagram scale: 1: 0.685429E-6

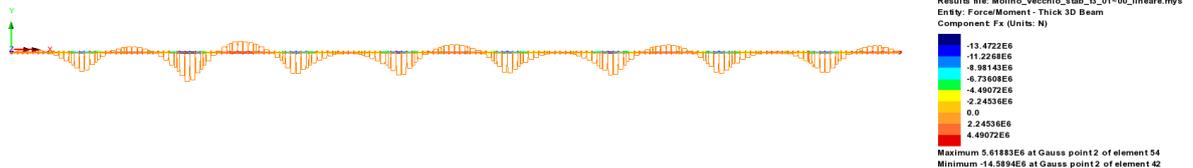


Figura 8-23 Distribuzione azione assiale S.L.U.

Si noti che la massima azione assiale di compressione rilevata, pari a 1.45e6 viene considerata per la stima dell'effetto di stabilizzazione richiesto ai traversi allo S.L.U. .

Scale: 1: 1.15543E3
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Eigenvalue analysis
Analysis: 01_buckl_f3
Loadcase: 1.SLU_maxM_el400, 1.Mode 1 Load Factor = 18.7273
Results file: Molino_Vecchio_stab_f3_02-01_buckl_f3.mys
Eigenvalue: 18.7273
Load factor: 18.7273
Amplification factor: 1.05641
Error norm: 0.579076E-6
Maximum displacement 1.00033 at Gauss point 9 of element 161
Deformation exaggeration: 10.0

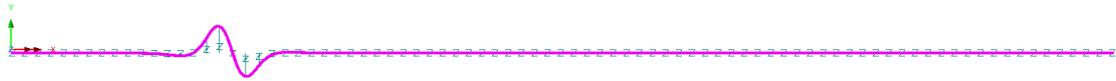


Figura 8-24 Prima deformata critica ($\lambda = 18.73$)

Moltiplicatore di buckling: $\lambda = 18.73$

Qui di seguito il r.s. S.L.U. considerato come riferimento (massimo momento flettente in testa pila)

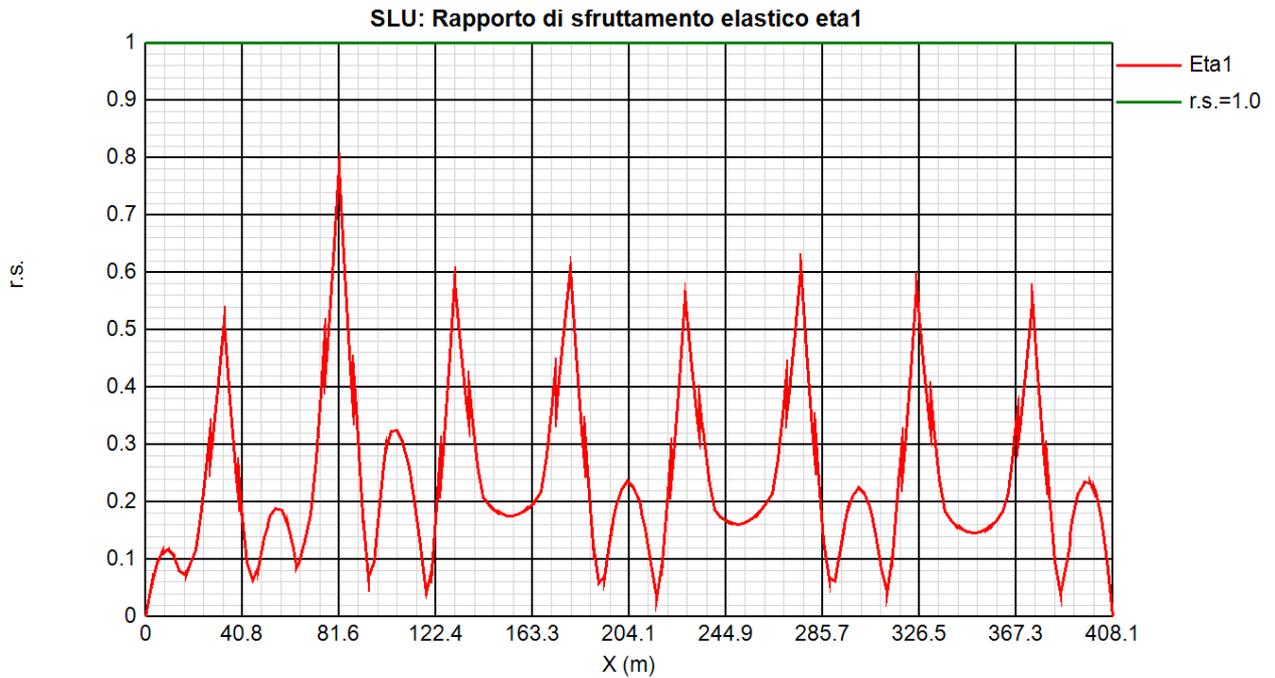


Figura 8-25 Andamento r.s. S.L.U. fase finale

massimo moltiplicatore S.L.U.: $\eta_{\max} = 0.79$

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	0.790	Coeff. di utilizzo	
$\alpha_{ult,k}/\gamma_{M0}$	1.27	$=1/\eta$	
γ_{M0}	1.05		
$\alpha_{ult,k}$	1.329		
γ_{M1}	1.10		
$\alpha_{c,op}$	18.73	fattore di buckling dedotto dal modello FEM della piattabanda inferiore	
λ_{op}	0.266	$=(\alpha_{ult,k}/\alpha_{cr,op})^{0.5}$	
χ_{op}	0.949	$=\min[\chi;\chi_{LT}]$	
χ	0.949	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$	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}	0.949	$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$	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	$\Phi_{LT} = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$	
$\chi_{op} * \alpha_{ult,k}/\gamma_{M1}$	1.146	> 1	Verifica soddisfatta EN1993-1-1, 6.3.4(2)

Tabella 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

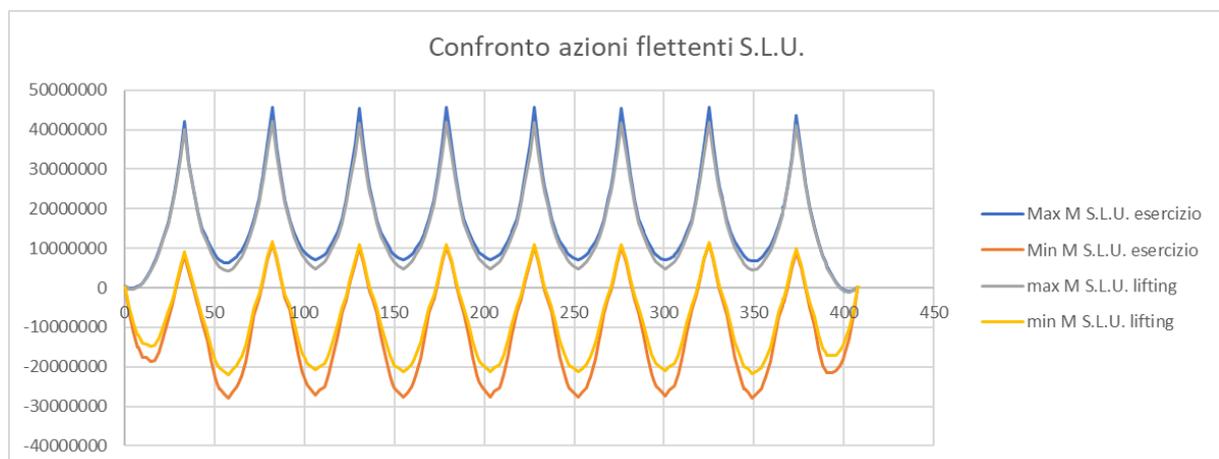
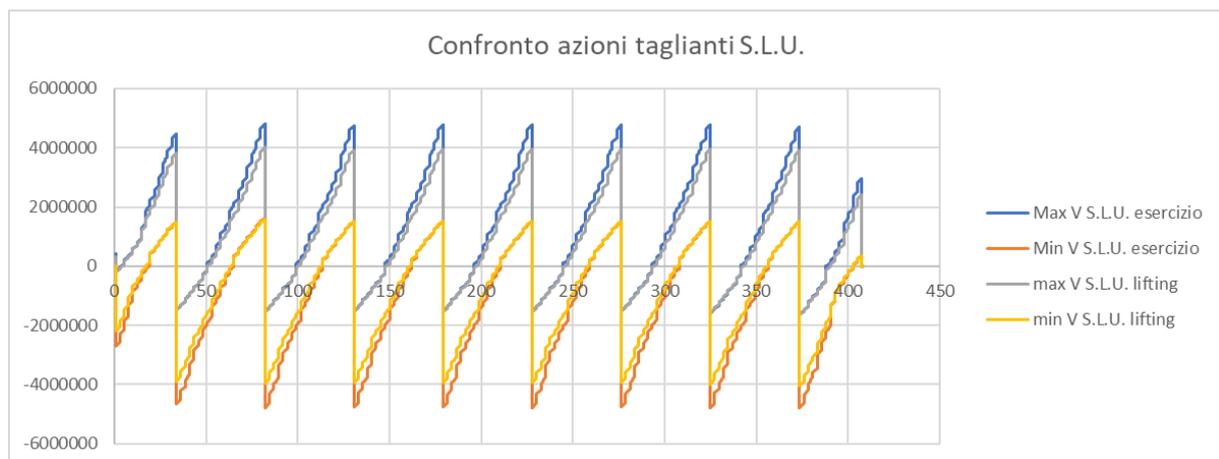
8.9.1 Sollecitazioni nelle membrature principali e verifica

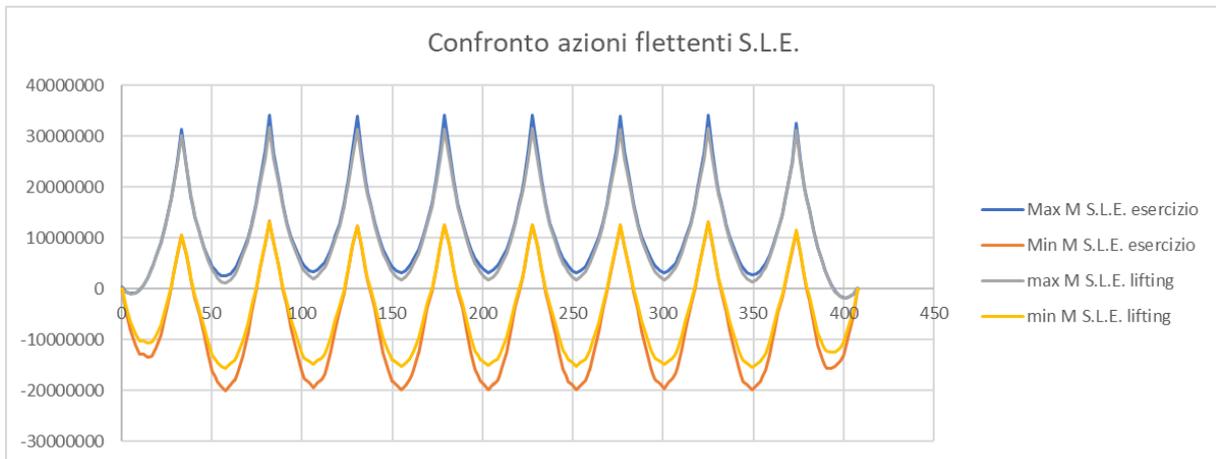
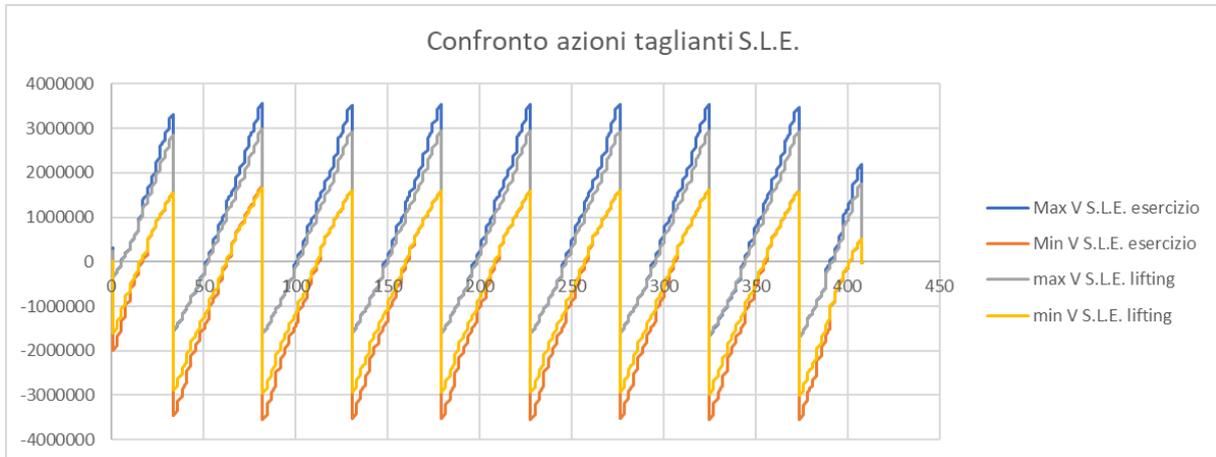
Come accennato poco, sopra, si sono studiati, separatamente per ciascun sostegno, gli effetti di una coazione imposta, indotta dal sollevamento dei due appoggi di ciascun sostegno pari a 20.0 mm.

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 = 45751 kNm
 MinM S.L.U. – esercizio = -27968 kNm
 Max V S.L.U. esercizio = 4808 kN
 Min V S.L.U. esercizio = -4792 kN

MaxM S.L.U. – lift = 42052 kNm
 MinM S.L.U. – lift = -21919 kNm
 Max V S.L.U. lift = 4009 kN
 Min V S.L.U. lift = -4046 kN

MaxM S.L.E. – esercizio = 34112 kNm
 MinM S.L.E. – esercizio = -20072 kNm

Max V S.L.E. esercizio = 3563 kN
Min V S.L.E. esercizio = -3551 kN

MaxM S.L.E. – lift = 31655 kNm
MinM S.L.E. – lift = -15662 kNm
Max V S.L.E. lift = 2981 kN
Min V S.L.E. lift = -3012 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.

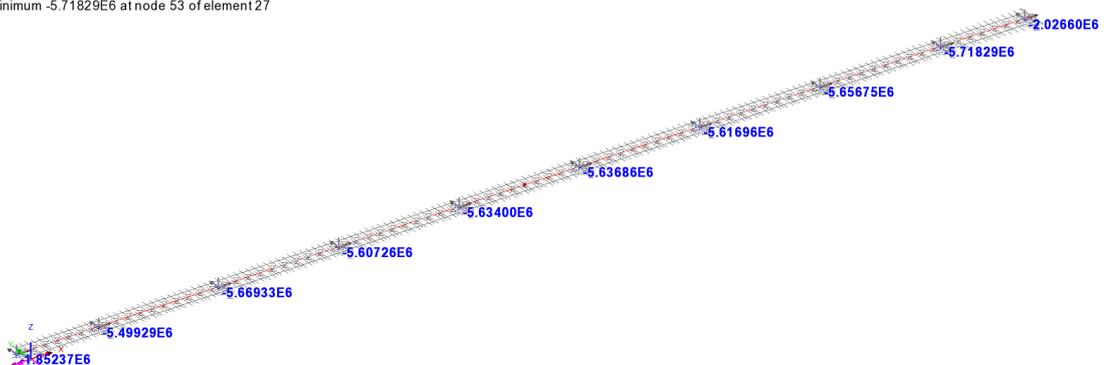
8.9.2 Portate martinetti di sollevamento

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: 85.6497
Zoom: 9.54651
Eye: (-0.502654, -0.71954, 0.479168)
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 -1.85237E6 at node 5 of element 3
Peak/value minimum -5.71829E6 at node 53 of element 27



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): $\max Fz = 2 \times 6000 / 4 = 3000 \text{ kN}$

Qui di seguito si riporta il posizionamento indicativo dei dispositivi di sollevamento.

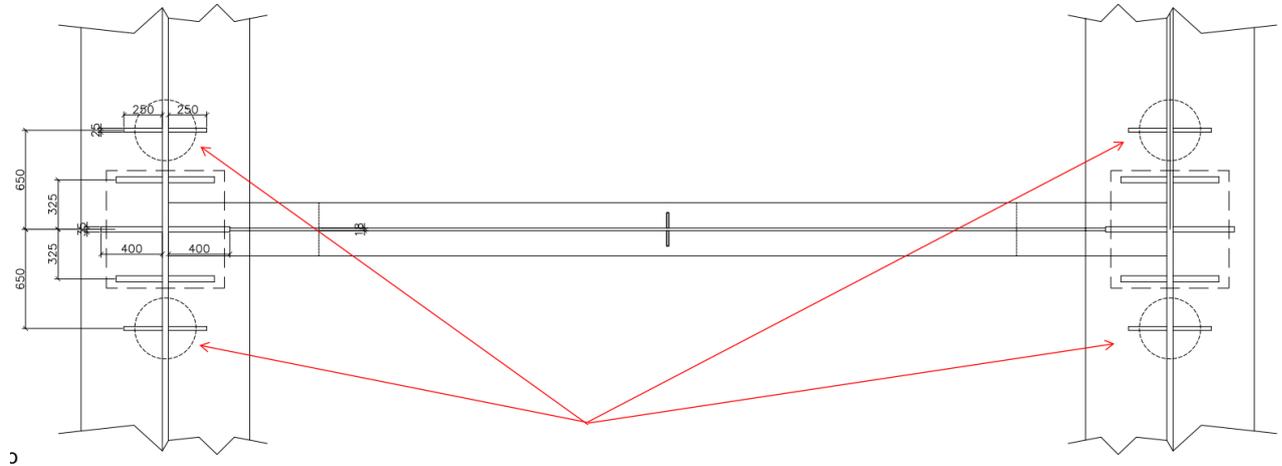


Figura 8-26 Punti di sollevamento – pile

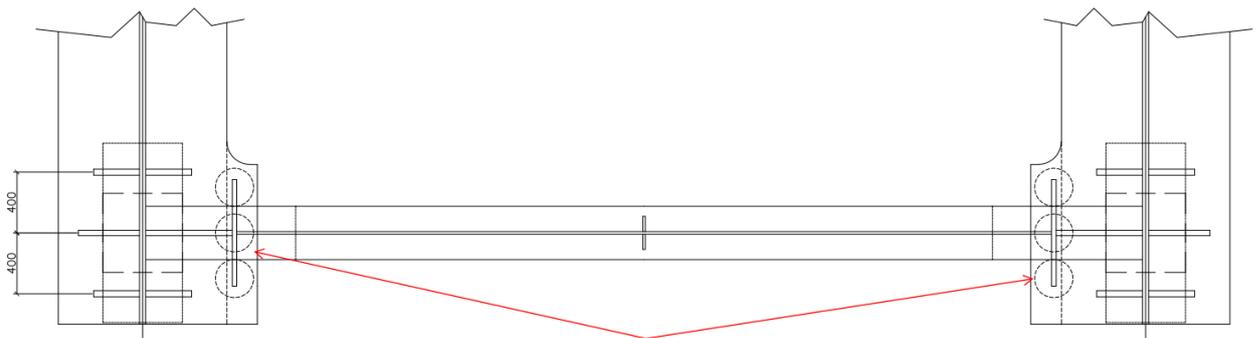


Figura 8-27 Punti di sollevamento – spalle e pile-spalla

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

$$k_s = 0.9$$

$$k_c = \frac{1}{1 + h_c / (2 z_o)} + 0.3 \leq 1.0$$

z_o = 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_50_1	543	1	1145424	5542	21591	SI
C1_50_11	525	1	1203696	5824	22689	SI
C1_59_1	525	1	1203816	5824	22691	SI
C1_59_11	509	1	1262088	6106	23790	SI
C1_70_1	509	1	1262208	6107	23792	SI
C1_70_11	494	1	1319664	6385	24875	SI
C1_1801_1	488	1	1344864	6507	25350	SI
C1_1801_11	492	1	1329048	6430	25052	SI
C1_1810_1	492	1	1328952	6430	25050	SI
C1_1810_11	506	1	1275168	6169	24036	SI
C1_1821_1	506	1	1275048	6169	24034	SI
C1_1821_11	520	1	1221264	5909	23020	SI
C1_1830_1	521	1	1221168	5908	23018	SI
C1_1830_11	536	1	1167384	5648	22005	SI
C2_274_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_274_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_285_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_285_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_294_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_294_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_305_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_305_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_314_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_314_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_325_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_325_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_486_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_486_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_497_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_497_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_506_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_506_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_517_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_517_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_526_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_526_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_537_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_537_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_698_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_698_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_709_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_709_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_718_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_718_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_729_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_729_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_738_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_738_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_749_1	589	1	1350000	6531	17671	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C2_749_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_910_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_910_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_921_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_921_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_930_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_930_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_941_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_941_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_950_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_950_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_961_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_961_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1122_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1122_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1133_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1133_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1142_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1142_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1153_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1153_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1162_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1162_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1173_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1173_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1334_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1334_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1345_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1345_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1354_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1354_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1365_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1365_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1374_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1374_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1385_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1385_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1549_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1549_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1560_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1560_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1569_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1569_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1580_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1580_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1589_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1589_11	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1600_1	589	1	1350000	6531	17671	SI
C2_1600_11	589	1	1350000	6531	17671	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C3_222_1	609	1	1274448	6166	24023	SI
C3_222_11	605	1	1289352	6238	24304	SI
C3_231_1	605	1	1289424	6238	24305	SI
C3_231_11	597	1	1317816	6376	24840	SI
C3_242_1	596	1	1317888	6376	24842	SI
C3_242_11	589	1	1346280	6513	25377	SI
C3_251_1	589	1	1346328	6514	25378	SI
C3_251_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_262_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_262_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_271_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_271_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_328_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_328_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_337_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_337_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_348_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_348_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_357_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_357_11	589	1	1346376	6514	25379	SI
C3_368_1	589	1	1346376	6514	25379	SI
C3_368_11	590	1	1340616	6486	25270	SI
C3_377_1	590	1	1340616	6486	25270	SI
C3_377_11	591	1	1337592	6471	25213	SI
C3_434_1	592	1	1332168	6445	25111	SI
C3_434_11	592	1	1335264	6460	25169	SI
C3_443_1	592	1	1335264	6460	25169	SI
C3_443_11	590	1	1341168	6489	25280	SI
C3_454_1	590	1	1341192	6489	25281	SI
C3_454_11	588	1	1347072	6517	25392	SI
C3_463_1	588	1	1347096	6517	25392	SI
C3_463_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_474_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_474_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_483_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_483_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_540_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_540_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_549_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_549_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_560_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_560_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_569_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_569_11	589	1	1346160	6513	25375	SI
C3_580_1	589	1	1346136	6513	25374	SI
C3_580_11	591	1	1338528	6476	25231	SI
C3_589_1	591	1	1338528	6476	25231	SI
C3_589_11	592	1	1334520	6457	25155	SI
C3_646_1	594	1	1327008	6420	25014	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C3_646_11	593	1	1330992	6439	25089	SI
C3_655_1	593	1	1331016	6440	25089	SI
C3_655_11	591	1	1338624	6476	25232	SI
C3_666_1	591	1	1338624	6476	25232	SI
C3_666_11	589	1	1346232	6513	25376	SI
C3_675_1	589	1	1346256	6513	25376	SI
C3_675_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_686_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_686_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_695_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_695_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_752_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_752_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_761_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_761_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_772_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_772_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_781_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_781_11	589	1	1346184	6513	25375	SI
C3_792_1	589	1	1346160	6513	25375	SI
C3_792_11	591	1	1338624	6476	25232	SI
C3_801_1	591	1	1338600	6476	25232	SI
C3_801_11	592	1	1334640	6457	25157	SI
C3_858_1	594	1	1327200	6421	25017	SI
C3_858_11	593	1	1331160	6440	25092	SI
C3_867_1	593	1	1331160	6440	25092	SI
C3_867_11	591	1	1338696	6477	25234	SI
C3_878_1	591	1	1338720	6477	25234	SI
C3_878_11	589	1	1346256	6513	25376	SI
C3_887_1	589	1	1346280	6513	25377	SI
C3_887_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_898_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_898_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_907_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_907_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_964_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_964_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_973_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_973_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_984_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_984_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_993_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_993_11	589	1	1346208	6513	25375	SI
C3_1004_1	589	1	1346184	6513	25375	SI
C3_1004_11	591	1	1338696	6477	25234	SI
C3_1013_1	591	1	1338672	6477	25233	SI
C3_1013_11	592	1	1334736	6458	25159	SI
C3_1070_1	594	1	1327320	6422	25019	SI
C3_1070_11	593	1	1331256	6441	25094	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C3_1079_1	593	1	1331280	6441	25094	SI
C3_1079_11	591	1	1338768	6477	25235	SI
C3_1090_1	591	1	1338792	6477	25236	SI
C3_1090_11	589	1	1346280	6513	25377	SI
C3_1099_1	589	1	1346304	6514	25377	SI
C3_1099_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1110_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1110_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1119_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1119_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1176_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1176_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1185_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1185_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1196_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1196_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1205_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1205_11	589	1	1346208	6513	25375	SI
C3_1216_1	589	1	1346208	6513	25375	SI
C3_1216_11	591	1	1338744	6477	25235	SI
C3_1225_1	591	1	1338720	6477	25234	SI
C3_1225_11	592	1	1334784	6458	25160	SI
C3_1282_1	594	1	1327416	6422	25021	SI
C3_1282_11	593	1	1331352	6441	25095	SI
C3_1291_1	593	1	1331352	6441	25095	SI
C3_1291_11	591	1	1338816	6477	25236	SI
C3_1302_1	591	1	1338840	6477	25237	SI
C3_1302_11	589	1	1346304	6514	25377	SI
C3_1311_1	589	1	1346328	6514	25378	SI
C3_1311_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1322_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1322_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1331_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1331_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1388_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1388_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1397_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1397_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1408_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1408_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1417_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1417_11	589	1	1345392	6509	25360	SI
C3_1428_1	589	1	1345368	6509	25360	SI
C3_1428_11	591	1	1336296	6465	25189	SI
C3_1437_1	591	1	1336272	6465	25188	SI
C3_1437_11	593	1	1331496	6442	25098	SI
C3_1494_1	595	1	1322952	6401	24937	SI
C3_1494_11	594	1	1327824	6424	25029	SI
C3_1503_1	594	1	1327848	6424	25029	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C3_1503_11	594	1	1327896	6424	25030	SI
C3_1506_1	594	1	1327920	6425	25031	SI
C3_1506_11	591	1	1337160	6469	25205	SI
C3_1517_1	591	1	1337160	6469	25205	SI
C3_1517_11	589	1	1346448	6514	25380	SI
C3_1526_1	589	1	1346472	6514	25380	SI
C3_1526_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1537_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1537_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1546_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1546_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1603_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1603_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1612_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1612_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1623_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1623_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1632_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3_1632_11	595	1	1323768	6405	24952	SI
C3_1643_1	595	1	1323696	6404	24951	SI
C3_1643_11	602	1	1298712	6283	24480	SI
C3_1646_1	602	1	1298664	6283	24479	SI
C3_1646_11	604	1	1291848	6250	24351	SI
C3_1655_1	604	1	1291800	6250	24350	SI
C3_1655_11	604	1	1291320	6248	24341	SI
C3_1658_1	604	1	1291248	6247	24339	SI
C3_1658_11	609	1	1274640	6167	24026	SI
C4_168_1	622	1	1310328	6339	49398	SI
C4_168_11	629	1	1287840	6231	48550	SI
C4_179_1	629	1	1287744	6230	48547	SI
C4_179_11	641	1	1246224	6029	46982	SI
C4_188_1	641	1	1246152	6029	46979	SI
C4_188_11	654	1	1204608	5828	45413	SI
C4_199_1	654	1	1204512	5828	45409	SI
C4_199_11	645	1	1232376	5962	46459	SI
C4_208_1	645	1	1232448	5963	46462	SI
C4_208_11	637	1	1260840	6100	47533	SI
C4_219_1	637	1	1260912	6100	47535	SI
C4_219_11	633	1	1274376	6166	48043	SI
C4_380_1	614	1	1337568	6471	50425	SI
C4_380_11	615	1	1334832	6458	50322	SI
C4_391_1	615	1	1334832	6458	50322	SI
C4_391_11	616	1	1329072	6430	50105	SI
C4_400_1	616	1	1329072	6430	50105	SI
C4_400_11	618	1	1323312	6402	49888	SI
C4_411_1	618	1	1323288	6402	49887	SI
C4_411_11	618	1	1323432	6403	49892	SI
C4_420_1	618	1	1323456	6403	49893	SI
C4_420_11	616	1	1329336	6431	50115	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C4_431_1	616	1	1329360	6432	50116	SI
C4_431_11	616	1	1332144	6445	50221	SI
C4_592_1	615	1	1334520	6457	50310	SI
C4_592_11	616	1	1330896	6439	50174	SI
C4_603_1	616	1	1330896	6439	50174	SI
C4_603_11	618	1	1323288	6402	49887	SI
C4_612_1	618	1	1323264	6402	49886	SI
C4_612_11	620	1	1315680	6365	49600	SI
C4_623_1	620	1	1315656	6365	49599	SI
C4_623_11	620	1	1315752	6366	49603	SI
C4_632_1	620	1	1315776	6366	49604	SI
C4_632_11	618	1	1323360	6403	49889	SI
C4_643_1	618	1	1323384	6403	49890	SI
C4_643_11	617	1	1326984	6420	50026	SI
C4_804_1	615	1	1334640	6457	50315	SI
C4_804_11	616	1	1331040	6440	50179	SI
C4_815_1	616	1	1331040	6440	50179	SI
C4_815_11	618	1	1323504	6403	49895	SI
C4_824_1	618	1	1323480	6403	49894	SI
C4_824_11	620	1	1315944	6367	49610	SI
C4_835_1	620	1	1315920	6367	49609	SI
C4_835_11	620	1	1316016	6367	49613	SI
C4_844_1	620	1	1316040	6367	49614	SI
C4_844_11	618	1	1323576	6404	49898	SI
C4_855_1	618	1	1323600	6404	49899	SI
C4_855_11	617	1	1327176	6421	50033	SI
C4_1016_1	615	1	1334712	6457	50317	SI
C4_1016_11	616	1	1331160	6440	50184	SI
C4_1027_1	616	1	1331136	6440	50183	SI
C4_1027_11	618	1	1323648	6404	49900	SI
C4_1036_1	618	1	1323648	6404	49900	SI
C4_1036_11	620	1	1316136	6368	49617	SI
C4_1047_1	620	1	1316112	6367	49616	SI
C4_1047_11	620	1	1316232	6368	49621	SI
C4_1056_1	620	1	1316232	6368	49621	SI
C4_1056_11	618	1	1323744	6404	49904	SI
C4_1067_1	618	1	1323744	6404	49904	SI
C4_1067_11	617	1	1327296	6422	50038	SI
C4_1228_1	615	1	1334784	6458	50320	SI
C4_1228_11	616	1	1331232	6441	50186	SI
C4_1239_1	616	1	1331232	6441	50186	SI
C4_1239_11	618	1	1323744	6404	49904	SI
C4_1248_1	618	1	1323744	6404	49904	SI
C4_1248_11	620	1	1316280	6368	49623	SI
C4_1259_1	620	1	1316256	6368	49622	SI
C4_1259_11	620	1	1316352	6369	49625	SI
C4_1268_1	620	1	1316376	6369	49626	SI
C4_1268_11	618	1	1323840	6405	49908	SI
C4_1279_1	618	1	1323864	6405	49908	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C4_1279_11	617	1	1327392	6422	50041	SI
C4_1440_1	616	1	1331472	6442	50195	SI
C4_1440_11	617	1	1327176	6421	50033	SI
C4_1451_1	617	1	1327152	6421	50032	SI
C4_1451_11	620	1	1318080	6377	49690	SI
C4_1460_1	620	1	1318056	6377	49690	SI
C4_1460_11	622	1	1308984	6333	49348	SI
C4_1471_1	622	1	1308960	6333	49347	SI
C4_1471_11	622	1	1309176	6334	49355	SI
C4_1480_1	622	1	1309200	6334	49356	SI
C4_1480_11	620	1	1318488	6379	49706	SI
C4_1491_1	619	1	1318512	6379	49707	SI
C4_1491_11	618	1	1322928	6400	49873	SI
C4_1661_1	632	1	1274568	6166	48050	SI
C4_1661_11	637	1	1259880	6095	47496	SI
C4_1672_1	637	1	1259832	6095	47495	SI
C4_1672_11	647	1	1228824	5945	46326	SI
C4_1681_1	647	1	1228752	5945	46323	SI
C4_1681_11	656	1	1198128	5797	45168	SI
C4_1692_1	656	1	1198224	5797	45172	SI
C4_1692_11	643	1	1241088	6005	46788	SI
C4_1701_1	643	1	1241184	6005	46792	SI
C4_1701_11	630	1	1284048	6212	48407	SI
C4_1712_1	630	1	1284144	6213	48411	SI
C4_1712_11	624	1	1304304	6310	49171	SI
C2riva_73_1	602	1	1319808	6385	17276	SI
C2riva_73_11	602	1	1320600	6389	17287	SI
C2riva_82_1	602	1	1320720	6390	17288	SI
C2riva_82_11	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_93_1	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_93_11	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_102_1	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_102_11	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_113_1	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_113_11	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_122_1	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_122_11	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1758_1	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1758_11	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1767_1	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1767_11	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1778_1	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1778_11	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1787_1	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1787_11	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1798_1	594	1	1350000	6531	17671	SI
C2riva_1798_11	595	1	1344984	6507	17606	SI
C3riva_125_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_125_11	588	1	1350000	6531	25447	SI

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm ²)	As,min (mm ²)	As,reale (mm ²)	Verifica (As min)
C3riva_136_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_136_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_145_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_145_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_156_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_156_11	593	1	1329552	6433	25061	SI
C3riva_165_1	593	1	1329456	6432	25060	SI
C3riva_165_11	599	1	1310424	6340	24701	SI
C3riva_1715_1	600	1	1304400	6311	24587	SI
C3riva_1715_11	594	1	1327104	6421	25015	SI
C3riva_1724_1	594	1	1327176	6421	25017	SI
C3riva_1724_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_1735_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_1735_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_1744_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_1744_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_1755_1	588	1	1350000	6531	25447	SI
C3riva_1755_11	588	1	1350000	6531	25447	SI
C4_appoggio_188_11	654	1	1204608	5828	45413	SI
C4_appoggio_199_1	654	1	1204512	5828	45409	SI
C1_appoggio_1830_11	536	1	1167384	5648	22005	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 .

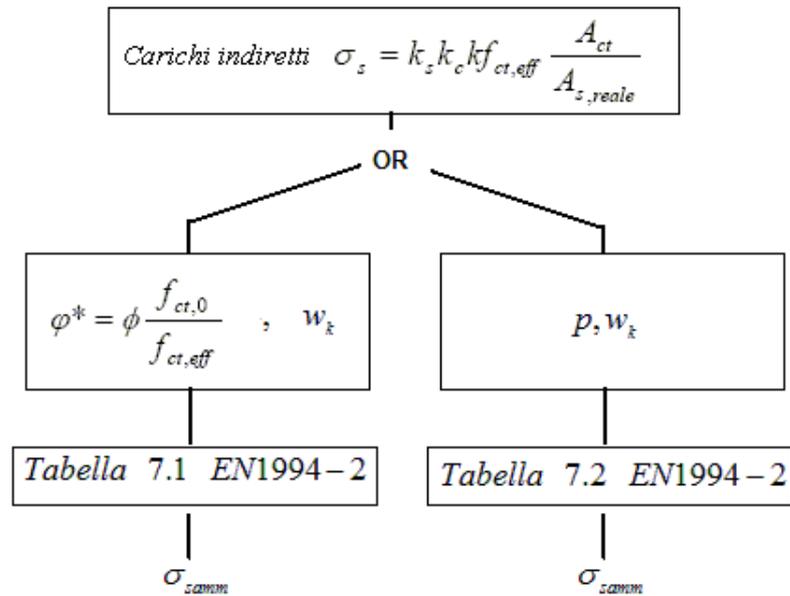


Tabella 9-1: Schema per la verifica a fessurazione per carichi indiretti

Nella tabella in seguente si riportano i relativi risultati.

Sezione	fimax/ pmax	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_50_1	24\200	1.58	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_50_11	24\200	1.69	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_59_1	24\200	1.67	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_59_11	24\200	1.88	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_70_1	24\200	1.87	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_70_11	24\200	2.09	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_1801_1	24\200	2.07	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_1801_11	24\200	2	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_1810_1	24\200	2.02	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_1810_11	24\200	1.8	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_1821_1	24\200	1.82	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_1821_11	24\200	1.63	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_1830_1	24\200	1.64	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C1_1830_11	24\200	1.5	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C2_274_1	20\200	3.41	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_274_11	20\200	3.37	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_285_1	20\200	3.36	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_285_11	20\200	3.32	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_294_1	20\200	3.32	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_294_11	20\200	3.4	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_305_1	20\200	3.39	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_305_11	20\200	3.5	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_314_1	20\200	3.5	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_314_11	20\200	3.68	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_325_1	20\200	3.69	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_325_11	20\200	3.77	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_486_1	20\200	3.76	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_486_11	20\200	3.7	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_497_1	20\200	3.69	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_497_11	20\200	3.61	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_506_1	20\200	3.61	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_506_11	20\200	3.55	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_517_1	20\200	3.55	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_517_11	20\200	3.72	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_526_1	20\200	3.72	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_526_11	20\200	3.83	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_537_1	20\200	3.83	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_537_11	20\200	3.9	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_698_1	20\200	3.85	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_698_11	20\200	3.79	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_709_1	20\200	3.78	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_709_11	20\200	3.69	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_718_1	20\200	3.68	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_718_11	20\200	3.62	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_729_1	20\200	3.62	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_729_11	20\200	3.69	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_738_1	20\200	3.69	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_738_11	20\200	3.79	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_749_1	20\200	3.8	Non Fess.	----	19.18	186	160	----

Sezione	fimax/ pmax	Sig 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_749_11	20\200	3.96	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_910_1	20\200	3.87	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_910_11	20\200	3.81	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_921_1	20\200	3.8	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_921_11	20\200	3.71	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_930_1	20\200	3.7	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_930_11	20\200	3.64	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_941_1	20\200	3.64	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_941_11	20\200	3.71	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_950_1	20\200	3.71	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_950_11	20\200	3.81	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_961_1	20\200	3.81	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_961_11	20\200	3.87	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1122_1	20\200	3.97	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1122_11	20\200	3.8	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1133_1	20\200	3.8	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1133_11	20\200	3.7	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1142_1	20\200	3.69	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1142_11	20\200	3.62	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1153_1	20\200	3.62	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1153_11	20\200	3.69	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1162_1	20\200	3.69	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1162_11	20\200	3.79	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1173_1	20\200	3.79	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1173_11	20\200	3.85	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1334_1	20\200	3.9	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1334_11	20\200	3.83	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1345_1	20\200	3.83	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1345_11	20\200	3.72	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1354_1	20\200	3.72	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1354_11	20\200	3.56	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1365_1	20\200	3.55	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1365_11	20\200	3.61	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1374_1	20\200	3.61	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1374_11	20\200	3.7	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1385_1	20\200	3.71	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1385_11	20\200	3.77	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1549_1	20\200	3.8	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1549_11	20\200	3.72	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1560_1	20\200	3.72	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1560_11	20\200	3.55	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1569_1	20\200	3.54	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1569_11	20\200	3.45	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1580_1	20\200	3.45	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1580_11	20\200	3.42	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1589_1	20\200	3.42	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1589_11	20\200	3.48	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1600_1	20\200	3.49	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2_1600_11	20\200	3.54	Non Fess.	----	19.18	186	160	----

Sezione	fimax/ pmax	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_222_1	24\200	5.02	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_222_11	24\200	4.69	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_231_1	24\200	4.71	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_231_11	24\200	4.09	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_242_1	24\200	4.07	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_242_11	24\200	3.84	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_251_1	24\200	3.82	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_251_11	24\200	3.68	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_262_1	24\200	3.66	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_262_11	24\200	3.55	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_271_1	24\200	3.54	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_271_11	24\200	3.49	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_328_1	24\200	3.83	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_328_11	24\200	3.92	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_337_1	24\200	3.93	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_337_11	24\200	4.13	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_348_1	24\200	4.14	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_348_11	24\200	4.37	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_357_1	24\200	4.38	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_357_11	24\200	4.65	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_368_1	24\200	4.66	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_368_11	24\200	5.26	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_377_1	24\200	5.24	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_377_11	24\200	5.54	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_434_1	24\200	5.4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_434_11	24\200	5.1	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_443_1	24\200	5.11	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_443_11	24\200	4.5	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_454_1	24\200	4.49	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_454_11	24\200	4.27	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_463_1	24\200	4.26	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_463_11	24\200	4.07	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_474_1	24\200	4.06	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_474_11	24\200	3.9	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_483_1	24\200	3.89	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_483_11	24\200	3.82	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_540_1	24\200	3.96	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_540_11	24\200	4.04	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_549_1	24\200	4.05	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_549_11	24\200	4.23	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_560_1	24\200	4.24	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_560_11	24\200	4.44	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_569_1	24\200	4.46	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_569_11	24\200	4.69	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_580_1	24\200	4.71	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_580_11	24\200	5.28	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_589_1	24\200	5.26	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_589_11	24\200	5.56	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_646_1	24\200	5.47	Non Fess.	----	23.02	169	160	----

Sezione	fimax/ pmax	Sig 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_646_11	24\200	5.16	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_655_1	24\200	5.18	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_655_11	24\200	4.63	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_666_1	24\200	4.61	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_666_11	24\200	4.38	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_675_1	24\200	4.37	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_675_11	24\200	4.17	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_686_1	24\200	4.16	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_686_11	24\200	3.99	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_695_1	24\200	3.99	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_695_11	24\200	3.91	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_752_1	24\200	4.03	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_752_11	24\200	4.1	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_761_1	24\200	4.11	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_761_11	24\200	4.28	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_772_1	24\200	4.29	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_772_11	24\200	4.49	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_781_1	24\200	4.5	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_781_11	24\200	4.73	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_792_1	24\200	4.75	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_792_11	24\200	5.26	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_801_1	24\200	5.24	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_801_11	24\200	5.55	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_858_1	24\200	5.45	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_858_11	24\200	5.14	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_867_1	24\200	5.16	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_867_11	24\200	4.66	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_878_1	24\200	4.64	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_878_11	24\200	4.41	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_887_1	24\200	4.39	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_887_11	24\200	4.19	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_898_1	24\200	4.18	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_898_11	24\200	4.02	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_907_1	24\200	4.01	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_907_11	24\200	3.93	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_964_1	24\200	3.94	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_964_11	24\200	4.01	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_973_1	24\200	4.02	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_973_11	24\200	4.19	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_984_1	24\200	4.2	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_984_11	24\200	4.39	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_993_1	24\200	4.41	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_993_11	24\200	4.63	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1004_1	24\200	4.65	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1004_11	24\200	5.14	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1013_1	24\200	5.12	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1013_11	24\200	5.43	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1070_1	24\200	5.57	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1070_11	24\200	5.26	Non Fess.	----	23.02	169	160	----

Sezione	fimax/ pmax	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_1079_1	24\200	5.27	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1079_11	24\200	4.77	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1090_1	24\200	4.75	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1090_11	24\200	4.52	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1099_1	24\200	4.5	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1099_11	24\200	4.3	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1110_1	24\200	4.28	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1110_11	24\200	4.12	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1119_1	24\200	4.11	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1119_11	24\200	4.03	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1176_1	24\200	3.92	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1176_11	24\200	3.99	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1185_1	24\200	4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1185_11	24\200	4.16	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1196_1	24\200	4.17	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1196_11	24\200	4.36	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1205_1	24\200	4.38	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1205_11	24\200	4.6	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1216_1	24\200	4.62	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1216_11	24\200	5.15	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1225_1	24\200	5.14	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1225_11	24\200	5.45	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1282_1	24\200	5.58	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1282_11	24\200	5.27	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1291_1	24\200	5.29	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1291_11	24\200	4.73	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1302_1	24\200	4.71	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1302_11	24\200	4.47	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1311_1	24\200	4.45	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1311_11	24\200	4.24	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1322_1	24\200	4.23	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1322_11	24\200	4.05	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1331_1	24\200	4.04	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1331_11	24\200	3.96	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1388_1	24\200	3.83	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1388_11	24\200	3.9	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1397_1	24\200	3.91	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1397_11	24\200	4.07	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1408_1	24\200	4.08	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1408_11	24\200	4.26	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1417_1	24\200	4.28	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1417_11	24\200	4.5	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1428_1	24\200	4.51	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1428_11	24\200	5.11	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1437_1	24\200	5.1	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1437_11	24\200	5.41	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1494_1	24\200	5.57	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1494_11	24\200	5.27	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1503_1	24\200	5.28	Non Fess.	----	23.02	169	160	----

Sezione	fimax/ pmax	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_1503_11	24\200	5.28	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1506_1	24\200	5.28	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1506_11	24\200	4.68	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1517_1	24\200	4.67	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1517_11	24\200	4.4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1526_1	24\200	4.39	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1526_11	24\200	4.16	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1537_1	24\200	4.15	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1537_11	24\200	3.96	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1546_1	24\200	3.95	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1546_11	24\200	3.86	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1603_1	24\200	3.62	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1603_11	24\200	3.67	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1612_1	24\200	3.68	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1612_11	24\200	3.81	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1623_1	24\200	3.82	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1623_11	24\200	3.98	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1632_1	24\200	4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1632_11	24\200	4.24	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1643_1	24\200	4.25	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1643_11	24\200	4.76	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1646_1	24\200	4.76	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1646_11	24\200	4.89	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1655_1	24\200	4.88	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1655_11	24\200	4.89	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1658_1	24\200	4.89	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3_1658_11	24\200	5.24	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C4_168_1	24\100	3.38	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_168_11	24\100	3.65	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_179_1	24\100	3.65	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_179_11	24\100	4.33	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_188_1	24\100	4.34	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_188_11	24\100	5.3	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_199_1	24\100	5.28	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_199_11	24\100	4.06	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_208_1	24\100	4.07	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_208_11	24\100	3.29	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_219_1	24\100	3.31	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_219_11	24\100	3.05	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_380_1	24\100	3.53	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_380_11	24\100	3.76	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_391_1	24\100	3.75	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_391_11	24\100	4.37	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_400_1	24\100	4.37	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_400_11	24\100	5.21	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_411_1	24\100	5.15	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_411_11	24\100	4.16	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_420_1	24\100	4.17	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_420_11	24\100	3.64	Non Fess.	----	23.02	169	240	----

Sezione	fimax/ pmax	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_431_1	24\100	3.65	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_431_11	24\100	3.41	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_592_1	24\100	3.56	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_592_11	24\100	3.8	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_603_1	24\100	3.78	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_603_11	24\100	4.44	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_612_1	24\100	4.43	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_612_11	24\100	5.3	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_623_1	24\100	5.21	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_623_11	24\100	4.35	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_632_1	24\100	4.35	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_632_11	24\100	3.7	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_643_1	24\100	3.71	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_643_11	24\100	3.47	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_804_1	24\100	3.54	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_804_11	24\100	3.78	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_815_1	24\100	3.77	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_815_11	24\100	4.42	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_824_1	24\100	4.41	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_824_11	24\100	5.29	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_835_1	24\100	5.19	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_835_11	24\100	4.34	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_844_1	24\100	4.34	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_844_11	24\100	3.68	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_855_1	24\100	3.69	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_855_11	24\100	3.45	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1016_1	24\100	3.44	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1016_11	24\100	3.68	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1027_1	24\100	3.67	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1027_11	24\100	4.32	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1036_1	24\100	4.32	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1036_11	24\100	5.2	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1047_1	24\100	5.3	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1047_11	24\100	4.43	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1056_1	24\100	4.44	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1056_11	24\100	3.78	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1067_1	24\100	3.8	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1067_11	24\100	3.55	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1228_1	24\100	3.45	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1228_11	24\100	3.69	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1239_1	24\100	3.68	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1239_11	24\100	4.34	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1248_1	24\100	4.34	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1248_11	24\100	5.21	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1259_1	24\100	5.3	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1259_11	24\100	4.44	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1268_1	24\100	4.45	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1268_11	24\100	3.79	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1279_1	24\100	3.81	Non Fess.	----	23.02	169	240	----

Sezione	fimax/ pmax	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_1279_11	24\100	3.57	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1440_1	24\100	3.42	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1440_11	24\100	3.66	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1451_1	24\100	3.65	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1451_11	24\100	4.23	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1460_1	24\100	4.22	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1460_11	24\100	5.19	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1471_1	24\100	5.25	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1471_11	24\100	4.42	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1480_1	24\100	4.43	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1480_11	24\100	3.78	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1491_1	24\100	3.79	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1491_11	24\100	3.56	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1661_1	24\100	3.25	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1661_11	24\100	3.52	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1672_1	24\100	3.5	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1672_11	24\100	4.16	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1681_1	24\100	4.15	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1681_11	24\100	5.45	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1692_1	24\100	5.47	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1692_11	24\100	4.4	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1701_1	24\100	4.4	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1701_11	24\100	3.66	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1712_1	24\100	3.66	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_1712_11	24\100	3.41	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C2riva_73_1	20\200	1.95	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_73_11	20\200	1.95	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_82_1	20\200	1.94	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_82_11	20\200	2.19	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_93_1	20\200	2.18	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_93_11	20\200	2.49	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_102_1	20\200	2.48	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_102_11	20\200	2.82	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_113_1	20\200	2.81	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_113_11	20\200	3.17	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_122_1	20\200	3.17	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_122_11	20\200	3.25	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1758_1	20\200	3.24	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1758_11	20\200	3.08	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1767_1	20\200	3.08	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1767_11	20\200	2.72	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1778_1	20\200	2.72	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1778_11	20\200	2.39	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1787_1	20\200	2.4	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1787_11	20\200	2.1	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1798_1	20\200	2.11	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C2riva_1798_11	20\200	1.93	Non Fess.	----	19.18	186	160	----
C3riva_125_1	24\200	3.38	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_125_11	24\200	3.66	Non Fess.	----	23.02	169	160	----

Sezione	fimax/ pmax	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)
C3riva_136_1	24\200	3.67	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_136_11	24\200	4.06	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_145_1	24\200	4.06	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_145_11	24\200	4.48	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_156_1	24\200	4.48	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_156_11	24\200	5.1	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_165_1	24\200	5.1	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_165_11	24\200	5.37	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1715_1	24\200	5.4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1715_11	24\200	5.08	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1724_1	24\200	5.08	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1724_11	24\200	4.44	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1735_1	24\200	4.43	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1735_11	24\200	4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1744_1	24\200	4	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1744_11	24\200	3.59	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1755_1	24\200	3.59	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C3riva_1755_11	24\200	3.37	Non Fess.	----	23.02	169	160	----
C4_appog_188_11	24\100	5.3	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C4_appog_199_1	24\100	5.28	Non Fess.	----	23.02	169	240	----
C1_appog_1830_11	24\200	1.5	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:

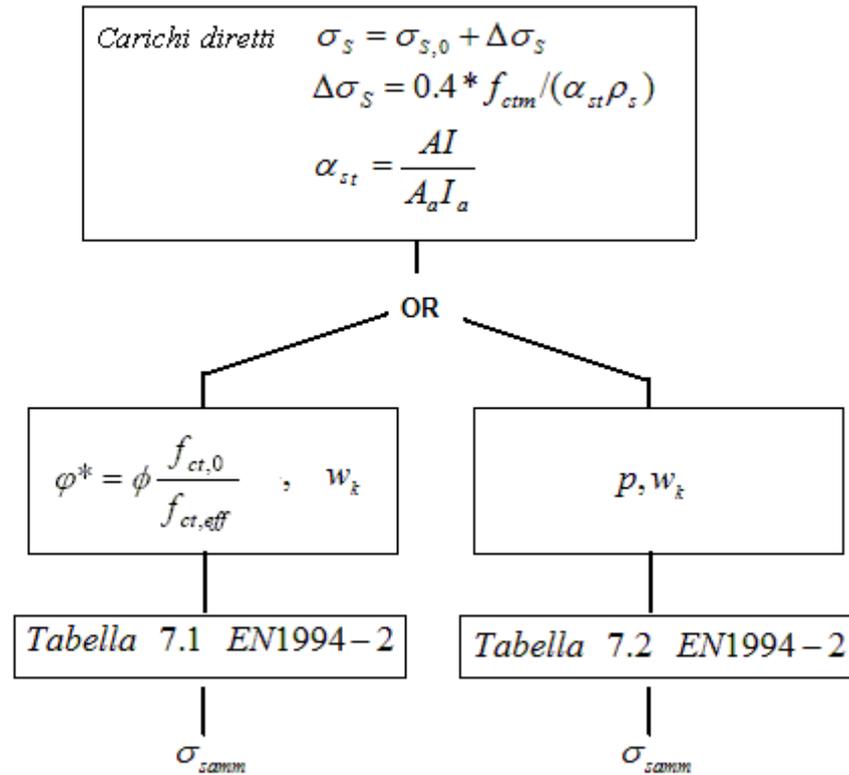


Tabella 9-2: Schema per la verifica a fessurazione per carichi diretti

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_50_1	24\200	23.02	169	160	1	41	42	SI (0.25)
C1_50_11	24\200	23.02	169	160	2	40	42	SI (0.25)
C1_59_1	24\200	23.02	169	160	2	40	42	SI (0.25)
C1_59_11	24\200	23.02	169	160	6	39	45	SI (0.27)
C1_70_1	24\200	23.02	169	160	6	39	45	SI (0.27)
C1_70_11	24\200	23.02	169	160	10	38	49	SI (0.29)
C1_1801_1	24\200	23.02	169	160	9	38	47	SI (0.28)
C1_1801_11	24\200	23.02	169	160	8	38	46	SI (0.27)
C1_1810_1	24\200	23.02	169	160	8	38	46	SI (0.27)
C1_1810_11	24\200	23.02	169	160	4	39	43	SI (0.25)
C1_1821_1	24\200	23.02	169	160	4	39	43	SI (0.25)
C1_1821_11	24\200	23.02	169	160	1	40	41	SI (0.24)
C1_1830_1	24\200	23.02	169	160	1	40	41	SI (0.24)
C1_1830_11	24\200	23.02	169	160	0	40	40	SI (0.24)
C2_274_1	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_274_11	20\200	19.18	186	160	48	65	112	SI (0.6)
C2_285_1	20\200	19.18	186	160	48	65	112	SI (0.6)
C2_285_11	20\200	19.18	186	160	46	65	111	SI (0.59)
C2_294_1	20\200	19.18	186	160	46	65	111	SI (0.59)
C2_294_11	20\200	19.18	186	160	47	65	111	SI (0.6)
C2_305_1	20\200	19.18	186	160	47	65	111	SI (0.6)
C2_305_11	20\200	19.18	186	160	49	65	113	SI (0.61)
C2_314_1	20\200	19.18	186	160	49	65	113	SI (0.61)
C2_314_11	20\200	19.18	186	160	52	65	117	SI (0.63)
C2_325_1	20\200	19.18	186	160	52	65	117	SI (0.63)
C2_325_11	20\200	19.18	186	160	54	65	119	SI (0.64)
C2_486_1	20\200	19.18	186	160	54	65	119	SI (0.64)
C2_486_11	20\200	19.18	186	160	52	65	117	SI (0.63)
C2_497_1	20\200	19.18	186	160	52	65	117	SI (0.63)
C2_497_11	20\200	19.18	186	160	50	65	114	SI (0.62)
C2_506_1	20\200	19.18	186	160	50	65	114	SI (0.62)
C2_506_11	20\200	19.18	186	160	48	65	113	SI (0.61)
C2_517_1	20\200	19.18	186	160	48	65	113	SI (0.61)
C2_517_11	20\200	19.18	186	160	51	65	116	SI (0.62)
C2_526_1	20\200	19.18	186	160	51	65	116	SI (0.62)
C2_526_11	20\200	19.18	186	160	54	65	119	SI (0.64)
C2_537_1	20\200	19.18	186	160	54	65	119	SI (0.64)
C2_537_11	20\200	19.18	186	160	56	65	121	SI (0.65)
C2_698_1	20\200	19.18	186	160	55	65	120	SI (0.64)
C2_698_11	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_709_1	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_709_11	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_718_1	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_718_11	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_729_1	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_729_11	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_738_1	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_738_11	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_749_1	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)

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_749_11	20\200	19.18	186	160	57	65	121	SI (0.65)
C2_910_1	20\200	19.18	186	160	55	65	120	SI (0.64)
C2_910_11	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_921_1	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_921_11	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_930_1	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_930_11	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_941_1	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_941_11	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_950_1	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_950_11	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_961_1	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_961_11	20\200	19.18	186	160	55	65	120	SI (0.64)
C2_1122_1	20\200	19.18	186	160	57	65	121	SI (0.65)
C2_1122_11	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_1133_1	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_1133_11	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_1142_1	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_1142_11	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_1153_1	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_1153_11	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_1162_1	20\200	19.18	186	160	50	65	115	SI (0.62)
C2_1162_11	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_1173_1	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_1173_11	20\200	19.18	186	160	55	65	120	SI (0.64)
C2_1334_1	20\200	19.18	186	160	56	65	121	SI (0.65)
C2_1334_11	20\200	19.18	186	160	54	65	119	SI (0.64)
C2_1345_1	20\200	19.18	186	160	54	65	119	SI (0.64)
C2_1345_11	20\200	19.18	186	160	51	65	116	SI (0.62)
C2_1354_1	20\200	19.18	186	160	51	65	116	SI (0.62)
C2_1354_11	20\200	19.18	186	160	48	65	113	SI (0.61)
C2_1365_1	20\200	19.18	186	160	48	65	113	SI (0.61)
C2_1365_11	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_1374_1	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_1374_11	20\200	19.18	186	160	52	65	117	SI (0.63)
C2_1385_1	20\200	19.18	186	160	52	65	117	SI (0.63)
C2_1385_11	20\200	19.18	186	160	54	65	119	SI (0.64)
C2_1549_1	20\200	19.18	186	160	55	65	120	SI (0.64)
C2_1549_11	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_1560_1	20\200	19.18	186	160	53	65	118	SI (0.63)
C2_1560_11	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_1569_1	20\200	19.18	186	160	49	65	114	SI (0.61)
C2_1569_11	20\200	19.18	186	160	48	65	112	SI (0.6)
C2_1580_1	20\200	19.18	186	160	48	65	112	SI (0.6)
C2_1580_11	20\200	19.18	186	160	47	65	112	SI (0.6)
C2_1589_1	20\200	19.18	186	160	47	65	112	SI (0.6)
C2_1589_11	20\200	19.18	186	160	50	65	114	SI (0.62)
C2_1600_1	20\200	19.18	186	160	50	65	114	SI (0.62)
C2_1600_11	20\200	19.18	186	160	52	65	116	SI (0.63)

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_222_1	24\200	23.02	169	160	77	41	118	SI (0.7)
C3_222_11	24\200	23.02	169	160	70	41	111	SI (0.66)
C3_231_1	24\200	23.02	169	160	70	41	111	SI (0.66)
C3_231_11	24\200	23.02	169	160	61	41	102	SI (0.6)
C3_242_1	24\200	23.02	169	160	61	41	102	SI (0.6)
C3_242_11	24\200	23.02	169	160	54	40	95	SI (0.56)
C3_251_1	24\200	23.02	169	160	54	40	95	SI (0.56)
C3_251_11	24\200	23.02	169	160	49	40	89	SI (0.53)
C3_262_1	24\200	23.02	169	160	49	40	89	SI (0.53)
C3_262_11	24\200	23.02	169	160	45	40	85	SI (0.5)
C3_271_1	24\200	23.02	169	160	45	40	85	SI (0.5)
C3_271_11	24\200	23.02	169	160	43	40	83	SI (0.49)
C3_328_1	24\200	23.02	169	160	48	40	88	SI (0.52)
C3_328_11	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.53)
C3_337_1	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.53)
C3_337_11	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_348_1	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.57)
C3_348_11	24\200	23.02	169	160	61	40	102	SI (0.6)
C3_357_1	24\200	23.02	169	160	61	40	102	SI (0.6)
C3_357_11	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.64)
C3_368_1	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.64)
C3_368_11	24\200	23.02	169	160	77	40	118	SI (0.7)
C3_377_1	24\200	23.02	169	160	77	40	118	SI (0.7)
C3_377_11	24\200	23.02	169	160	83	40	124	SI (0.73)
C3_434_1	24\200	23.02	169	160	81	40	121	SI (0.72)
C3_434_11	24\200	23.02	169	160	75	40	115	SI (0.68)
C3_443_1	24\200	23.02	169	160	75	40	116	SI (0.68)
C3_443_11	24\200	23.02	169	160	66	40	107	SI (0.63)
C3_454_1	24\200	23.02	169	160	66	40	107	SI (0.63)
C3_454_11	24\200	23.02	169	160	60	40	100	SI (0.59)
C3_463_1	24\200	23.02	169	160	60	40	100	SI (0.59)
C3_463_11	24\200	23.02	169	160	54	40	94	SI (0.56)
C3_474_1	24\200	23.02	169	160	54	40	94	SI (0.56)
C3_474_11	24\200	23.02	169	160	49	40	89	SI (0.53)
C3_483_1	24\200	23.02	169	160	49	40	89	SI (0.53)
C3_483_11	24\200	23.02	169	160	47	40	87	SI (0.52)
C3_540_1	24\200	23.02	169	160	49	40	89	SI (0.53)
C3_540_11	24\200	23.02	169	160	51	40	91	SI (0.54)
C3_549_1	24\200	23.02	169	160	51	40	92	SI (0.54)
C3_549_11	24\200	23.02	169	160	56	40	96	SI (0.57)
C3_560_1	24\200	23.02	169	160	56	40	96	SI (0.57)
C3_560_11	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.61)
C3_569_1	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.61)
C3_569_11	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.65)
C3_580_1	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.65)
C3_580_11	24\200	23.02	169	160	78	40	118	SI (0.7)
C3_589_1	24\200	23.02	169	160	78	40	118	SI (0.7)
C3_589_11	24\200	23.02	169	160	84	40	124	SI (0.74)
C3_646_1	24\200	23.02	169	160	83	40	123	SI (0.73)

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_646_11	24\200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_655_1	24\200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_655_11	24\200	23.02	169	160	68	40	108	SI (0.64)
C3_666_1	24\200	23.02	169	160	68	40	108	SI (0.64)
C3_666_11	24\200	23.02	169	160	61	40	101	SI (0.6)
C3_675_1	24\200	23.02	169	160	61	40	101	SI (0.6)
C3_675_11	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_686_1	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_686_11	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.54)
C3_695_1	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.54)
C3_695_11	24\200	23.02	169	160	48	40	88	SI (0.52)
C3_752_1	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.53)
C3_752_11	24\200	23.02	169	160	52	40	92	SI (0.54)
C3_761_1	24\200	23.02	169	160	52	40	92	SI (0.54)
C3_761_11	24\200	23.02	169	160	57	40	97	SI (0.57)
C3_772_1	24\200	23.02	169	160	57	40	97	SI (0.57)
C3_772_11	24\200	23.02	169	160	62	40	103	SI (0.61)
C3_781_1	24\200	23.02	169	160	62	40	103	SI (0.61)
C3_781_11	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.65)
C3_792_1	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.65)
C3_792_11	24\200	23.02	169	160	78	40	119	SI (0.7)
C3_801_1	24\200	23.02	169	160	78	40	118	SI (0.7)
C3_801_11	24\200	23.02	169	160	84	40	125	SI (0.74)
C3_858_1	24\200	23.02	169	160	83	40	123	SI (0.73)
C3_858_11	24\200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_867_1	24\200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_867_11	24\200	23.02	169	160	68	40	108	SI (0.64)
C3_878_1	24\200	23.02	169	160	68	40	108	SI (0.64)
C3_878_11	24\200	23.02	169	160	61	40	101	SI (0.6)
C3_887_1	24\200	23.02	169	160	61	40	101	SI (0.6)
C3_887_11	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_898_1	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_898_11	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.54)
C3_907_1	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.54)
C3_907_11	24\200	23.02	169	160	48	40	88	SI (0.52)
C3_964_1	24\200	23.02	169	160	48	40	88	SI (0.52)
C3_964_11	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.54)
C3_973_1	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.54)
C3_973_11	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_984_1	24\200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_984_11	24\200	23.02	169	160	61	40	101	SI (0.6)
C3_993_1	24\200	23.02	169	160	61	40	101	SI (0.6)
C3_993_11	24\200	23.02	169	160	68	40	108	SI (0.64)
C3_1004_1	24\200	23.02	169	160	68	40	108	SI (0.64)
C3_1004_11	24\200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_1013_1	24\200	23.02	169	160	76	40	117	SI (0.69)
C3_1013_11	24\200	23.02	169	160	83	40	123	SI (0.73)
C3_1070_1	24\200	23.02	169	160	84	40	125	SI (0.74)
C3_1070_11	24\200	23.02	169	160	78	40	119	SI (0.7)

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_1079_1	24/200	23.02	169	160	78	40	119	SI (0.7)
C3_1079_11	24/200	23.02	169	160	69	40	110	SI (0.65)
C3_1090_1	24/200	23.02	169	160	69	40	110	SI (0.65)
C3_1090_11	24/200	23.02	169	160	63	40	103	SI (0.61)
C3_1099_1	24/200	23.02	169	160	63	40	103	SI (0.61)
C3_1099_11	24/200	23.02	169	160	57	40	97	SI (0.57)
C3_1110_1	24/200	23.02	169	160	57	40	97	SI (0.57)
C3_1110_11	24/200	23.02	169	160	52	40	92	SI (0.54)
C3_1119_1	24/200	23.02	169	160	52	40	92	SI (0.54)
C3_1119_11	24/200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.53)
C3_1176_1	24/200	23.02	169	160	48	40	88	SI (0.52)
C3_1176_11	24/200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.54)
C3_1185_1	24/200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.54)
C3_1185_11	24/200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_1196_1	24/200	23.02	169	160	55	40	95	SI (0.56)
C3_1196_11	24/200	23.02	169	160	61	40	101	SI (0.6)
C3_1205_1	24/200	23.02	169	160	61	40	101	SI (0.6)
C3_1205_11	24/200	23.02	169	160	68	40	108	SI (0.64)
C3_1216_1	24/200	23.02	169	160	68	40	108	SI (0.64)
C3_1216_11	24/200	23.02	169	160	77	40	117	SI (0.69)
C3_1225_1	24/200	23.02	169	160	76	40	117	SI (0.69)
C3_1225_11	24/200	23.02	169	160	82	40	123	SI (0.73)
C3_1282_1	24/200	23.02	169	160	84	40	125	SI (0.74)
C3_1282_11	24/200	23.02	169	160	78	40	119	SI (0.7)
C3_1291_1	24/200	23.02	169	160	78	40	119	SI (0.7)
C3_1291_11	24/200	23.02	169	160	69	40	110	SI (0.65)
C3_1302_1	24/200	23.02	169	160	69	40	110	SI (0.65)
C3_1302_11	24/200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.61)
C3_1311_1	24/200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.61)
C3_1311_11	24/200	23.02	169	160	56	40	96	SI (0.57)
C3_1322_1	24/200	23.02	169	160	56	40	96	SI (0.57)
C3_1322_11	24/200	23.02	169	160	51	40	91	SI (0.54)
C3_1331_1	24/200	23.02	169	160	51	40	91	SI (0.54)
C3_1331_11	24/200	23.02	169	160	49	40	89	SI (0.53)
C3_1388_1	24/200	23.02	169	160	47	40	87	SI (0.52)
C3_1388_11	24/200	23.02	169	160	49	40	89	SI (0.53)
C3_1397_1	24/200	23.02	169	160	49	40	89	SI (0.53)
C3_1397_11	24/200	23.02	169	160	54	40	94	SI (0.56)
C3_1408_1	24/200	23.02	169	160	54	40	94	SI (0.56)
C3_1408_11	24/200	23.02	169	160	60	40	100	SI (0.59)
C3_1417_1	24/200	23.02	169	160	60	40	100	SI (0.59)
C3_1417_11	24/200	23.02	169	160	66	40	106	SI (0.63)
C3_1428_1	24/200	23.02	169	160	66	40	106	SI (0.63)
C3_1428_11	24/200	23.02	169	160	75	40	116	SI (0.68)
C3_1437_1	24/200	23.02	169	160	75	40	115	SI (0.68)
C3_1437_11	24/200	23.02	169	160	81	40	121	SI (0.72)
C3_1494_1	24/200	23.02	169	160	83	41	124	SI (0.73)
C3_1494_11	24/200	23.02	169	160	77	40	118	SI (0.7)
C3_1503_1	24/200	23.02	169	160	78	40	118	SI (0.7)

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_1503_11	24\200	23.02	169	160	78	40	118	SI (0.7)
C3_1506_1	24\200	23.02	169	160	78	40	118	SI (0.7)
C3_1506_11	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.65)
C3_1517_1	24\200	23.02	169	160	69	40	109	SI (0.65)
C3_1517_11	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.6)
C3_1526_1	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.6)
C3_1526_11	24\200	23.02	169	160	55	40	96	SI (0.57)
C3_1537_1	24\200	23.02	169	160	55	40	96	SI (0.57)
C3_1537_11	24\200	23.02	169	160	50	40	91	SI (0.54)
C3_1546_1	24\200	23.02	169	160	50	40	91	SI (0.54)
C3_1546_11	24\200	23.02	169	160	48	40	88	SI (0.52)
C3_1603_1	24\200	23.02	169	160	45	40	85	SI (0.51)
C3_1603_11	24\200	23.02	169	160	47	40	87	SI (0.52)
C3_1612_1	24\200	23.02	169	160	47	40	87	SI (0.52)
C3_1612_11	24\200	23.02	169	160	52	40	92	SI (0.54)
C3_1623_1	24\200	23.02	169	160	52	40	92	SI (0.54)
C3_1623_11	24\200	23.02	169	160	57	40	97	SI (0.58)
C3_1632_1	24\200	23.02	169	160	57	40	97	SI (0.58)
C3_1632_11	24\200	23.02	169	160	64	41	104	SI (0.62)
C3_1643_1	24\200	23.02	169	160	64	41	104	SI (0.62)
C3_1643_11	24\200	23.02	169	160	71	41	112	SI (0.66)
C3_1646_1	24\200	23.02	169	160	71	41	112	SI (0.66)
C3_1646_11	24\200	23.02	169	160	74	41	114	SI (0.68)
C3_1655_1	24\200	23.02	169	160	73	41	114	SI (0.68)
C3_1655_11	24\200	23.02	169	160	74	41	115	SI (0.68)
C3_1658_1	24\200	23.02	169	160	74	41	115	SI (0.68)
C3_1658_11	24\200	23.02	169	160	80	41	121	SI (0.72)
C4_168_1	24\100	23.02	169	240	55	16	70	SI (0.29)
C4_168_11	24\100	23.02	169	240	60	16	76	SI (0.32)
C4_179_1	24\100	23.02	169	240	60	16	76	SI (0.32)
C4_179_11	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_188_1	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_188_11	24\100	23.02	169	240	84	17	101	SI (0.42)
C4_199_1	24\100	23.02	169	240	84	17	100	SI (0.42)
C4_199_11	24\100	23.02	169	240	68	16	84	SI (0.35)
C4_208_1	24\100	23.02	169	240	68	16	84	SI (0.35)
C4_208_11	24\100	23.02	169	240	57	16	73	SI (0.3)
C4_219_1	24\100	23.02	169	240	57	16	73	SI (0.3)
C4_219_11	24\100	23.02	169	240	53	16	69	SI (0.29)
C4_380_1	24\100	23.02	169	240	57	16	73	SI (0.3)
C4_380_11	24\100	23.02	169	240	61	16	77	SI (0.32)
C4_391_1	24\100	23.02	169	240	61	16	77	SI (0.32)
C4_391_11	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_400_1	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_400_11	24\100	23.02	169	240	81	16	97	SI (0.41)
C4_411_1	24\100	23.02	169	240	81	16	96	SI (0.4)
C4_411_11	24\100	23.02	169	240	68	16	84	SI (0.35)
C4_420_1	24\100	23.02	169	240	68	16	84	SI (0.35)
C4_420_11	24\100	23.02	169	240	59	16	75	SI (0.31)

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_431_1	24\100	23.02	169	240	60	16	75	SI (0.31)
C4_431_11	24\100	23.02	169	240	56	16	71	SI (0.3)
C4_592_1	24\100	23.02	169	240	58	16	74	SI (0.31)
C4_592_11	24\100	23.02	169	240	62	16	77	SI (0.32)
C4_603_1	24\100	23.02	169	240	62	16	77	SI (0.32)
C4_603_11	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_612_1	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_612_11	24\100	23.02	169	240	83	16	99	SI (0.41)
C4_623_1	24\100	23.02	169	240	82	16	97	SI (0.41)
C4_623_11	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_632_1	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_632_11	24\100	23.02	169	240	61	16	76	SI (0.32)
C4_643_1	24\100	23.02	169	240	61	16	76	SI (0.32)
C4_643_11	24\100	23.02	169	240	57	16	73	SI (0.3)
C4_804_1	24\100	23.02	169	240	58	16	74	SI (0.31)
C4_804_11	24\100	23.02	169	240	62	16	78	SI (0.32)
C4_815_1	24\100	23.02	169	240	62	16	77	SI (0.32)
C4_815_11	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_824_1	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_824_11	24\100	23.02	169	240	83	16	99	SI (0.41)
C4_835_1	24\100	23.02	169	240	82	16	97	SI (0.41)
C4_835_11	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_844_1	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_844_11	24\100	23.02	169	240	61	16	76	SI (0.32)
C4_855_1	24\100	23.02	169	240	61	16	76	SI (0.32)
C4_855_11	24\100	23.02	169	240	57	16	73	SI (0.3)
C4_1016_1	24\100	23.02	169	240	57	16	72	SI (0.3)
C4_1016_11	24\100	23.02	169	240	61	16	76	SI (0.32)
C4_1027_1	24\100	23.02	169	240	61	16	76	SI (0.32)
C4_1027_11	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_1036_1	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_1036_11	24\100	23.02	169	240	82	16	98	SI (0.41)
C4_1047_1	24\100	23.02	169	240	83	16	99	SI (0.41)
C4_1047_11	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_1056_1	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_1056_11	24\100	23.02	169	240	62	16	78	SI (0.32)
C4_1067_1	24\100	23.02	169	240	62	16	78	SI (0.32)
C4_1067_11	24\100	23.02	169	240	58	16	74	SI (0.31)
C4_1228_1	24\100	23.02	169	240	57	16	72	SI (0.3)
C4_1228_11	24\100	23.02	169	240	61	16	76	SI (0.32)
C4_1239_1	24\100	23.02	169	240	61	16	76	SI (0.32)
C4_1239_11	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_1248_1	24\100	23.02	169	240	70	16	86	SI (0.36)
C4_1248_11	24\100	23.02	169	240	82	16	97	SI (0.41)
C4_1259_1	24\100	23.02	169	240	83	16	99	SI (0.41)
C4_1259_11	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_1268_1	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_1268_11	24\100	23.02	169	240	62	16	78	SI (0.32)
C4_1279_1	24\100	23.02	169	240	62	16	78	SI (0.32)

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_1279_11	24\100	23.02	169	240	58	16	74	SI (0.31)
C4_1440_1	24\100	23.02	169	240	56	16	71	SI (0.3)
C4_1440_11	24\100	23.02	169	240	60	16	75	SI (0.31)
C4_1451_1	24\100	23.02	169	240	60	16	75	SI (0.31)
C4_1451_11	24\100	23.02	169	240	68	16	84	SI (0.35)
C4_1460_1	24\100	23.02	169	240	68	16	84	SI (0.35)
C4_1460_11	24\100	23.02	169	240	81	16	97	SI (0.4)
C4_1471_1	24\100	23.02	169	240	82	16	98	SI (0.41)
C4_1471_11	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_1480_1	24\100	23.02	169	240	71	16	87	SI (0.36)
C4_1480_11	24\100	23.02	169	240	61	16	77	SI (0.32)
C4_1491_1	24\100	23.02	169	240	61	16	77	SI (0.32)
C4_1491_11	24\100	23.02	169	240	58	16	73	SI (0.31)
C4_1661_1	24\100	23.02	169	240	56	16	72	SI (0.3)
C4_1661_11	24\100	23.02	169	240	60	16	76	SI (0.32)
C4_1672_1	24\100	23.02	169	240	60	16	76	SI (0.32)
C4_1672_11	24\100	23.02	169	240	69	16	86	SI (0.36)
C4_1681_1	24\100	23.02	169	240	69	16	86	SI (0.36)
C4_1681_11	24\100	23.02	169	240	86	17	103	SI (0.43)
C4_1692_1	24\100	23.02	169	240	86	17	103	SI (0.43)
C4_1692_11	24\100	23.02	169	240	72	16	88	SI (0.37)
C4_1701_1	24\100	23.02	169	240	72	16	88	SI (0.37)
C4_1701_11	24\100	23.02	169	240	60	16	76	SI (0.32)
C4_1712_1	24\100	23.02	169	240	60	16	76	SI (0.32)
C4_1712_11	24\100	23.02	169	240	55	16	71	SI (0.3)
C2riva_73_1	20\200	19.18	186	160	11	63	74	SI (0.4)
C2riva_73_11	20\200	19.18	186	160	11	63	74	SI (0.4)
C2riva_82_1	20\200	19.18	186	160	11	63	74	SI (0.4)
C2riva_82_11	20\200	19.18	186	160	17	63	80	SI (0.43)
C2riva_93_1	20\200	19.18	186	160	17	63	80	SI (0.43)
C2riva_93_11	20\200	19.18	186	160	24	63	87	SI (0.47)
C2riva_102_1	20\200	19.18	186	160	24	63	87	SI (0.47)
C2riva_102_11	20\200	19.18	186	160	32	63	95	SI (0.51)
C2riva_113_1	20\200	19.18	186	160	32	63	95	SI (0.51)
C2riva_113_11	20\200	19.18	186	160	41	63	104	SI (0.56)
C2riva_122_1	20\200	19.18	186	160	41	63	104	SI (0.56)
C2riva_122_11	20\200	19.18	186	160	44	63	106	SI (0.57)
C2riva_1758_1	20\200	19.18	186	160	42	63	105	SI (0.57)
C2riva_1758_11	20\200	19.18	186	160	38	63	101	SI (0.54)
C2riva_1767_1	20\200	19.18	186	160	38	63	101	SI (0.54)
C2riva_1767_11	20\200	19.18	186	160	29	63	92	SI (0.49)
C2riva_1778_1	20\200	19.18	186	160	29	63	92	SI (0.49)
C2riva_1778_11	20\200	19.18	186	160	21	63	84	SI (0.45)
C2riva_1787_1	20\200	19.18	186	160	21	63	84	SI (0.45)
C2riva_1787_11	20\200	19.18	186	160	14	63	77	SI (0.41)
C2riva_1798_1	20\200	19.18	186	160	14	63	77	SI (0.41)
C2riva_1798_11	20\200	19.18	186	160	10	63	73	SI (0.39)
C3riva_125_1	24\200	23.02	169	160	36	40	76	SI (0.45)
C3riva_125_11	24\200	23.02	169	160	42	40	83	SI (0.49)

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)
C3riva_136_1	24\200	23.02	169	160	42	40	83	SI (0.49)
C3riva_136_11	24\200	23.02	169	160	52	40	92	SI (0.54)
C3riva_145_1	24\200	23.02	169	160	52	40	92	SI (0.54)
C3riva_145_11	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.6)
C3riva_156_1	24\200	23.02	169	160	62	40	102	SI (0.6)
C3riva_156_11	24\200	23.02	169	160	73	40	114	SI (0.67)
C3riva_165_1	24\200	23.02	169	160	73	40	114	SI (0.67)
C3riva_165_11	24\200	23.02	169	160	79	41	120	SI (0.71)
C3riva_1715_1	24\200	23.02	169	160	80	41	120	SI (0.71)
C3riva_1715_11	24\200	23.02	169	160	73	40	113	SI (0.67)
C3riva_1724_1	24\200	23.02	169	160	73	40	113	SI (0.67)
C3riva_1724_11	24\200	23.02	169	160	60	40	101	SI (0.6)
C3riva_1735_1	24\200	23.02	169	160	60	40	101	SI (0.6)
C3riva_1735_11	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.53)
C3riva_1744_1	24\200	23.02	169	160	50	40	90	SI (0.53)
C3riva_1744_11	24\200	23.02	169	160	40	40	80	SI (0.48)
C3riva_1755_1	24\200	23.02	169	160	40	40	80	SI (0.48)
C3riva_1755_11	24\200	23.02	169	160	35	40	75	SI (0.44)
C4_appoggio_188_11	24\100	23.02	169	240	84	17	101	SI (0.42)
C4_appoggio_199_1	24\100	23.02	169	240	84	17	100	SI (0.42)
C1_appoggio_1830_11	24\200	23.02	169	160	0	40	40	SI (0.24)

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 tralici 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 11.25 m sulla quasi totalità dell'impalcato ad eccezione dell'ultima campata dove è presente un allargamento che porta la larghezza della soletta a circa 13.60 m, di conseguenza gli sbalzi sono variabili tra 2.25 m e 3.30 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.

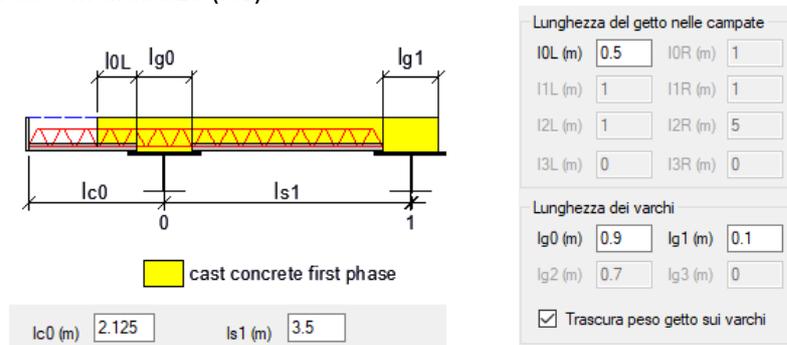
10.1 VERIFICA DELLE PREDALLE

La verifica delle predalle viene effettuata separatamente per la zona in corrispondenza dell'allargamento della sede viaria (intera campata compresa tra la pila P16 e la spalla S2) e per la parte rimanente avente larghezza dell'impalcato costante e pari a 11.25m.

10.1.1 Verifica delle predalle - campo "corrente"

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)	0
Carico estremità sbalzo (Fase 1) (kN/m)	2
Carico estremità sbalzo (Fase 2) (kN/m)	0
Carico di servizio durante il getto (kN/mq)	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 predalle, nel calcolo la si è comunque considerata nella prima fase di getto risultando ancora verificata.

La sezione trasversale delle predalle prefabbricate è riportata di seguito.

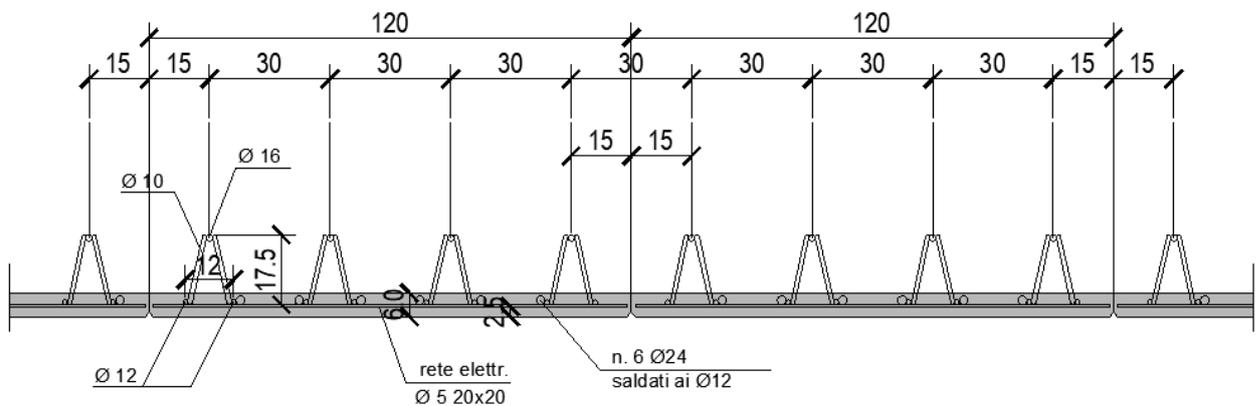


Figura 10.1: Sezione trasversale predalle

Il comportamento della predalle 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.

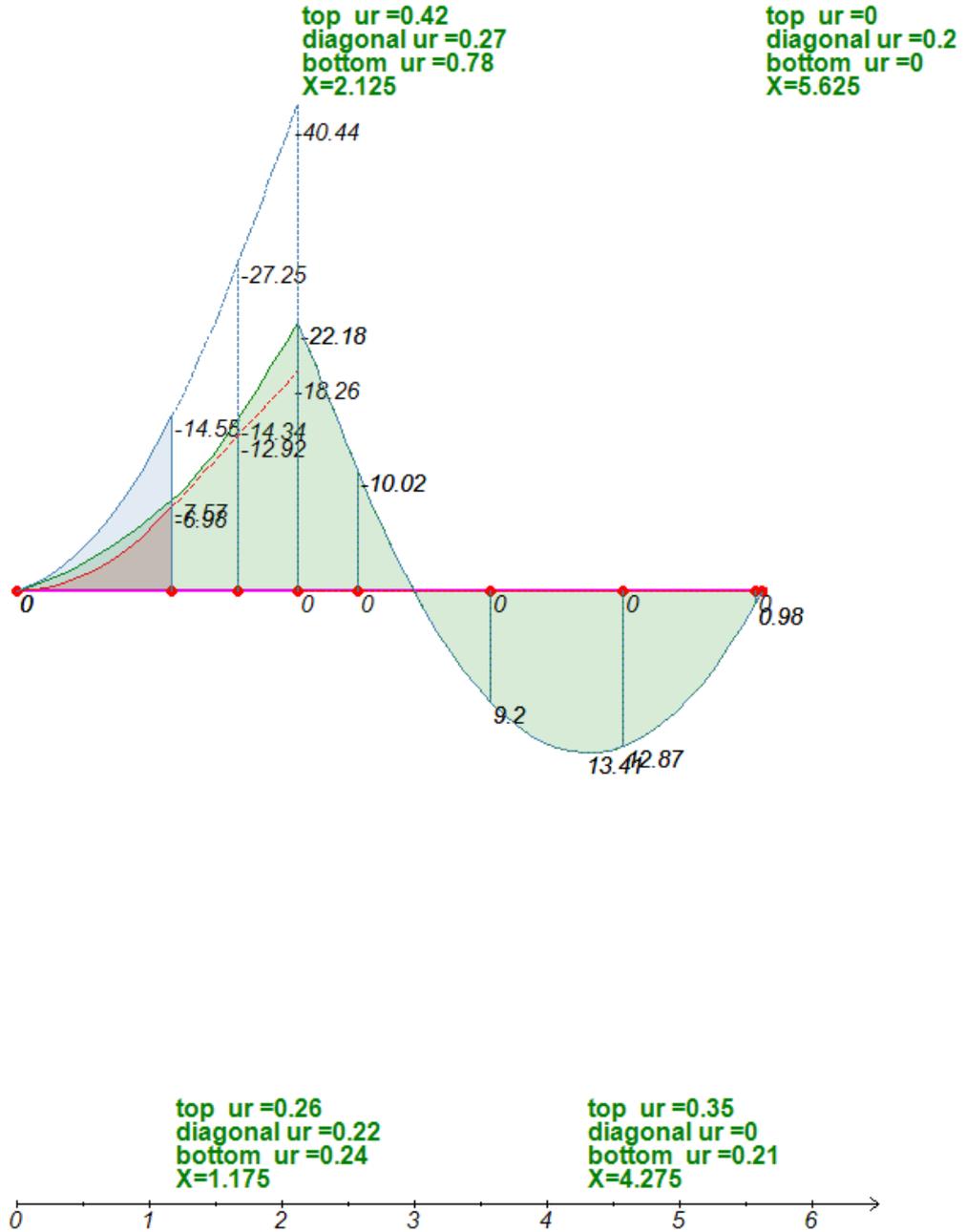


Figura 10.2: Diagrammi dei momenti flettenti nelle varie fasi e coefficienti di utilizzo

Viadotto Molino Vecchio - RELAZIONE DI CALCOLO impalcato

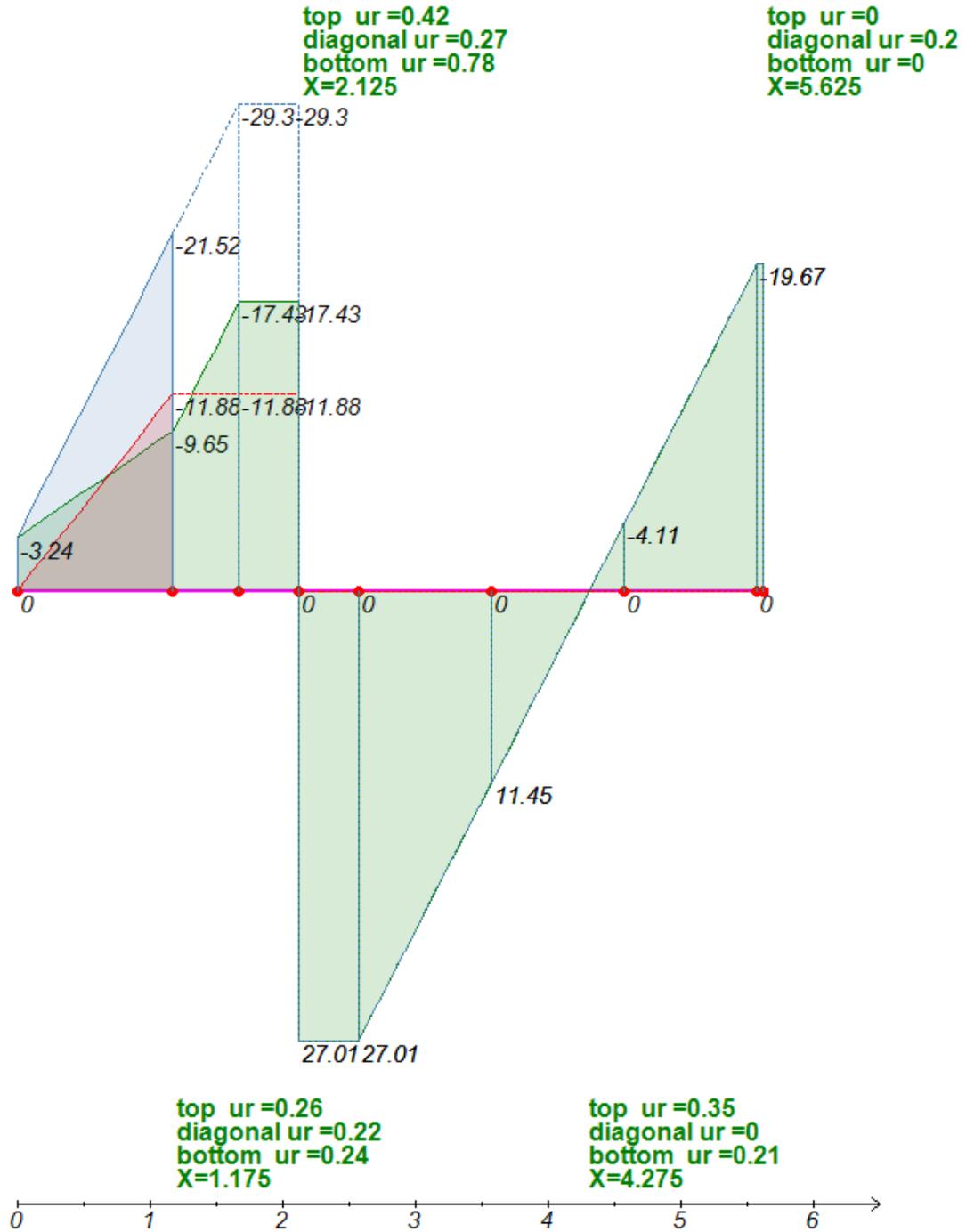
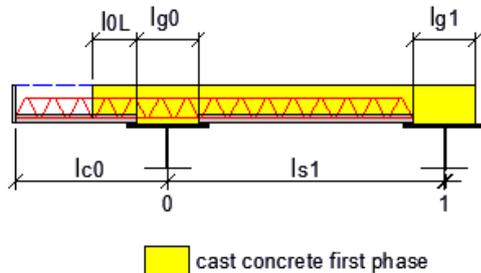


Figura 10.3: Diagrammi del taglio nelle varie fasi e coefficienti di utilizzo

Seguono i tabulati con i dettagli del calcolo.

GEOMETRIA



Numero di sbalzi: 1
 Numero di campate: 1
 Luce della campata 1: $ls1=3.5$ m
 Lunghezza dello sbalzo di sinistra: $lc0=2.125$ m
 Varco tra le predelle su appoggio 0: $lg0=0.9$ m
 Varco tra le predelle su appoggio 1: $lg1=0.1$ m
 Tipologia di getto in 1^ fase: Getto del calcestruzzo in campata e su parte degli sbalzi
 Lunghezza del getto a SX dell'appoggio 0: $l0L=0.5$ m

PREDALLE

Spessore della predalle: $hcf=60$ mm
 Larghezza della predalle: $wpred=1200$ mm
 Numero di tralicci: $Nt=4$
 Altezza fuori tutto del traliccio: $htot=175$ mm
 Diametro delle barre del corrente superiore: $dtop=16$ mm
 Diametro delle barre del corrente inferiore: $dbot=12$ mm
 Diametro delle barre diagonali: $ddiag=10$ mm
 Passo degli elementi diagonali: $sdiag=200$ mm
 Interasse fra le barre del corrente inferiore: $sdbot=120$ mm
 Lunghezza delle saldature sul corrente superiore: $lwt=10$ mm
 Lunghezza delle saldature sul corrente inferiore: $lwb=10$ mm
 Copriferro: $c=0$ mm
 Numero di barre aggiuntive agli appoggi (intera predalle): $Nab=6$
 Diametro delle barre aggiuntive: $dab=24$ mm
 Momento di inerzia flessionale delle predalle (non fessurata): $Jypred=1.1619E+8$ mm⁴ ($yG=36.73$ mm)
 Momento di inerzia flessionale delle predalle (fessurata): $Jypred=6.9504E+7$ mm⁴ ($yG=81.76$ mm)
 Momento di inerzia flessionale della soletta: $Jyslab=2.7E+9$ mm⁴

MATERIALI

ACCIAIO

Tensione di snervamento caratteristica: $fyk=450$ 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 = 33346 N/mm²
 Coefficiente di omogeneizzazione acc/cls = 6.3
 Resistenza media a trazione $f_{ctm} = 3$ N/mm²

CARICHI CARATTERISTICI

Peso predalle: 2.038 kN/m
 Spessore del getto: $hcc=240$ mm
 Sovrasspessore del getto: $Dhcc=0$ 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: 0.415
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.272
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.781

SOLLECITAZIONI

Momento flettente MEd = -22.179 kNm (Intera predalle)
Taglio VEd = 27.009 kN (Intera predalle)
Ascissa X = 2.125 m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente NEd = 35.772 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 = -4.055 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 = -23.848 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: 0.198
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0

SOLLECITAZIONI

Momento flettente MEd = 0 kNm (Intera predalle)
Taglio VEd = 19.671 kN (Intera predalle)
Ascissa X = 5.625 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 = -2.953 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

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: 0.349
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.215

SOLLECITAZIONI

Momento flettente $M_{Ed} = 13.407$ kNm (Intera predalle)
Taglio $V_{Ed} = 0$ kN (Intera predalle)
Ascissa $X = 4.275$ m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di compressione agente $N_{Ed} = -20.818$ 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 $N_{Ed} = 10.409$ 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: 0.262
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.217
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.244

SOLLECITAZIONI

Momento flettente $M_{Ed} = -14.548$ kNm (Intera predalle)
Taglio $V_{Ed} = 21.523$ kN (Intera predalle)
Ascissa $X = 1.175$ m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente $N_{Ed} = 22.59$ 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 $N_{Ed} = -3.231$ 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 $N_{Ed} = -11.295$ kN

Sforzo normale resistente a compressione $NbRd = 46.267 \text{ kN}$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente $\chi_i = 1$
Coefficiente $\eta_i = 0.451$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 0 \text{ mm}$
Snellezza adimensionale $\lambda_{dasgn} = 0$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico $N_{cr} = +\text{Infinito kN}$

SPOSTAMENTI (SLS)

Momento di fessurazione: $M_f = 29.592 \text{ kNm}$

FASE 1

Spostamento minimo = 0 mm, $X = 2.08 \text{ m}$
Spostamento massimo = 4.7 mm, $X = 0 \text{ m}$

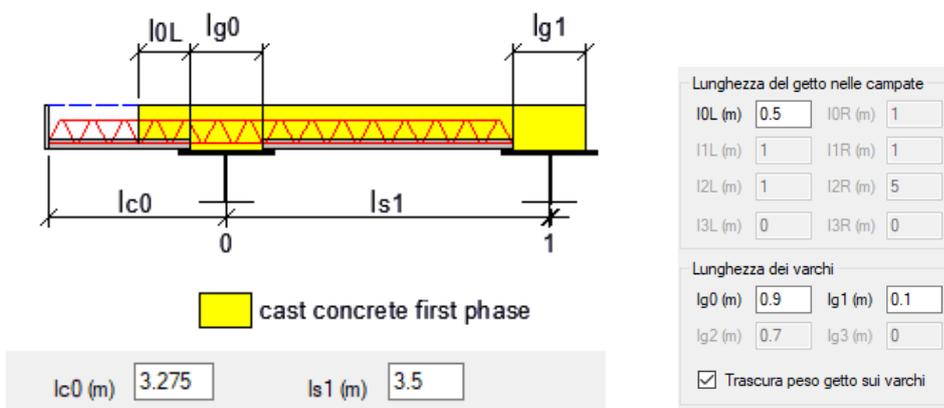
FASE 1 + FASE 2 (Rotazione agli appoggi bloccata)

Spostamento minimo = 0 mm, $X = 2.08 \text{ m}$
Spostamento massimo = 5.4 mm, $X = 0 \text{ m}$

10.1.2 Verifica delle predalle – campata in allargamento

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="0"/>
Carico estremità sbalzo (Fase 2) (kN/m)	<input type="text" value="2"/>
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 predalle.

La sezione trasversale delle predalle prefabbricate è riportata di seguito.

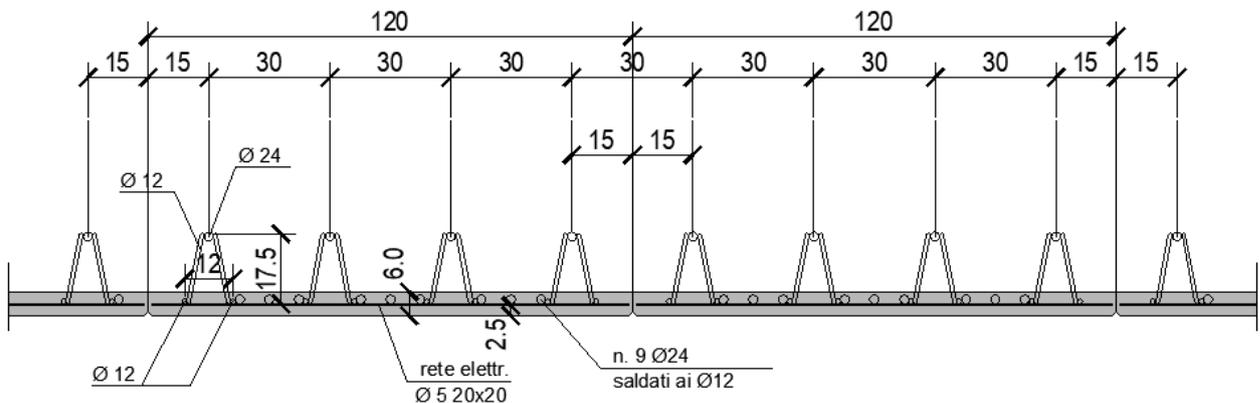


Figura 10.4: Sezione trasversale predalle

Il comportamento della predalle 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.

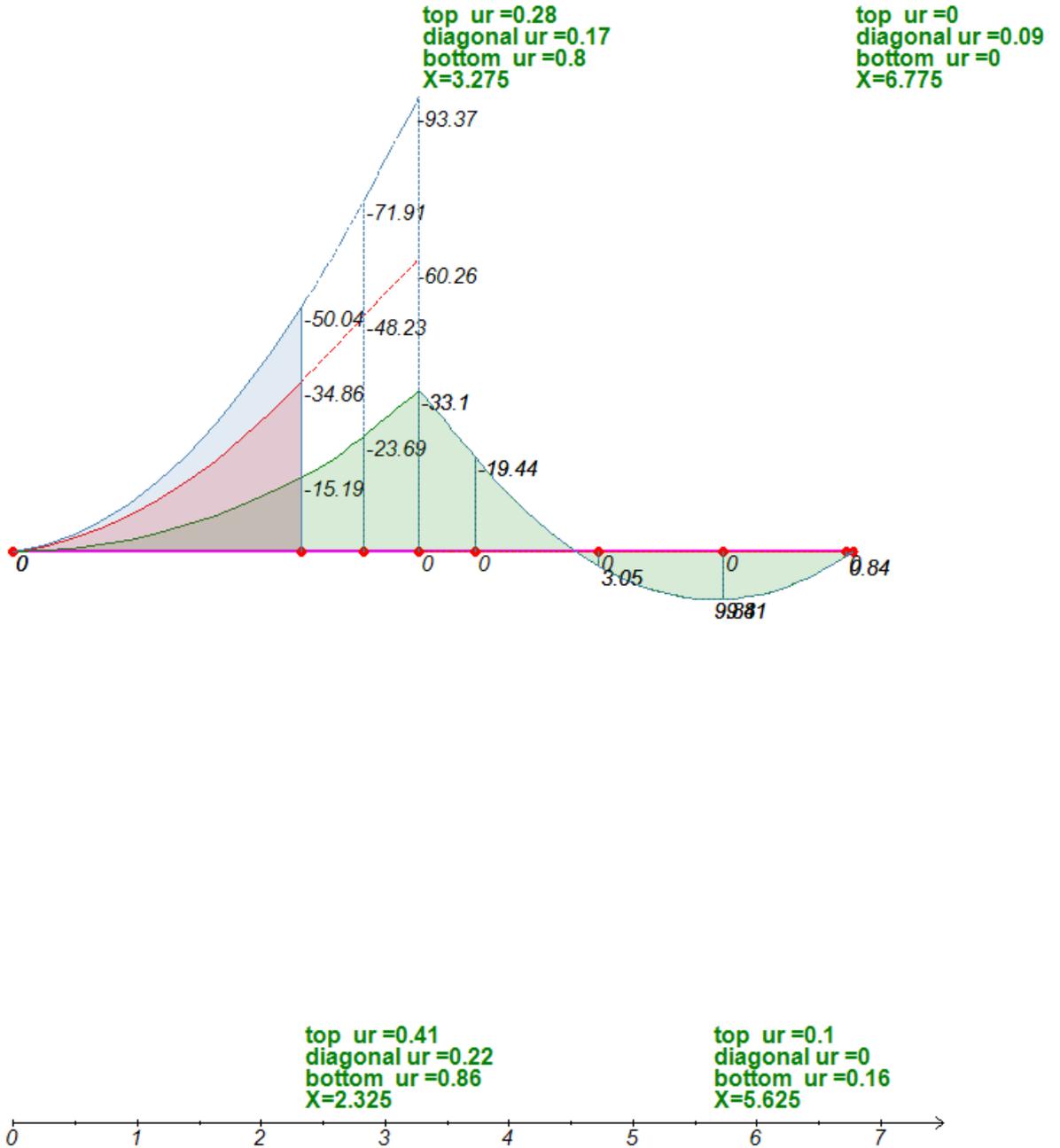


Figura 10.5: Diagrammi dei momenti flettenti nelle varie fasi e coefficienti di utilizzo

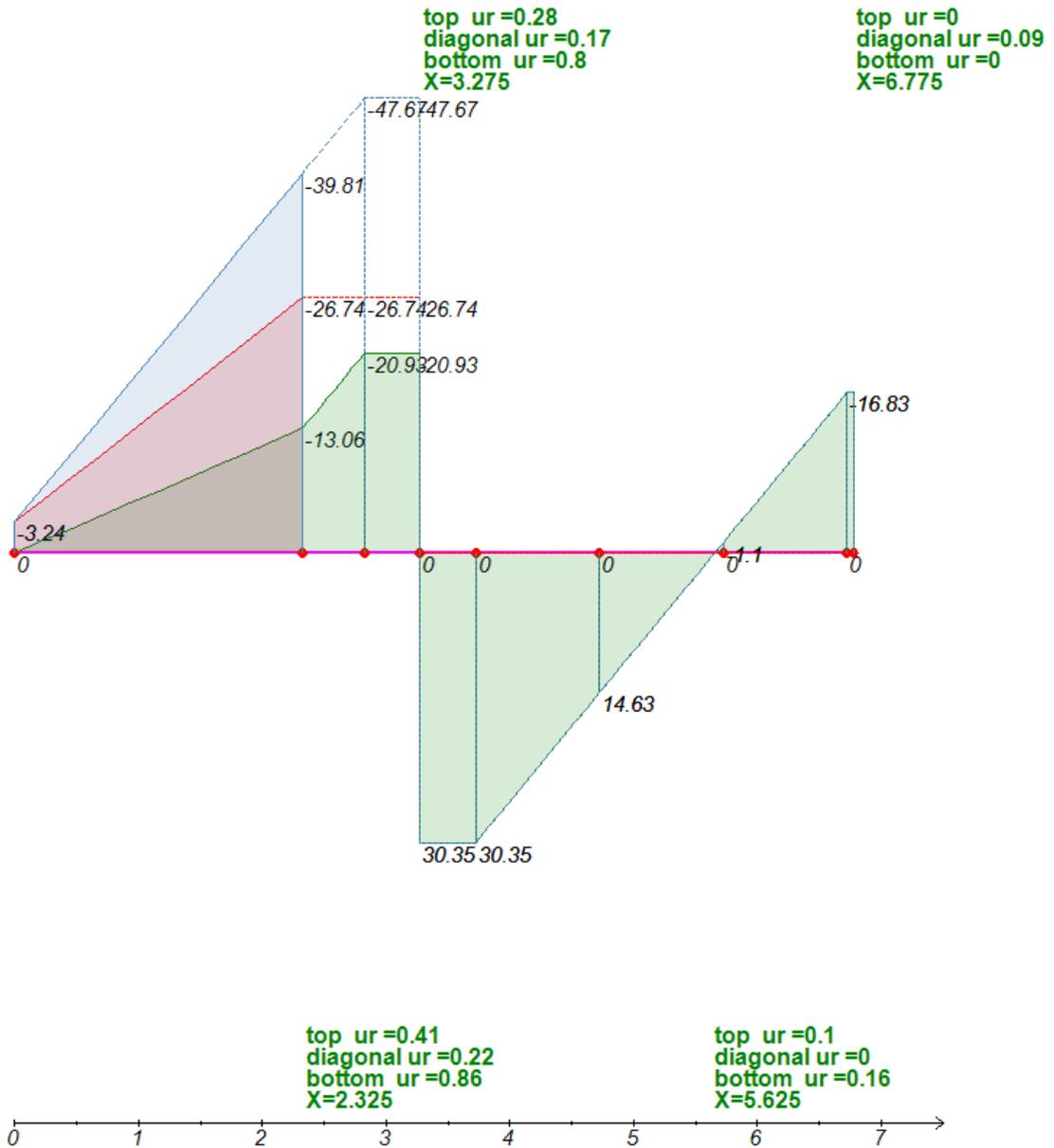
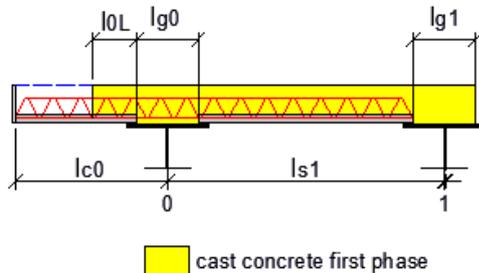


Figura 10.6: Diagrammi del taglio nelle varie fasi e coefficienti di utilizzo

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: $l_{c0}=3.275$ 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^ 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: $d_{top}=24$ mm
 Diametro delle barre del corrente inferiore: $d_{bot}=12$ mm
 Diametro delle barre diagonali: $d_{diag}=12$ 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): $N_{ab}=9$
 Diametro delle barre aggiuntive: $d_{ab}=24$ mm
 Momento di inerzia flessionale delle predalle (non fessurata): $J_{ypred}=2.0512E+8$ mm⁴ ($y_G=45.48$ mm)
 Momento di inerzia flessionale delle predalle (fessurata): $J_{ypred}=9.3632E+7$ mm⁴ ($y_G=110.67$ 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 = 33346 N/mm²
 Coefficiente di omogeneizzazione acc/cls = 6.3
 Resistenza media a trazione $f_{ctm} = 3$ N/mm²

CARICHI CARATTERISTICI

Peso predalle: 2.162 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: 0 kN/m
 Carico di estremità sbalzo in fase 2: 2 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: 0.283
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.169
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.798

SOLLECITAZIONI

Momento flettente MEd = -33.104 kNm (Intera predalle)
Taglio VEd = 30.354 kN (Intera predalle)
Ascissa X = 3.275 m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente NEd = 54.809 kN
Sforzo normale resistente a trazione NtRd=NpIRd= 193.881 kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di compressione agente NEd = -4.564 kN
Sforzo normale resistente a compressione NbRd = 26.973 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente chi = 0.583
Coefficiente fi = 1.108 rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione l0 = 188.852 mm
Snellezza adimensionale lambdasgn = 0.928
Fattore di imperfezione (curva c) alfa = 0.49 rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico Ncr = 59.152 kN

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Strato di armature efficaci: Barre aggiuntive
Sforzo di compressione agente NEd = -24.359 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: 0.094
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0

SOLLECITAZIONI

Momento flettente MEd = 0 kNm (Intera predalle)
Taglio VEd = 16.83 kN (Intera predalle)
Ascissa X = 6.775 m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di compressione agente NEd = 0 kN
Sforzo normale resistente a compressione NbRd = 159.432 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente chi = 0.861
Coefficiente fi = 0.674 rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione l0 = 190 mm
Snellezza adimensionale lambdasgn = 0.467
Fattore di imperfezione (curva c) alfa = 0.49 rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico Ncr = 935.032 kN

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di compressione agente NEd = -2.531 kN
Sforzo normale resistente a compressione NbRd = 26.973 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente chi = 0.583

Coefficiente $f_i = 1.108$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 188.852$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{dasgn} = 0.928$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico $N_{cr} = 59.152$ kN

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di trazione agente $N_{Ed} = 0$ kN
Sforzo normale resistente a trazione $N_{tRd} = N_{pIRd} = 193.881$ kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

VERIFICA SLU PER SEZIONE CAMPATA (MEd max)

Coefficiente di utilizzo del corrente superiore: 0.098
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.162

SOLLECITAZIONI

Momento flettente $M_{Ed} = 9.839$ kNm (Intera predalle)
Taglio $V_{Ed} = 0$ kN (Intera predalle)
Ascissa $X = 5.625$ m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di compressione agente $N_{Ed} = -15.667$ kN
Sforzo normale resistente a compressione $N_{bRd} = 159.432$ kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente $\chi = 0.861$
Coefficiente $f_i = 0.674$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 190$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{dasgn} = 0.467$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico $N_{cr} = 935.032$ kN

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di trazione agente $N_{Ed} = 0$ kN
Sforzo normale resistente a trazione $N_{tRd} = N_{pIRd} = 48.47$ kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di trazione agente $N_{Ed} = 7.834$ 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: 0.411
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.222
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.861

SOLLECITAZIONI

Momento flettente $M_{Ed} = -50.043$ kNm (Intera predalle)
Taglio $V_{Ed} = 39.808$ kN (Intera predalle)
Ascissa $X = 2.325$ m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente $N_{Ed} = 79.686$ kN
Sforzo normale resistente a trazione $N_{tRd} = N_{pIRd} = 193.881$ kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di compressione agente $N_{Ed} = -5.985$ kN
Sforzo normale resistente a compressione $N_{bRd} = 26.973$ kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente $\chi = 0.583$
Coefficiente $f_i = 1.108$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 188.852$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{dasgn} = 0.928$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico $N_{cr} = 59.152$ kN

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di compressione agente $N_{Ed} = -39.843$ kN
Sforzo normale resistente a compressione $N_{bRd} = 46.267$ kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)

Coefficiente $\chi_i = 1$
Coefficiente $f_i = 0.451$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 0$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{\text{adgn}} = 0$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico $N_{cr} = +\text{Infinito}$ kN

SPOSTAMENTI (SLS)

Momento di fessurazione: $M_f = 28.728$ kNm

FASE 1

Spostamento minimo = -0.2 mm, $X = 3.72$ m

Spostamento massimo = 12.6 mm, $X = 0$ m

FASE 1 + FASE 2 (Rotazione agli appoggi bloccata)

Spostamento minimo = -0.2 mm, $X = 3.72$ m

Spostamento massimo = 19.1 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 (dove è presente l'allargamento), 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.

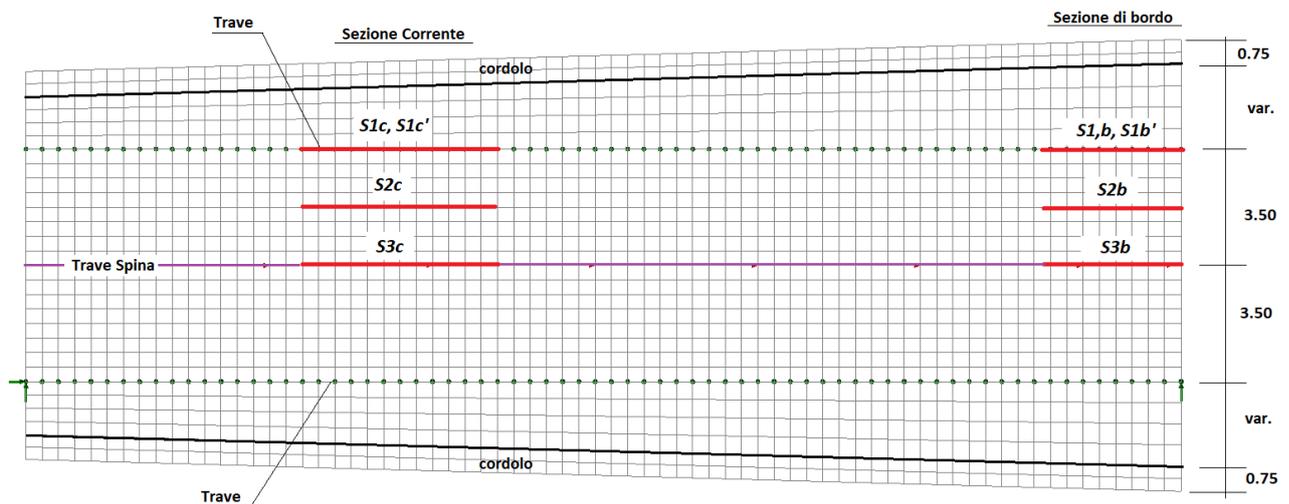


Figura 10.7: Geometria del modello con i vincoli ed evidenziati i punti oggetto di analisi

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:

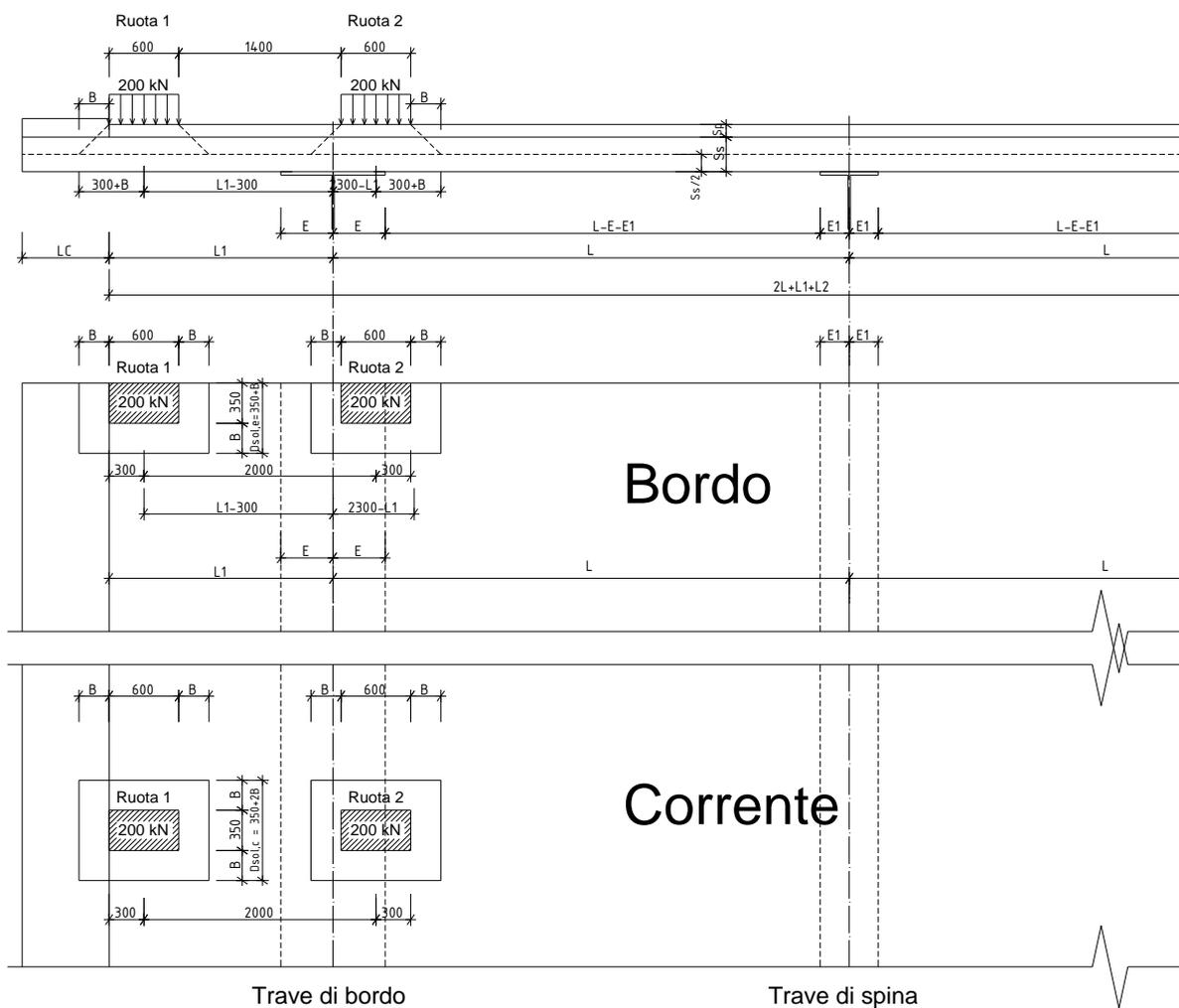


Figura 10.8: Pos. 1 Carico da traffico LM2 a filo cordolo

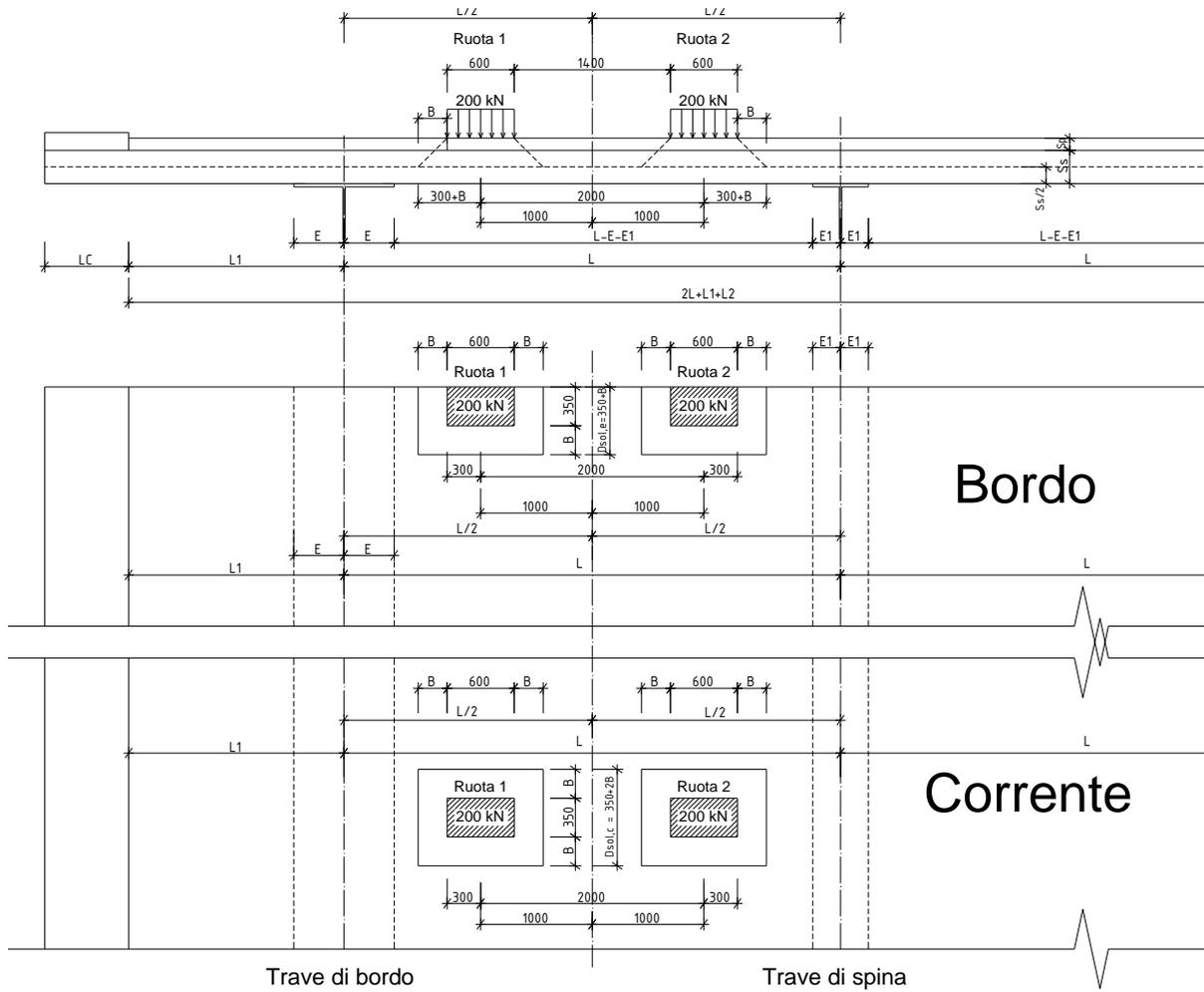


Figura 10.9: Pos. 2 Carico da traffico LM2 in asse campata

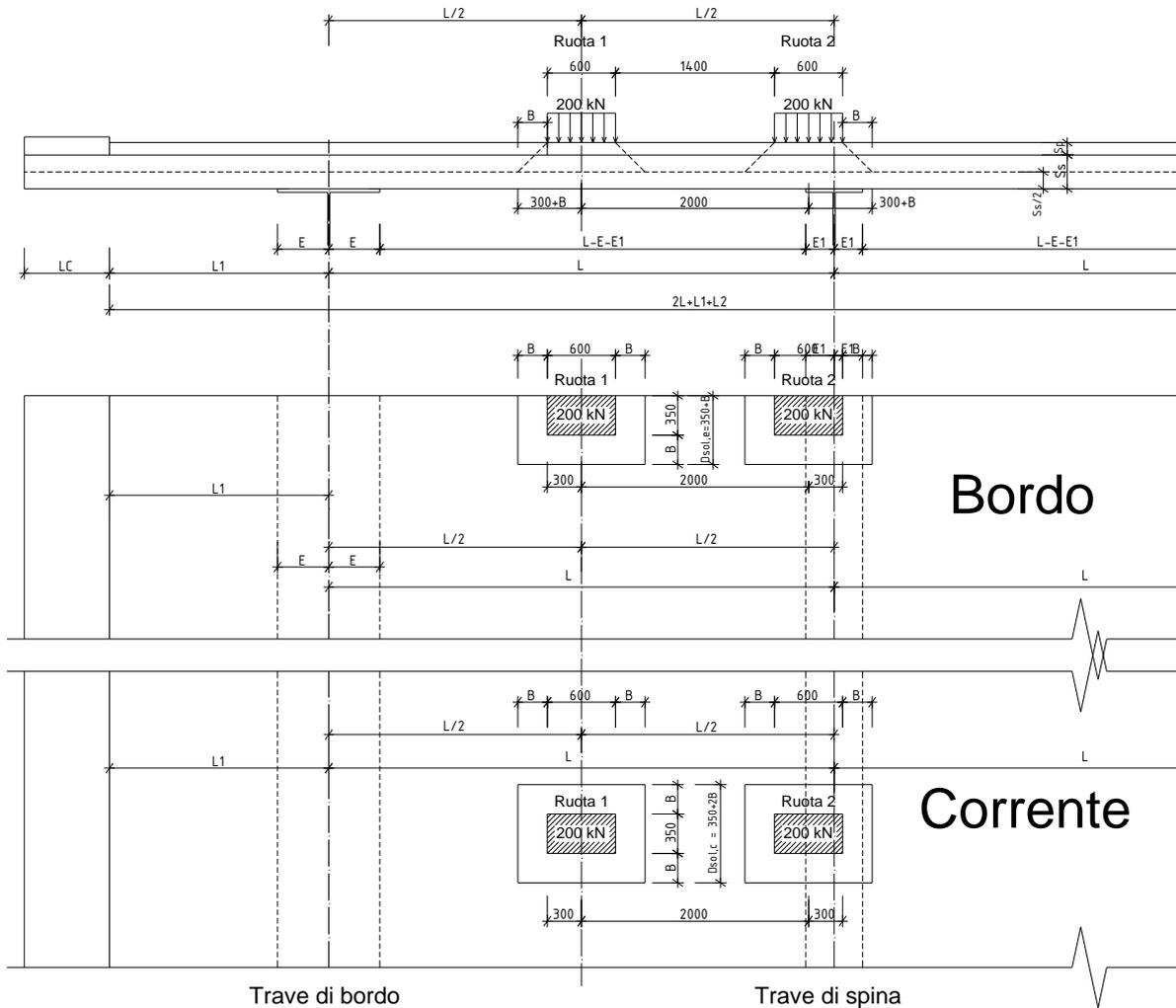


Figura 10.10: Pos. 3 Singola ruota carico da traffico LM2 in asse campata

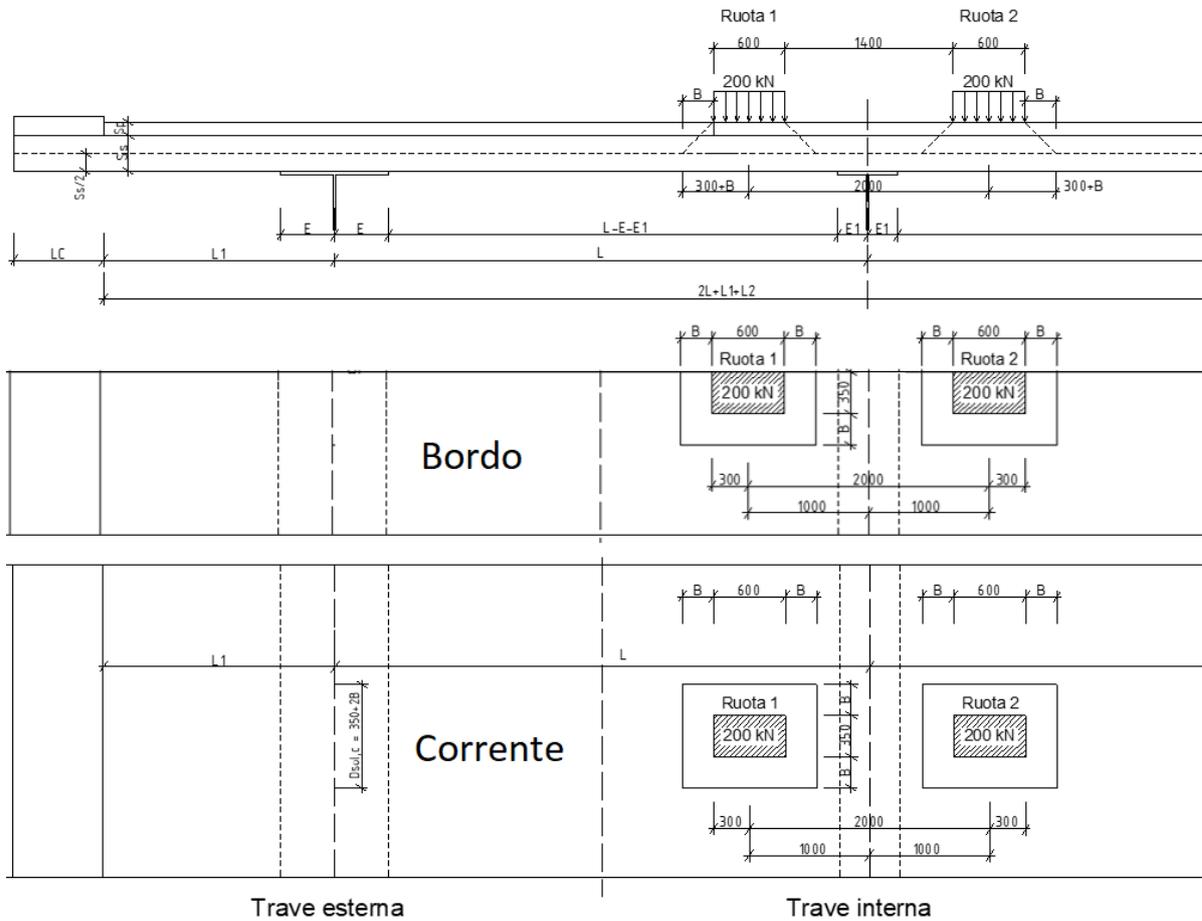


Figura 10-11: Pos. 4 Carico da traffico LM2 in asse trave interna

Azione del vento sugli elementi marginali

Si è considerata l'azione del vento agente in direzione trasversale (+/-Y) su veicolo, a ponte carico (Vento_Y), applicato nel seguente modo:

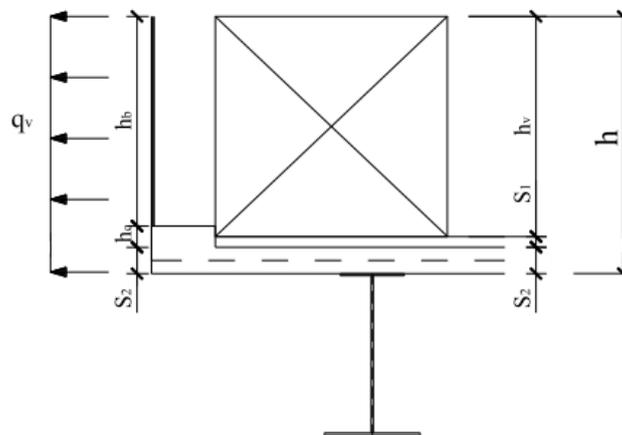


Figura 10.12: Altezze di calcolo per il vento

Nel caso in esame il vento impatta sulla sagoma del veicolo per cui si è considerata una altezza della superficie esposta complessiva di 3.0 m, ed una eccentricità dell'azione del vento rispetto al piano medio della soletta pari a 1.76 m (= 3.00/2 + 0.11 + 0.15). La pressione del vento è pari a 2058 N/m², e quindi la risultante è pari a:

$$\text{Forza orizzontale} = 2058 \cdot 3.0 = 6174 \text{ N/m}$$

$$\text{Momento torcente} = 6174 \cdot 1.76 = 10866 \text{ Nm/m}$$

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:

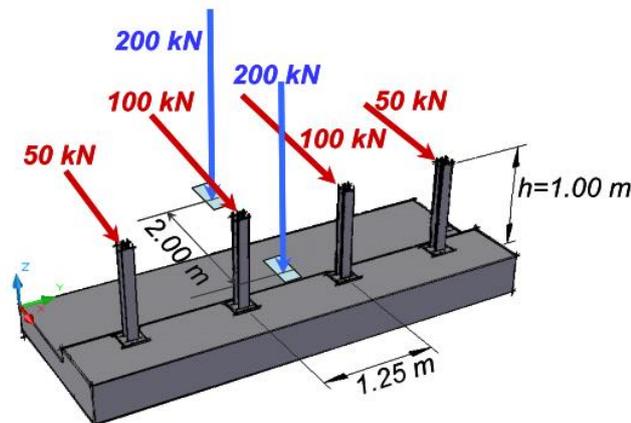


Figura 10.13: Schema di azioni per l'urto dei veicoli

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:

$$L_{\text{integ}} = A + 2*B + 2*C = 3.87 \text{ m su tutta la soletta eccetto gli sbalzi};$$

$$= 3.87 \text{ m sugli sbalzi}$$

Dove:

$$A = 1.2 + 0.4 = 1.6 \text{ m}$$

$$B = S_p + S_s / 2 = 0.11 + 0.3 / 2 = 0.26 \text{ m}$$

$$C = L / 4 = 3.5 / 4 = 0.875 \text{ m}$$

$$= L_1 - 0.5 \text{ m} = 1.375 - 0.5 = 0.875 \text{ m}$$

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:

$$L_{\text{integ}} = 1.25 + 2*(1.375 - 0.3) = 3.40 \text{ m} \quad (1.25 \text{ m interasse montanti barriera})$$

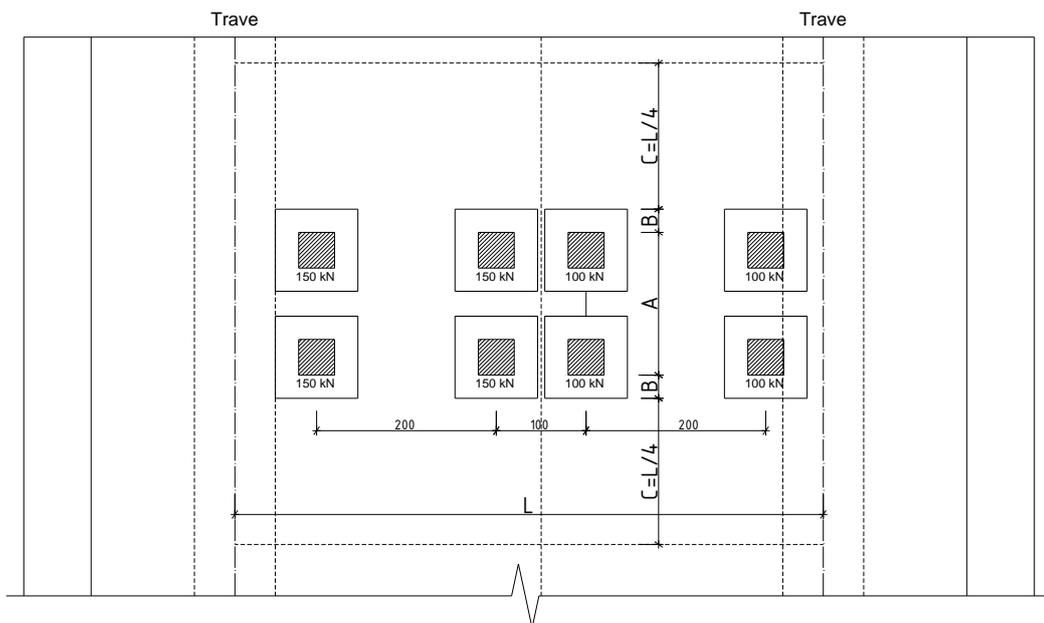


Figura 10-14: Schema per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni (esclusi sbalzi)

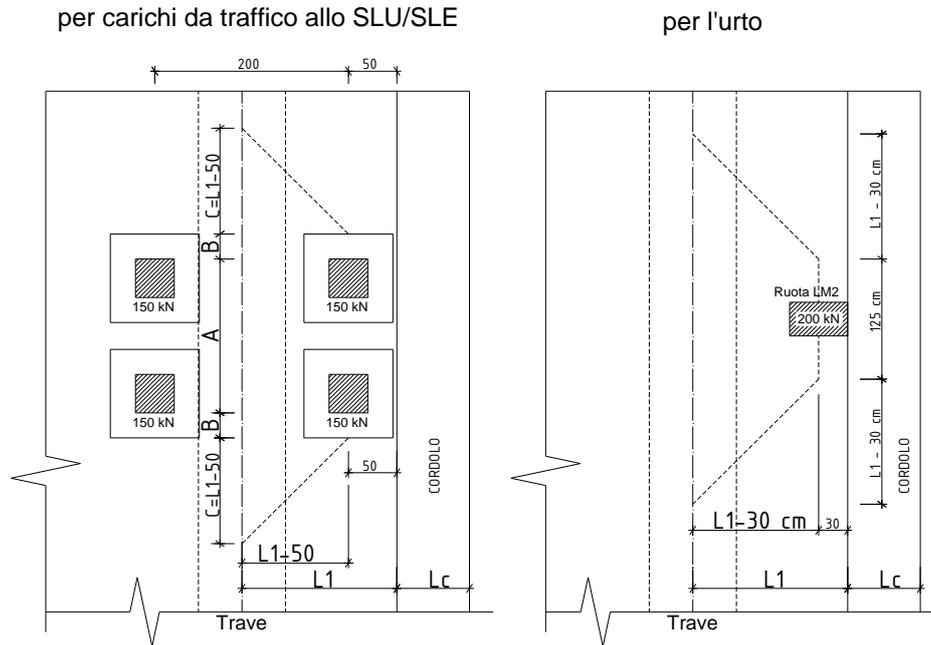


Figura 10-15: Schema per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni sugli sbalzi

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.

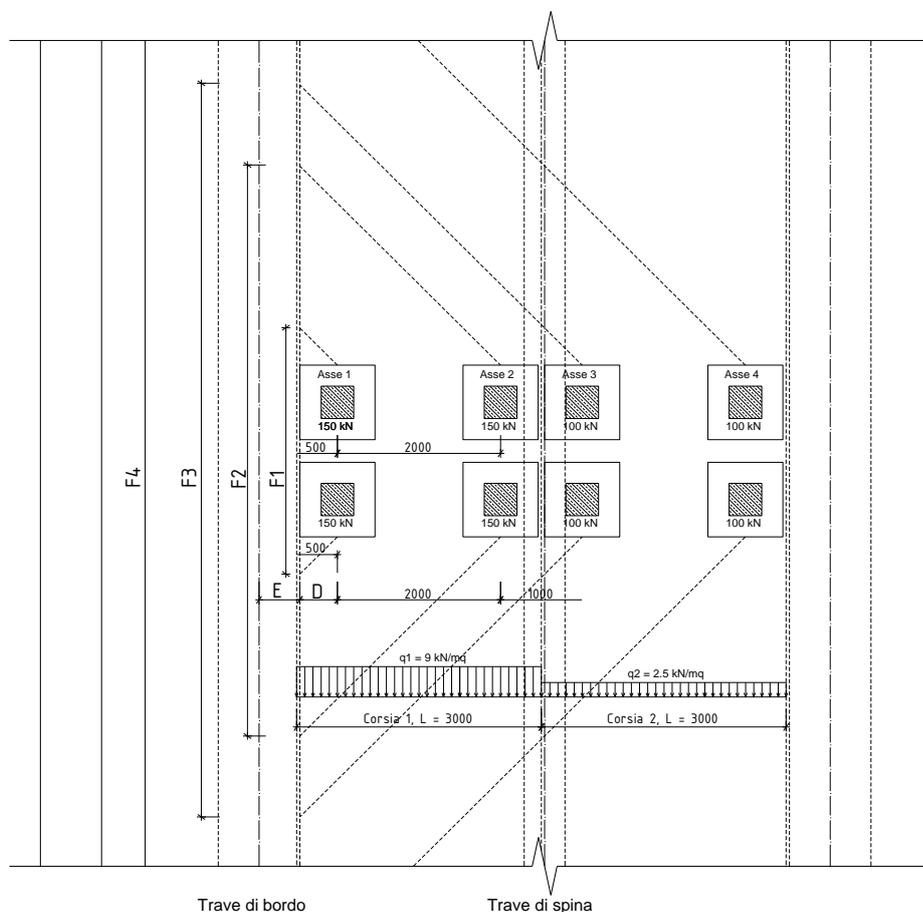


Figura 10-16: Schema per individuare la larghezza di distribuzione delle azioni di taglio nelle sezioni a filo travi, per carico LM1

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	30.08					30.08 kN/m	1	1.35	40.61
T totale									184.77

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	30.08					30.08 kN/m		1	1.35	40.61
T totale										176.29

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	184.77
Corrente, trave di bordo - lato campata	LM1	236.41

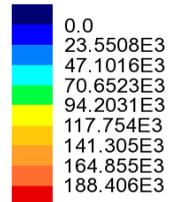
Nella tabella seguente vengono riportati i valori delle sollecitazioni massime M_{Ed} e N_{Ed} , agenti su sezioni larghe 1 m, derivanti dalle operazioni di integrazione descritte in precedenza ($M_{Ed} = M_{Slice}/L_{integ}$, $N_{Ed} = N_{Slice}/L_{integ}$), nelle ultime due colonne vengono riportate 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	-23080	693600	3.870	-5964	179225	596	-17922
	S1c Slice 1 Mmin	SLU	-113600	93810	3.870	-19238	24240	1924	-2424
	S1cp Slice 1 Mmax	Comb. Eccezionale	187700	434000	3.400	55206	127647	-5521	-12765
	S1cp Slice 1 Mmin	Comb. Eccezionale	926	156400	3.400	272	46000	-27	-4600
	S1c Slice 1 Mmax	SLE Rara	-18810	510900	3.870	-4860	132016	486	-13202
	S1c Slice 1 Mmin	SLE Rara	-81760	118200	3.870	-21127	30543	2113	-3054
	S1c Slice 1 Mmax	SLE Freq	-25190	391000	3.870	-6509	101034	651	-10103
	S1c Slice 1 Mmin	SLE Freq	-38390	155000	3.870	-5982	40052	598	-4005
Sez. corrente Tr .Bordo	S2c Slice 1 Mmax	SLU	13910	173900	3.870	3594	44935	-359	-4494
	S2c Slice 1 Mmin	SLU	-304900	-261900	3.870	-78786	-67674	7879	6767
	S2c Slice 1 Mmax	SLE Rara	8595	127400	3.870	2221	32920	-222	-3292
	S2c Slice 1 Mmin	SLE Rara	-218400	-188300	3.870	-56434	-48656	5643	4866
	S2c Slice 1 Mmax	SLE Freq	-7323	88420	3.870	-1892	22848	189	-2285
	S2c Slice 1 Mmin	SLE Freq	-132600	-117300	3.870	-34264	-30310	3426	3031
	S2c Slice 1 Mmax	SLE Freq	-132600	-117300	3.870	-34264	-30310	3426	3031
Sez. corrente Tr. Spina	S3c Slice 1 Mmax	SLU	-93280	759	3.870	-24103	196	2410	-20
	S3c Slice 1 Mmin	SLU	-101700	-212600	3.870	-26279	-54935	2628	5494
	S3c Slice 1 Mmax	SLE Rara	-67800	-9744	3.870	-17519	-2518	1752	252
	S3c Slice 1 Mmin	SLE Rara	-76440	-157300	3.870	-19752	-40646	1975	4065
	S3c Slice 1 Mmax	SLE Freq	-38540	-19190	3.870	-9959	-4959	996	496
	S3c Slice 1 Mmin	SLE Freq	-49730	-120600	3.870	-12850	-31163	1285	3116

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.

Combining on: My
SLU_fond (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 201.953E3 at node 1626 of element 1690
Minimum -10.0042E3 at node 1034 of element 1099

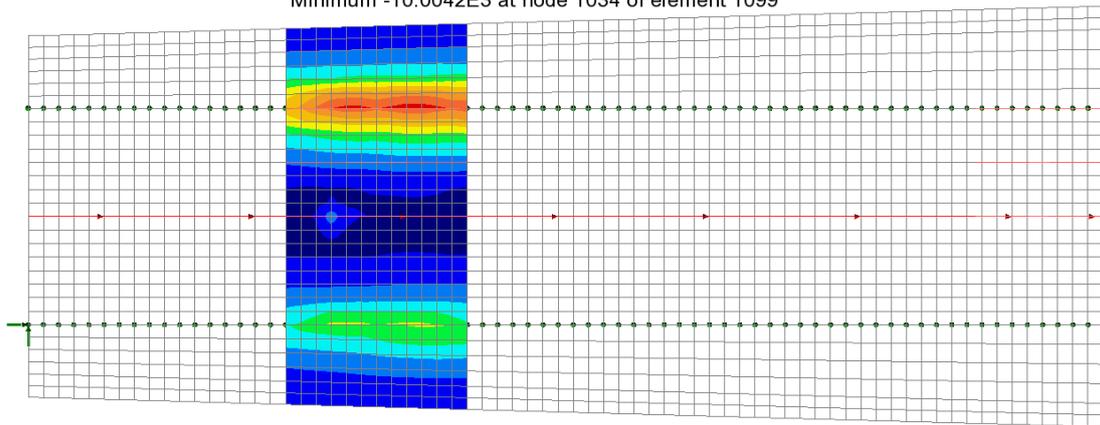
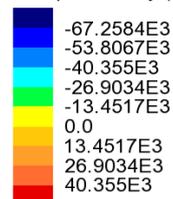


Figura 10.17: SLU fondamentale – Momento My (max)

Combining on: My
SLU_fond (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 42.4373E3 at node 462 of element 398
Minimum -78.6279E3 at node 1329 of element 1323

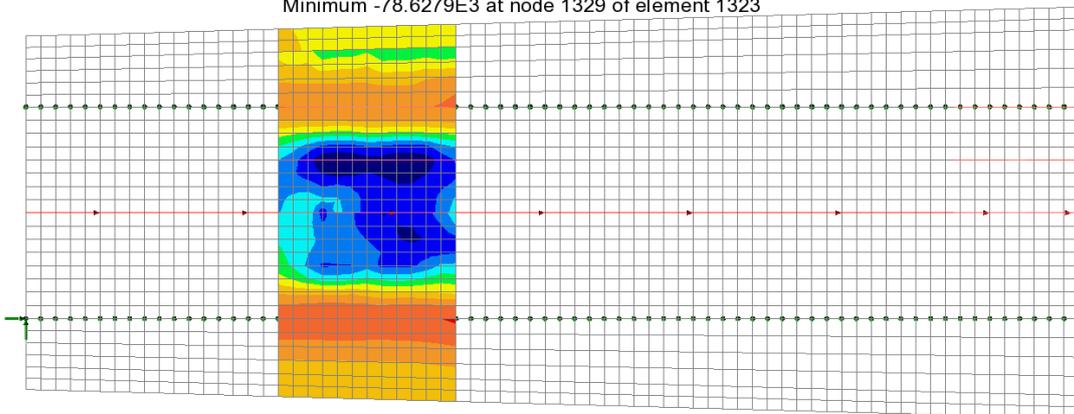


Figura 10.18: SLU fondamentale – Momento My (min)

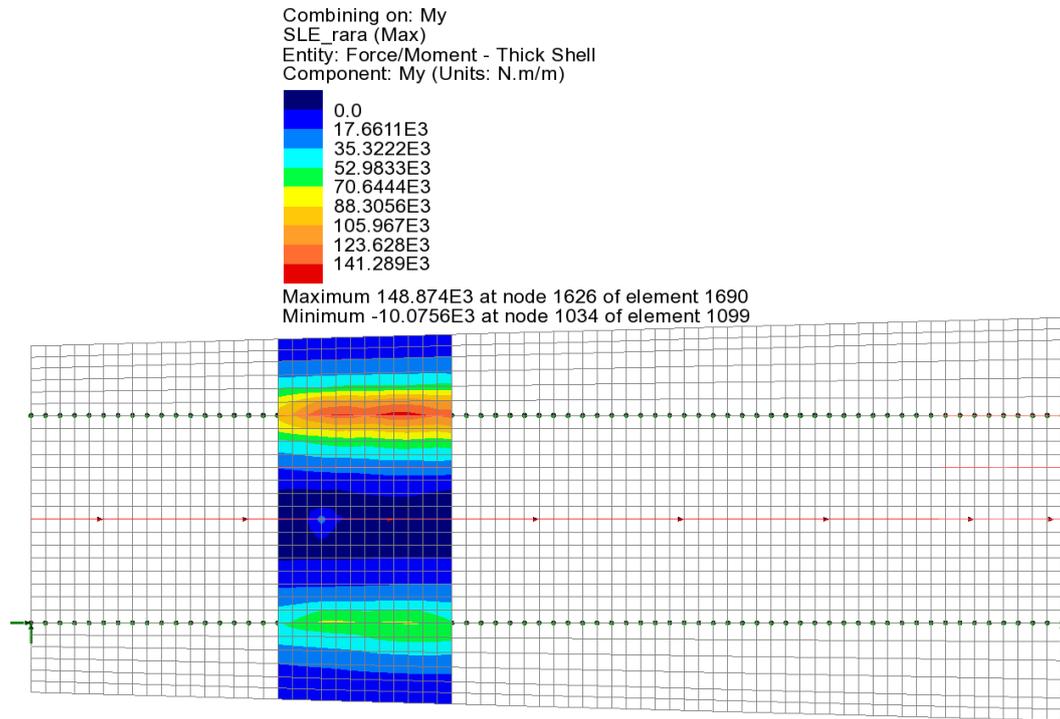


Figura 10.19: SLE rara – Momento My (max)

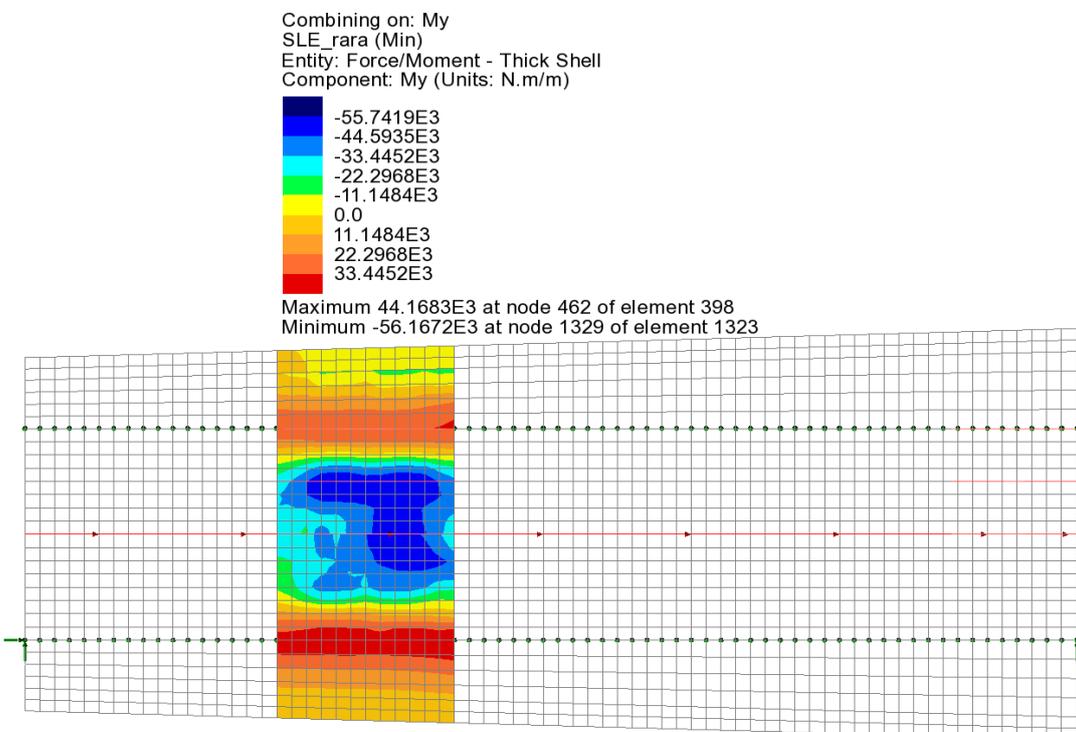


Figura 10.20: SLE rara – Momento My (min)

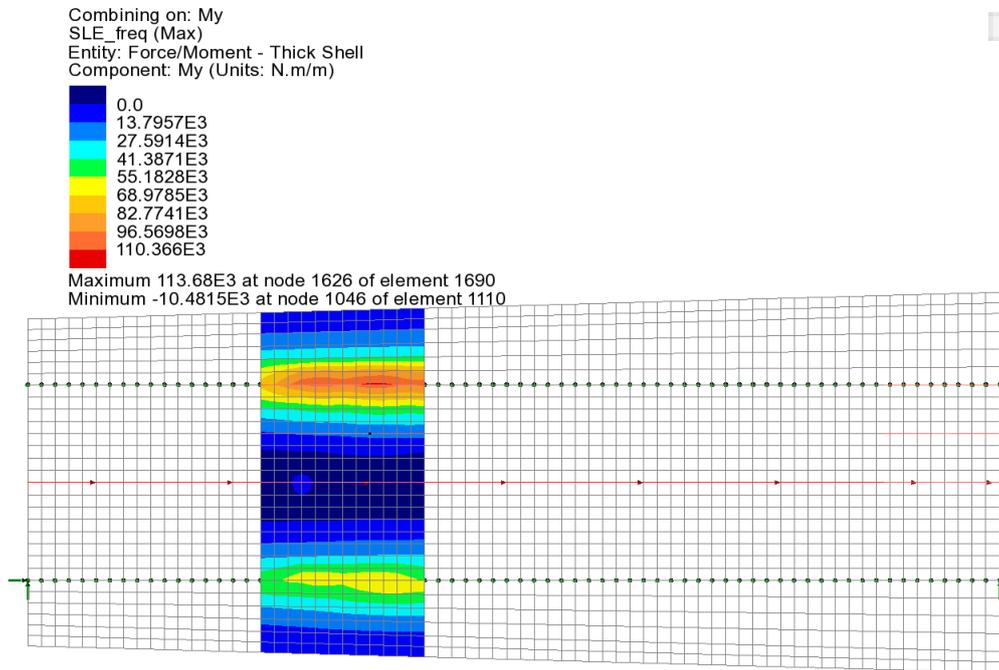


Figura 10.21: SLE frequente – Momento My (max)

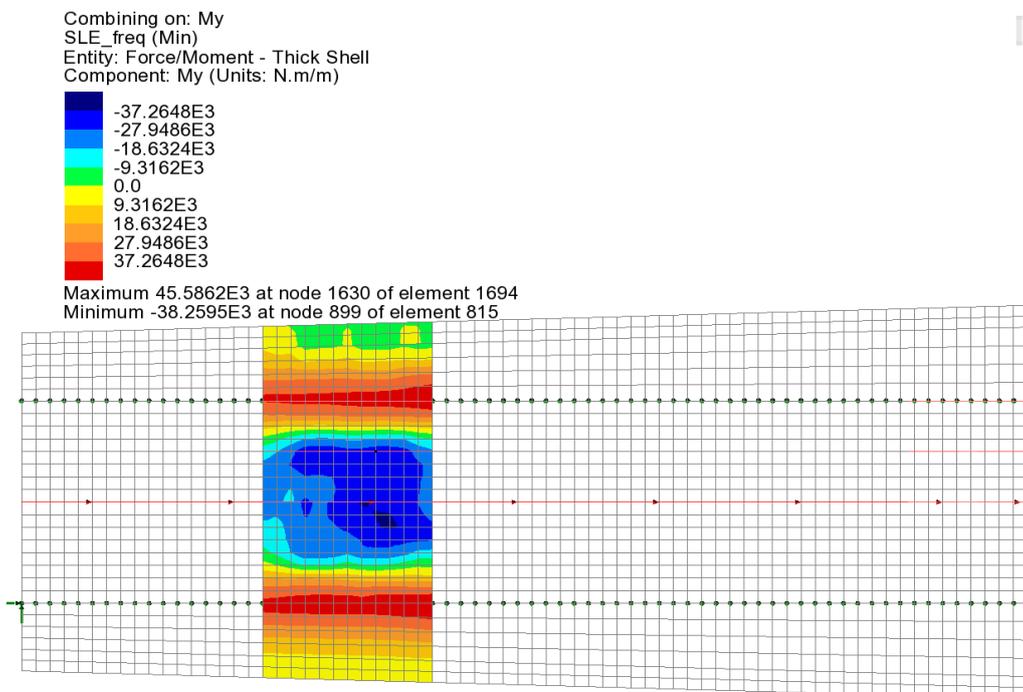
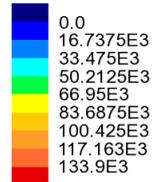


Figura 10.22: SLE frequente – Momento My (min)

Combining on: My
Comb_Eccezionale (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 139.571E3 at node 1622 of element 1686
Minimum -11.0669E3 at node 1046 of element 968

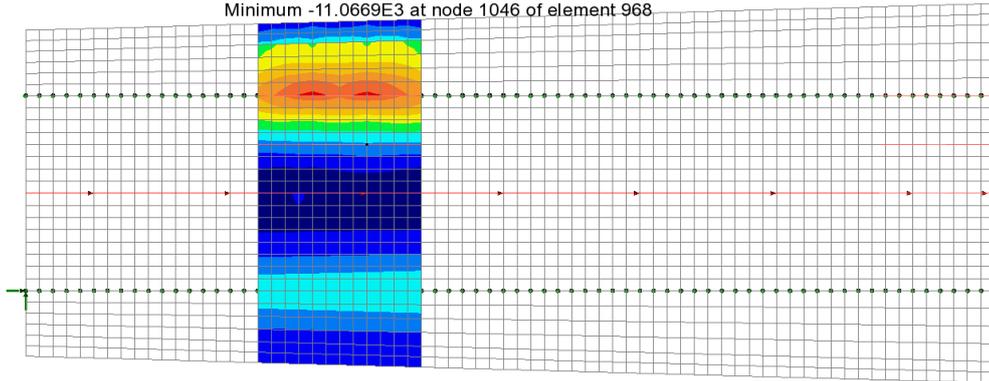
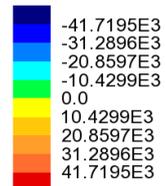


Figura 10.23: SLU eccezionale – Momento My (max)

Combining on: My
Comb_Eccezionale (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 49.4066E3 at node 1630 of element 1623
Minimum -44.4622E3 at node 1037 of element 1101

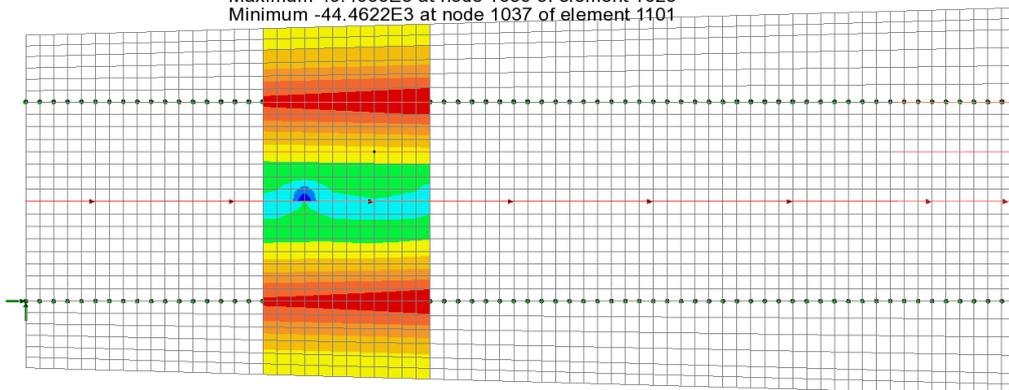


Figura 10.24: SLU eccezionale – Momento My (min)

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:

$$L_{\text{integ}} = A + B + C = 2.735 \text{ m su tutta la soletta eccetto gli sbalzi};$$

$$= 2.735 \text{ m sugli sbalzi}$$

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 previsto dalle linee guida ANAS; L luce fra le travi);

$$= L1 - 0.5 \text{ m} = 1.375 - 0.5 = 0.875 \text{ m}$$

per gli sbalzi (L1 luce sbalzo minima eccetto cordolo).

Per l'URTO:

$$L_{\text{integ}} = 1.25 + (1.375 - 0.3) = 2.325 \text{ m} \quad (1.25 \text{ m interasse montanti barriera})$$

Larghezza di integrazione in zona di bordo, all'interno

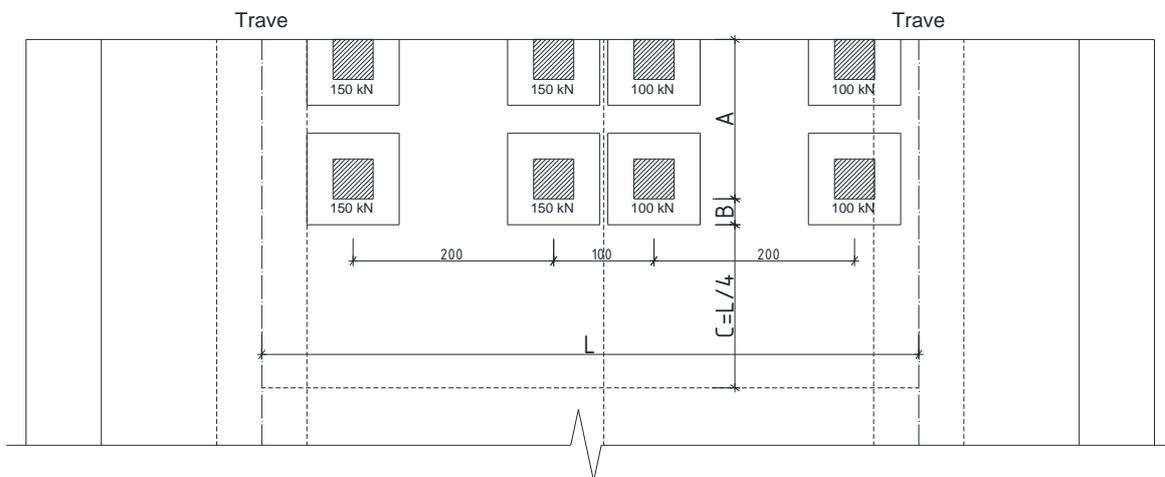


Figura 10.25: Schema per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni di “bordo” (esclusi sbalzi)

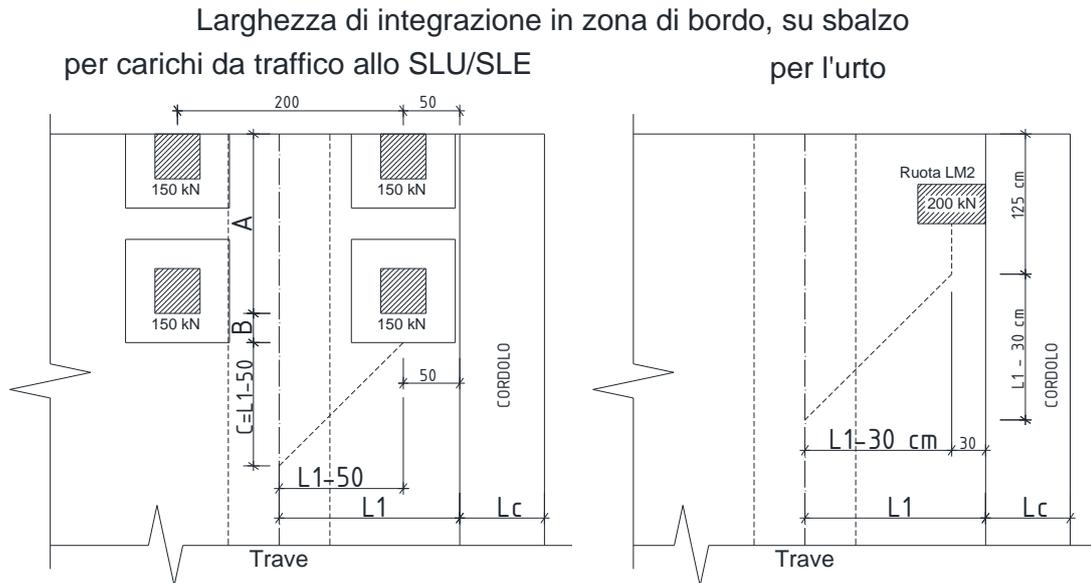


Figura 10.26: Schemi per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni di "bordo" sugli sbalzi

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 Fi 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 $F1 = A+B+D = 117\text{ cm}$.

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.

² "Linee guida per la progettazione di ponti e viadotti stradale a travata", Luglio 2013, ANAS Condirezione Generale Tecnica e Direzione Dentrale Progettazione.

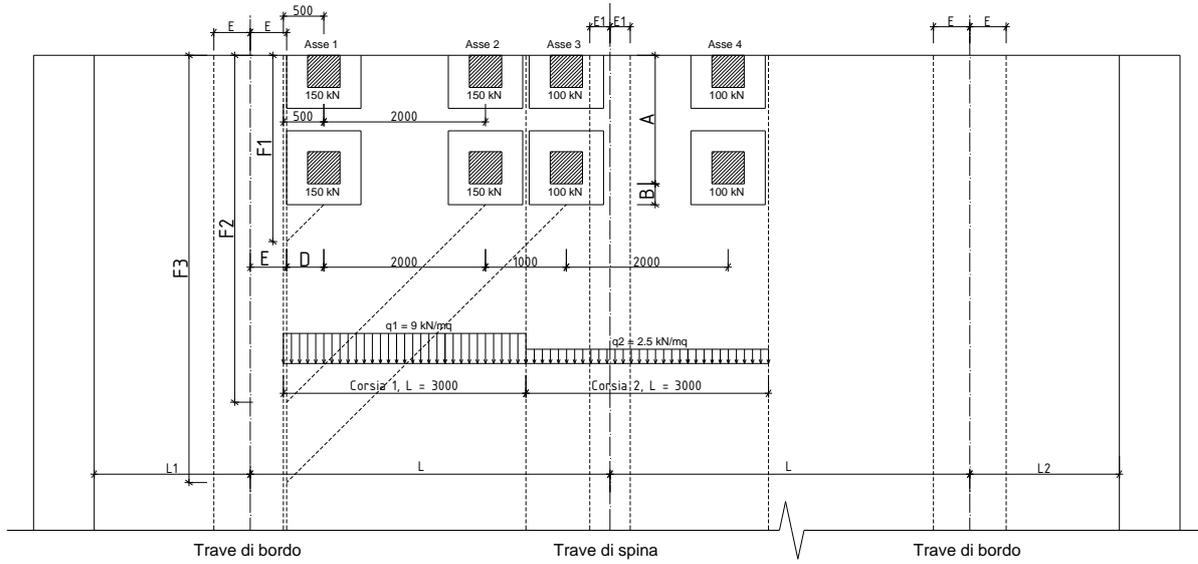


Figura 10.27: Schema di carico per il calcolo del taglio massimo in appoggio, lato campata (LM1)

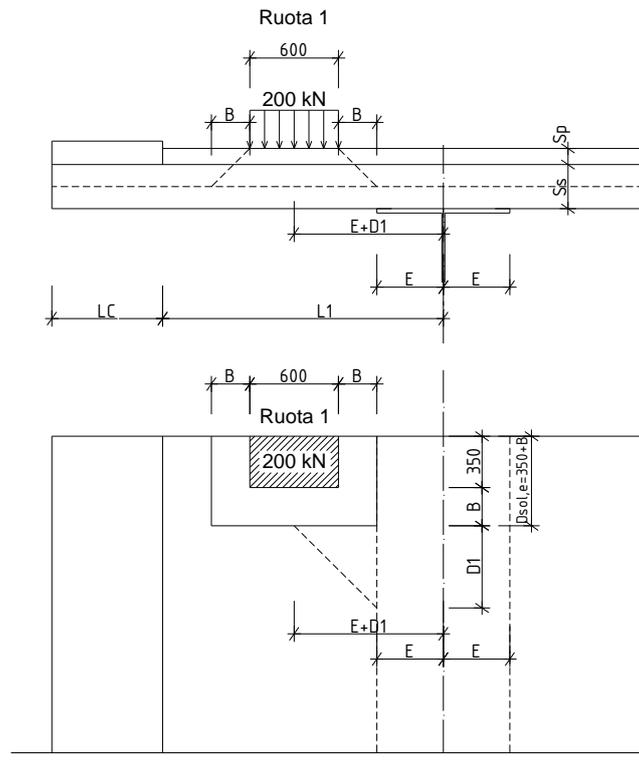


Figura 10.28: Schema di carico per il calcolo del taglio massimo in appoggio, lato sbalzo (LM2)

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	36.40					36.40 kN/m	1	1.35	49.14
T totale									290.30

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	36.40					36.40 kN/m	1	1.35	49.14
T totale									349.14

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	349.14
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 ($M_{Ed} = M_{Slice}/L_{integ}$, $N_{Ed} = N_{Slice}/L_{integ}$), 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. bordo Sbalzo	S1b Slice 1 Mmax	SLU	-39220	863100	2.735	-14340	315576	1434	-31558
	S1b Slice 1 Mmin	SLU	-120200	93410	2.735	-43949	34154	4395	-3415
	S1bp Slice 1 Mmax	Comb. Eccezionale	284800	492500	2.325	122495	211828	-12249	-21183
	S1bp Slice 1 Mmin	Comb. Eccezionale	10510	145200	2.325	4520	62452	-452	-6245
	S1b Slice 1 Mmax	SLE Rara	-31440	637500	2.735	-11495	233090	1150	-23309
	S1b Slice 1 Mmin	SLE Rara	-78980	117300	2.735	-28878	42888	2888	-4289
	S1b Slice 1 Mmax	SLE Freq	-36940	484700	2.735	-13506	177221	1351	-17722
	S1b Slice 1 Mmin	SLE Freq	-30000	148500	2.735	-10969	54296	1097	-5430
Sez. bordo Tr. Bordo	S2b Slice 1 Mmax	SLU	147400	339200	2.735	53894	124022	-5389	-12402
	S2b Slice 1 Mmin	SLU	-415200	-184700	2.735	-151810	-67532	15181	6753
	S2b Slice 1 Mmax	SLE Rara	106100	250300	2.735	38793	91517	-3879	-9152
	S2b Slice 1 Mmin	SLE Rara	-296400	-130700	2.735	-108373	-47788	10837	4779
	S2b Slice 1 Mmax	SLE Freq	59310	182200	2.735	21686	66618	-2169	-6662
	S2b Slice 1 Mmin	SLE Freq	-176700	-77720	2.735	-64607	-28417	6461	2842
Sez. bordo Tr. Spina	S3b Slice 1 Mmax	SLU	-325800	48360	2.735	-119122	17682	11912	-1768
	S3b Slice 1 Mmin	SLU	108200	-192200	2.735	39561	-70274	-3956	7027
	S3b Slice 1 Mmax	SLE Rara	-229100	25460	2.735	-83766	9309	8377	-931
	S3b Slice 1 Mmin	SLE Rara	75850	-142100	2.735	27733	-51956	-2773	5196
	S3b Slice 1 Mmax	SLE Freq	-125800	5875	2.735	-45996	2148	4600	-215
	S3b Slice 1 Mmin	SLE Freq	30720	-109200	2.735	11232	-39927	-1123	3993

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.

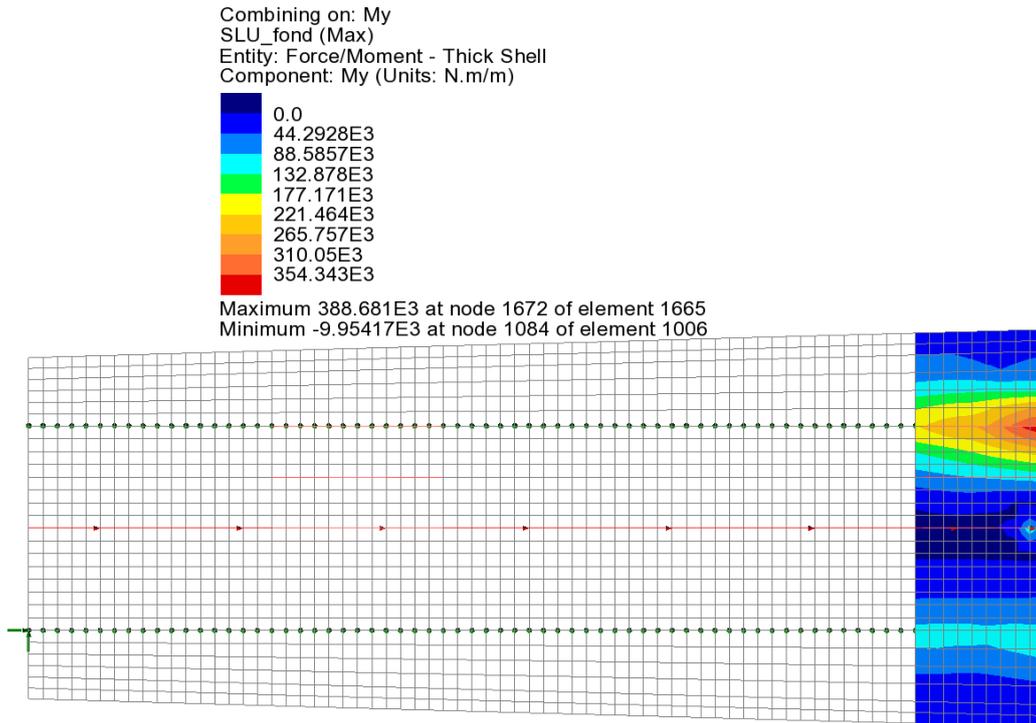


Figura 10.29: SLU fondamentale – Momento My (max)

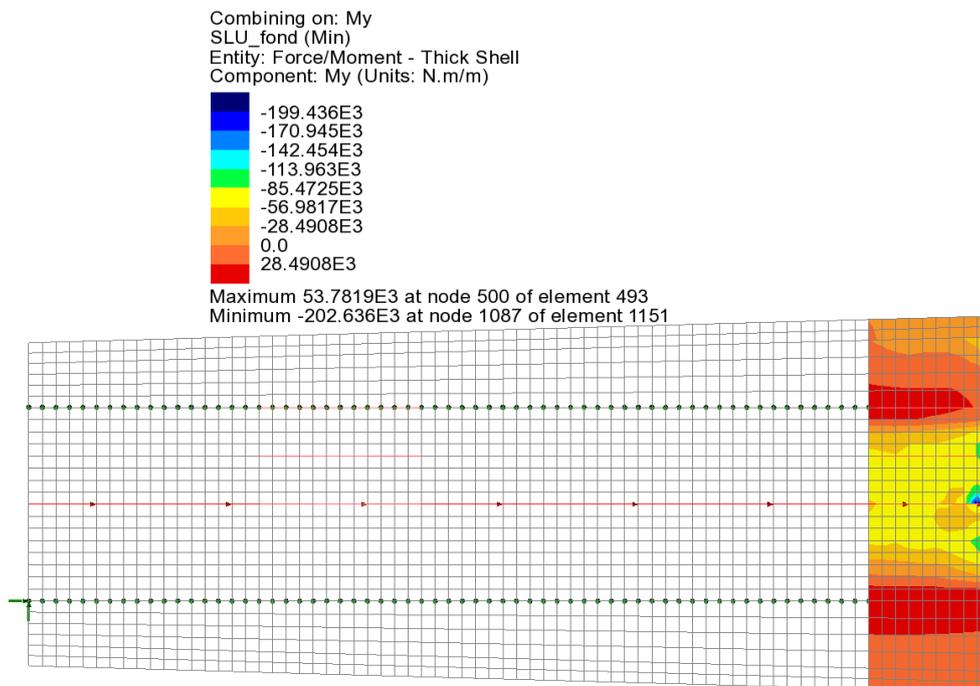


Figura 10.30: SLU fondamentale – Momento My (min)

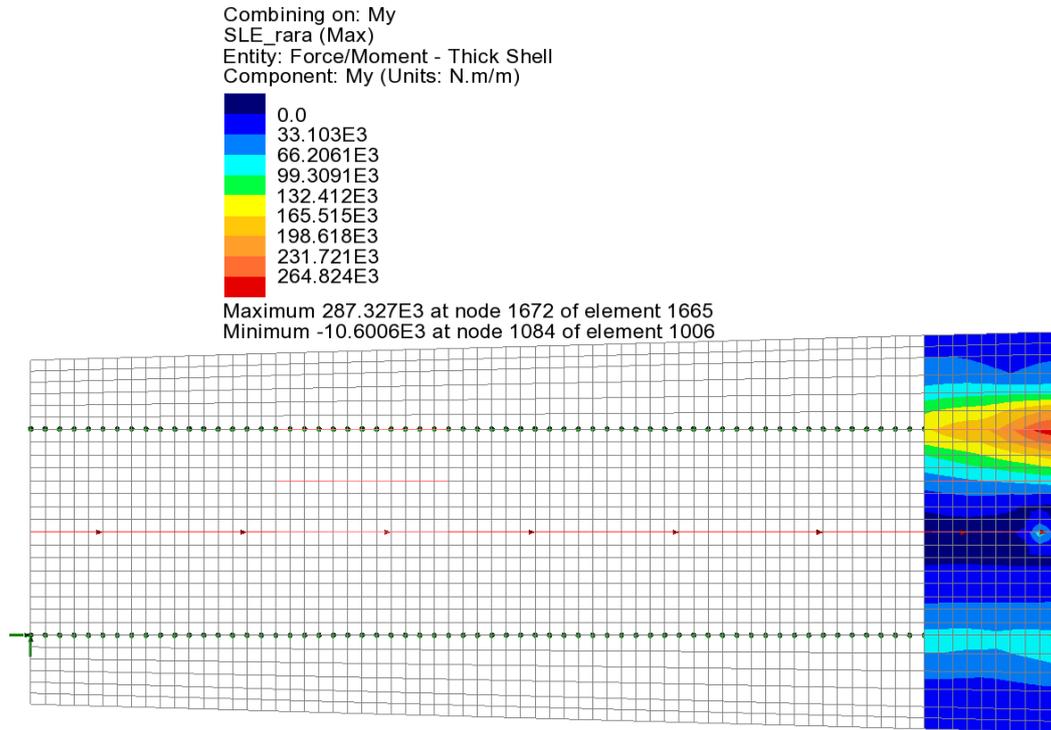


Figura 10.31: SLE rara – Momento My (max)

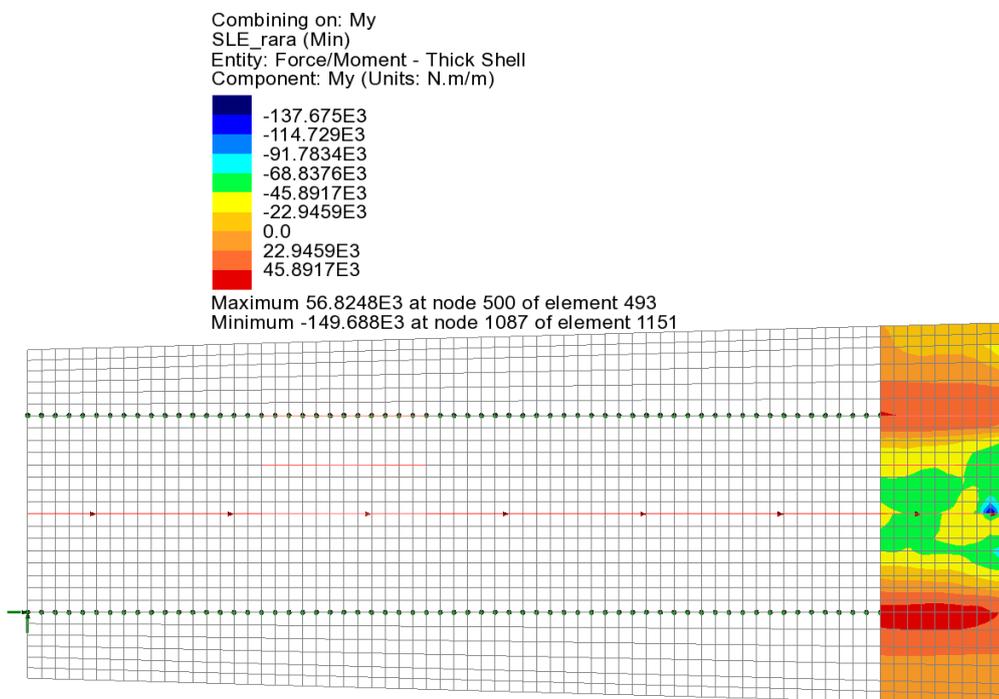
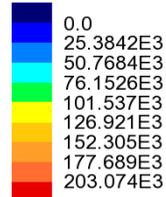


Figura 10.32: SLE rara – Momento My (min)

Combining on: My
SLE_freq (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 217.058E3 at node 1672 of element 1665
Minimum -11.3998E3 at node 1084 of element 1006

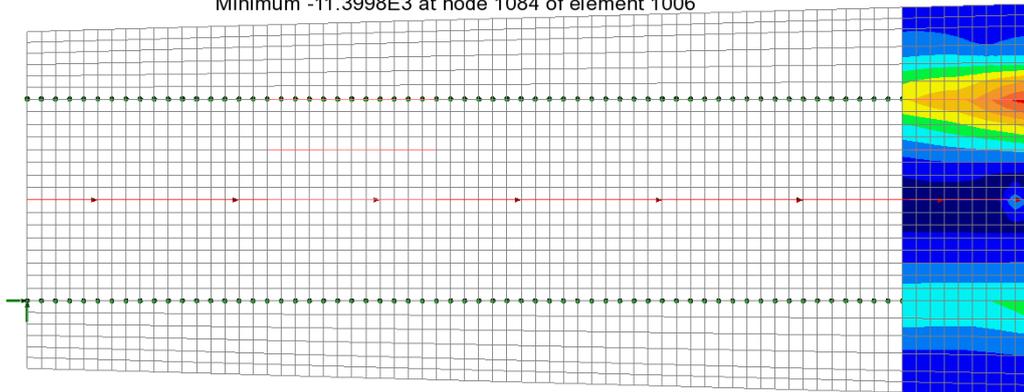
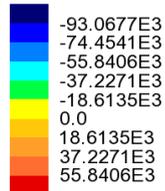


Figura 10.33: SLE frequente – Momento My (max)

Combining on: My
SLE_freq (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 59.7807E3 at node 501 of element 494
Minimum -107.741E3 at node 1087 of element 1151

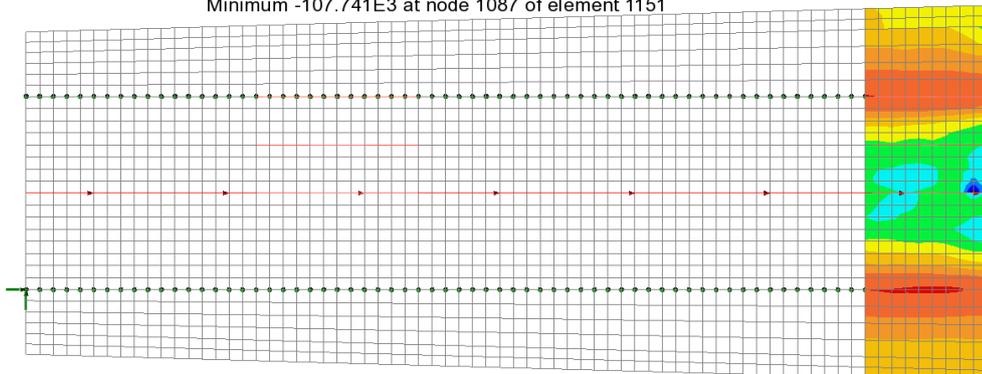
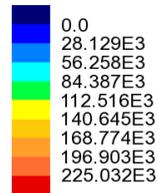


Figura 10.34: SLE frequente – Momento My (min)

Combining on: My
Comb_Eccezionale (Max)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 234.483E3 at node 1671 of element 1664
Minimum -18.6775E3 at node 1088 of element 1152

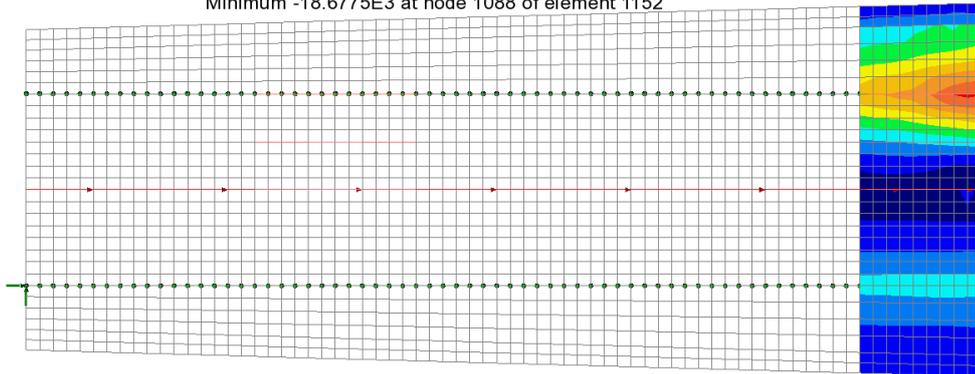
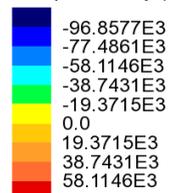


Figura 10.35: SLU eccezionale – Momento My (max)

Combining on: My
Comb_Eccezionale (Min)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 66.8589E3 at node 1670 of element 1663
Minimum -107.485E3 at node 1087 of element 1151

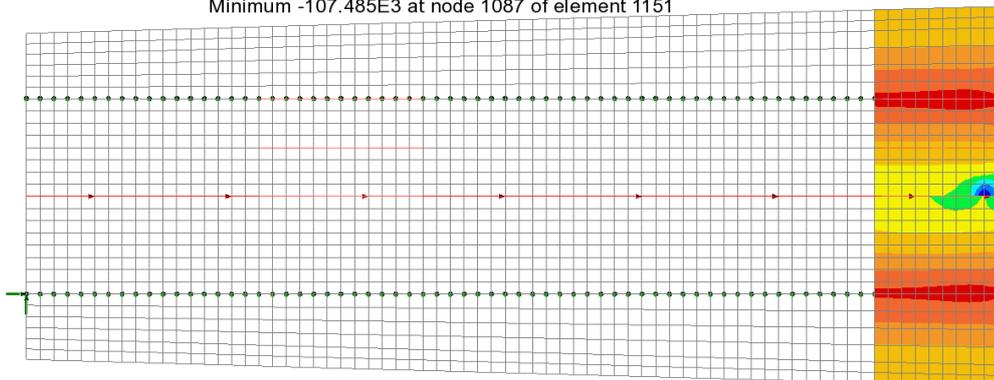


Figura 10.36: SLU eccezionale – Momento My (min)

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_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	14.34	-315.58	0.00	0.00
2	43.95	-34.15	0.00	0.00
3	-122.49	-211.83	0.00	0.00
4	-4.52	-62.45	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	11.50	-233.09
2	28.88	-42.89

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	13.51	-177.22 (-68.31)
2	10.97	-54.30 (-68.74)

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa	
		S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
		Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
		Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
		Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
		Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
		Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)									
		Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000									
		Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.									
		Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45									
		Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]									
		Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)									
1	S	14.34	-315.58	14.22	-358.37	1.136	8.6	0.35	0.87	45.2 (4.3)	
2	S	43.95	-34.15	44.21	-360.72	10.515	8.7	0.35	0.88	45.2 (4.3)	
3	S	-122.49	-211.83	-122.50	-347.64	1.645	8.3	0.34	0.86	45.2 (4.3)	
4	S	-4.52	-62.45	-4.81	-356.88	5.718	8.6	0.35	0.87	45.2 (4.3)	

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione					
	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)					
	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)					
	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)					
	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)					
	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)					
1	0.00350	0.0	0.00057	7.2	-0.00658	24.8
2	0.00350	0.0	0.00060	7.2	-0.00650	24.8
3	0.00350	0.0	0.00047	7.2	-0.00693	24.8
4	0.00350	0.0	0.00056	7.2	-0.00663	24.8

COMBINAZIONI RARE 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
		S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
		Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]									
		Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)									
		Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]									
		Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O)									
		Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]									
		Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)									
		Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre									
		Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)									
		Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)									
		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)									
1	S	14.40	0.0	0.00	11.3	-256.6	7.2	6.2	622	45.2	9.5
2	S	2.69	0.0	0.00	11.8	-44.5	7.2	6.1	607	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	-0.00178	0.00108	0.50	0.60	0.001104 (0.000770)	192	0.212 (990.00)	-68.23		
2	S	-0.00031	0.00020	0.50	0.60	0.000134 (0.000134)	191	0.025 (990.00)	-70.36		

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	10.96	0.0	0.00	11.4	-194.6	7.2	6.2	622	45.2	9.5
2	S	3.37	0.0	0.00	11.4	-58.9	7.2	6.2	618	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	-0.00135	0.00082	0.50	0.60	0.000794 (0.000584)	192	0.153 (0.20)	-68.31		
2	S	-0.00041	0.00025	0.50	0.60	0.000177 (0.000177)	192	0.034 (0.20)	-68.74		

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_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	-53.89	-124.02	0.00	0.00
2	151.81	67.53	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	-38.79	-91.52
2	108.37	47.79

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	-21.69	-66.62 (-67.00)
2	64.61	28.42 (74.19)

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	-53.89	-124.02	-53.90	-353.03	2.855	8.5	0.34	0.87	45.2 (4.3)
2	S	151.81	67.53	151.89	349.77	5.217	22.8	0.31	0.83	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	0.00052	7.2	-0.00675	24.8
2	0.00350	30.0	0.00096	24.8	-0.00763	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	5.58	0.0	0.00	11.0	-105.1	7.2	6.3	634	45.2	9.5
2	S	3.15	30.0	0.00	18.2	-43.7	24.8	6.1	605	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	-0.00072	0.00042	0.50	0.60	0.000344 (0.000315)	193	0.067 (990.00)	-66.69
2	S	-0.00036	0.00024	0.50	0.60	0.000131 (0.000131)	259	0.034 (990.00)	74.16

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	4.07	0.0	0.00	11.1	-75.9	7.2	6.3	631	45.2	9.5
2	S	1.87	30.0	0.00	18.2	-26.0	24.8	6.1	605	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	-0.00052	0.00031	0.50	0.60	0.000228 (0.000228)	193	0.044 (0.20)	-67.00
2	S	-0.00022	0.00014	0.50	0.60	0.000078 (0.000078)	259	0.020 (0.20)	74.19

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_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	119.12	-17.68	0.00	0.00
2	-39.56	70.27	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	83.77	-9.31
2	-27.73	51.96

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	46.00	-2.15 (0.00)
2	-11.23	39.93 (64.34)

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	119.12	-17.68	118.86	-366.51	20.220	8.8	0.36	0.89	45.2 (4.3)
2	S	-39.56	70.27	-39.67	331.35	4.695	23.2	0.30	0.81	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	0.00065	7.2	-0.00631	24.8
2	0.00350	30.0	0.00081	24.8	-0.00827	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	0.69	0.0	0.00	19.6	-2.9	7.2	3.5	353	45.2	9.5
2	S	3.27	30.0	0.00	20.2	-64.8	24.8	6.7	672	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	-0.00003	0.00005	0.50	0.60	0.000009 (0.000009)	168	0.001 (990.00)	-120.97
2	S	-0.00050	0.00025	0.50	0.60	0.000194 (0.000194)	265	0.051 (990.00)	63.51

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	0.21	0.0	0.00	30.0	0.6	7.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	2.53	30.0	0.00	20.0	-48.6	24.8	6.7	667	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	0.00002	0.00000	----	----	----	----	----	0.00
2	S	-0.00038	0.00019	0.50	0.60	0.000146 (0.000146)	264	0.038 (0.20)	64.34

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_{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			$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5$
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			
$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw} / s f_{yd} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha =$	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 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	17.70	-326.53	0.00	0.00
2	44.97	-32.20	0.00	0.00
3	-130.67	-215.66	0.00	0.00
4	-4.52	-62.45	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	14.00	-241.22
2	29.40	-41.46

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	15.44	-183.24 (-68.34)
2	10.97	-53.31 (-68.75)

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	17.70	-326.53	17.78	-358.65	1.098	8.6	0.35	0.87	45.2 (4.3)
2	S	44.97	-32.20	45.00	-360.78	11.149	8.7	0.35	0.88	45.2 (4.3)
3	S	-130.67	-215.66	-130.63	-347.01	1.613	8.3	0.33	0.86	45.2 (4.3)
4	S	-4.52	-62.45	-4.81	-356.88	5.718	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	0.00058	7.2	-0.00657	24.8
2	0.00350	0.0	0.00060	7.2	-0.00650	24.8
3	0.00350	0.0	0.00047	7.2	-0.00695	24.8
4	0.00350	0.0	0.00056	7.2	-0.00663	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. [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	14.90	0.0	0.00	11.3	-265.3	7.2	6.2	622	45.2	9.5
2	S	2.61	0.0	0.00	11.8	-42.9	7.2	6.1	606	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	-0.00184	0.00112	0.50	0.60	0.001148 (0.000796)	192 0.220 (990.00)		-68.25
2	S	-0.00030	0.00020	0.50	0.60	0.000129 (0.000129)	191 0.025 (990.00)		-70.49

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	11.33	0.0	0.00	11.4	-201.0	7.2	6.2	621	45.2	9.5
2	S	3.31	0.0	0.00	11.5	-57.8	7.2	6.2	618	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	-0.00139	0.00085	0.50	0.60	0.000826 (0.000603)	192 0.159 (0.20)		-68.34
2	S	-0.00040	0.00025	0.50	0.60	0.000174 (0.000174)	192 0.033 (0.20)		-68.75

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	-56.42	-126.40	0.00	0.00
2	159.83	71.45	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	-40.64	-93.26
2	114.32	49.94

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	-22.84	-67.92 (-66.97)
2	68.51	30.05 (74.21)

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	-56.42	-126.40	-56.71	-352.81	2.799	8.5	0.34	0.87	45.2 (4.3)
2	S	159.83	71.45	159.78	350.53	4.941	22.8	0.32	0.83	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	0.00052	7.2	-0.00676	24.8
2	0.00350	30.0	0.00097	24.8	-0.00760	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. [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 $5(c+\emptyset/2)$ 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	5.68	0.0	0.00	11.0	-107.2	7.2	6.3	634	45.2	9.5
2	S	3.29	30.0	0.00	18.1	-45.6	24.8	6.0	605	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	-0.00074	0.00043	0.50	0.60	0.000355 (0.000322)	193 0.069 (990.00)				-66.65
2	S	-0.00038	0.00025	0.50	0.60	0.000137 (0.000137)	259 0.035 (990.00)				74.26

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	4.15	0.0	0.00	11.1	-77.4	7.2	6.3	632	45.2	9.5
2	S	1.98	30.0	0.00	18.1	-27.5	24.8	6.1	605	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	-0.00053	0.00031	0.50	0.60	0.000232 (0.000232)	193 0.045 (0.20)				-66.97
2	S	-0.00023	0.00015	0.50	0.60	0.000082 (0.000082)	259 0.021 (0.20)				74.21

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. $\beta_1*\beta_2$:	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	126.32	-23.68	0.00	0.00
2	-40.06	74.74	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	88.80	-13.64
2	-28.03	55.20

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	48.80	-5.08 (-127.68)
2	-10.95	42.19 (64.41)

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	126.32	-23.68	126.43	-367.09	15.204	8.9	0.36	0.89	45.2 (4.3)
2	S	-40.06	74.74	-40.31	331.29	4.414	23.2	0.30	0.81	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	0.00066	7.2	-0.00629	24.8
2	0.00350	30.0	0.00081	24.8	-0.00828	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	0.97	0.0	0.00	17.1	-6.8	7.2	4.4	437	45.2	9.5
2	S	3.48	30.0	0.00	20.2	-68.7	24.8	6.7	672	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	-0.00006	0.00007	0.50	0.60	0.000020 (0.000020)	175	0.004 (990.00)	-99.57
2	S	-0.00053	0.00026	0.50	0.60	0.000206 (0.000206)	265	0.054 (990.00)	63.59

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	0.38	0.0	0.00	20.2	-1.4	7.2	3.3	331	45.2	9.5
2	S	2.67	30.0	0.00	20.0	-51.2	24.8	6.7	666	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	0.00003	0.50	0.60	0.000004 (0.000004)	166	0.001 (0.20)	-127.68
2	S	-0.00040	0.00020	0.50	0.60	0.000154 (0.000154)	264	0.041 (0.20)	64.41

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		
α	90 °		1 ≤ ctg θ ≤ 2,5
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 di ritenuta bordo ponte.

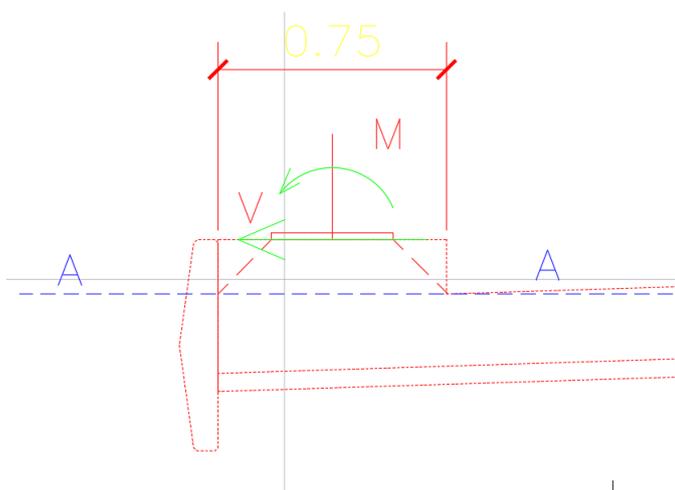


Figura 10-37 Sezione verificata

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:

$$A_{si} = 5 \times 154 \times 650 / 1000 = 500.3 \text{ mm}^2$$

L'unica condizione di carico significativa insistente sul montante dell'elemento di ritenuta è rappresentata dall'urto, che viene valutato in condizioni "eccezionali".

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.

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo : []

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C, C32/40

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‰, σ_{c,adm} 12.25, σ_{s,adm} 255 N/mm², τ_{co} 0.7333, τ_{c1} 2.114

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 %/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 10-38 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:

$$\text{Peso soletta} = 0.30 \cdot (2500 \cdot 9.81) / 1000 = 7.356 \text{ kN/mq}$$

$$\text{PP soletta totale} = \Sigma R_i = (408.11 \cdot 11.25 + 2 \cdot (42.406 \cdot 1.167) / 2) \cdot 7.356 = 34137 \text{ kN}$$

Dal modello FEM si ricava il totale delle reazioni verticali espresso in “N”.

	Component ▲	FZ[N]
1	Maximum	4.088E6
2	Node	16
3	Minimum	972.6E3
4	Node	4
5	Total	34.14E6

Differenza ΣR_i % = 0

Per “Gk2 Permanenti” si ha:

$$\text{Cordoli} = 0.75 * 0.16 * 25 = 3.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pavimentazione} = 9.87 \text{ (largh. media)} * 3.00 \text{ kN/mq} = 29.61 \text{ kN/m}$$

$$\text{dove Larghezza media} = ((408.11 * 11.25 + 2 * (42.406 * 1.167) / 2) / 408.11) - 1.50 = 9.87 \text{ m}$$

$$\text{Barriere Guardavia metalliche} = 2.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Velette} = 2.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Impianti} = 2.00 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma R_i = (3.00 * 2 + 2.00 * 2 + 2.00 * 2 + 2.00 * 2) * 408.125 + 29.61 * 408.11 = 19431 \text{ kN}$$

Dal modello FEM si ricava il totale delle reazioni verticali espresso in “N”.

	Component ▲	FZ[N]
1	Maximum	2.335E6
2	Node	16
3	Minimum	570.4E3
4	Node	4
5	Total	19.44E6

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:

$$\text{Peso soletta} = 0.30 * (2500 * 9.81) / 1000 = 7.356 \text{ kN/mq}$$

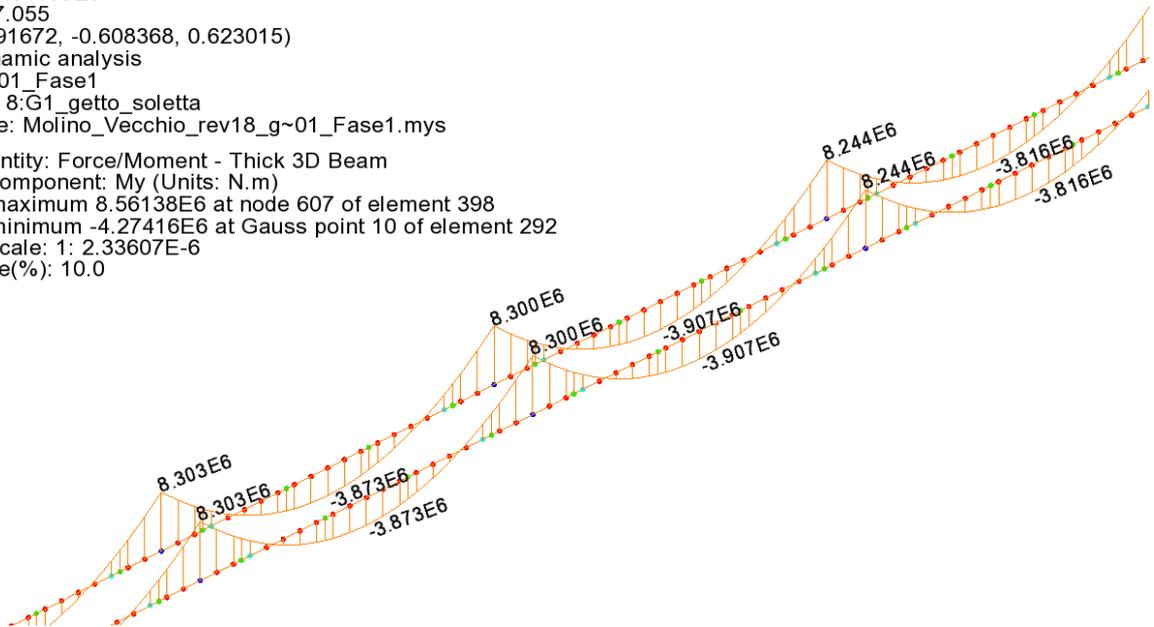
$$\text{Peso soletta} = 11.25 * 7.356 \text{ kN/mq} = 82.76 \text{ kN/m}$$

$$M = 82.76 * 48.55^2 / 8 = 24384 \text{ kNm}$$

Dal modello FEM si ricavano i valori riportati in figura:

Scale: 1: 1.01103E3
Zoom: 227.055
Eye: (-0.491672, -0.608368, 0.623015)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 01_Fase1
Loadcase: 8:G1_getto_soletta
Results file: Molino_Vecchio_rev18_g~01_Fase1.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 8.56138E6 at node 607 of element 398
Diagram minimum -4.27416E6 at Gauss point 10 of element 292
Diagram scale: 1: 2.33607E-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: $3875+3875=7750$ kNm;
- somma dei momenti in appoggio Pila 1: $8300+8300= 16600$ kNm;

Momenti in Campata+Momenti Appoggio: =24350 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 riportate 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:

T00VI02STRRE09A Allegato alla relazione di calcolo impalcato – Tabulati

Contenente

Molino_Vecchio_rev18_g~01_Fase1.out

Molino_Vecchio_rev18_g~02_Fase2a.out

Molino_Vecchio_rev18_g~03_Fase2b.out
Molino_Vecchio_rev18_g~04_Fase3.out
Molino_Vecchio_rev18_g~05_Fase3_Altro.out
Molino_Vecchio_rev18_g~06_Fatica.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

T00VI02STRE10A Allegato alla relazione di calcolo impalcato - Dettaglio Verifiche

affidenti alle seguenti analisi/verifiche:

- Verifica trave principale: VI02_PEc4_02.rtf
- Verifica trave di spina: VI02_PEc4_03_spina.rtf
- Verifica traversi: VI02_Traverso_App.rtf
- Verifica traversi: VI02_Traverso_Campata.rtf

Nell'allegato in questione sono riportati, oltre alle verifiche per esteso, anche le sollecitazioni di calcolo, scaricate direttamente dal sistema FEM.