

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA898**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N.Granieri
Dott. Ing. F.Durastanti
Dott. Ing. V.Truffini
Dott. Arch. A.Bracchini
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram
Dott. Ing. F.Pambianco
Dott. Ing. M.Briganti Botta
Dott. Ing. L.Gagliardini
Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci
Dott. Ing. A.Signorelli
Dott. Ing. E.Moscatelli
Dott. Ing. A.Bela

Dott. Ing. G.Lucibello
Dott. Arch. G.Guastella
Dott. Geol. M.Leonardi
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi
Dott. Ing. M.Panfilì
Dott. Arch. P.Ghirelli
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci
Dott. Arch. A.Strati
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. G.Pulli
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi
Dott. Ing. V.Piunno
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:

ORDINE degli INGEGNERI



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 Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

CAVALCAVIA

CAVALCAVIA SVINCOLO 10 AL KM 16+382

Relazione di calcolo dell'impalcato

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04CV06STRRE01B		
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04CV06STRRE01	B	-
B	Revisione a seguito di Rapporto di Verifica		Nov 2021	M. Botta	F. Durastanti N. Granieri
A	Emissione		Giù 2021	M. Botta	F. Durastanti N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1. INTRODUZIONE	6
1.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	6
1.1.1 Impalcato	7
1.1.2 Sistema di vincolo	8
1.2 MODALITÀ REALIZZATIVE	8
1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
1.3.1 Carpenteria metallica	9
1.3.2 Connettori trave-soletta	9
1.3.3 Giunzioni bullonate	10
1.3.4 Giunzioni saldate	10
1.3.5 Calcestruzzo	11
1.3.5.1 Soletta e Predalle.....	11
1.3.5.2 Parametri reologici calcestruzzo soletta.....	12
1.3.6 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata	14
1.4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO	14
1.4.1 Classe di esecuzione	15
1.4.1.1 Scelta della classe di conseguenza.....	15
1.4.1.2 Classe di rischio connessa all'utilizzo della struttura (categorie di servizio).....	15
1.4.1.3 Classe di rischio connessa alla difficoltà nell'esecuzione della struttura (categorie di produzione).....	16
1.4.1.4 Determinazione della classe di esecuzione.....	16
1.5 SOFTWARE DI CALCOLO	16
1.6 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI	17
2. IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE	18
2.1 ANALISI DELLA STRUTTURA COMPOSTA	18
2.1.1 Fasi	19
2.2 DATI GENERALI DELLE SEZIONI DI IMPALCATO	19

2.2.1	Larghezze collaboranti di soletta	19
2.2.2	Fessurazione della soletta	21
2.2.3	Caratteristiche sezioni di impalcato	21
2.2.3.1	Proprietà geometrico-statiche.....	23
2.2.3.2	Proprietà plastiche delle sezioni.....	28
2.2.4	Caratteristiche del sistema di irrigidimento (ribs e stiffeners)	29
3.	DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO	31
3.1	MODELLAZIONE E TIPO DI ANALISI	31
3.2	SISTEMA DI VINCOLO	33
4.	ANALISI DEI CARICHI	34
4.1	CARICHI AGENTI IN FASE 1	35
4.1.1	Peso proprio acciaio (G_{k1}')	35
4.1.2	Peso proprio soletta (G_{k1}'')	35
4.2	CARICHI AGENTI IN FASE 2A - 2B	35
4.2.1	Cordoli e sovraccarichi permanenti (G_{k2}')	35
4.2.2	Ritiro ($G_{sh,k}$)	36
4.2.3	Cedimenti vincolari ($G_{k,sett}$)	36
4.3	CARICHI AGENTI IN FASE 3	37
4.3.1	Variazioni termiche (QT_k)	37
4.3.1.1	Variazioni termiche uniformi e lineari Δt_N e Δt_M	37
4.3.1.2	Combinazione degli effetti uniformi e lineari.....	38
4.3.2	Carichi mobili (Q_k)	38
4.3.2.1	Verifiche globali.....	38
4.3.2.2	Verifiche locali.....	39
4.3.2.3	Verifiche a fatica.....	40
4.3.3	Azioni di frenatura (Q_{fk})	40
4.3.4	Azione del vento ($F_{w,k}$)	41
4.3.5	Azione sismica (E)	44

4.3.6	Azioni sui traversi per stabilizzare la piattabanda inferiore	47
5.	COMBINAZIONI DI CARICO	48
6.	ANALISI STRUTTURALE IMPALCATO	50
6.1	SOLLECITAZIONI TRAVE	50
6.1.1	Travata destra	51
6.1.2	Travata sinistra	68
6.2	DEFORMAZIONI E CONTRO FRECCE	83
6.2.1	Verifica massime deformazioni impalcato	84
6.2.2	Calibrazione contromonte d'officina	85
7.	ANALISI MODALE	86
8.	VERIFICA IMPALCATO METALLICO	87
8.1	VERIFICA TRAVI LONGITUDINALI	88
8.1.1	S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento	88
8.1.1.1	Travata destra.....	88
8.1.1.2	Travata sinistra	91
8.1.2	S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento	94
8.1.2.1	Travata destra.....	94
8.1.2.2	Travata sinistra	95
8.1.3	S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento	97
8.1.3.1	Travata destra.....	97
8.1.3.2	Travata sinistra	98
8.1.4	Verifiche a fatica – calcolo $\Delta\sigma_E$	98
8.1.4.1	Travata destra.....	99
8.1.4.2	Travata sinistra	102
8.1.5	Verifica connessione trave/soletta	103
8.1.5.1	Caratteristiche piolatura e detailing	103
8.1.5.2	Dettagli costruttivi	104
8.1.5.3	Riepilogo rapporti di sfruttamento verifica elastica S.L.U. - S.L.E. - fatica	105
8.1.5.4	Verifica dei pioli di estremità - influenza di ritiro e variazione termica - (SLU).....	109
8.1.6	Verifica del Giunto bullonato	110
8.1.6.1	Materiali	110

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

8.1.6.2	Geometria dei giunti.....	110
8.1.6.3	Verifiche di SLU.....	113
8.1.6.4	Verifiche di SLE e fatica.....	115
8.1.7	Stabilità laterale – torsionale delle travi principali	117
8.1.8	Verifica del sistema di irrigidimento	121
8.1.9	Verifica stabilizzazione della piattabanda inferiore	126
9.	VERIFICA TRAVE DI SPINA	128
9.1	VERIFICA SLU, SLE	130
10.	VERIFICA TRAVERSI	132
10.1	TRAVERSI DI CAMPATA (CORRENTI)	132
10.1.1	Verifica di SLU	141
10.1.2	Stabilità laterale torsionale	145
10.1.3	Verifica del Giunto bullonato	149
10.2	VERIFICA TRAVERSI IN ASSE APPOGGI	152
10.2.1	Verifiche	157
10.2.2	Stabilità laterale torsionale	160
10.2.3	Verifica del Giunto bullonato	165
11.	VERIFICA A FESSURAZIONE IN DIREZIONE LONGITUDINALE	168
11.1	AREA MINIMA	168
11.2	CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI INDIRETTI	169
11.3	CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI DIRETTI	170
12.	APPOGGI E GIUNTI	172
12.1	PORTATE APPOGGI	173
12.2	DEFORMAZIONI ED ESCURSIONI AGLI APPOGGI	174
12.2.1	Spostamenti orizzontali	174
12.2.2	Verifica decompressione	175

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

12.2.3	Verifica massimi spostamenti sisma SLC	177
12.2.4	Verifica massime rotazioni	177
12.3	DIMENSIONAMENTO VARCHI E GIUNTI	178
12.3.1	Giunti	178
12.3.2	Varchi	180
13.	VERIFICA SOLETTA IN CALCESTRUZZO	180
13.1	VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO	181
13.1.1	Analisi dei carichi	182
13.1.2	Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE	185
13.1.3	Verifica campo "corrente" soletta	200
13.1.3.1	Verifica a presso\tenso flessione delle sezioni in appoggio sulla trave principale	200
13.1.3.2	Verifica a flessione delle sezioni in campata fra le travi	203
13.1.3.3	Verifica a flessione delle sezioni in appoggio sulla trave di spina.....	206
13.1.3.4	Verifica a taglio.....	209
13.1.4	Verifica zona di giunto	210
13.1.4.1	Verifica a presso\tenso flessione delle sezioni in appoggio sulla trave principale	210
13.1.4.2	Verifica a flessione delle sezioni in campata fra le travi	213
13.1.4.3	Verifica a flessione delle sezioni in appoggio sulla trave di spina.....	216
13.1.4.4	Verifica a taglio.....	219
13.2	RESISTENZA AL TAGLIO LONGITUDINALE	219
13.2.1	Verifica della sezione a-a	220
13.2.2	Verifica della sezione b-b	221
ALLEGATO 1	– DETTAGLIO VERIFICHE	222

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali effettuate per la progettazione dell'impalcato cavalcavia svincolo 10 al km 16+382, previsto nell'ambito dei lavori di collegamento autostradale Ragusa-Catania: ammodernamento a n° 4 corsie della S.S. 514 "Di Chiaromonte" e della S.S. 194 Ragusana dallo svincolo con la S.S. 115 allo svincolo con la S.S. 114.

1.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

L'opera in progetto prevede la realizzazione di un impalcato misto acciaio-calcestruzzo con schema statico a trave continua e luci pari a circa 29.5+29.5 m.

La figura seguente mostra una vista assonometrica e due sezioni trasversali. Nella presente relazione, sono state identificate come "Trave sinistra" e "Trave destra" le travi che si trovano a sinistra e a destra di chi percorre l'impalcato dalla Spalla 2 alla Spalla 1.

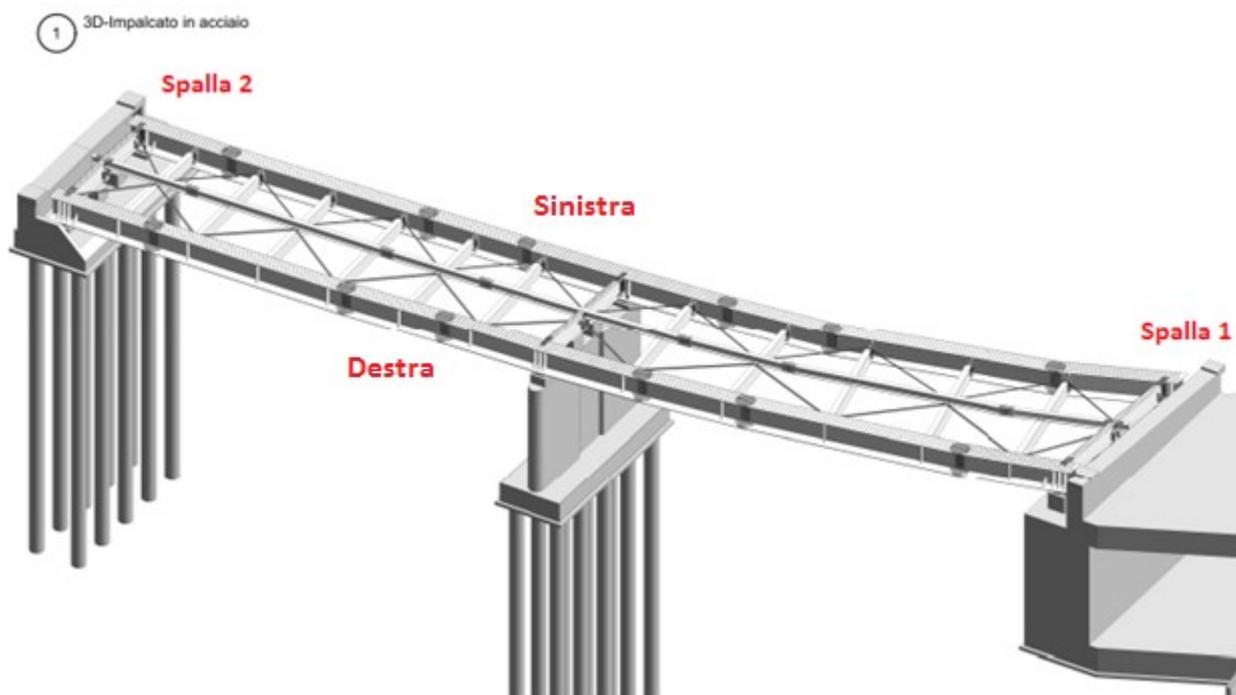


Figura 1.1: Vista assonometrica della carpenteria metallica

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcvia CV06

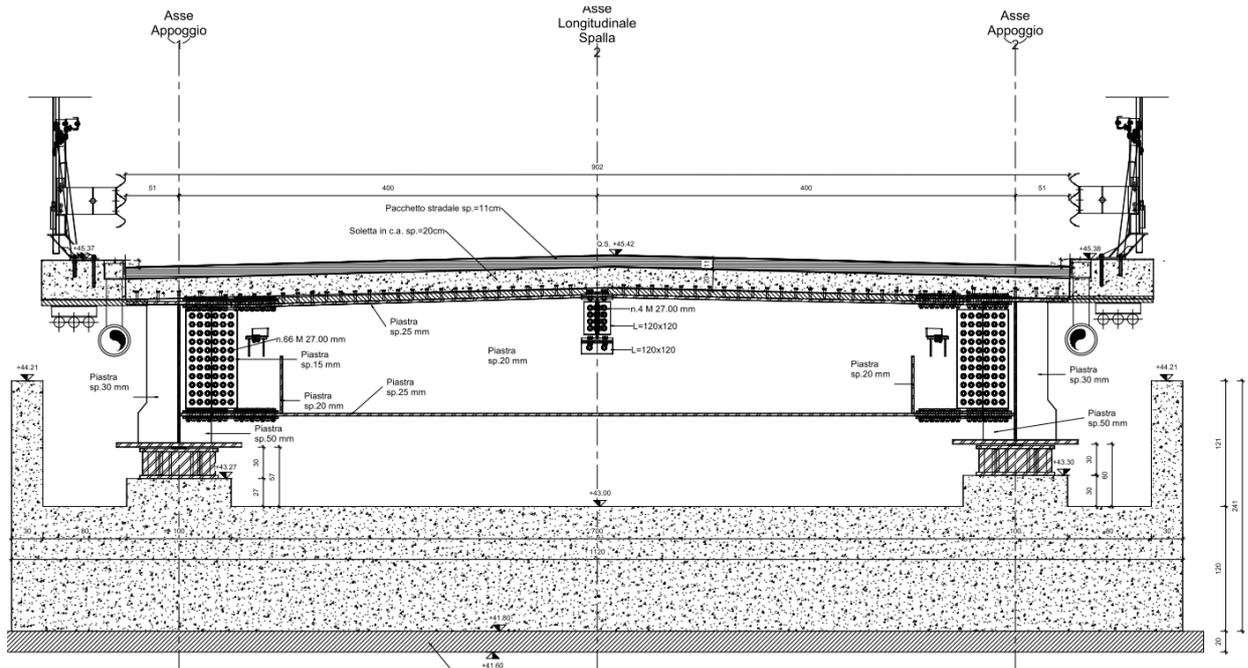


Figura 1.2: Sezione trasversale. Spalla 2

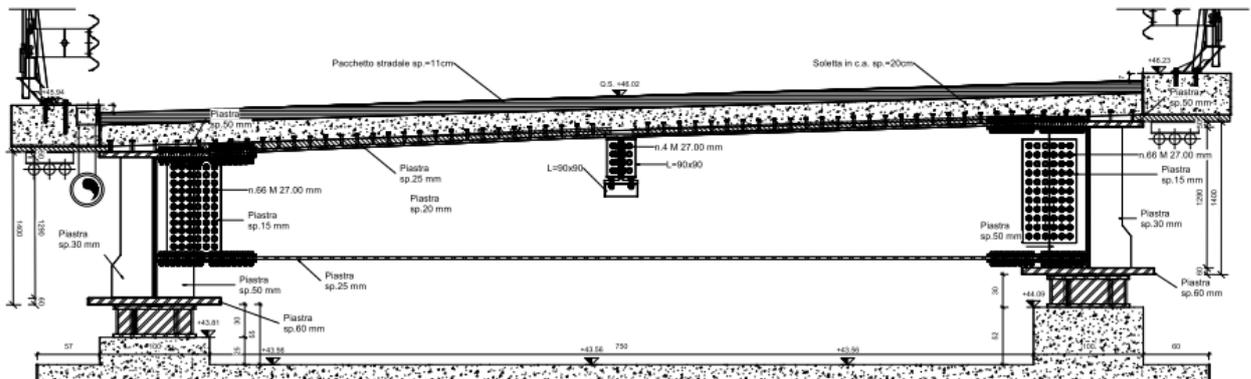


Figura 1.3: Sezione trasversale. Pila

1.1.1 Impalcato

La sezione trasversale dell'impalcato prevede due travi metalliche con sezione a doppio T di altezza pari a 1400 mm disposte ad interasse trasversale variabile da 8000 a 9660 mm e traversi a trave posti a passo longitudinale variabile tra 3400 a 5500 mm. I traversi di testata sono realizzati mediante travi a doppio T composte mediante saldatura di altezza pari a 1140 mm e piolate alla soletta, mentre i traversi intermedi sono costituiti da travi a doppio T in composizione saldata di altezza 700 mm. Lo sviluppo longitudinale delle travi comprende sette conci con irrigidimenti verticali all'attacco dei traversi.

La soletta di impalcato, solidarizzata alle travi, è gettata in opera e presenta spessore complessivo di 260 mm, al lordo delle lastre tipo predalles di spessore 60 mm. La solidarizzazione della soletta alle travi metalliche è affidata a idonei connettori a taglio di tipo a piolo Nelson aventi diametro Ø19. E' prevista una trave di spina HEB450, appoggiata ai traversi di campata.

La soletta ha una larghezza variabile da 10.6 a 12.5 m, con cordoli laterali di larghezza 0.8 m; gli sbalzi hanno larghezza costante di 1.3 m.

1.1.2 Sistema di vincolo

Il sistema di vincolo viene determinato con riferimento ad una strategia di protezione sismica basata sull'utilizzo di isolatori elastomerici a nucleo di piombo ad alta dissipazione.

L'utilizzo di tali dispositivi consente di disaccoppiare in modo sostanziale il moto della sovrastruttura rispetto alle sottostrutture, dissipando energia attraverso i cicli di deformazione dell'elastomero.

La tipologia adottata nella presente modellazione ha preso come riferimento le caratteristiche dissipative tipo quelle del dispositivo SI N 900/132 prodotto dalla FIP, capace di garantire uno spostamento massimo pari a 250 mm, uno smorzamento viscoso equivalente del 15%, una rigidezza equivalente orizzontale $K_e=3.86$ kN/mm e verticale $K_v = 3582$ kN/mm;

1.2 MODALITÀ REALIZZATIVE

Le fasi costruttive del viadotto sono le seguenti:

- Delimitazione aree di cantiere
- Realizzazione aree di cantiere e viabilità secondaria
- Realizzazione spalle e pila
- Realizzazione impalcato
- Apertura del traffico

Successivamente alla realizzazione di fondazioni di pile e spalle e alla realizzazione delle elevazioni di pila e spalle (comprehensive di baggioli ed appoggi) si provvede all'assemblaggio della carpenteria metallica per conci, tenendo conto della contromonta di progetto, in appositi piazzali disposti a fianco dell'allineamento della pila. Delle gru con braccio allungabile solleveranno da sole o in tandem l'ossatura metallica fino alla quota di posa, permettendo la giunzione di quest'ultima con le travi metalliche precedentemente poste in opera. Una volta montata la carpenteria metallica, sono disposte le predalles autoportanti e si provvede alla posa dell'armatura longitudinale e trasversale e quindi al getto della soletta e successivamente dei cordoli, il getto ingloberà gli attacchi per le velette prefabbricate che saranno montate a indurimento avvenuto dei cordoli.

Per il getto della soletta dovrà essere rispettata una precisa fasizzazione dei getti, descritta in dettaglio negli elaborati grafici.

In direzione longitudinale, tale fasizzazione prevede, quale criterio generale, che la nella realizzazione del getto della soletta venga posticipato il getto della zona di testa pila rispetto al quello delle zone di campata, che dovrà essere effettuato solamente dopo la presa del getto realizzato in prima fase. Allo scopo, il getto delle zone "di campata" sarà esteso a partire dall'asse giunto, fino alla sezione posta a circa l'85% della luce della campata; seguirà quindi il getto della zona di testa pila, di lunghezza pari a circa 15

% (L1+L2). Tale accorgimento consente di evitare premature fessurazioni nella zona di testa pila dovute al progredire dei getti nelle sezioni di campata.

In direzione trasversale, dovrà rispettarsi lo schema getto dettagliato nell'elaborato delle predalles, dove si prevede di gettare in prima fase i campi di soletta posizionati in prossimità dell'asse travi, procedendo in fase successiva al getto degli sbalzi, seguiti dal getto del campo centrale di soletta. Questo accorgimento è destinato al contenere il quadro tensodeformativo dell'insieme, evitando inoltre l'insorgere di eccessive deformazioni permanenti.

1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.3.1 Carpenteria metallica

Si adottano elementi conformi alla EN10025.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\gamma_m = 1.35 \quad \text{dettagli "failure high consequence"}$$

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

$$E_s = 210000.0 \text{ MPa} \quad \text{modulo elastico}$$

$$\nu_s = 0.3 \quad \text{coefficiente di Poisson}$$

$$G_s = 80769.23 \text{ MPa} \quad \text{modulo di elasticità tangenziale}$$

1.3.2 Connettori trave-soletta

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

- S235J2+450C

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

I coefficienti di sicurezza assunti sono in questo caso:

$$\gamma_v = 1.25 \quad \text{verifiche S.L.U. della connessione.}$$

$$k_s = 0.60 \quad \text{fattore di riduzione della resistenza di progetto.}$$

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

1.3.3 Giunzioni bullonate

Le giunzioni bullonate saranno tutte a serraggio controllato, di categoria B (cfr. tab. 3.2 di EN 1993-1-8, 3.4(P)1. Si utilizzano bulloni di classe 10.9.

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

Gli elementi componenti la bullonatura sono conformi alle seguenti classificazioni:

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

Dadi: Classe 10 secondo UNI EN 20898-2 1994

Rosette: Acciaio C50 secondo UNI EN 10083-2 2006

Pertanto, ai fini delle verifiche:

$$f_{yb} = 900.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$$

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

1.3.4 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 14-1-2008 (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 riportato in tab. 4.1:

$$\beta_w = 0.9$$

1.3.5 Calcestruzzo

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo sono riportate nel seguito.

1.3.5.1 Soletta e Predalle

C32/40	classe di resistenza
$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione media
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 33'642 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico secante
$\nu = 0.2$	coefficiente di Poisson
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc} = 0.85$	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 18.81 \text{ N/mm}^2$	resistenza di calcolo a compressione
$\epsilon_{cu} = 3.5$ per mille	deformazione ultima a rottura

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno rispettare, anche i criteri di seguito elencati ed in particolare quelli previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

Soletta impalcato

Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione	XC4 - XF4
Dimensione massima aggregati	20 mm
Classe di contenuto in cloruri	0.20
Copriferro	40 mm

Predalle

Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione	XC3
Dimensione massima aggregati	12 mm
Classe di contenuto in cloruri	0.20
Copriferro	25 mm

1.3.5.2 Parametri reologici calcestruzzo soletta

Per tenere conto degli effetti di lungo termine, si farà riferimento a parametri reologici calcolati 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).

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.

VISCOSITA' E RITIRO (EN 1992-1-1, EN 1994)

Caratteristiche del cls a tempo zero

Resistenza a compressione caratteristica, f_{ck} (N/mm ²)	33.20
Resistenza a compressione media, $f_{cm} = f_{ck} + 8$ (N/mm ²)	41.20
Modulo elastico secante, $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ k (N/mm ²)	33'642.78
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	6.242	nG a tempo 0	5.762
nE(t,t ₀) - Permanenti	17.085	nG(t,t ₀) - Permanenti	15.770
nE(t,t ₀) - Ritiro	16.465	nG(t,t ₀) - Ritiro	15.199
nE(t,t ₀) - Def. imposte	21.027	nG(t,t ₀) - Def. imposte	19.410

Tempo e ambiente

Eta' del calcestruzzo in giorni all'inizio del ritiro per essiccamento, t _s	1
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	1
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte, t ₀	30
Eta' del calcestruzzo in giorni, t	36'500
Dimensione fittizia dell'elemento di cls, h ₀ = 2A _c /u (mm)	400
Sezione dell'elemento, A _c (mm ²)	2'400'000.00
Perimetro a contatto con l'atmosfera, u (mm)	12'000.00
Umidità relativa percentuale, RH (%)	75

Coefficiente di viscosità $\phi(t,t_0)$ e modulo elastico E_{cm} al tempo "t"

Coefficiente di viscosità $\phi(t,t_0) = \phi_0 \beta_c(t,t_0) =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.579
al momento dell'applicazione del ritiro	2.978
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.579

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Coefficiente nominale di viscosita', $\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.591
al momento dell'applicazione del ritiro	3.000
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.591
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	0.909
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	1.00
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	0.993
al momento dell'applicazione del ritiro	0.993
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.993
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	12'292
al momento dell'applicazione del ritiro	12'754
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	9'987
$\psi =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.100
al momento dell'applicazione del ritiro	0.550
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.500
Altri dati:	
Coefficiente che tiene conto dell'umidita', $\varphi_{RH} = 1 + [(1-RH/100)/(0.1h_0^{1/3})\alpha_1]\alpha_2$	1.261
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	0.892
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	0.968
Coefficiente per la resistenza del cls, $\beta_c(f_{cm}) = 16.8/f_{cm}^{0.5}$	2.617
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha =$	0
Coefficiente che tiene conto dell'umidita', $\beta_H = 1.5 [1 + (0.012 RH)^{18}] h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1500 \alpha_3$	920
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	0.922

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

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000278$$

Dove:

Deformazione dovuta al ritiro per essiccamento, $\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \varepsilon_{cd,0} =$	0.000220
Coeff. per la variabilita' della deformazione nel tempo, $\beta_{ds}(t, t_s) = (t-t_s)/[(t-t_s)+0.04(h_0^3)^{0.5}] =$	0.991
Parametro che dipende da h_0 (vedi prospetto seguente), $k_h =$	0.73
Deformazione di base, $\varepsilon_{cd,0} = 0.85 [(220+110\alpha_{ds1}) * \exp(-\alpha_{ds2} * f_{cm}/f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH} =$	0.000307
$\beta_{RH} = 1.55 [1 - (RH/RH_0)^3] =$	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, $\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca00} =$	0.0000580
$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) =$	1.00
$\varepsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10) 10^{-6} =$	0.0000580

Valori di k_h

h_0	k_h
100	1.00
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

1.3.6 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

B450C controllato in stabilimento	classe di resistenza
$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica di snervamento
$\gamma_s = 1.15$	coefficiente parziale di sicurezza
$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico
$\nu = 0.3$	coefficiente di Poisson
$k = (f_t/f_y)_k = 1.2$	rapporto di sovrarresistenza
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 0.075$	deformazione ultima caratteristica
$\epsilon_{ud} = 0.9 * \epsilon_{uk} = 0.0675$	deformazione ultima di calcolo

1.4 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. 14.01.2008:	Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
Circolare Min LLPP 617:	Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D. Min. 14 gennaio 2008
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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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

1.4.1 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).

1.4.1.1 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.

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

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

Classe di conseguenza SC_i (i = 1,2)

SC1 = sollecitazione statica

SC2 = sollecitazione dinamica a fatica

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

Classe di produzione PC_i (i = 1,2)

PC1 = no saldature e acciai con grado < S355

PC2 = componenti saldati e acciaio con grado ≥ S355

1.4.1.4 Determinazione della classe di esecuzione

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

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

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

1.5 SOFTWARE DI CALCOLO

L'analisi della struttura viene eseguita tramite modellazione con il metodo degli elementi finiti, adottando il sistema software "LUSAS (vers. 19.0)", fornito da F.E.A. Ltd (U.K.) su piattaforma windows 10; 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 in cemento armato si utilizza anche il software RC-SEC della Geostru.

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-cls sulla base dei criteri contenuti negli Eurocodici di riferimento (EN 1993, EN 1994), e in osservanza a quanto previsto da NTC-08.

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

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 opera, 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.

1.6 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI

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

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

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

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

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

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

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

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

M (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.

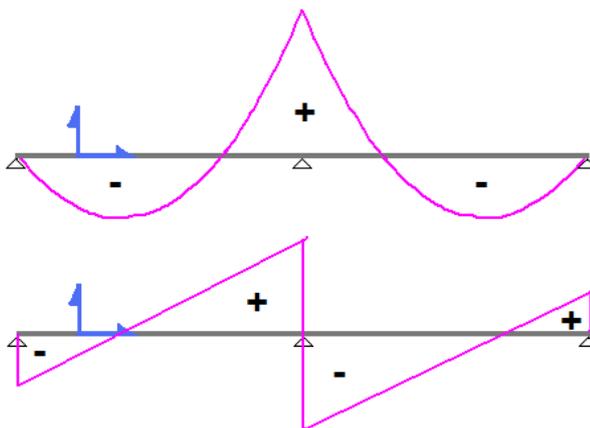


Figura 1.4: Convezione sui segni

2. IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE

2.1 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.

2.1.1 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	peso proprio acciaio+soletta	sezione metallica	non attiva
2a	carichi permanenti portati	sez. omog. con $n=n_L$ perm.	attiva
2b	ritiro	sez. omog. con	attiva
2b	cedimenti vincolari	$n=n_L$ ritiro	
3	carichi mobili	sez. omog. con $n=n_0$	attiva
3	variazioni termiche		
3	vento		

Tabella 2.1: Carichi agenti nelle varie fasi

2.2 DATI GENERALI DELLE SEZIONI DI IMPALCATO

2.2.1 Larghezze collaboranti di soletta

Le larghezze collaboranti di soletta vengono valutate sulla base dei criteri contenuti in EN 1994-2, punto 5.4.1.2 (NTC 2008, punto 4.3.2.3.), e richiamati nella figura seguente.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

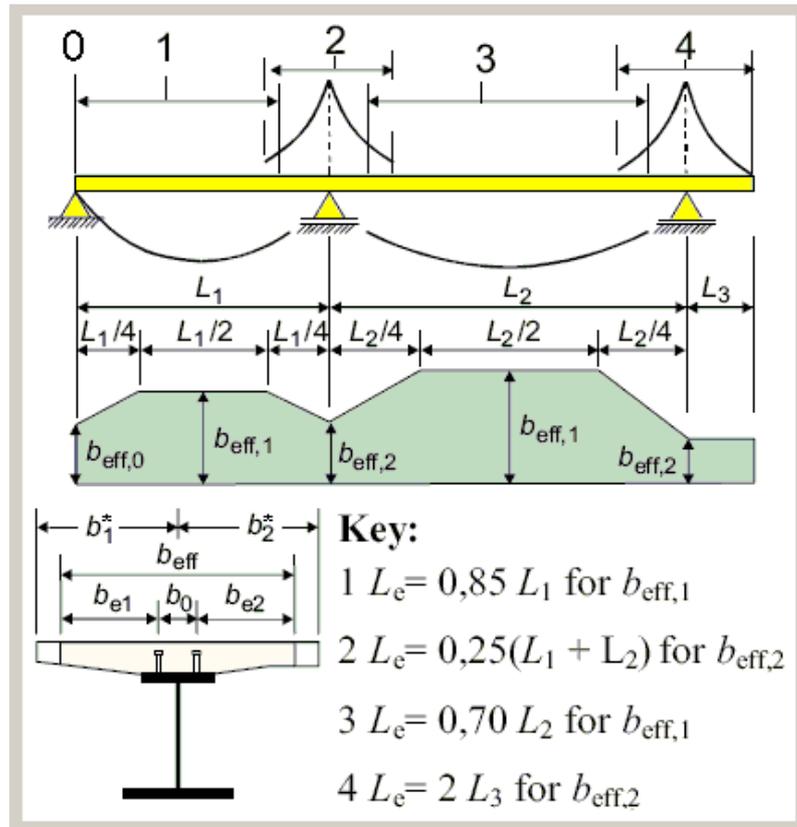


Figura 2.1: Criteri per la determinazione della larghezza collaborante di soletta

I calcoli sono riportati nella tabella e nel grafico che seguono.

X (m)	b1* (mm)	b2* (mm)	b0 (mm)	Tipo	beff (mm)	Le (m)	be1 (mm)	be2 (mm)	beta1	beta2
0	1'300	4'000	700	0	4'001	25.08	950	3'134	1.000	0.750
7.375	1'300	4'000	700	1	4'784	25.08	950	3'134	1.000	1.000
22.125	1'300	4'200	700	1	4'784	25.08	950	3'134	1.000	1.000
29.5	1'300	4'250	700	2	3'507	14.86	950	1'857	1.000	1.000
36.98	1'300	4'300	700	1	4'829	25.43	950	3'179	1.000	1.000
51.94	1'300	4'600	700	1	4'829	25.43	950	3'179	1.000	1.000
59.42	1'300	4'900	700	0	4'034	25.43	950	3'179	1.000	0.750

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

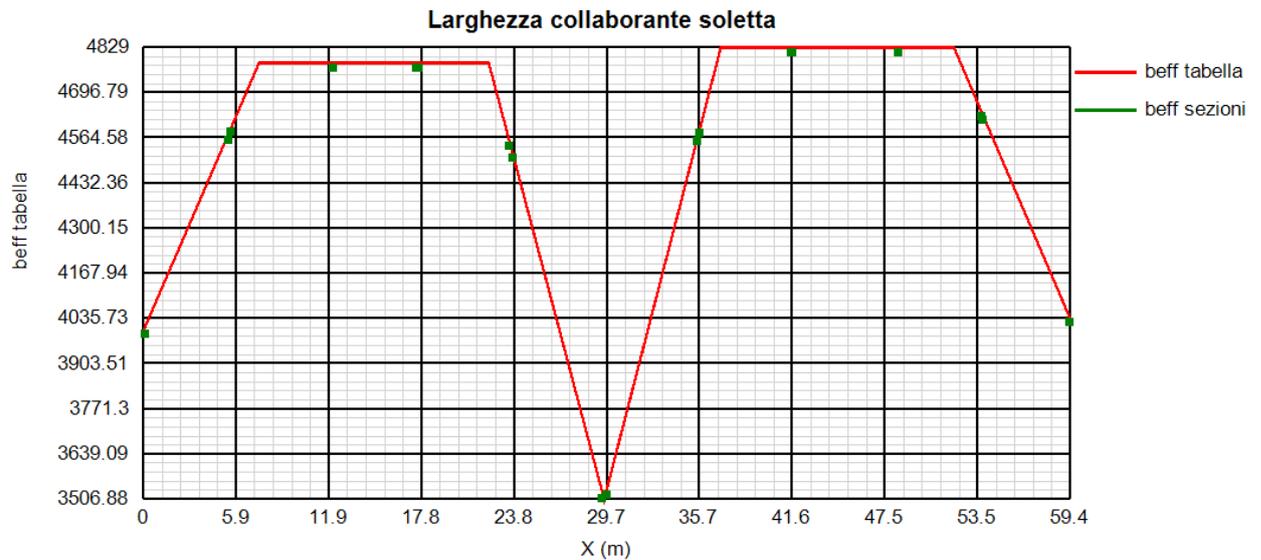


Figura 2.2: Larghezza collaborante della soletta lungo una trave longitudinale

2.2.2 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 2008 4.3.2.2.1.

Dato che in tale zona la combinazione S.L.E. caratteristica restituisce valori di trazione media più alti del limite $2x_{f_{ctm}}$, si considererà "cracked" una zona posta a cavallo del testa pila, di ampiezza complessiva pari a circa 8.9 m (15 % (L1 + L2)).

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.

2.2.3 Caratteristiche sezioni di impalcato

Le travi principali sono suddivise in conci. Per tutti i conci che formano le travate sono state analizzate le sezioni di inizio, centro e fine concio. Nelle due tabelle seguenti si riportano in forma tabellare la posizione di ogni sezione, le dimensioni delle lamiere, l'armatura in soletta, la larghezza efficace della soletta ed il numero e tipo di pioli.

Dati comuni a tutti i conci:

Altezza trave:	1400 mm
Diametro pioli:	19 mm
Altezza pioli:	220 mm
Altezza soletta:	60+200=260 mm

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Sections	X (m)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)	n pioli (/m)
C1_1	0.050	1'000	30	1'330	18	1'200	25	25
C1_2	5.400	1'000	30	1'330	18	1'200	25	25
C2_3	5.600	1'000	40	1'310	18	1'200	20	20
C2_4	12.100	1'000	40	1'310	18	1'200	20	20
C2_5	17.450	1'000	40	1'310	18	1'200	20	20
C3_6	17.600	1'000	40	1'320	18	1'200	20	20
C3_7	23.450	1'000	40	1'320	18	1'200	20	20
C4_8	23.650	1'000	50	1'290	20	1'200	25	25
C4_cracked_9	29.400	1'000	50	1'290	20	1'200	25	25
C4_cracked_10	29.652	1'000	50	1'290	20	1'200	25	25
C4_11	35.502	1'000	50	1'290	20	1'200	25	25
C5_12	35.652	1'000	40	1'320	18	1'200	20	20
C5_13	41.502	1'000	40	1'320	18	1'200	20	20
C6_14	41.552	1'000	40	1'310	18	1'200	20	20
C6_15	48.352	1'000	40	1'310	18	1'200	20	20
C6_16	53.702	1'000	40	1'310	18	1'200	20	20
C7_17	53.802	1'000	30	1'330	18	1'200	25	25
C7_18	59.352	1'000	30	1'330	18	1'200	25	25

Sections	X (m)	beff (mm)	Fisup (mm)	pbsup (mm)	csup (mm)	Fiinf (mm)	pbinf (mm)	cinf (mm)
C1_1	0.050	3'881	20	200	70	20	200	30
C1_2	5.400	4'450	20	200	70	20	200	30
C2_3	5.600	4'471	20	200	70	20	200	30
C2_4	12.100	4'659	20	200	70	20	200	30
C2_5	17.450	4'659	20	200	70	20	200	30
C3_6	17.600	4'659	20	200	70	20	200	30
C3_7	23.450	4'430	20	200	70	20	200	30
C4_8	23.650	4'395	20	100	70	20	100	30
C4_cracked_9	29.400	3'399	20	100	70	20	100	30
C4_cracked_10	29.652	3'409	20	100	70	20	100	30
C4_11	35.502	4'443	20	100	70	20	100	30
C5_12	35.652	4'469	20	200	70	20	200	30
C5_13	41.502	4'704	20	200	70	20	200	30
C6_14	41.552	4'704	20	200	70	20	200	30
C6_15	48.352	4'704	20	200	70	20	200	30
C6_16	53.702	4'517	20	200	70	20	200	30
C7_17	53.802	4'506	20	200	70	20	200	30
C7_18	59.352	3'917	20	200	70	20	200	30

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.

2.2.3.1 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	

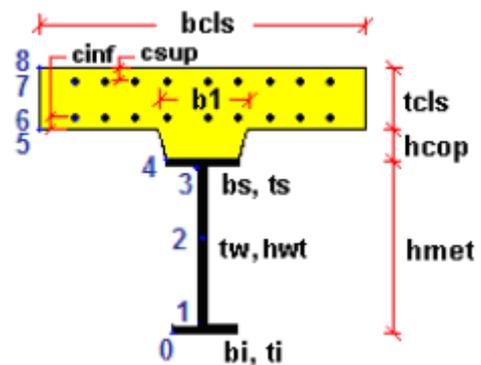


Figura 2.3: Dati caratterizzanti la sezione mista acciaio-calcestruzzo

Sezione C1 1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x30 mm
Piattabanda inferiore	1200x40 mm
Anima	18x1330 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4006x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4100 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.019E+5	1.614E+5	1.632E+5	1.526E+5	2.429E+5	1.145E+5
z _G (mm)	582.575	941.188	947.876	905.536	1148.732	687.789
J _y (mm ⁴)	3.84E+10	7.417E+10	7.485E+10	7.058E+10	9.518E+10	4.87E+10
W _{y,0} (mm ³)	-6.592E+7	-7.881E+7	-7.896E+7	-7.795E+7	-8.285E+7	-7.081E+7
W _{y,1} (mm ³)	-7.078E+7	-8.231E+7	-8.244E+7	-8.155E+7	-8.584E+7	-7.519E+7
W _{y,3} (mm ³)	4.877E+7	1.73E+8	1.773E+8	1.52E+8	4.301E+8	7.139E+7
W _{y,4} (mm ³)	4.698E+7	1.617E+8	1.655E+8	1.427E+8	3.788E+8	6.839E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.43E+8	1.462E+8	1.273E+8	3.058E+8	6.307E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.352E+8	1.381E+8	1.208E+8	2.789E+8	6.071E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.143E+8	1.166E+8	1.031E+8	2.157E+8	5.398E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.032E+8	1.051E+8	9.355E+7	1.862E+8	5.01E+7
S _{y,1} (mm ³)	2.7E+7	4.422E+7	4.454E+7	4.251E+7	5.418E+7	3.205E+7
S _{y,2} (mm ³)	2.965E+7	5.153E+7	5.196E+7	4.925E+7	6.524E+7	3.583E+7
S _{y,3} (mm ³)	2.407E+7	4.987E+7	5.035E+7	4.731E+7	6.48E+7	3.164E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	3.656E+7	3.724E+7	3.292E+7	5.771E+7	1.073E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

Sezione C2_3

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x40 mm
Piattabanda inferiore	1200x50 mm
Anima	18x1310 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4596x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4350 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.236E+5	1.918E+5	1.938E+5	1.817E+5	2.853E+5	1.38E+5
z _G (mm)	593.331	935.715	942.231	901.061	1140.225	692.363
J _y (mm ⁴)	4.782E+10	8.876E+10	8.955E+10	8.458E+10	1.136E+11	5.944E+10
W _{y,0} (mm ³)	-8.059E+7	-9.486E+7	-9.504E+7	-9.386E+7	-9.96E+7	-8.585E+7
W _{y,1} (mm ³)	-8.801E+7	-1.002E+8	-1.004E+8	-9.938E+7	-1.042E+8	-9.253E+7
W _{y,3} (mm ³)	6.237E+7	2.092E+8	2.143E+8	1.843E+8	5.167E+8	8.903E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.928E+7	1.912E+8	1.956E+8	1.695E+8	4.372E+8	8.4E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.693E+8	1.729E+8	1.513E+8	3.551E+8	7.743E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.601E+8	1.635E+8	1.436E+8	3.247E+8	7.452E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.357E+8	1.382E+8	1.228E+8	2.525E+8	6.622E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.225E+8	1.248E+8	1.114E+8	2.185E+8	6.143E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.41E+7	5.464E+7	5.503E+7	5.256E+7	6.691E+7	4.004E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.676E+7	6.17E+7	6.22E+7	5.908E+7	7.761E+7	4.376E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.147E+7	6.008E+7	6.063E+7	5.719E+7	7.718E+7	3.974E+7
S _{y,4} (mm ³)	3.725E-9	4.231E+7	4.312E+7	3.803E+7	6.759E+7	1.224E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Sezione C3 6

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x40 mm
Piattabanda inferiore	1200x40 mm
Anima	18x1320 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4784x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4350 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.118E+5	1.828E+5	1.849E+5	1.723E+5	2.801E+5	1.268E+5
z _G (mm)	651.324	1002.808	1009.155	968.846	1196.347	756.674
J _y (mm ⁴)	4.389E+10	7.965E+10	8.03E+10	7.615E+10	9.968E+10	5.439E+10
W _{y,0} (mm ³)	-6.738E+7	-7.942E+7	-7.957E+7	-7.86E+7	-8.332E+7	-7.188E+7
W _{y,1} (mm ³)	-7.179E+7	-8.272E+7	-8.285E+7	-8.198E+7	-8.62E+7	-7.589E+7
W _{y,3} (mm ³)	6.193E+7	2.23E+8	2.289E+8	1.947E+8	6.091E+8	9.015E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.862E+7	2.005E+8	2.054E+8	1.766E+8	4.895E+8	8.454E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.742E+8	1.781E+8	1.55E+8	3.781E+8	7.733E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.635E+8	1.67E+8	1.461E+8	3.395E+8	7.417E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.356E+8	1.382E+8	1.226E+8	2.532E+8	6.527E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.212E+8	1.234E+8	1.102E+8	2.15E+8	6.021E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.03E+7	4.717E+7	4.748E+7	4.554E+7	5.646E+7	3.536E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.367E+7	5.552E+7	5.593E+7	5.331E+7	6.85E+7	3.998E+7
S _{y,3} (mm ³)	2.915E+7	5.437E+7	5.482E+7	5.193E+7	6.826E+7	3.671E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	3.928E+7	3.999E+7	3.549E+7	6.091E+7	1.177E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

Sezione C4 8

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x50 mm
Piattabanda inferiore	1200x60 mm
Anima	20x1290 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4520x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4750 mm
Tipo	R su entrambi i lati

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.478E+5	2.291E+5	2.311E+5	2.192E+5	3.21E+5	1.762E+5
z _G (mm)	602.835	940.068	945.406	912.006	1117.561	753.893
J _y (mm ⁴)	5.732E+10	1.049E+11	1.057E+11	1.009E+11	1.304E+11	7.831E+10
W _{y,0} (mm ³)	-9.508E+7	-1.116E+8	-1.118E+8	-1.106E+8	-1.167E+8	-1.039E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.056E+8	-1.192E+8	-1.194E+8	-1.184E+8	-1.233E+8	-1.129E+8
W _{y,3} (mm ³)	7.671E+7	2.56E+8	2.612E+8	2.304E+8	5.612E+8	1.314E+8
W _{y,4} (mm ³)	7.19E+7	2.281E+8	2.325E+8	2.068E+8	4.619E+8	1.212E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2.018E+8	2.054E+8	1.841E+8	3.809E+8	1.109E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.908E+8	1.941E+8	1.746E+8	3.503E+8	1.064E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.615E+8	1.64E+8	1.488E+8	2.761E+8	9.366E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.458E+8	1.479E+8	1.349E+8	2.405E+8	8.643E+7
S _{y,1} (mm ³)	4.124E+7	6.552E+7	6.591E+7	6.35E+7	7.83E+7	5.212E+7
S _{y,2} (mm ³)	4.419E+7	7.327E+7	7.375E+7	7.076E+7	8.949E+7	5.694E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.861E+7	7.159E+7	7.211E+7	6.885E+7	8.895E+7	5.338E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	4.984E+7	5.063E+7	4.57E+7	7.608E+7	2.233E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

Sezione C5 12

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x40 mm
Piattabanda inferiore	1200x40 mm
Anima	18x1320 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4594x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidimenti verticali

Interasse	5500 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.118E+5	1.8E+5	1.82E+5	1.699E+5	2.734E+5	1.262E+5
z _G (mm)	651.324	994.131	1000.42	960.542	1187.49	752.965
J _y (mm ⁴)	4.389E+10	7.876E+10	7.941E+10	7.53E+10	9.876E+10	5.402E+10
W _{y,0} (mm ³)	-6.738E+7	-7.922E+7	-7.937E+7	-7.84E+7	-8.317E+7	-7.174E+7
W _{y,1} (mm ³)	-7.179E+7	-8.255E+7	-8.268E+7	-8.18E+7	-8.607E+7	-7.577E+7
W _{y,3} (mm ³)	6.193E+7	2.153E+8	2.208E+8	1.885E+8	5.725E+8	8.899E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.862E+7	1.941E+8	1.987E+8	1.714E+8	4.647E+8	8.349E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.691E+8	1.728E+8	1.508E+8	3.624E+8	7.64E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.588E+8	1.622E+8	1.422E+8	3.265E+8	7.329E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.322E+8	1.347E+8	1.196E+8	2.454E+8	6.454E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.183E+8	1.204E+8	1.077E+8	2.09E+8	5.956E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.03E+7	4.676E+7	4.706E+7	4.515E+7	5.604E+7	3.518E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.367E+7	5.495E+7	5.536E+7	5.277E+7	6.789E+7	3.976E+7

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

S _{y,3} (mm ³)	2.915E+7	5.375E+7	5.42E+7	5.134E+7	6.762E+7	3.644E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	3.831E+7	3.901E+7	3.456E+7	5.992E+7	1.136E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

Sezione C6 14

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x40 mm
Piattabanda inferiore	1200x50 mm
Anima	18x1310 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4829x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	5500 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.236E+5	1.953E+5	1.974E+5	1.847E+5	2.935E+5	1.388E+5
z _G (mm)	593.331	946.709	953.314	911.509	1151.91	696.838
J _y (mm ⁴)	4.782E+10	9.008E+10	9.088E+10	8.583E+10	1.15E+11	5.997E+10
W _{y,0} (mm ³)	-8.059E+7	-9.515E+7	-9.533E+7	-9.416E+7	-9.982E+7	-8.605E+7
W _{y,1} (mm ³)	-8.801E+7	-1.005E+8	-1.006E+8	-9.963E+7	-1.043E+8	-9.27E+7
W _{y,3} (mm ³)	6.237E+7	2.18E+8	2.235E+8	1.914E+8	5.526E+8	9.042E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.928E+7	1.987E+8	2.034E+8	1.757E+8	4.635E+8	8.528E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.755E+8	1.794E+8	1.565E+8	3.732E+8	7.857E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.658E+8	1.693E+8	1.484E+8	3.401E+8	7.56E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.4E+8	1.427E+8	1.265E+8	2.625E+8	6.714E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.263E+8	1.286E+8	1.147E+8	2.263E+8	6.226E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.41E+7	5.53E+7	5.57E+7	5.319E+7	6.761E+7	4.031E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.676E+7	6.254E+7	6.304E+7	5.987E+7	7.854E+7	4.408E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.147E+7	6.1E+7	6.155E+7	5.806E+7	7.815E+7	4.012E+7
S _{y,4} (mm ³)	3.725E-9	4.367E+7	4.449E+7	3.932E+7	6.903E+7	1.279E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

Sezione C7 17

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x30 mm
Piattabanda inferiore	1200x40 mm
Anima	18x1330 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4631x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 25/m

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Irrigidenti verticali

Interasse	5000 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.019E+5	1.707E+5	1.727E+5	1.605E+5	2.649E+5	1.165E+5
Z _G (mm)	582.575	974.604	981.513	937.536	1182.731	702.156
J _y (mm ⁴)	3.84E+10	7.752E+10	7.822E+10	7.378E+10	9.863E+10	5.011E+10
W _{y,0} (mm ³)	-6.592E+7	-7.954E+7	-7.969E+7	-7.87E+7	-8.339E+7	-7.137E+7
W _{y,1} (mm ³)	-7.078E+7	-8.294E+7	-8.307E+7	-8.22E+7	-8.631E+7	-7.568E+7
W _{y,3} (mm ³)	4.877E+7	1.961E+8	2.013E+8	1.706E+8	5.267E+8	7.504E+7
W _{y,4} (mm ³)	4.698E+7	1.822E+8	1.869E+8	1.595E+8	4.54E+8	7.181E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.597E+8	1.635E+8	1.412E+8	3.557E+8	6.612E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.504E+8	1.538E+8	1.335E+8	3.21E+8	6.361E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.26E+8	1.285E+8	1.131E+8	2.422E+8	5.644E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.131E+8	1.153E+8	1.021E+8	2.067E+8	5.232E+7
S _{y,1} (mm ³)	2.7E+7	4.582E+7	4.615E+7	4.404E+7	5.581E+7	3.274E+7
S _{y,2} (mm ³)	2.965E+7	5.368E+7	5.413E+7	5.129E+7	6.756E+7	3.669E+7
S _{y,3} (mm ³)	2.407E+7	5.228E+7	5.277E+7	4.961E+7	6.725E+7	3.268E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	3.996E+7	4.067E+7	3.618E+7	6.118E+7	1.219E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

2.2.3.2 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 2008).

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} x b_{inf} x f_{yinf} / γ_{m0} azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda inferiore;
- N_{aweb} = t_{web} x h_{web} x f_{yweb} / γ_{m0} azione assiale plastica sviluppabile dalla anima;
- N_{atf} = t_{sup} x b_{sup} x f_{y_{sup}} / γ_{m0} azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda superiore;
- N_{c1} = 0.85 x f_{ck} x b_{eff} x t_{c1} / γ_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 x f_{ck} x b_{eff} x t_{c2} / γ_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);

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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

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

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

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 +/- N_{pl} con incrementi pari a $N_{pl}/10$.

2.2.4 Caratteristiche del sistema di irrigidimento (ribs e stiffeners)

Le travi metalliche sono irrigidite da un sistema di nervature formato da stiffeners verticali, progettati con riferimenti ai criteri contenuti in EN 1993-1-5.

Irrigidimenti intermedi

Gli stiffeners intermedi, che assolvono al compito di irrigidimento d'anima, sono posti in corrispondenza dell'attacco dei traversi, ospitandone il collegamento.

Tali irrigidimenti sono realizzati con due piatti semplici di sezione 300x30 all'esterno delle travi, e di sezione 400x30 all'interno.

Il profilo viene collegato, oltre che lungo l'anima della trave, anche in corrispondenza delle estremità alle piattabande superiori ed inferiori.

In figura si riporta lo schema dell'irrigidente.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

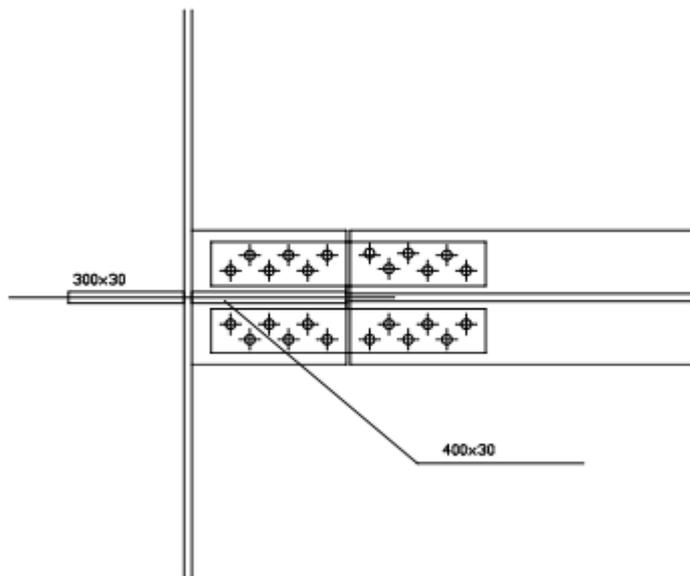


Figura 2.4 Schema irrigidenti sui traversi correnti

Irrigidimenti d'appoggio

In linea generale, gli irrigidenti d'appoggio assolvono la funzione "aggiuntiva" di stabilizzazione dell'anima nei confronti delle azioni localizzate trasmesse dalle apparecchiature di vincolo.

Il sistema di base degli irrigidenti d'appoggio è basato su tre piattini semplici 300x30 posti ad interasse di 300 mm all'esterno dell'anima della trave. All'interno sono posizionati due piattini di sezione 300x30 ed uno centrale di sezione 500x30 mm.

Qui di seguito si riporta un disegno schematico della soluzione adottata.

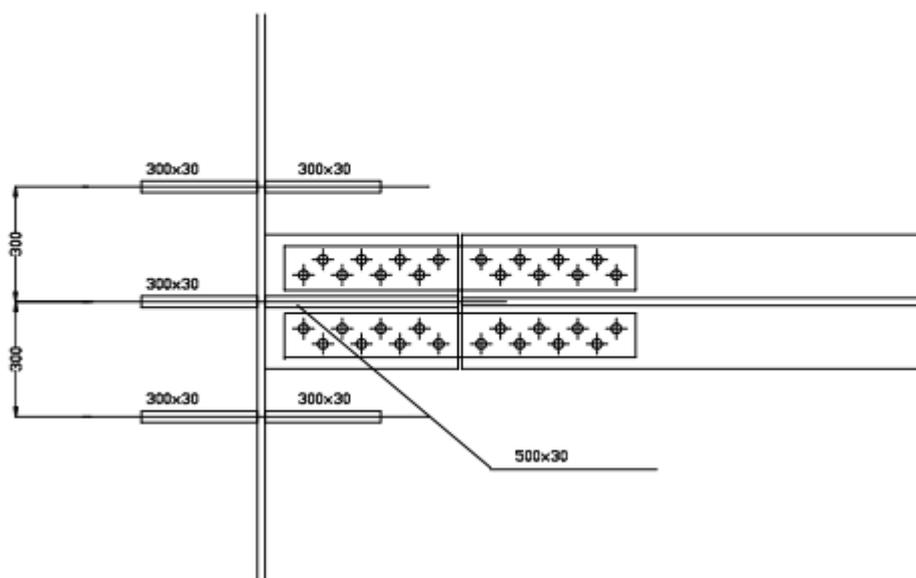


Figura 2.5 Schema irrigidenti di pila/spalle

3. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO

Per l'analisi della sovrastruttura, verrà impiegato un modello ad elementi finiti comune, ma dovutamente specializzato e finalizzato agli obiettivi delle singole analisi.

Qui di seguito si riportano le generalità del modello impiegato per la verifica della sovrastruttura.

3.1 MODELLAZIONE E TIPO DI ANALISI

La struttura è stata modellata in tridimensionale, con elementi di LUSAS trave tipo BMI21 a sei gradi di libertà per nodo, che corrono lungo lo sviluppo longitudinale delle travate. I traversi sono modellati con travi tipo BMI21 e posizionati nella posizione reale, e la soletta è modellata come elementi shell tipo QTS4. Le sollecitazioni N, T, M di verifica dell'impalcato sono ricavate dal software in una serie di posizioni in cui sono definite delle "slice" cioè delle sezioni nelle quali il modello viene tagliato e il software restituisce l'integrale delle sollecitazioni sulla sezione composta da elementi shell ed elemento beam.

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

Il modello di calcolo è un graticcio formato dalle travi principali e dai traversi.

Le azioni applicate sono il peso proprio di tutte le membrature metalliche, ed 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.

Il modello di calcolo della soletta è formato da elementi shell con rigidità del cls valutata a tempo "infinito", nervato con le opportune eccentricità da un graticcio formato dalle travi longitudinali aventi sezione di acciaio, e traversi schematizzati con la loro geometria reale.

La soletta è considerata fessurata a ridosso della pila per una lunghezza pari al 15% delle rispettive luci, e quindi si utilizza un modulo elastico equivalente alla rigidità delle sole armature longitudinali.

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.

Il modello di calcolo della soletta è formato da elementi shell con rigidità del cls valutata a tempo "infinito", nervato con le opportune eccentricità da un graticcio formato dalle travi longitudinali aventi sezione di acciaio, e traversi schematizzati con la loro geometria reale.

La soletta è considerata fessurata a ridosso della pila per una lunghezza pari al 15% delle rispettive luci, e quindi si utilizza un modulo elastico equivalente alla rigidità delle sole armature longitudinali.

Le azioni applicate sono il ritiro ed i 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 con rigidità valutata "a tempo zero". La soletta è considerata fessurata a ridosso della pila per una lunghezza pari al 15% delle rispettive luci, e quindi si utilizza un modulo elastico equivalente alla rigidità delle sole armature longitudinali.

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

Si riporta una rappresentazione grafica della mesh, con rendering della struttura.

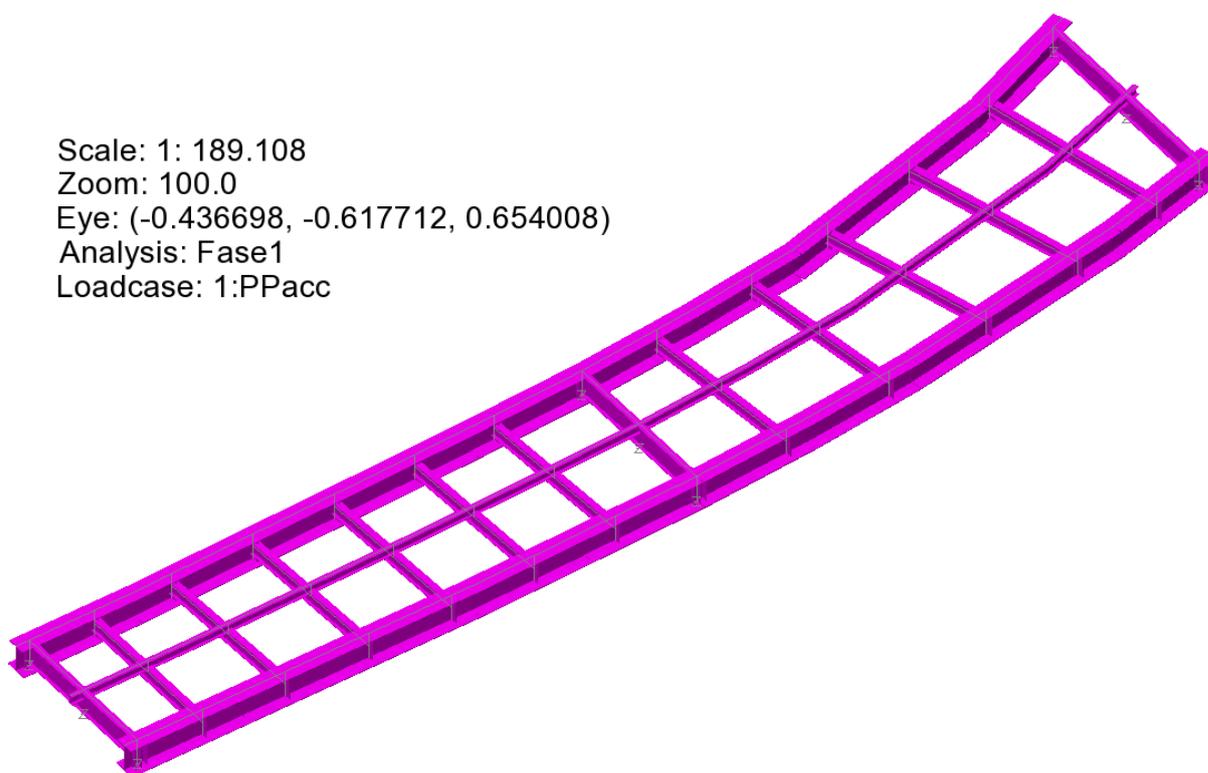


Figura 3.1: Modello fem in FASE 1

Scale: 1: 193.007
Zoom: 100.0
Eye: (-0.436698, -0.617712, 0.654008)
Analysis: Fase2a
Loadcase: 3:Permanenti

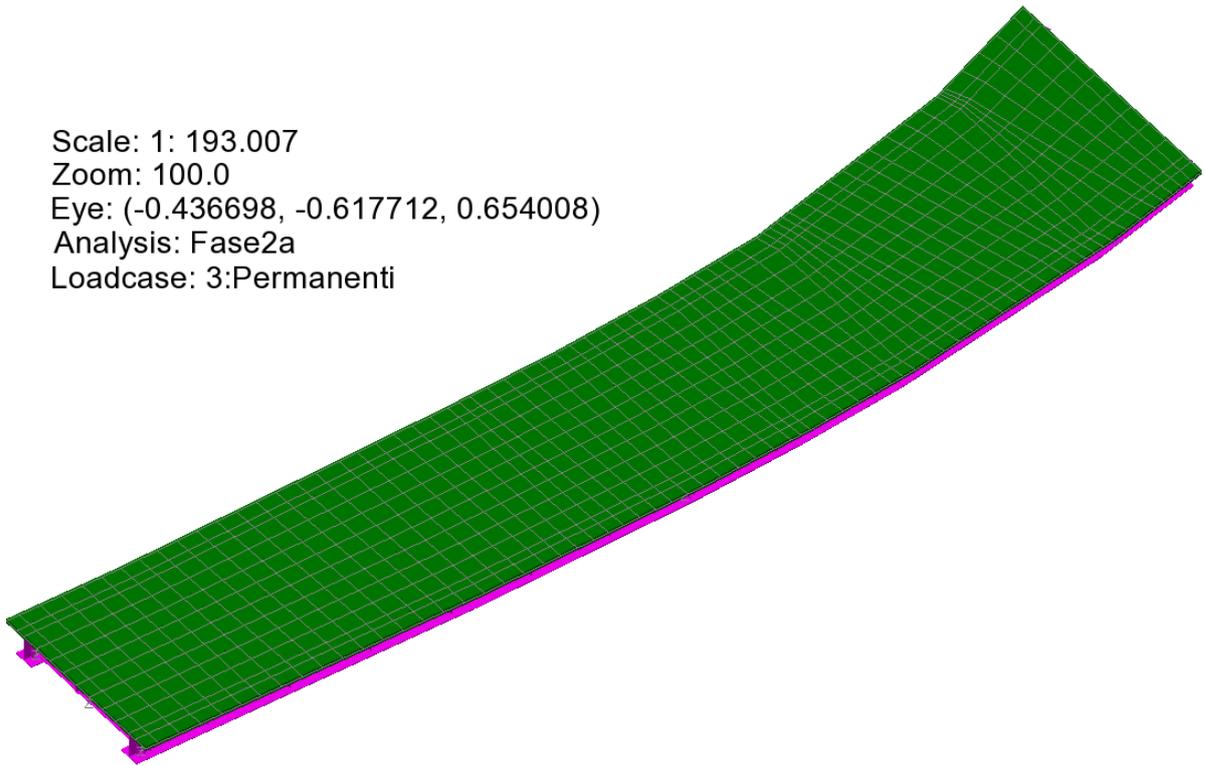


Figura 3.2: Modello FEM in fase 3

3.2 SISTEMA DI VINCOLO

I vincoli esterni sono degli "incastri" posti all'intradosso del plinto di fondazione della pila centrale, ed alla sommità dei muri di spalla, in posizione baricentrica rispetto agli apparecchi di appoggio.

I dispositivi di vincolo effettivi del manufatto, sono modellati con molle di rigidezza orizzontale $k_y=k_x=3.86$ kN/mm, e verticale $k_z=3582$ kN/mm.

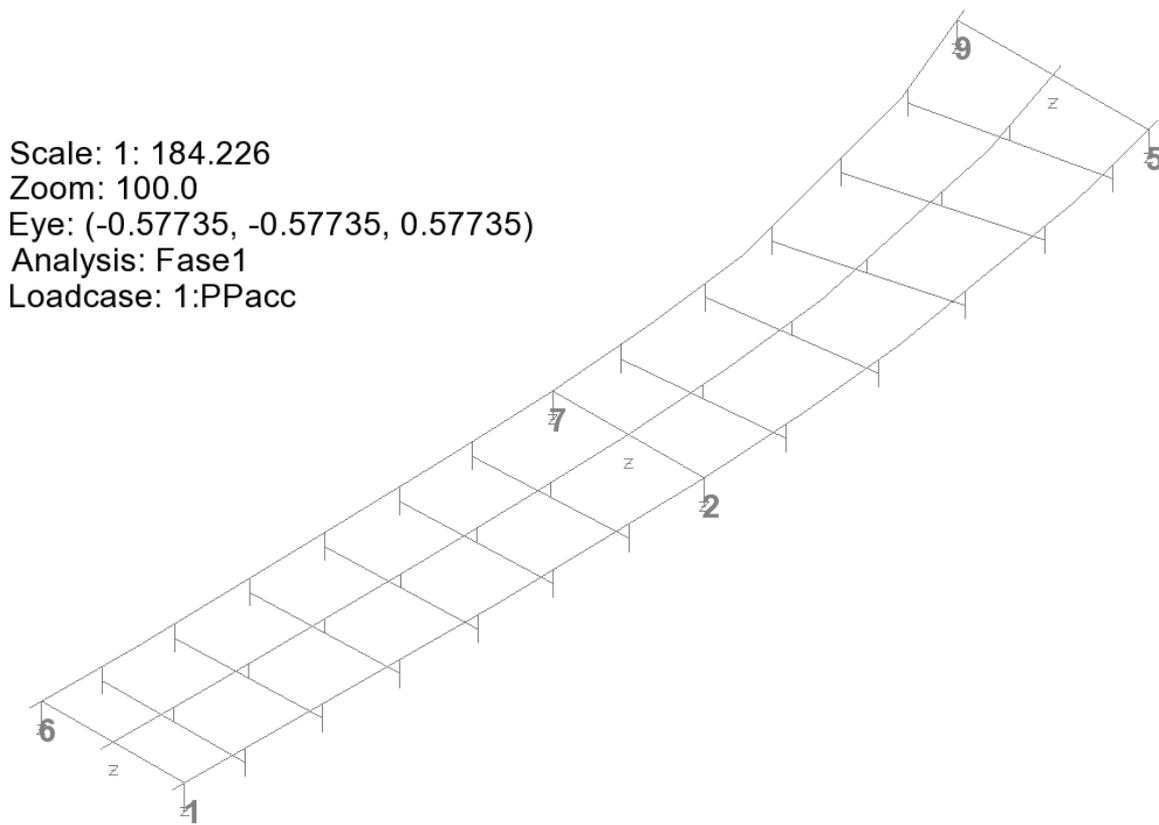


Figura 3.3: Numerazione delle molle degli apparecchi di appoggio

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.

Le analisi di fase 1 e fase 2a saranno pertanto condotte riferendosi a rigidzze orizzontali del sistema di vincolo praticamente nulle.

4. 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.

4.1 CARICHI AGENTI IN FASE 1

4.1.1 Peso proprio acciaio (G_{k1}')

Il peso della struttura in acciaio è stato conteggiato con riferimento alla densità di massa convenzionale di 7850 kg/m^3 calcolato in automatico dal modello attraverso l'applicazione dell'accelerazione di gravità agli elementi rappresentativi delle travi longitudinali, dei trasversi, della trave di spina, e degli irrigidenti verticali.

Si è inoltre considerato un sovraccarico aggiuntivo del 10%, per tenere in conto dei rimanenti contributi di "vestizione" della carpenteria metallica non modellati esplicitamente, quali:

- Piolature
- Piastrame di giunto
- Controventi di montaggio

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

Il peso della soletta di impalcato e' pari a:

- soletta inclusa predalle $0.26 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 6.5 \text{ kN/m}^2$

Il contributo equivalente al peso della soletta + predalles è stato implementato nel modello tramite un sovraccarico uniformemente distribuito agente sugli allineamenti di travi longitudinali.

4.2 CARICHI AGENTI IN FASE 2A - 2B

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

Cordoli	γ_{cls}	25 kN/m^3	
	spessore	0.16 m	
	$g_{k2, \text{cordoli}}$	4.00 kN/m^2	cordolo sx=cordolo dx, L=0.80 m
Pavimentazione	γ_{pav}	24 kN/m^3	larghezza carreggiata variabile
	spessore	0.11 m	
	$g_{k2, \text{pavim}}$	2.640 kN/m^2	
Barriera	$g_{k2, \text{barriera}}$	2.00 kN/m	per lato barriera sx = barriera dx
Veletta prefabbricata	$g_{k2, \text{veletta}}$	1.50 kN/m	
Impianti,reti	$g_{k2, \text{impianti}}$	1.50 kN/m	

Tabella 4.1 Sovraccarichi permanenti

I sovraccarichi permanenti vengono implementati nel modello come carichi uniformemente distribuiti, agenti sugli elementi della soletta in c.a.

4.2.2 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 specifica agli elementi di soletta attraverso l'implementazione di una variazione termica uniforme pari a $\Delta T_{uni} = \varepsilon_{r\infty} = - 27.84 \text{ } ^\circ\text{C}$.

4.2.3 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. Il calcolo è riportato nella tabella seguente:

	Campata di sinistra (m)	Campata di destra (m)	dv (m)
DZ_Sp1	---	30.0	0.0060 m
DZ_Pila1	30.0	30.0	0.0060 m
DZ_Sp2	30.0	---	0.0060 m

Tabella 4.2 Cedimenti nominali ai sostegni

Gli effetti dei cedimenti di ciascun sostegno verranno opportunamente combinati in modo da restituire, nell'ambito dei vari inviluppi, la situazione più sfavorevole.

4.3 CARICHI AGENTI IN FASE 3

4.3.1 Variazioni termiche (QT_k)

I criteri per la determinazione degli effetti della temperatura sono contenuti in NTC-08, cap. 3.5 (rif. Eurocodici EN 1991-1-5). Dal momento che NTC-08 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.

4.3.1.1 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.

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

La temperatura media ambientale viene posta pari a T_0 a 15.0 °C.

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 .

Tipo ponte	2	1: acciaio 2: composto 3: calcestruzzo			
Componente uniforme		Componente differenziale			
T min	-3.0 [°C]		$\Delta T_{M,heat}$	15.0 [°C]	
T max	44.0 [°C]		$\Delta T_{M,cool}$	-18.0 [°C]	
$T_{e,min}$	1.0 [°C]		Spessore rivestimento	3	2: impermeabilizz 3: 50 mm / 4: 100 mm / 5: 150 mm
$T_{e,max}$	48.3 [°C]		$k_{sur,heat}$	1.0 [-]	
ΔT_N	47.3 [°C]		$k_{sur,cool}$	1.0 [-]	
T_0	15.0 [°C]				
$\Delta T_{N,con}$	-14.0 [°C]		$\Delta T_{M,heat}$	15.0 [°C]	
$\Delta T_{N,exp}$	33.3 [°C]		$\Delta T_{M,cool}$	-18.0 [°C]	
			Z(m)	$\Delta T_{M,heat}$	$\Delta T_{M,cool}$
		Estradosso soletta	1.66	15.00	-18.00
		Intradosso soletta	1.40	12.65	-15.18
		Intradosso travate	0.00	0.00	0.00

Tabella 4.3 Calcolo var. termiche uniformi e lineari (EN 1991-1-5)

4.3.1.2 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:

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

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

4.3.2 Carichi mobili (Q_k)

4.3.2.1 Verifiche globali

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

Si seguono le disposizioni contenute nel D.M. 2008, cap. 5.1.3.3.5, equivalenti a quelle contenute in EN 1991-2. Si fa riferimento a ponti di I categoria.

Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile variabile nell'intervallo 9.00-10.9 m, è in grado di ospitare 3 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m. La parte rimanente ("remaining area") raggiunge una larghezza massima di 1.90 m.

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 longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale
- ✓ 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 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale
- ✓ - 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 50 kN cadauno disposti ad interasse 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale
- ✓ - 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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

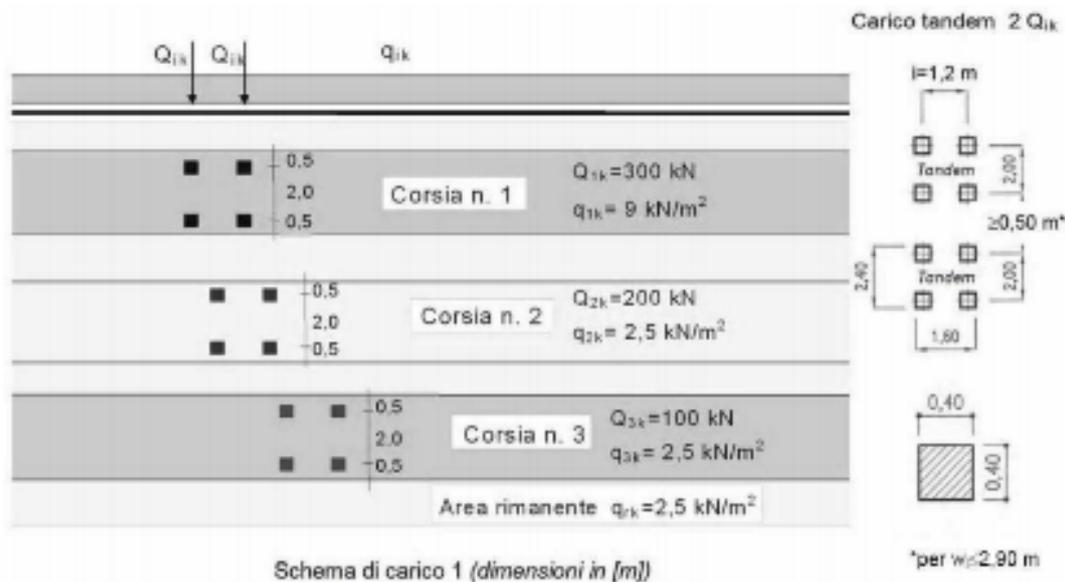


Figura 4.1: Schema di carico convenzionale 1

Le azioni da traffico sono state applicate movimentando longitudinalmente i carichi lungo le corsie convenzionali, secondo due schemi di carico (Schema A e Schema B) volti rispettivamente a massimizzare gli effetti sulla travata di bordo destro con la Colonna 1 sulla corsia all'esterno curva, e sulla trave di spina con la Colonna 1 in posizione centrale rispetto alle Colonne 2 e 3.

Mediante involuppi si colgono le massime sollecitazioni indotte dalla peggiore posizione dei tandem e dei vari segmenti di carico distribuito (UDL)

4.3.2.2 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.

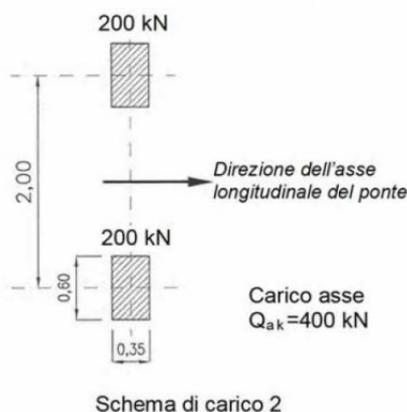


Figura 4.2: Schema di carico convenzionale 2

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.

4.3.2.3 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.

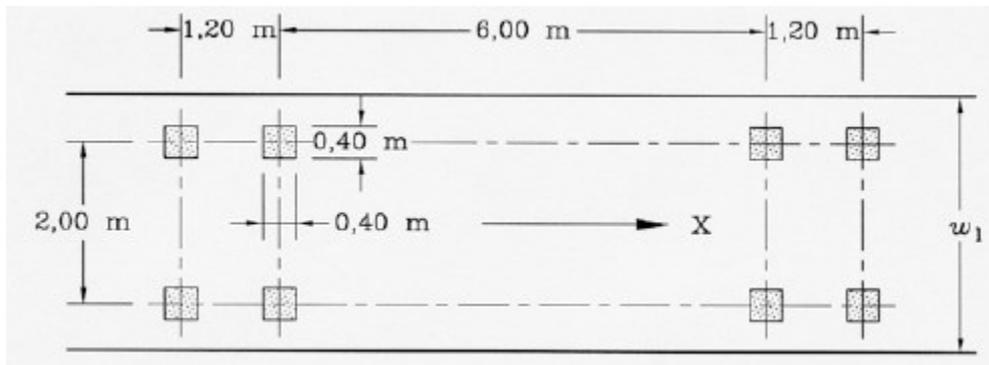


Figura 4.3: Carico convenzionale per verifiche a fatica

La struttura in esame è a carreggiata unica con unico senso di marcia e pertanto si considera la presenza di una corsia lenta, posizionata nella sua collocazione reale di progetto.

4.3.3 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:

Lunghezza del ponte = L	60 m	
$2 \cdot Q_{1k}$	600 kN	
q_{1k}	9.0 kN/m ²	
w	3.0 m	
Q_{fk}	522 kN	<900 kN
Q_{Lk}	522.0 kN	
$q_{Lk \text{ tot}}$	8.700 kN/m	carico totale per unità di lunghezza
n travi	2	
$q_{Lk \text{ trave}}$	4.350 kN/m	carico per singola trave, per unità di lunghezza

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

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

Si evidenzia che per semplicità, ed a favore di sicurezza, si è considerata la medesima pressione del vento sia nel caso di manufatto carico che scarico.

Ai fini della valutazione delle pressioni, si è considerata la singola via di corsa.

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Calcolo parametri di base

Categoria sito	II I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	4 UNI EN 1991-1-4
a_s	50 m - quota sito
v_{b0}	28 4.1.(1) P
a_0	500 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.02 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
v_{b0}	28 4.1.(1) P
v_b	28.0 velocità di base del vento
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3
C_r	1.01 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)
C_{scd}	1.00 fattore di struttura
k_l	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)
C_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3
T_r	50 periodo di ritorno
k_1	0.138
n	1.000
α_r	1.00
z_0	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1
z_{min}	4.00 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2
k_r	0.19 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)
$v_m(z)$	28.2 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
σ_v	5.32 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.)
$l_v(z)$	0.19 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$C_e(z)$	2.35 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p(z)$	1152.62 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)
v^*_b	25.20 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD
$v^*_m(z)$	25.37 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
$l^*_v(z)$	0.21 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$c_e^*(z)$	2.50 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q^*_p(z)$	992.67 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Caratteristiche impalcato

b_{imp}	10.6 m (cfr. figura)
Z	10 m quota baricentro struttura da p.c.
d_{sagoma}	3 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
$d_{scarico}$	1.66 (m) d_{rif} . A ponte scarico (cfr. figura)
d_{carico}	4.66 (m) d_{rif} a ponte carico (cfr. figura)
ψ_0	0.6 coefficiente di combinazione (EN 1990)
$C_{fx\ scarico}$	1.30 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
$C_{fx\ carico}$	1.77
$b/d_{scarico}$	6.39
b/d_{carico}	2.27
$f_{w\ scarico}$	1498 (N/m ²)
$f_{w\ carico}$	2045 (N/m ²)
f_w^*	1290 (N/m ²) pressione specifica nominale (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
$F_{w, scarico}$	2487 (N/m) Risultante a ponte scarico, caratteristico
$F_{w, carico}$	9531 (N/m) Ris. a ponte carico, caratteristico
$\min(\psi_0 F_w; F_w^*)$	6014 (N/m) Ris. a ponte scarico, valore di combinazione ($\min \psi_0 F_w; F_w^*$)

L'altezza della sagoma in transito non sarebbe a rigore oggetto di decisione nazionale

Esempi di calcolo di dtot per impalcato con barriera e con sagoma stradale

EN 1991-1-4 - figura 8.3



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.

4.3.5 Azione sismica (E)

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 del D.M. 14 gennaio 2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_u = 2$.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima, in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti), è di 949 anni.

Essa, conformemente a quanto prescritto dalle Norme Tecniche, è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste.

Tale pericolosità sismica è descritta, in termini geografici e temporali 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:	37.37018									
Longitudine:	14.99953									
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	0.077	2.510	0.270	0.757	0.941	
SLD	50	2	100	101	0.107	2.380	0.310	1.051	1.052	
SLV	50	2	100	949	0.378	2.350	0.470	3.704	1.949	
SLC	50	2	100	1950	0.536	2.340	0.530	5.262	2.314	

Tabella 4.4: Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

In quest'ultima 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; 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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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.

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

Stato limite	Suolo	Categ. Top.	S_S	S_T	S	C_C	T_B	T_C	T_D
SLO	B	T1	1.20	1.00	1.20	1.429	0.129	0.386	1.909
SLD	B	T1	1.20	1.00	1.20	1.390	0.144	0.431	2.029
SLV	B	T1	1.05	1.00	1.05	1.279	0.200	0.601	3.110
SLC	B	T1	1.00	1.00	1.00	1.249	0.221	0.662	3.746

Tabella 4.5: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

In quest'ultima S_S ed S_T sono rispettivamente i fattori di amplificazione stratigrafica e topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione S ; C_C è il coefficiente che modifica il valore del periodo T_C^* ; T_B è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale; 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 e quindi lo spettro è scalato di $\eta=0,71$ a partire da 0.8 del periodo dell'isolatore.

Isolato	true
Tisol	1.235 s
csi	15.000 %
q	1.00
η	0.71

Tabella 4.6: Parametri per la riduzione dello spettro elastico orizzontale

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

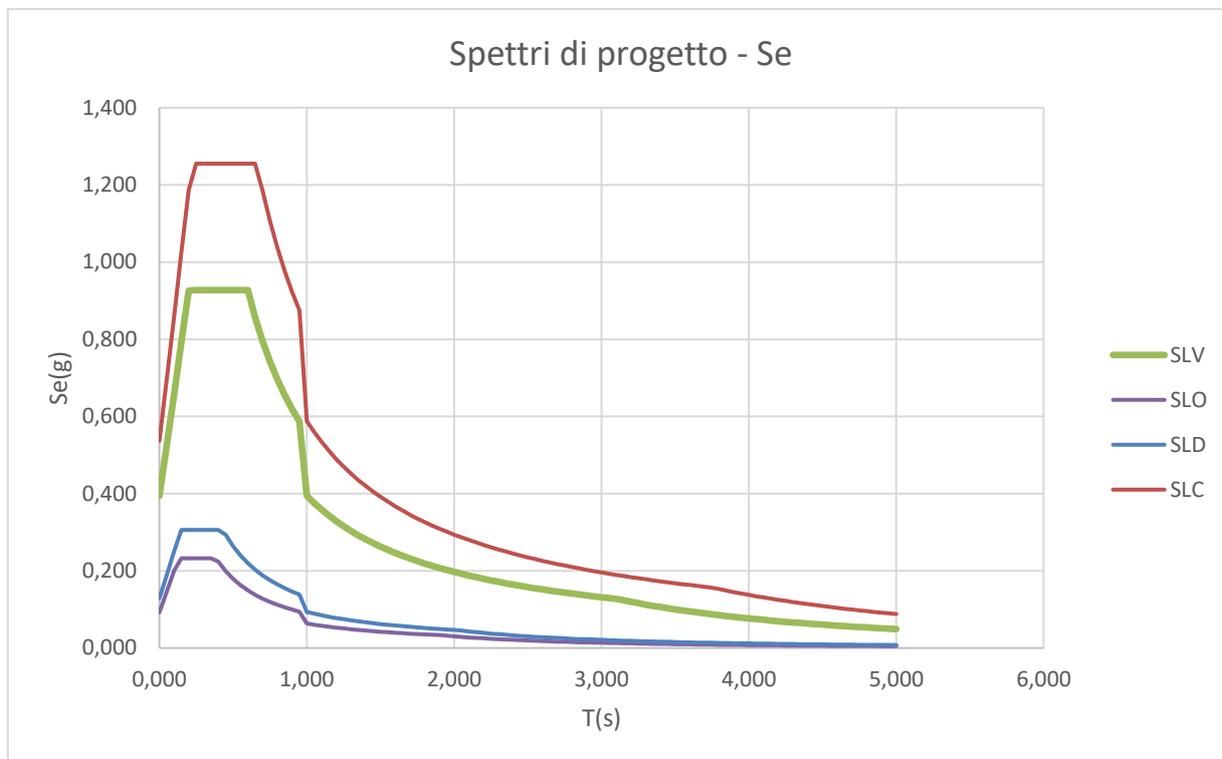


Figura 4.4: Spettro elastico per la componente orizzontale

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

Stato limite	Suolo	Categ. Top.	S_S	S_T	S	C_C	T_B	T_C	T_D
SLO	B	T1	1.00	1.00	1.00	1.429	0.050	0.150	1.000
SLD	B	T1	1.00	1.00	1.00	1.390	0.050	0.150	1.000
SLV	B	T1	1.00	1.00	1.00	1.279	0.050	0.150	1.000
SLC	B	T1	1.00	1.00	1.00	1.249	0.050	0.150	1.000

Tabella 4.5: Parametri per la definizione dello spettro elastico verticale

In quest'ultima S_S ed S_T sono rispettivamente il fattori di amplificazione stratigrafica e topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione S; T_B è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente verticale; T_C è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente verticale; 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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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

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

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

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

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

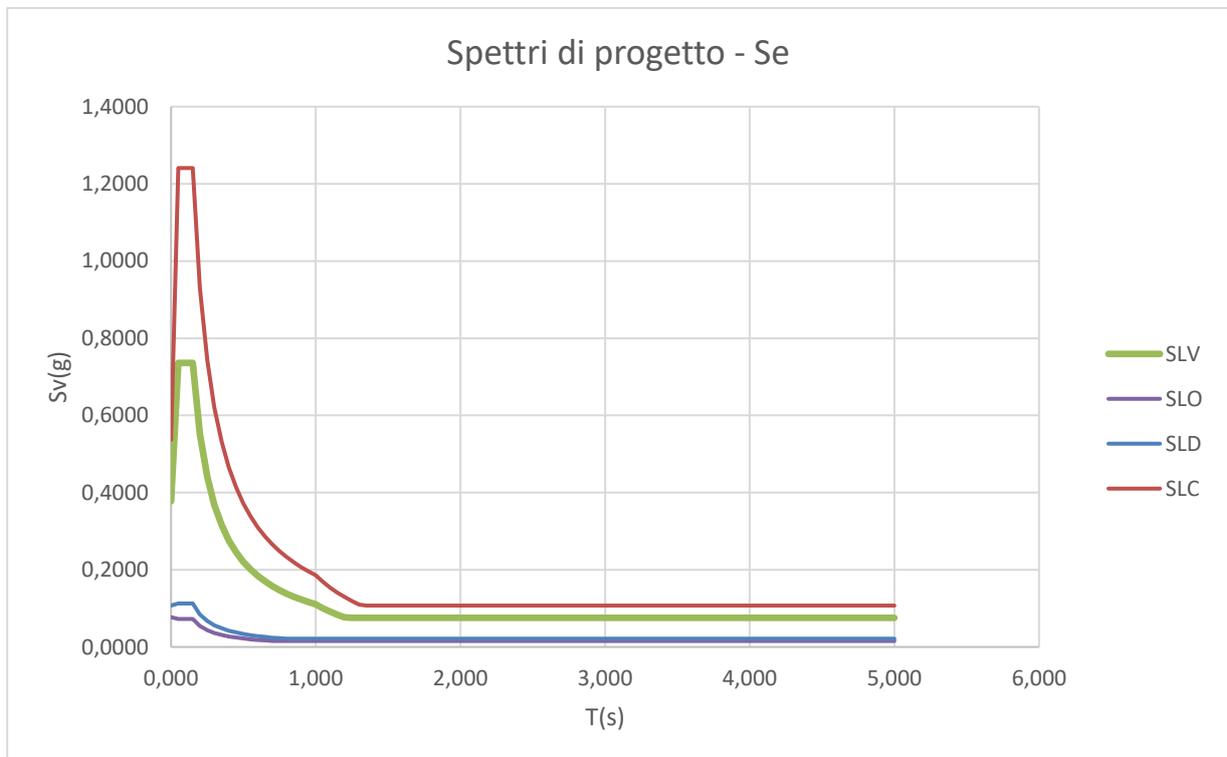


Figura 4.6: Spettro elastico per la componente verticale

Le azioni sismiche non sono dimensionanti per il calcolo degli elementi principali dell'impalcato.

4.3.6 Azioni sui traversi per stabilizzare la piattabanda inferiore

I traversi correnti formano con gli irrigidenti ed una porzione collaborante di anima delle travi longitudinali, dei telai trasversali che stabilizzano le piattabande inferiori compresse.

Le forze orizzontali di SLU applicate alla base dei telai trasversali sono calcolate in accordo ad EN1993-2, 6.3.4.2 (5) a partire dalla massima compressione media rilevata nella piattabanda inferiore.

Si ha pertanto:

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

$\sigma_{min} =$	258	N/mm ²	
A Pinf =	72000	mm ²	=1200x60
NEd=	1.86E+07	N	
FE _d =1/100 NE _d =	185760	N	

Tabella 4.7 Azioni aggiuntive applicate ai traversi

Tali azioni aggiuntive verranno considerate unicamente nelle verifiche S.L.U. dei traversi.

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:

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

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_{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}	1.2	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.

S.L.E. - fondamentale

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

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

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

S.L.E. - frequente

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

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

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

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

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

$\psi_{2,3} = 0.0$ 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

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

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 relativo 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

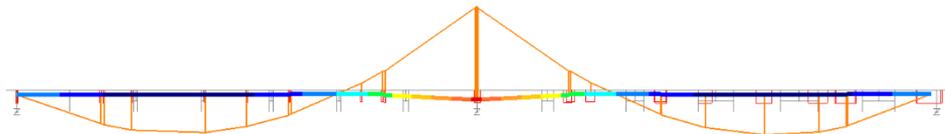
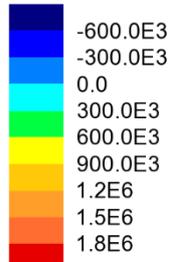
6.1 SOLLECITAZIONI TRAVE

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 travata DX organizzati per condizioni di carico elementari e per involuppi di progetto.

6.1.1 Travata destra

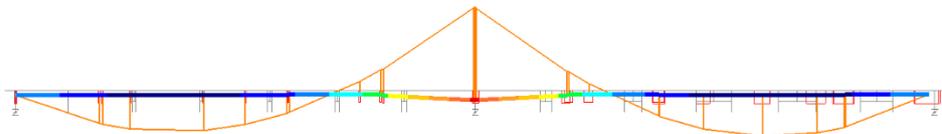
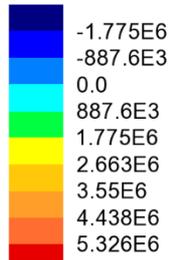
Analysis: Fase1
Loadcase: 1:PPacc
Results file: Cav10~Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 1.886E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -813.6E3 at CM_Trest 22

Gk1 - Peso proprio acciaio - My

Analysis: Fase1
Loadcase: 2:PPsoletta
Results file: Cav10~Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

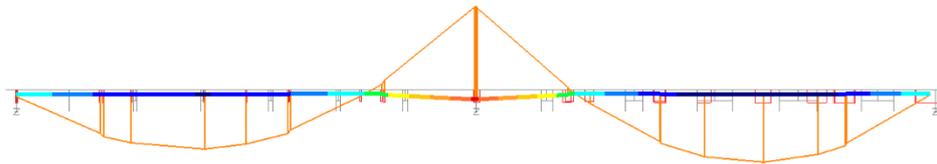
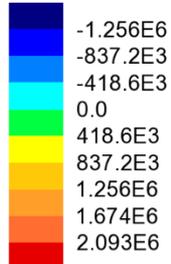


Maximum 5.55E6 at CM_Trest 14 (+X)
Minimum -2.439E6 at CM_Trest 22

Gk1 - Peso proprio soletta - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

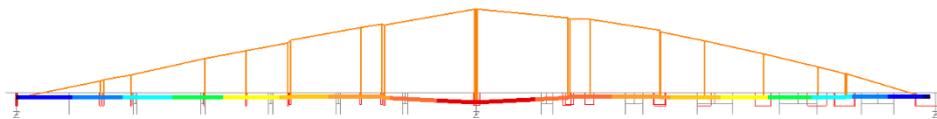
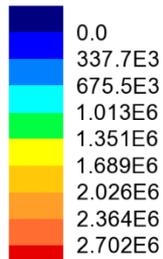
Analysis: Fase2a
Loadcase: 3:Permanenti
Results file: Cav10~Fase2a.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 2.183E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -1.584E6 at CM_Trest 22

Gk2 - Permanenti non strutturali - My

Analysis: Fase2b
Loadcase: 4:Ritiro
Results file: Cav10~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

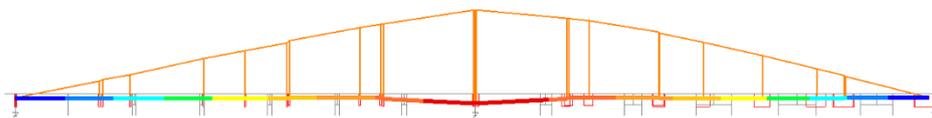
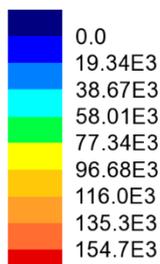


Maximum 2.981E6 at CM_Trest 14 (+X)
Minimum -59.0E3 at CM_Trest 26

Gsh - Ritiro - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

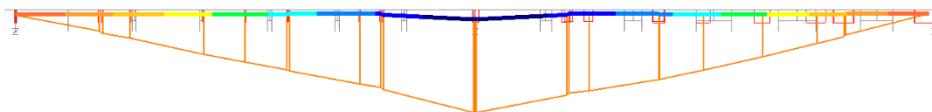
Analysis: Fase2b
Loadcase: 5:Cedim_SpA
Results file: Cav10~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 174.0E3 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -22.8 at CM_Trest 27 (+X)

Gsett - Cedimento SPA - My

Analysis: Fase2b
Loadcase: 6:Cedim_P1
Results file: Cav10~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

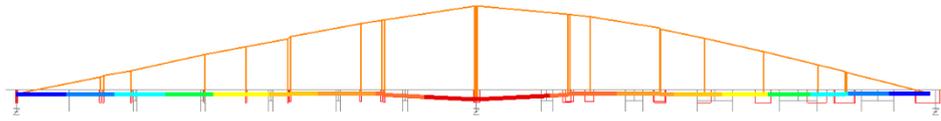
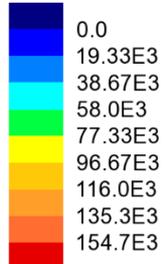


Maximum 45.2 at CM_Trest 27 (+X)
Minimum -348.0E3 at CM_Trest 14 (-X)

Gsett - Cedimento P1 - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

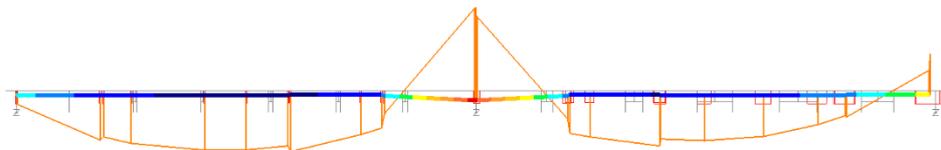
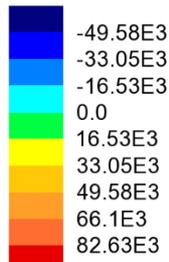
Analysis: Fase2b
Loadcase: 7:Cedim_SpB
Results file: Cav10~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 174.0E3 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -22.39 at CM_Trest 27 (+X)

Gsett - Cedimento SPB - My

Analysis: Fase3
Loadcase: 8:Vento
Results file: Cav10~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

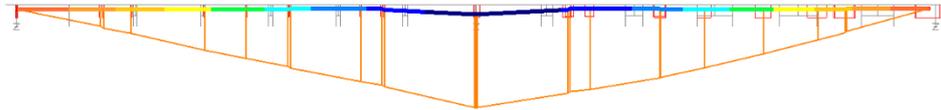
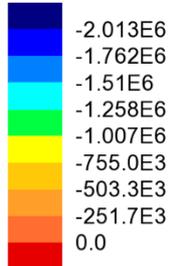


Maximum 92.44E3 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -56.28E3 at CM_Trest 9

Qkv - Vento - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

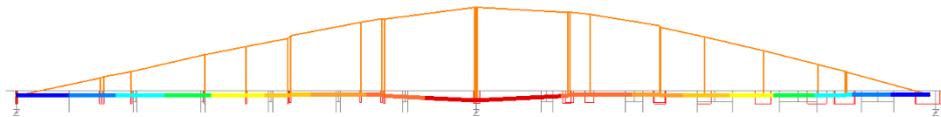
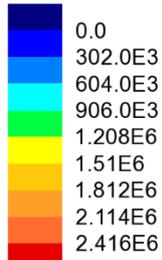
Analysis: Fase3
Loadcase: 11:DT_M_Heat
Results file: Cav10~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 29.03E3 at CM_Trest 1
Minimum -2.236E6 at CM_Trest 14 (+X)

QkT - Gradiente positivo - My

Analysis: Fase3
Loadcase: 12:DT_M_Cool
Results file: Cav10~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

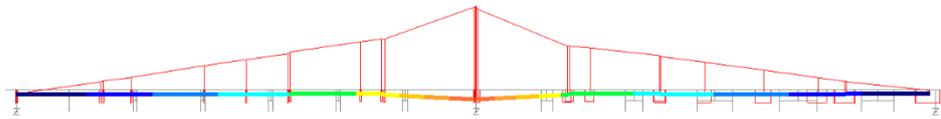
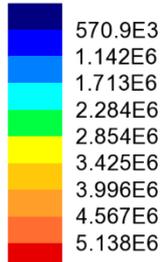


Maximum 2.683E6 at CM_Trest 14 (+X)
Minimum -34.83E3 at CM_Trest 1

QkT - Gradiente negativo - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

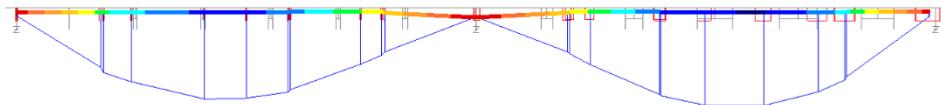
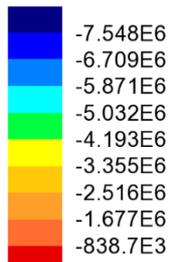
Combining on: My
Traffico_k (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 5.185E6 at CM_Trest 14 (+X)
Minimum 46.9E3 at CM_Trest 2

Qk - Traffico caratteristico My max

Combining on: My
Traffico_k (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

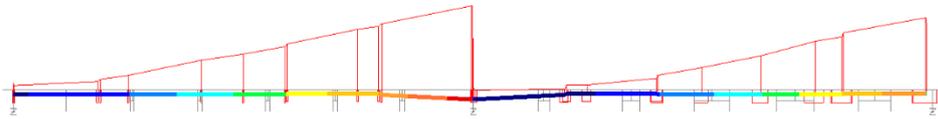
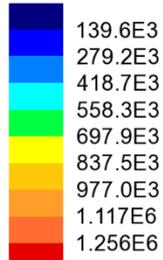


Maximum -16.6E3 at CM_Trest 15
Minimum -7.565E6 at CM_Trest 22

Qk - Traffico caratteristico My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

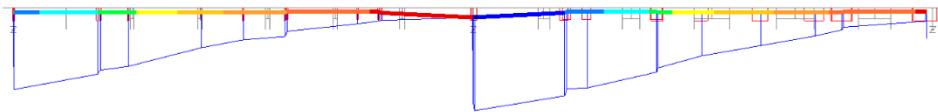
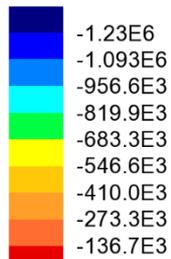
Combining on: Fz
Traffico_k (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 1.344E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum 87.32E3 at CM_Trest 16

Qk - Traffico caratteristico Fz max

Combining on: Fz
Traffico_k (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

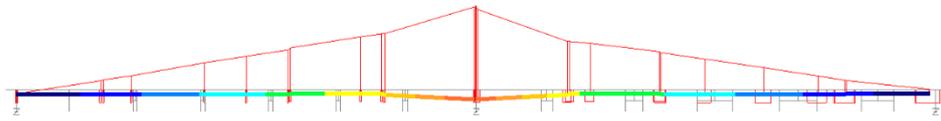
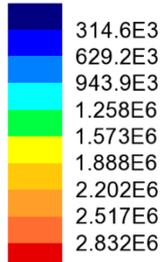


Maximum -4.65E3 at CM_Trest 13
Minimum -1.235E6 at CM_Trest 15

Qk - Traffico caratteristico Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

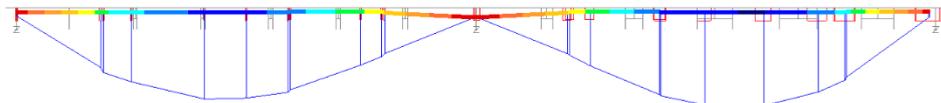
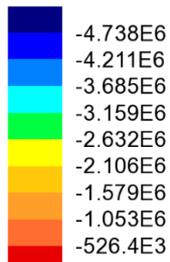
Combining on: My
Traffico_freq (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 2.861E6 at CM_Trest 14 (+X)
Minimum 29.12E3 at CM_Trest 2

Qk - Traffico frequente My max

Combining on: My
Traffico_freq (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

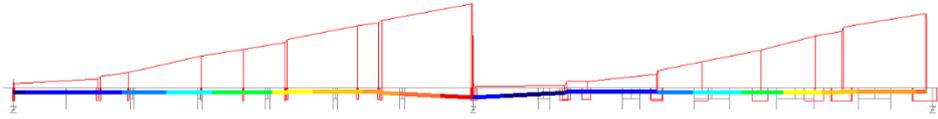
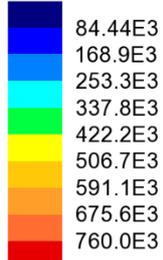


Maximum -11.95E3 at CM_Trest 15
Minimum -4.75E6 at CM_Trest 22

Qk - Traffico frequente My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

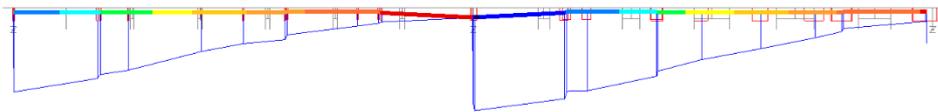
Combining on: Fz
Traffico_freq (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 825.0E3 at CM_Trest 13
Minimum 65.0E3 at CM_Trest 16

Qk - Traffico frequente Fz max

Combining on: Fz
Traffico_freq (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

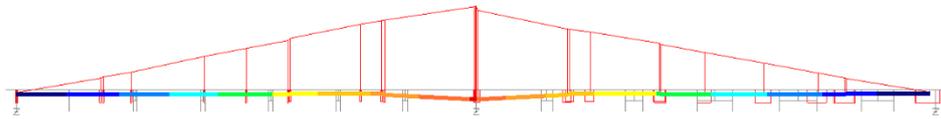
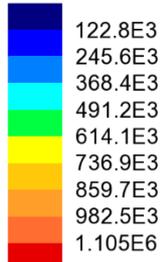


Maximum -3.464E3 at CM_Trest 13
Minimum -750.3E3 at CM_Trest 15

Qk - Traffico frequente Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

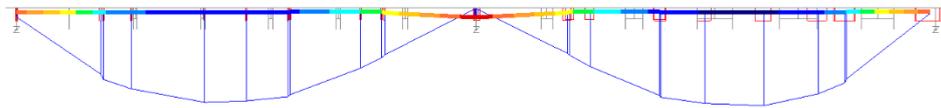
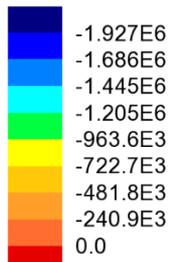
Enveloping on: My
FLM3 (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 1.126E6 at CM_Trest 14 (+X) (59:LoadID=21 Line=1435 Dir=Fwd Pos=18)
Minimum 20.71E3 at CM_Trest 26 (45:LoadID=21 Line=1435 Dir=Fwd Pos=4)

FLM3 - Fatica My max

Enveloping on: My
FLM3 (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

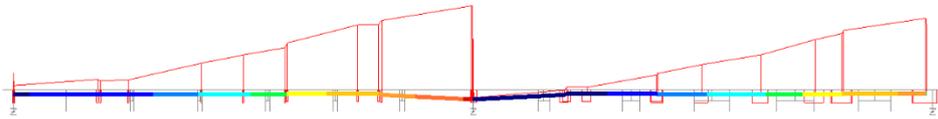
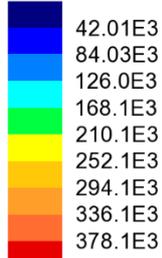


Maximum 176.2E3 at CM_Trest 14 (-X) (31:LoadID=21 Line=1437 Dir=Fwd Pos=18)
Minimum -1.992E6 at CM_Trest 22 (56:LoadID=21 Line=1435 Dir=Fwd Pos=15)

FLM3 - Fatica My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

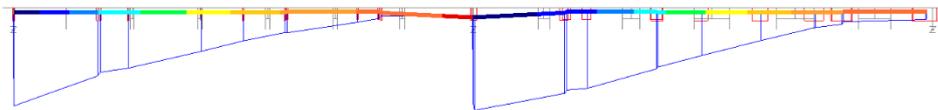
Enveloping on: Fz
FLM3 (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 385.5E3 at CM_Trest 13 (37:LoadID=21 Line=1436 Dir=Fwd Pos=5)
Minimum 7.363E3 at CM_Trest 15 (37:LoadID=21 Line=1436 Dir=Fwd Pos=5)

FLM3 - Fatica Fz max

Enveloping on: Fz
FLM3 (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

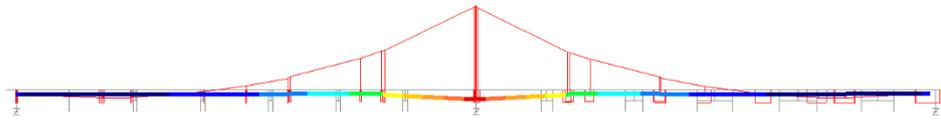
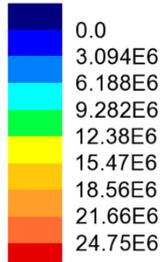


Maximum 5.899E3 at CM_Trest 14 (-X) (42:LoadID=21 Line=1435 Dir=Fwd Pos=1)
Minimum -364.3E3 at CM_Trest 2 (32:LoadID=21 Line=1437 Dir=Fwd Pos=19)

FLM3 - Fatica Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

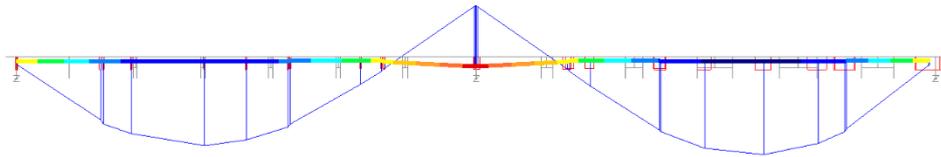
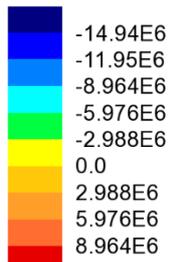
Combining on: My
SLU_Fond (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 26.6E6 at CM_Trest 14 (+X)
Minimum -1.245E6 at CM_Trest 25

SLU fondamentale My max

Combining on: My
SLU_Fond (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

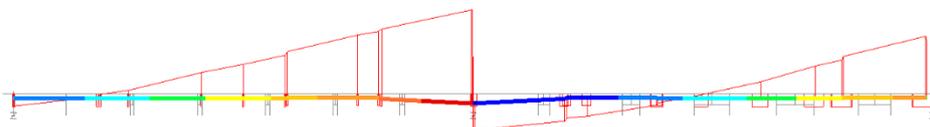
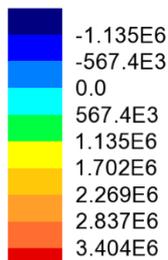


Maximum 10.61E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -16.28E6 at CM_Trest 22

SLU fondamentale My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

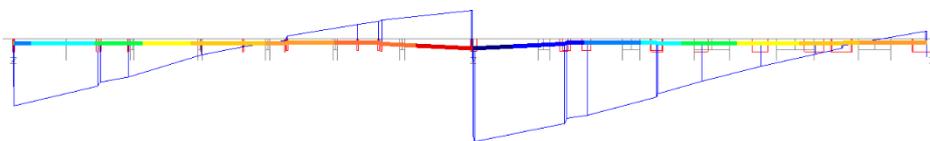
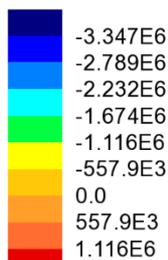
Combining on: Fz
SLU_Fond (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 3.967E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -1.139E6 at CM_Trest 15

SLU fondamentale Fz max

Combining on: Fz
SLU_Fond (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

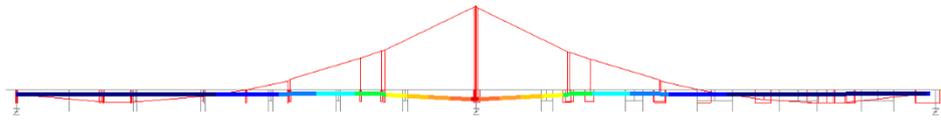


Maximum 1.451E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -3.57E6 at CM_Trest 15

SLU fondamentale Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

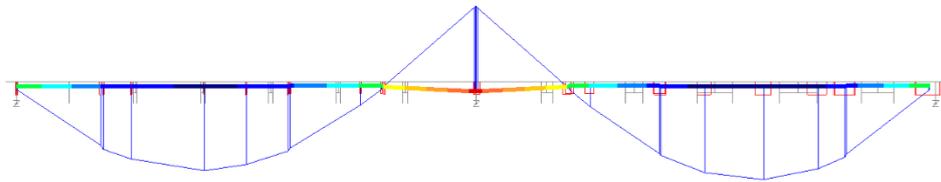
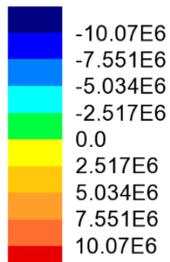
Combining on: My
SLE_rara (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 19.88E6 at CM_Trest 14 (+X)
Minimum -1.868E6 at CM_Trest 23

SLE caratteristica My max

Combining on: My
SLE_rara (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

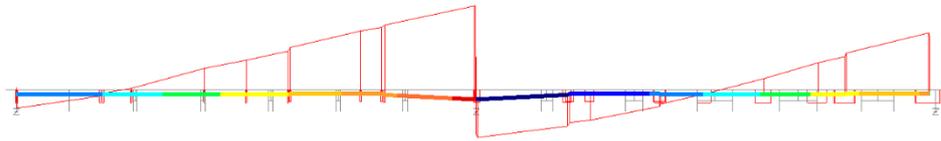
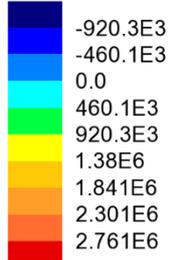


Maximum 10.8E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -11.85E6 at CM_Trest 22

SLE caratteristica My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

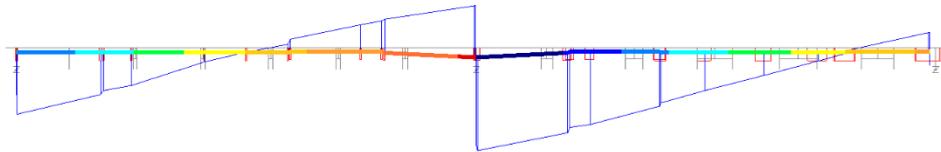
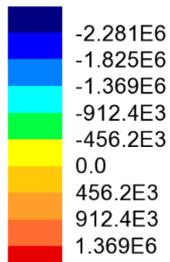
Combining on: Fz
SLE_rara (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 2.943E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -1.198E6 at CM_Trest 15

SLE caratteristica Fz max

Combining on: Fz
SLE_rara (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

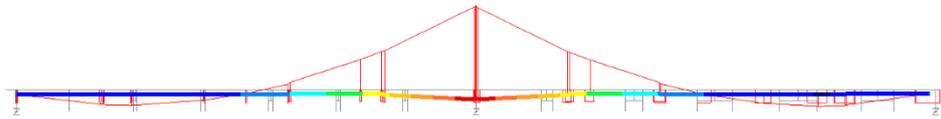
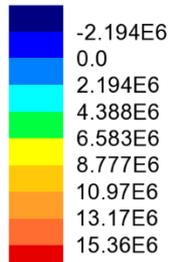


Maximum 1.462E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -2.643E6 at CM_Trest 15

SLE caratteristica Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

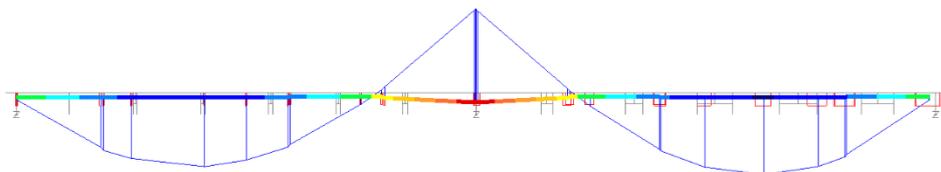
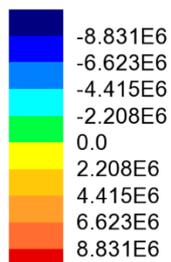
Combining on: My
SLE_freq (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 17.5E6 at CM_Trest 14 (+X)
Minimum -2.244E6 at CM_Trest 23

SLE frequente My max

Combining on: My
SLE_freq (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

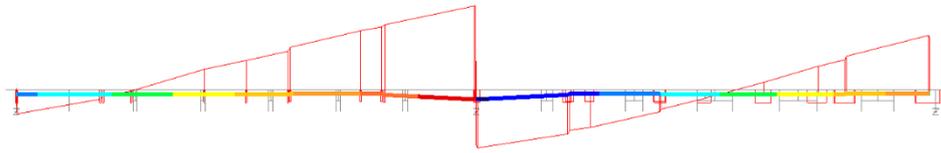
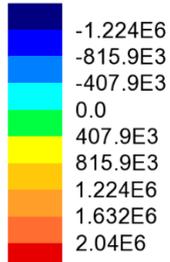


Maximum 10.86E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -9.01E6 at CM_Trest 22

SLE frequente My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

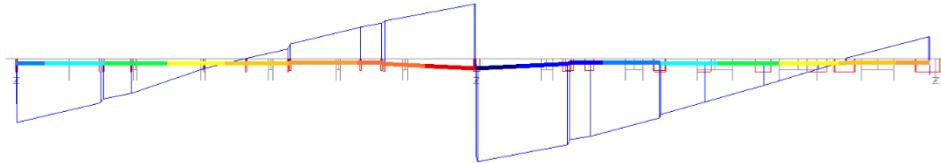
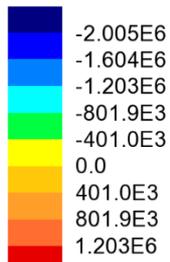
Combining on: Fz
SLE_freq (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 2.415E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -1.256E6 at CM_Trest 15

SLE frequente Fz max

Combining on: Fz
SLE_freq (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

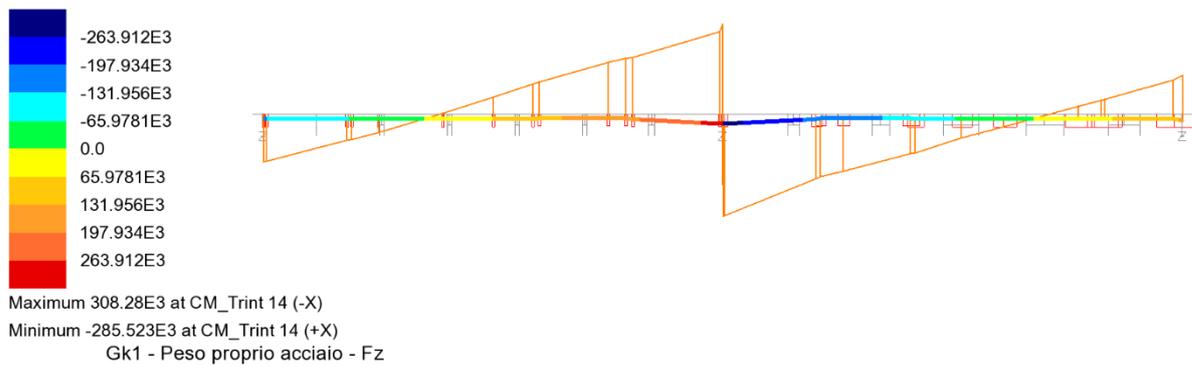


Maximum 1.473E6 at CM_Trest 14 (-X)
Minimum -2.136E6 at CM_Trest 15

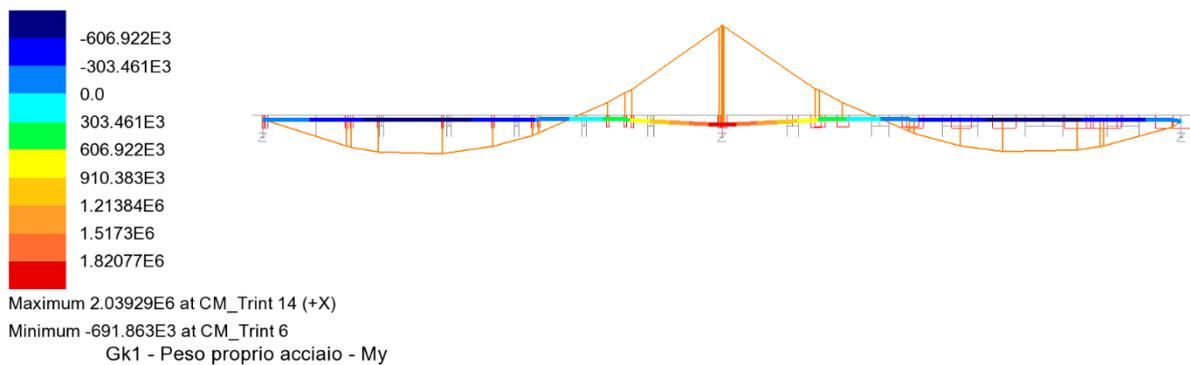
SLE frequente Fz min

6.1.2 Travata sinistra

Analysis: Fase1
Loadcase: 1:PPacc
Results file: Cav10_TrInt~Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

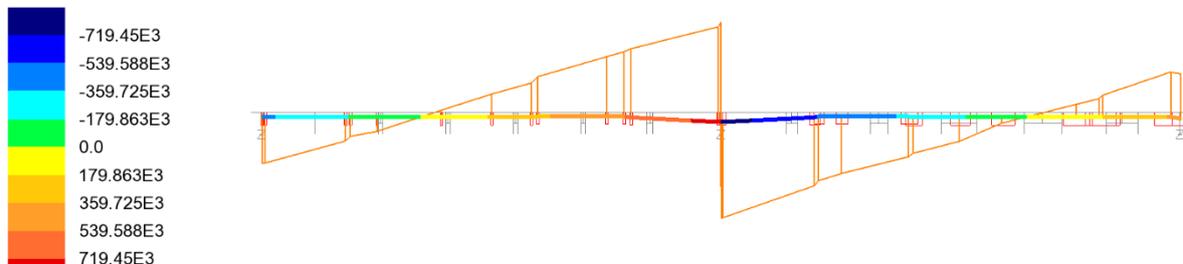


Analysis: Fase1
Loadcase: 1:PPacc
Results file: Cav10_TrInt~Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



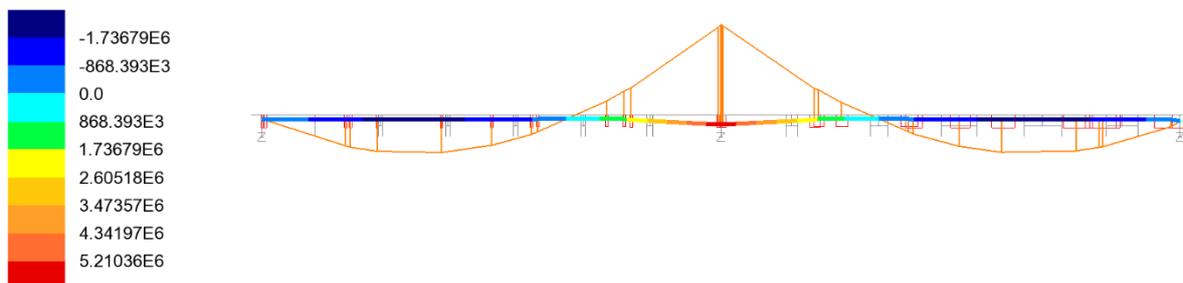
RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Analysis: Fase1
Loadcase: 2:PPsoletta
Results file: Cav10_TrInt-Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



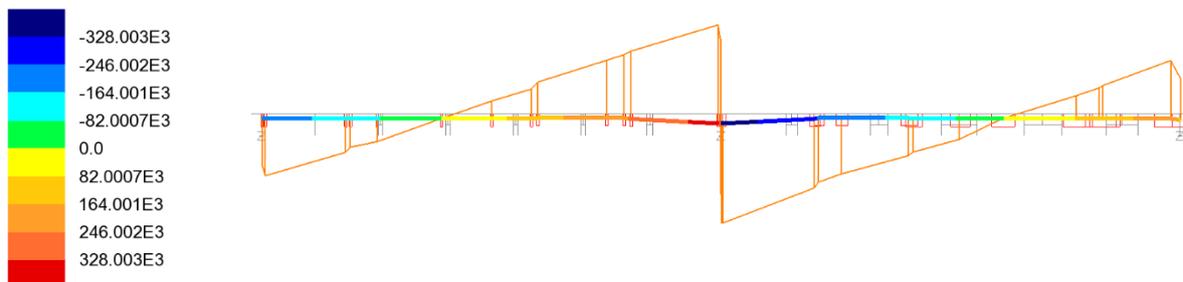
Maximum 826.286E3 at CM_TrInt 14 (-X)
Minimum -792.477E3 at CM_TrInt 14 (+X)
Gk1 - Peso proprio soletta - Fz

Analysis: Fase1
Loadcase: 2:PPsoletta
Results file: Cav10_TrInt-Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 5.87257E6 at CM_TrInt 14 (+X)
Minimum -1.94297E6 at CM_TrInt 6
Gk1 - Peso proprio soletta - My

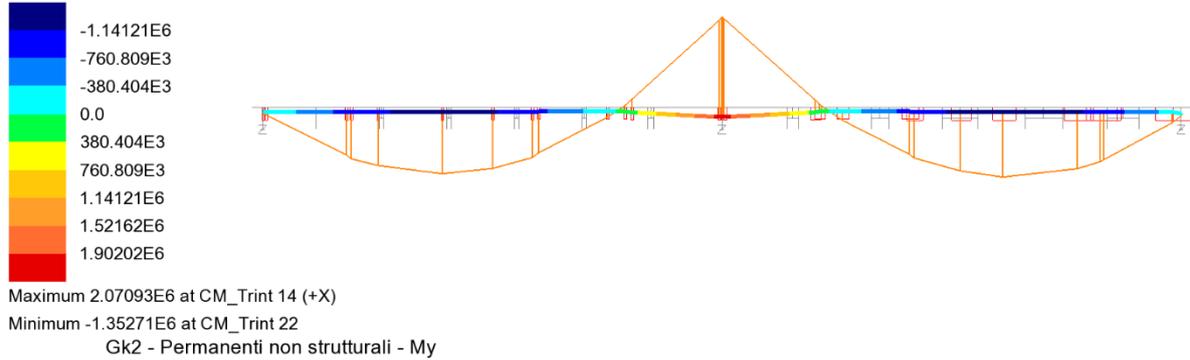
Analysis: Fase2a
Loadcase: 3:Permanenti
Results file: Cav10_TrInt-Fase2a.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



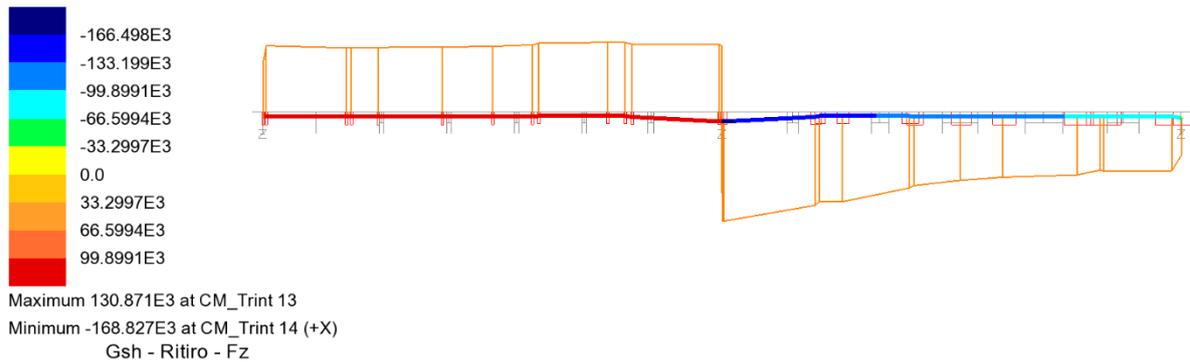
Maximum 366.841E3 at CM_TrInt 13
Minimum -371.165E3 at CM_TrInt 14 (+X)
Gk2 - Permanenti non strutturali - Fz

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

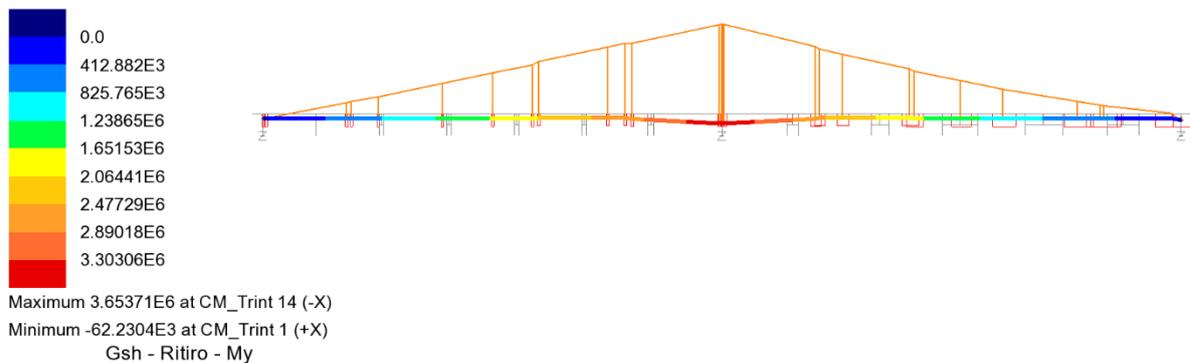
Analysis: Fase2a
Loadcase: 3:Permanenti
Results file: Cav10_TrInt-Fase2a.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Analysis: Fase2b
Loadcase: 4:Ritiro
Results file: Cav10_TrInt-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

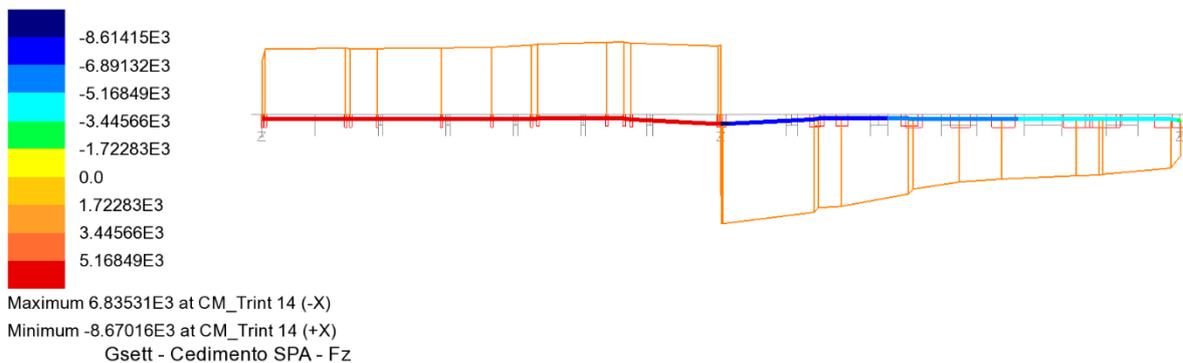


Analysis: Fase2b
Loadcase: 4:Ritiro
Results file: Cav10_TrInt-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

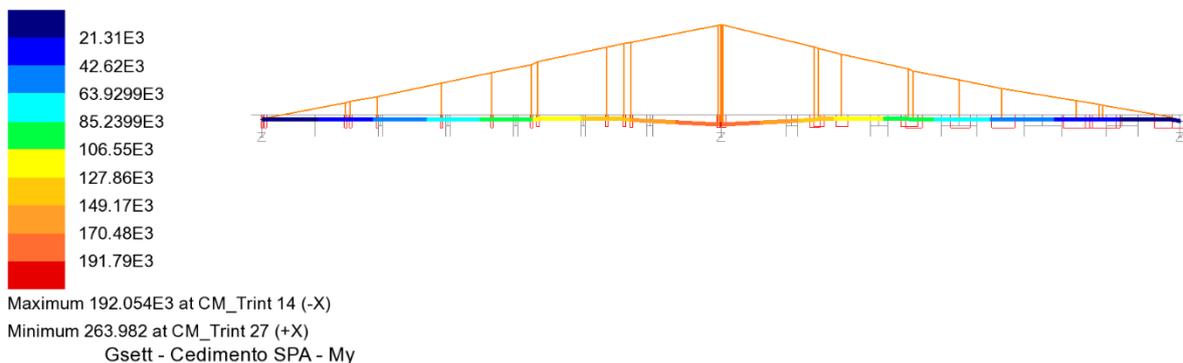


RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

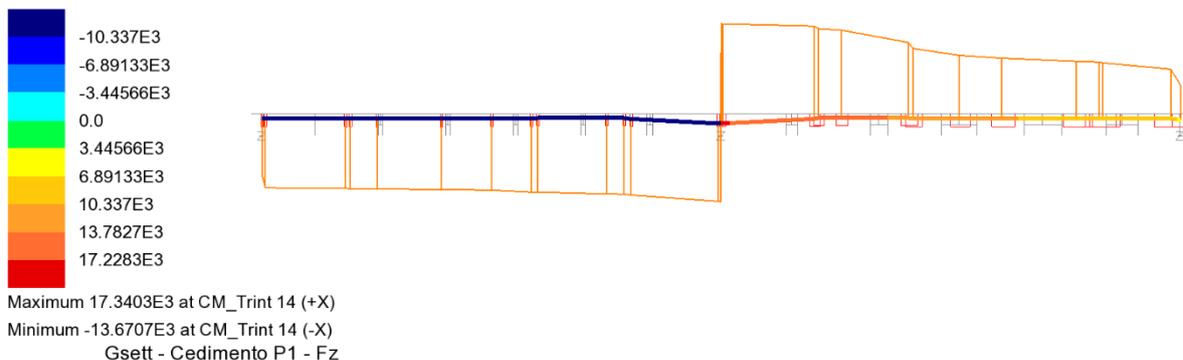
Analysis: Fase2b
Loadcase: 5:Cedim_SpA
Results file: Cav10_TrInt-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Analysis: Fase2b
Loadcase: 5:Cedim_SpA
Results file: Cav10_TrInt-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

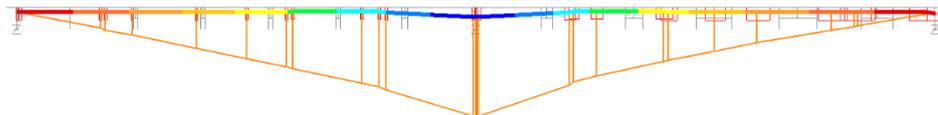


Analysis: Fase2b
Loadcase: 6:Cedim_P1
Results file: Cav10_TrInt-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



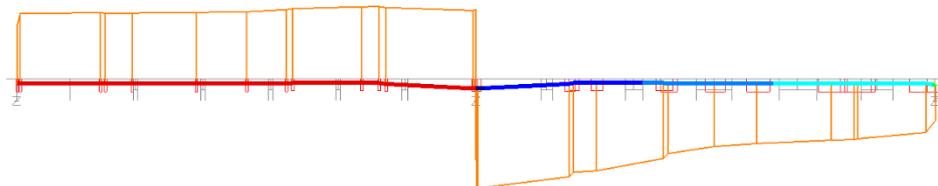
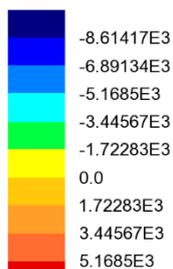
RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Analysis: Fase2b
Loadcase: 6:Cedim_P1
Results file: Cav10_TrInt-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



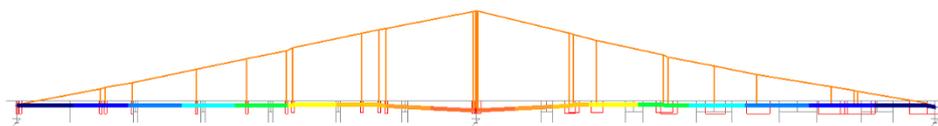
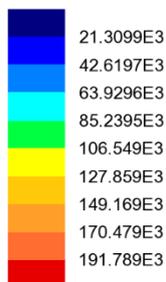
Maximum -527.971 at CM_TrInt 27 (+X)
Minimum -384.107E3 at CM_TrInt 14 (-X)
Gsett - Cedimento P1 - My

Analysis: Fase2b
Loadcase: 7:Cedim_SpB
Results file: Cav10_TrInt-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 6.83534E3 at CM_TrInt 14 (-X)
Minimum -8.67016E3 at CM_TrInt 14 (+X)
Gsett - Cedimento SPB - Fz

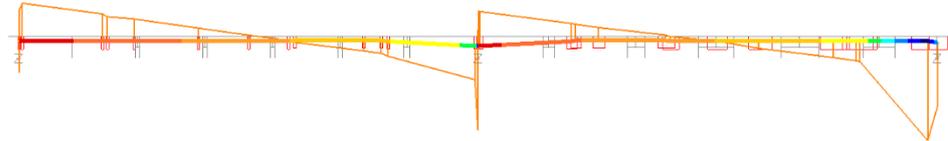
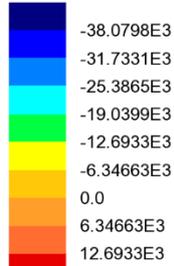
Analysis: Fase2b
Loadcase: 7:Cedim_SpB
Results file: Cav10_TrInt-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 192.053E3 at CM_TrInt 14 (-X)
Minimum 263.989 at CM_TrInt 27 (+X)
Gsett - Cedimento SPB - My

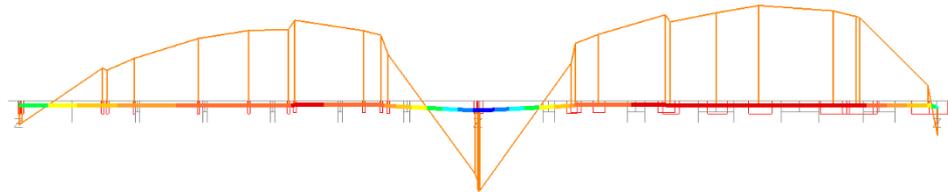
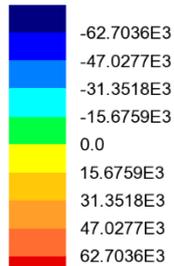
RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Analysis: Fase3
Loadcase: 8:Vento
Results file: Cav10_TrInt-Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



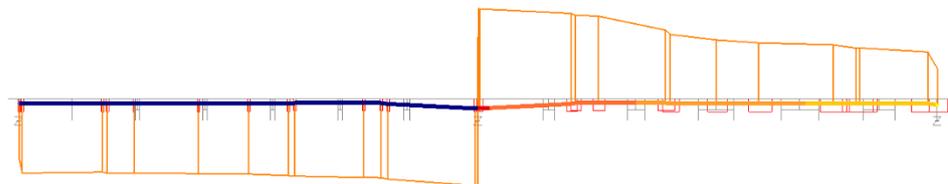
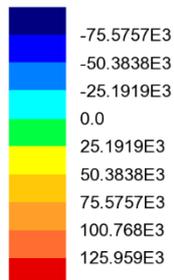
Maximum 15.5695E3 at CM_TrInt 2
Minimum -41.5502E3 at CM_TrInt 26
Qkv - Vento - Fz

Analysis: Fase3
Loadcase: 8:Vento
Results file: Cav10_TrInt-Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 78.0393E3 at CM_TrInt 22
Minimum -63.0438E3 at CM_TrInt 14 (+X)
Qkv - Vento - My

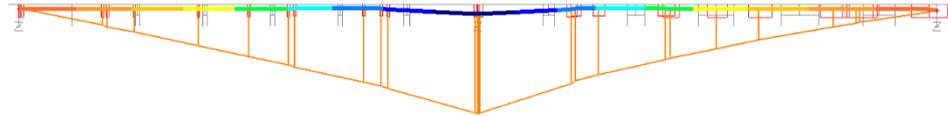
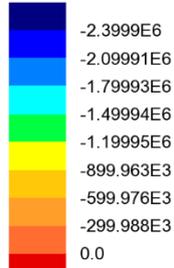
Analysis: Fase3
Loadcase: 11:DT_M_Heat
Results file: Cav10_TrInt-Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 127.379E3 at CM_TrInt 14 (+X)
Minimum -99.3481E3 at CM_TrInt 14 (-X)
QkT - Gradiente positivo - Fz

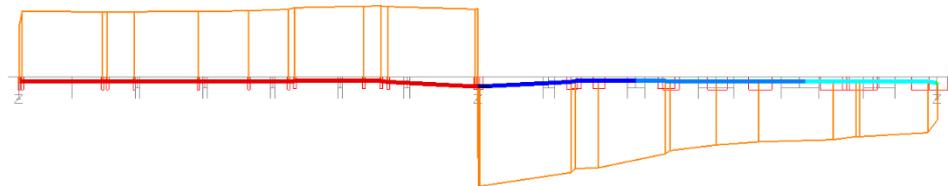
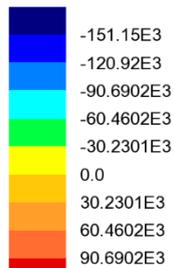
RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Analysis: Fase3
Loadcase: 11:DT_M_Heat
Results file: Cav10_TrInt~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



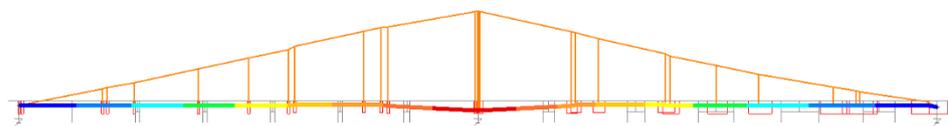
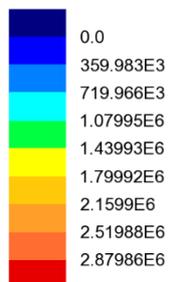
Maximum 15.0329E3 at CM_TrInt 27 (-X)
Minimum -2.68486E6 at CM_TrInt 14 (-X)
QkT - Gradiente positivo - My

Analysis: Fase3
Loadcase: 12:DT_M_Cool
Results file: Cav10_TrInt~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 119.217E3 at CM_TrInt 14 (-X)
Minimum -152.854E3 at CM_TrInt 14 (+X)
QkT - Gradiente negativo - Fz

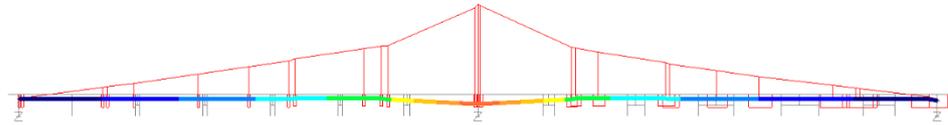
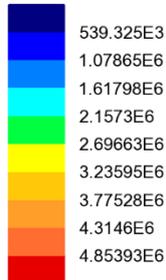
Analysis: Fase3
Loadcase: 12:DT_M_Cool
Results file: Cav10_TrInt~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 3.22181E6 at CM_TrInt 14 (-X)
Minimum -18.0395E3 at CM_TrInt 27 (-X)
QkT - Gradiente negativo - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

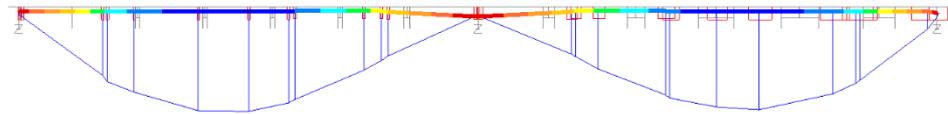
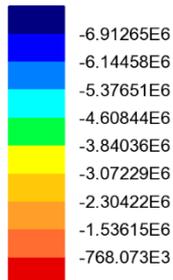
Combining on: My
Traffico_k (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 4.86177E6 at CM_Trinit 14 (-X)
Minimum 7.83692E3 at CM_Trinit 1 (-X)

Qk - Traffico caratteristico My max

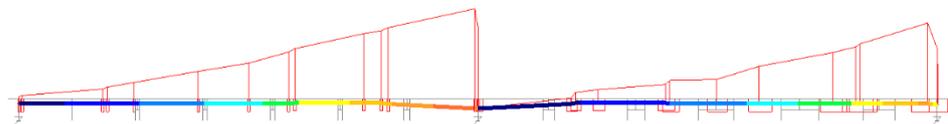
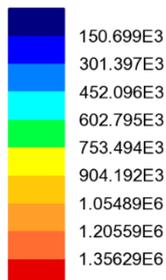
Combining on: My
Traffico_k (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum -1.43342E3 at CM_Trinit 15
Minimum -6.91409E6 at CM_Trinit 7

Qk - Traffico caratteristico My min

Combining on: Fz
Traffico_k (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

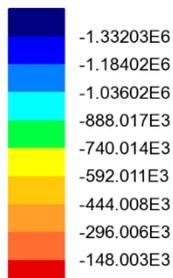


Maximum 1.35891E6 at CM_Trinit 13
Minimum 2.62175E3 at CM_Trinit 14 (+X)

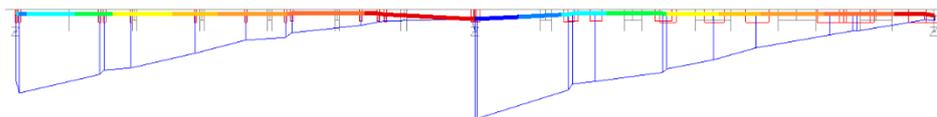
Qk - Traffico caratteristico Fz max

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Combining on: Fz
Traffico_k (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum -1.61708E3 at CM_Trinit 13
Minimum -1.33364E6 at CM_Trinit 14 (+X)

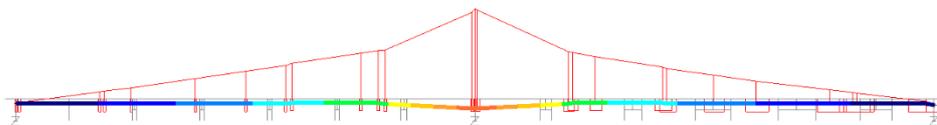


Qk - Traffico caratteristico Fz min

Combining on: My
Traffico_freq (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

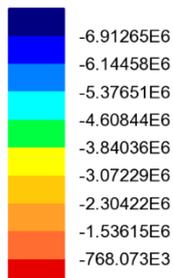


Maximum 4.86177E6 at CM_Trinit 14 (-X)
Minimum 7.83692E3 at CM_Trinit 1 (-X)

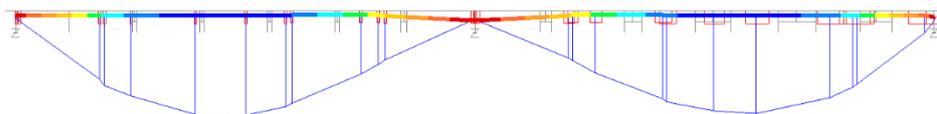


Qk - Traffico frequente My max

Combining on: My
Traffico_freq (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



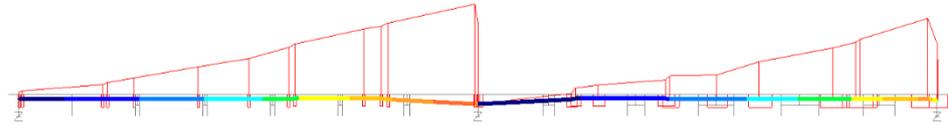
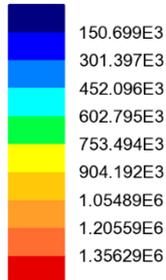
Maximum -1.43342E3 at CM_Trinit 15
Minimum -6.91409E6 at CM_Trinit 7



Qk - Traffico frequente My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

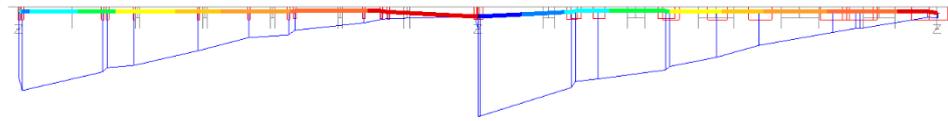
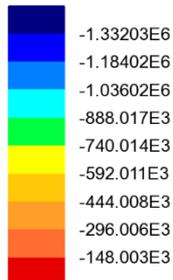
Combining on: Fz
Traffico_freq (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 1.35891E6 at CM_Trinit 13
Minimum 2.62175E3 at CM_Trinit 14 (+X)

Qk - Traffico frequente Fz max

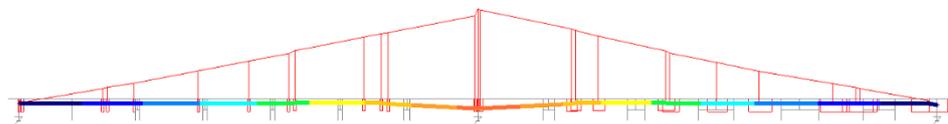
Combining on: Fz
Traffico_freq (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum -1.61708E3 at CM_Trinit 13
Minimum -1.33364E6 at CM_Trinit 14 (+X)

Qk - Traffico frequente Fz min

Combining on: My
FLM3 (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

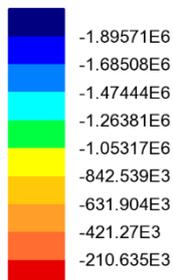


Maximum 1.00108E6 at CM_Trinit 14 (-X)
Minimum 5.27273E3 at CM_Trinit 27 (-X)

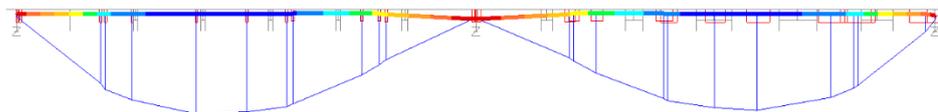
FLM3 - Fatica My max

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Combining on: My
FLM3 (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at CM_Trinit 13
Minimum -1.89571E6 at CM_Trinit 6

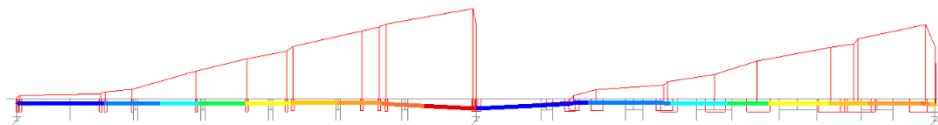


FLM3 - Fatica My min

Combining on: Fz
FLM3 (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 376.852E3 at CM_Trinit 13
Minimum 0.0 at CM_Trinit 14 (+X)

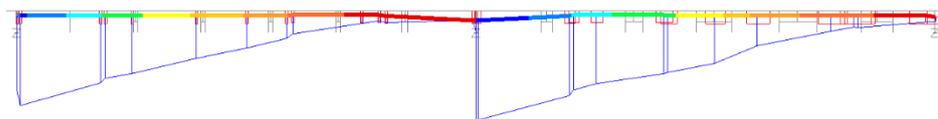


FLM3 - Fatica Fz max

Combining on: Fz
FLM3 (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



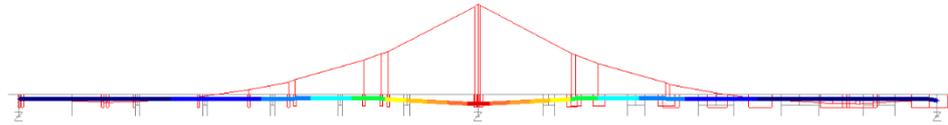
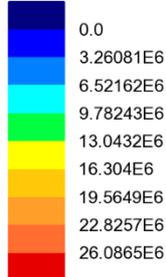
Maximum 0.0 at CM_Trinit 13
Minimum -369.198E3 at CM_Trinit 14 (+X)



FLM3 - Fatica Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

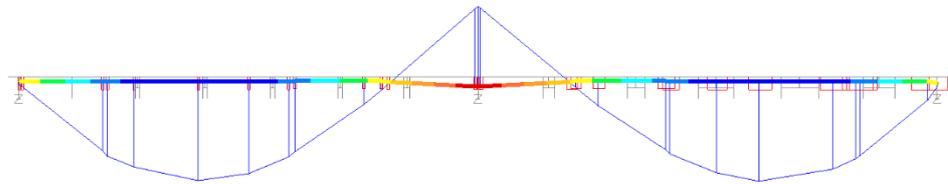
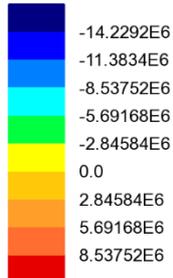
Combining on: My
SLU_Fond (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 27.9565E6 at CM_Trinit 14 (-X)
Minimum -1.39074E6 at CM_Trinit 25

SLU fondamentale My max

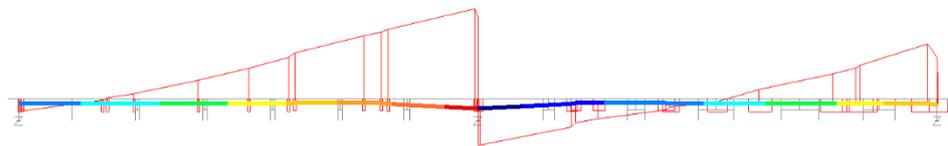
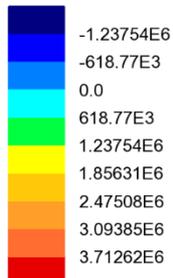
Combining on: My
SLU_Fond (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 11.3813E6 at CM_Trinit 14 (-X)
Minimum -14.2313E6 at CM_Trinit 22

SLU fondamentale My min

Combining on: Fz
SLU_Fond (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

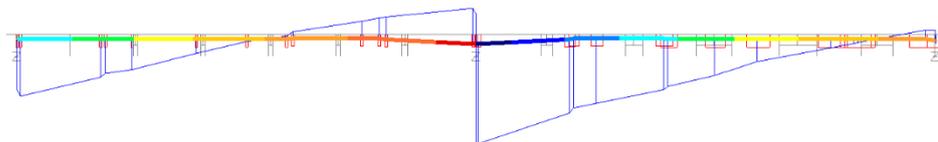
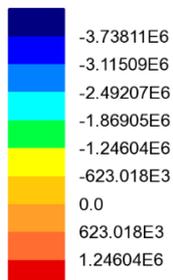


Maximum 4.07003E6 at CM_Trinit 13
Minimum -1.4989E6 at CM_Trinit 14 (+X)

SLU fondamentale Fz max

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

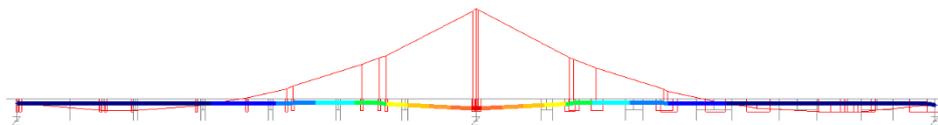
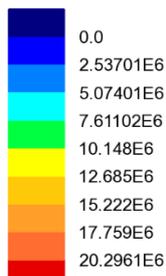
Combining on: Fz
SLU_Fond (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 1.47453E6 at CM_Trint 13
Minimum -4.13263E6 at CM_Trint 14 (+X)

SLU fondamentale Fz min

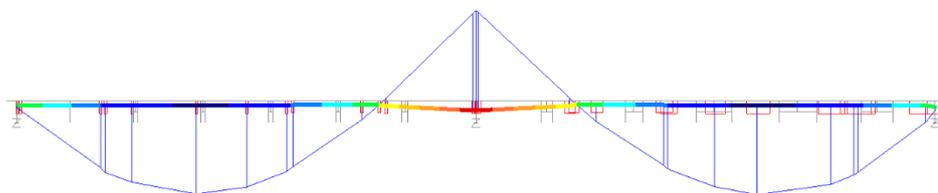
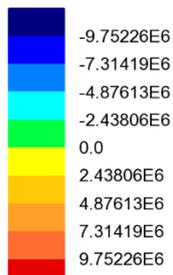
Combining on: My
SLE_rara (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 20.9294E6 at CM_Trint 14 (-X)
Minimum -1.90369E6 at CM_Trint 23

SLE caratteristica My max

Combining on: My
SLE_rara (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

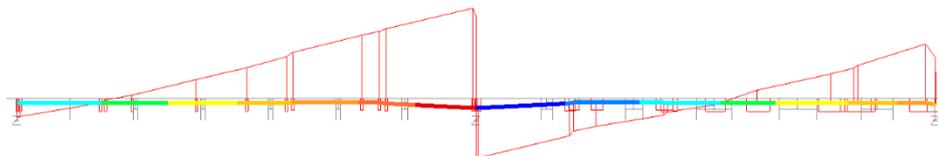
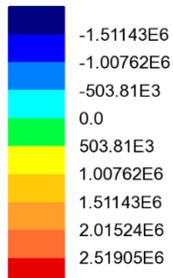


Maximum 11.5677E6 at CM_Trint 14 (-X)
Minimum -10.3748E6 at CM_Trint 22

SLE caratteristica My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

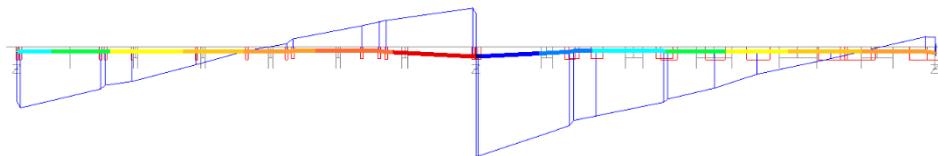
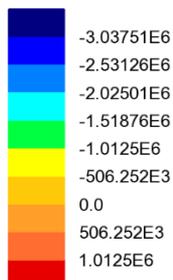
Combining on: Fz
SLE_rara (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 3.02193E6 at CM_Trinit 13
Minimum -1.51236E6 at CM_Trinit 14 (+X)

SLE caratteristica Fz max

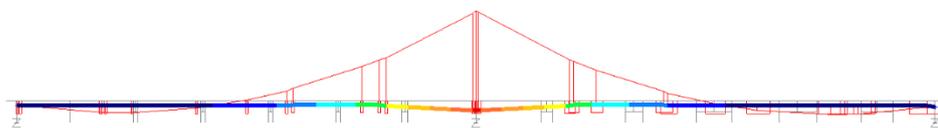
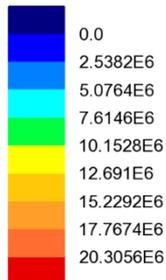
Combining on: Fz
SLE_rara (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 1.48567E6 at CM_Trinit 13
Minimum -3.0706E6 at CM_Trinit 14 (+X)

SLE caratteristica Fz min

Combining on: My
SLE_freq (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)

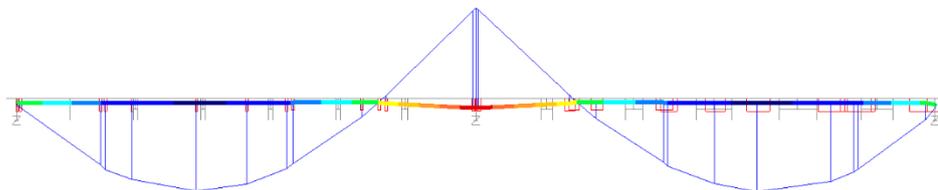
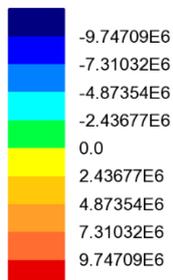


Maximum 20.8958E6 at CM_Trinit 14 (-X)
Minimum -1.94795E6 at CM_Trinit 23

SLE frequente My max

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

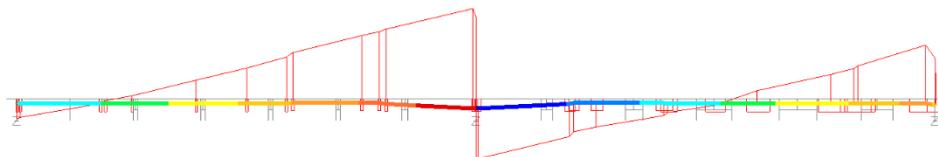
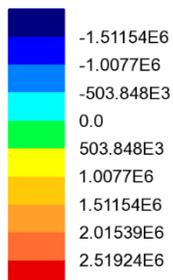
Combining on: My
SLE_freq (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



Maximum 11.6029E6 at CM_Trinit 14 (+X)
Minimum -10.328E6 at CM_Trinit 22

SLE frequente My min

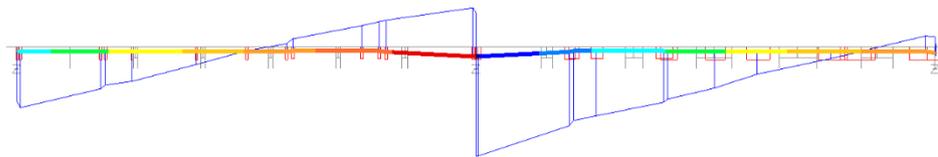
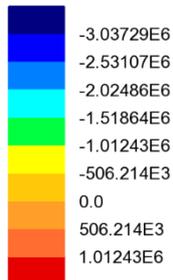
Combining on: Fz
SLE_freq (Max)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 3.01352E6 at CM_Trinit 13
Minimum -1.52111E6 at CM_Trinit 14 (+X)

SLE frequente Fz max

Combining on: Fz
SLE_freq (Min)
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)



Maximum 1.49408E6 at CM_Trinit 13
Minimum -3.06185E6 at CM_Trinit 14 (+X)

SLE frequente Fz min

6.2 DEFORMAZIONI E CONTRO FRECCE

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

Scale: 1: 292.751
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
PP
Maximum displacement 0.0605001 at node 510
Deformation exaggeration: 24.1943

Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 5.73059E-3 at node 1077
Peak/value minimum -0.0547697 at node 1002



Figura 6.1: Deformata verticale peso proprio (Fase 1)

Scale: 1: 292.751
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Linear/dynamic analysis
Analysis: Fase2a
Loadcase: 3:Permanenti
Results file: Cav10~Fase2a.mys
Maximum displacement 7.20826E-3 at Gauss point 8 of element 107
Deformation exaggeration: 203.066

Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 0.5256E-3 at node 1077
Peak/value minimum -7.20081E-3 at node 121

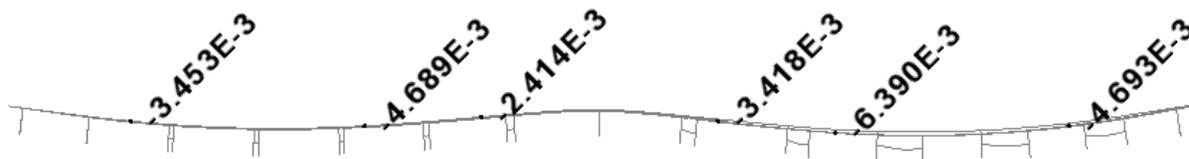


Figura 6.2: Deformata verticale carico permanente (Fase 2a)

Scale: 1: 292.751
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: DZ
Traffico_k (Min)
Maximum displacement 0.0351837 at node 405
Deformation exaggeration: 41.6033

Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum -0.775015E-3 at node 23
Peak/value minimum -0.0351772 at node 405



Figura 6.3: Deformata verticale carico da traffico (Fase 3b) nella travata destra

Scale: 1: 310.427
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: DZ
Traffico_k (Min)
Maximum displacement 0.0317626 at node 864
Deformation exaggeration: 48.8667

Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 0.0 at node 16
Peak/value minimum -0.0317563 at node 846

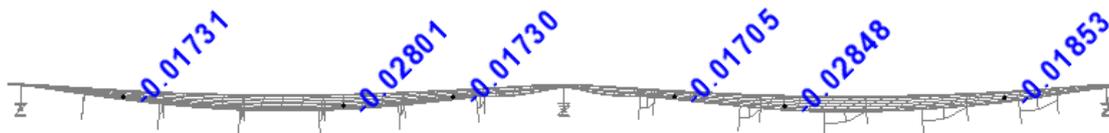


Figura 6.4: Deformata verticale carico da traffico (Fase 3b) nella travata sinistra

6.2.1 Verifica massime deformazioni impalcato

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

$$\delta_{\max}/L = 0.035/29.5 = 1/842 \quad \text{per effetto dei soli carichi mobili}$$

6.2.2 Calibrazione contromonte d'officina

Le frecce dovute ai sovraccarichi permanenti verranno compensate mediante la calibrazione di opportune contromonte d'officina.

Tali contromonte vengono valutate sulla base delle frecce dovute ai carichi di peso proprio, permanente, ed un'aliquota dei carichi accidentali fissata nel 20 %.

Nella tabella e nel grafico che seguenti si riportano gli spostamenti teorici rilevati nei giunti della travata di destra, e le rispettive contro frecce

	PP	PERM	TRAFFICO K	PP+PERM+20% TRAFFICO K	CONTROFRECCIA
X [m]	DZ[m]	DZ[m]	DZ[m]	DZ[m]	DZ[m]
0	-	-	-	-	-
5.51	-0.014	-0.004	-0.017	-0.021	-0.030
17.5	-0.017	-0.005	-0.029	-0.028	-0.030
23.5	-0.006	-0.002	-0.018	-0.012	-
29.5	-	-	-	-	-
35.52	-0.017	-0.003	-0.020	-0.024	-
41.55	-0.041	-0.006	-0.033	-0.054	-0.060
53.74	-0.041	-0.005	-0.022	-0.050	-0.060
59.42	-	-	-	-	-

Tabella 6.1 Tabella contromonte

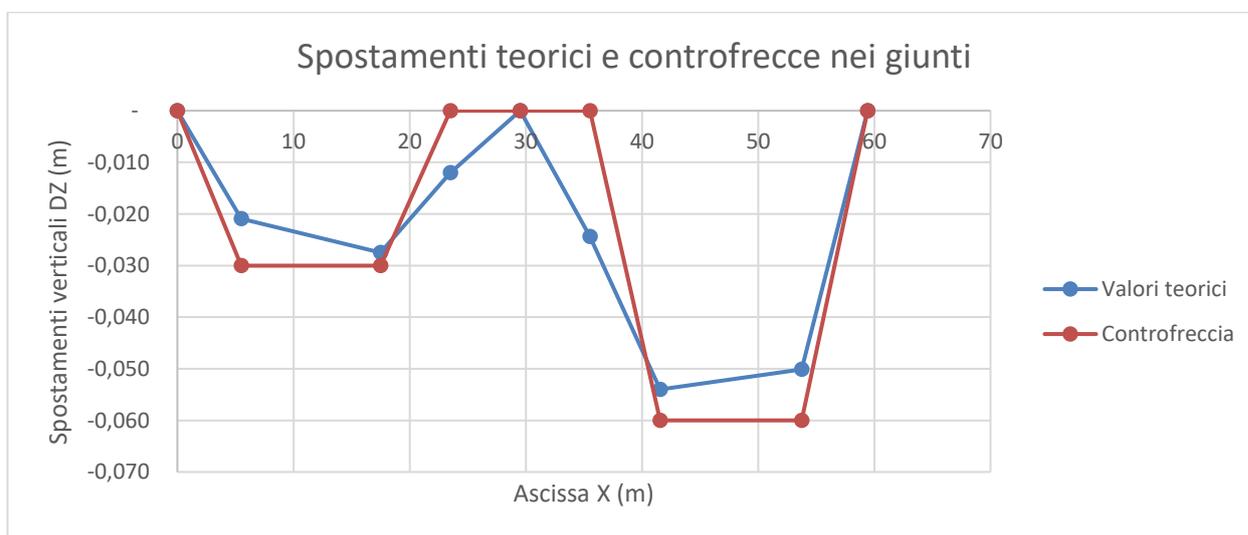


Figura 6.5: Frecce teoriche e contro frecce dovute a peso proprio, permanente ed aliquota di traffico

7. ANALISI MODALE

Ai fini dell'analisi dinamica, le spalle e la pila centrale vengono trattate come "elementi rigidi"; essi non contribuiscono quindi, né alla dinamica del sistema, né alla massa.

L'analisi è stata condotta estraendo i primi 10 modi di vibrare, eccitando il 100% della massa già con i primi due modi di vibrare, visto che la struttura si comporta come un oscillatore semplice, con soletta rigida nel suo piano, appoggiata agli isolatori elastomerici.

Mode ▲	Eigenvalue	Frequency	Period	Error norm
1	25.7703	0.807942	1.23771	2.03685E-6
2	26.0618	0.812497	1.23077	2.02879E-6
3	48.3829	1.10705	0.903304	0.814739E-6
4	299.255	2.75322	0.363211	0.144444E-6
5	438.561	3.333	0.30003	17.9116E-9
6	604.944	3.91451	0.25546	0.516399E-6
7	651.881	4.06354	0.246091	0.277424E-6
8	1.9072E3	6.95053	0.143874	0.24842E-3
9	2.15417E3	7.38687	0.135375	4.23684E-3
10	2.51636E3	7.98374	0.125255	2.28273E-3

Tabella 7.1 Autovalori e periodi

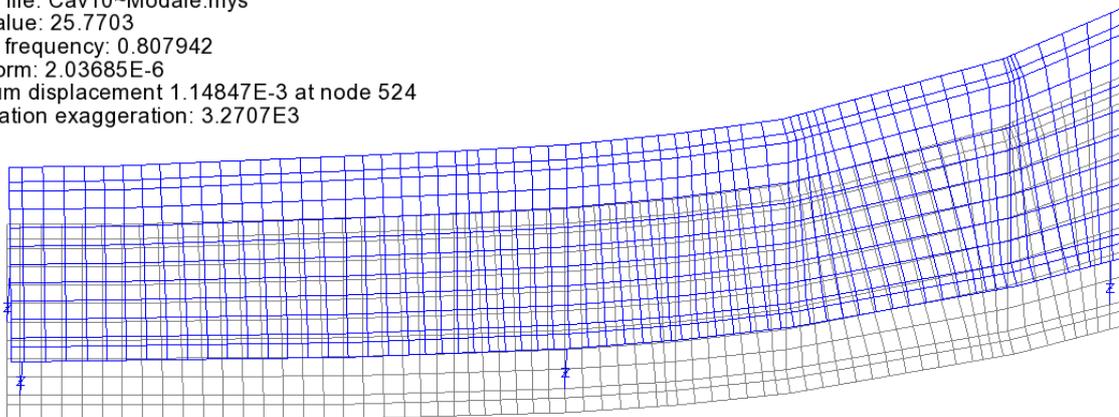
Mode ▲	Sum Mass X	Sum Mass Y	Sum Mass Z
1	2.22265E-3	0.994834	0.186231E-6
2	0.998111	0.997269	0.34768E-6
3	0.999966	0.999952	1.63989E-6
4	0.999994	0.999952	0.0104705
5	0.999994	0.999953	0.0104778
6	0.999994	0.999953	0.716754
7	0.999994	0.999957	0.761266
8	0.999995	0.999957	0.7613
9	0.999995	0.999957	0.76131
10	0.999995	0.999981	0.76144

Tabella 7.2 Massa partecipata

Qui di seguito si riportano le deformate modali dei primi due modi principali.

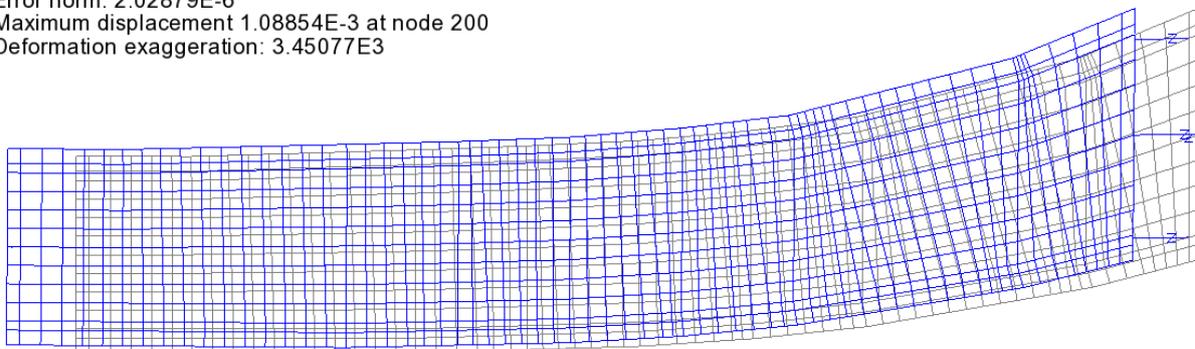
Modo 1

Scale: 1: 187.815
Zoom: 81.3008
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Eigenvalue analysis
Analysis: Modale
Loadcase: 476:Mode, 476:Mode 1 Frequency = 0.807942
Results file: Cav10-Modale.mys
Eigenvalue: 25.7703
Natural frequency: 0.807942
Error norm: 2.03685E-6
Maximum displacement 1.14847E-3 at node 524
Deformation exaggeration: 3.2707E3



Modo 2

Scale: 1: 187.815
Zoom: 81.3008
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Eigenvalue analysis
Analysis: Modale
Loadcase: 476:Mode, 476:Mode 2 Frequency = 0.812497
Results file: Cav10-Modale.mys
Eigenvalue: 26.0618
Natural frequency: 0.812497
Error norm: 2.02879E-6
Maximum displacement 1.08854E-3 at node 200
Deformation exaggeration: 3.45077E3



8. VERIFICA IMPALCATO METALLICO

Per le modalità operative proprie del software di verifica PontiEC4, si rimanda ai capitoli introduttivi.

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

8.1 VERIFICA TRAVI LONGITUDINALI

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

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

Si riportano di seguito i diagrammi dei seguenti rapporti di sfruttamento:

max η assoluto

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

max η_1/η_{1p}

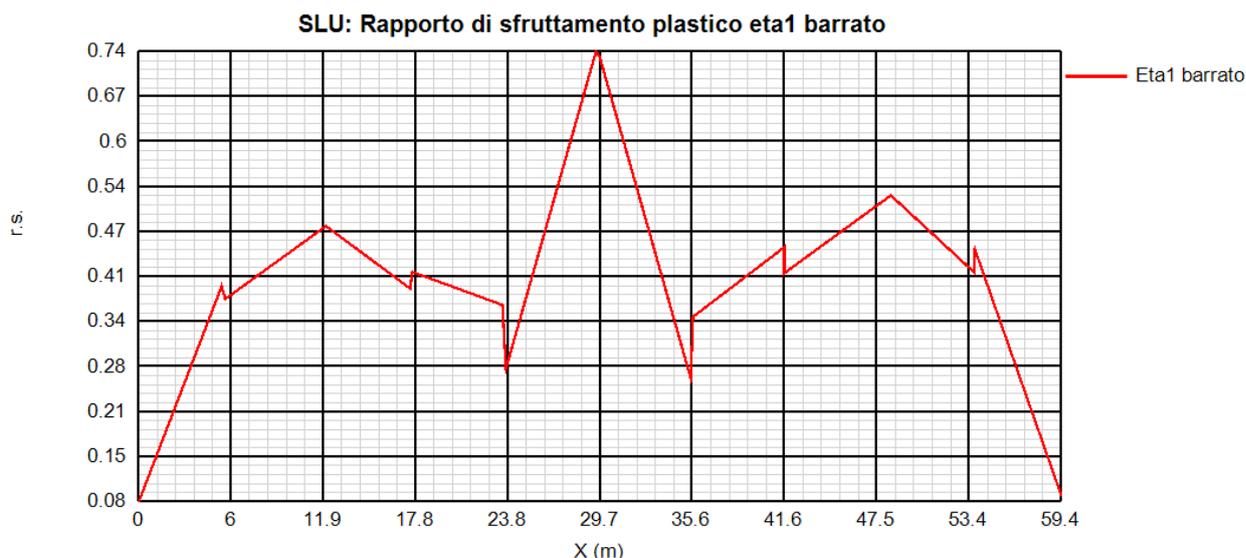
Rapporto di sfruttamento a flessione; nell'ambito delle condizioni di applicabilità dell'analisi plastica, esso coincide con il rapporto $\eta_{1p} = M_{Ed}/M_{pl}$ (rapporto di sfruttamento plastico); in tutti gli altri casi è pari a $\eta_1 = \sigma_{Ed}/(\gamma_{mo}f_{yk})$. I rapporti di sfruttamento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

max η_3 (*)

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

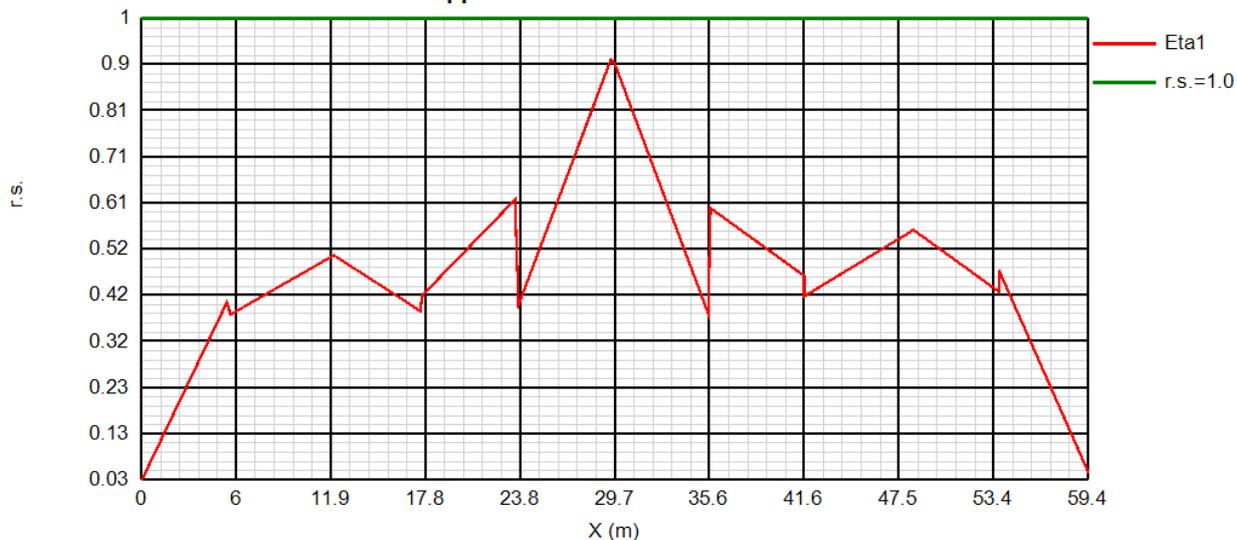
(*) Si riporta, a titolo di esempio, il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio, rispettivamente nella condizione "non rigid" e "rigid" end post. Avendo provveduto ad un arrangiamento della coda trave di tipo "rigido", i rapporti di sfruttamento di riferimento sono quelli afferenti al secondo caso, più favorevoli.

8.1.1.1 Travata destra

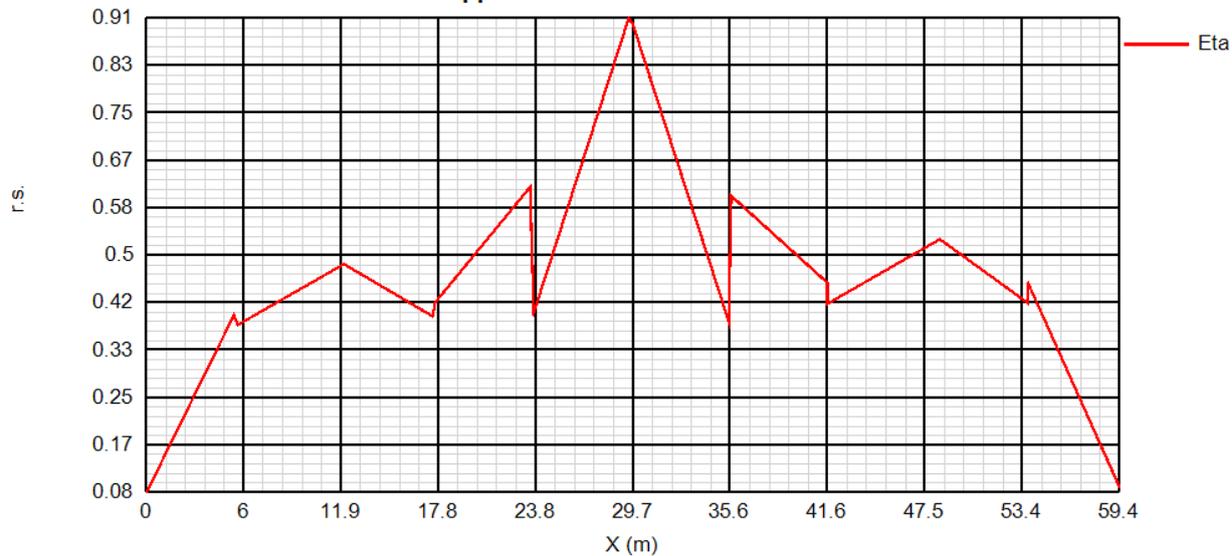


RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

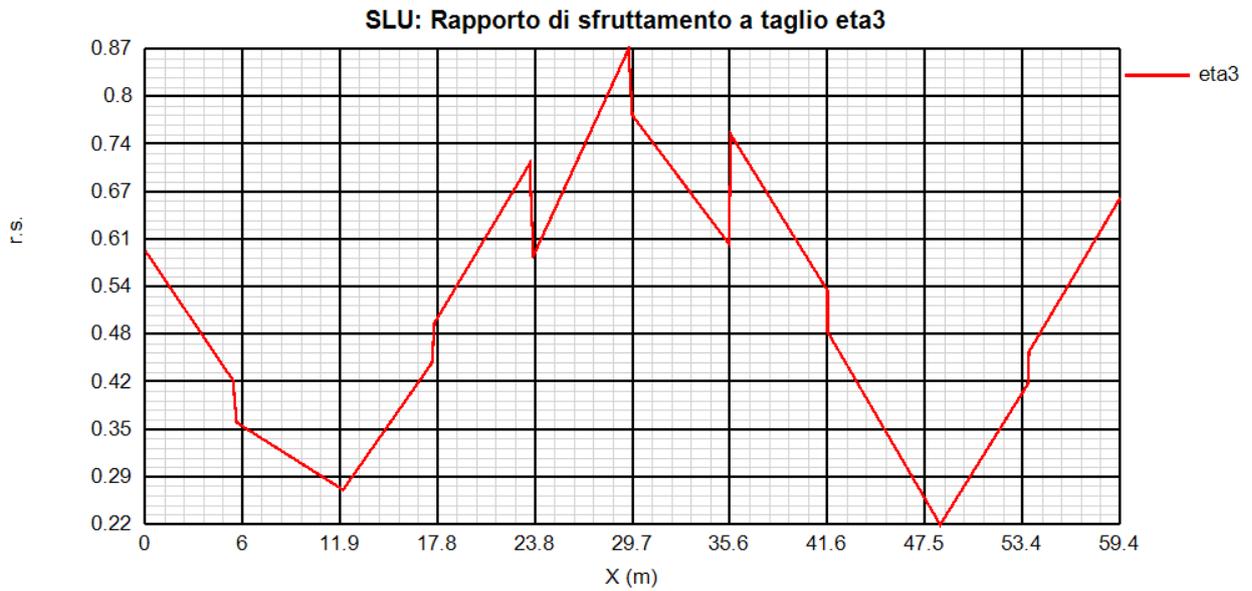
SLU: Rapporto di sfruttamento elastico eta1



SLU: Rapporto di sfruttamento assoluto eta

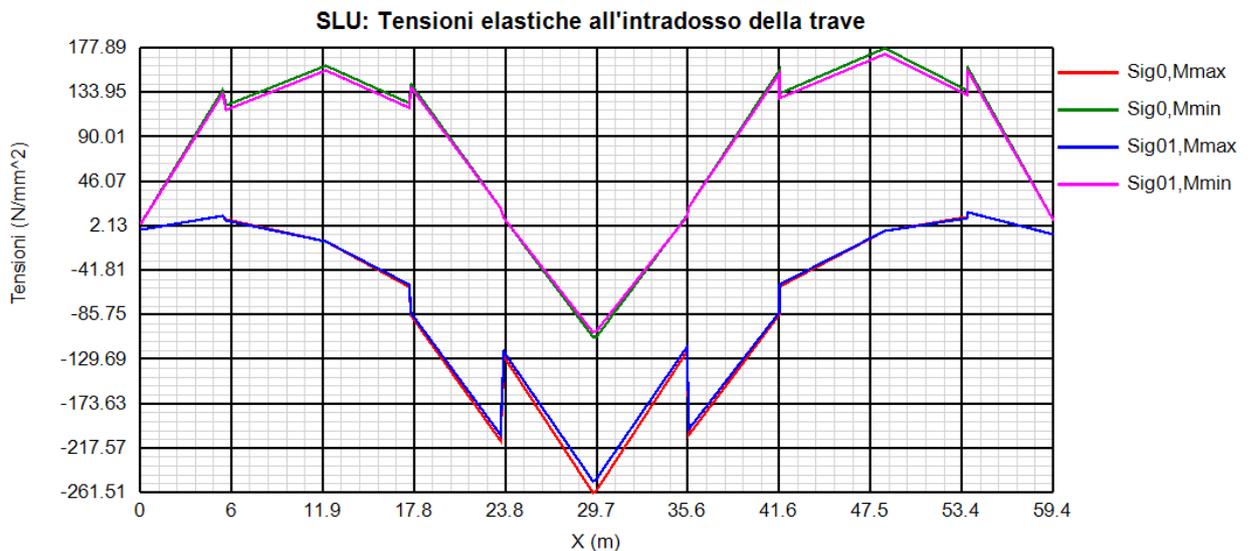


RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

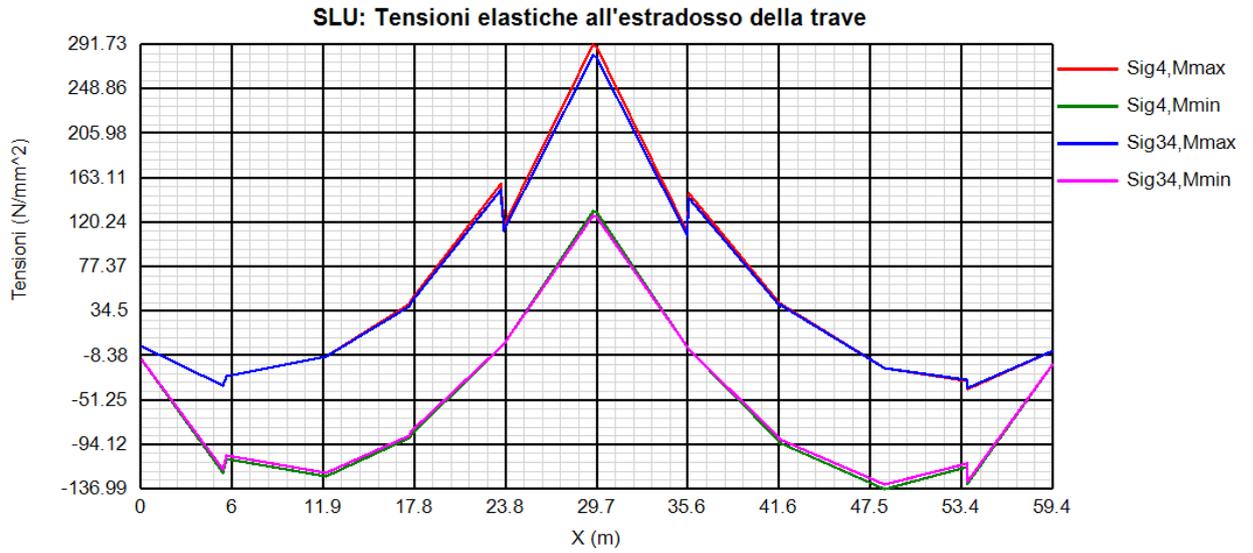


Come si nota, i rapporti di sfruttamento rilevati risultano in tutti i casi al di sotto dell'unità.

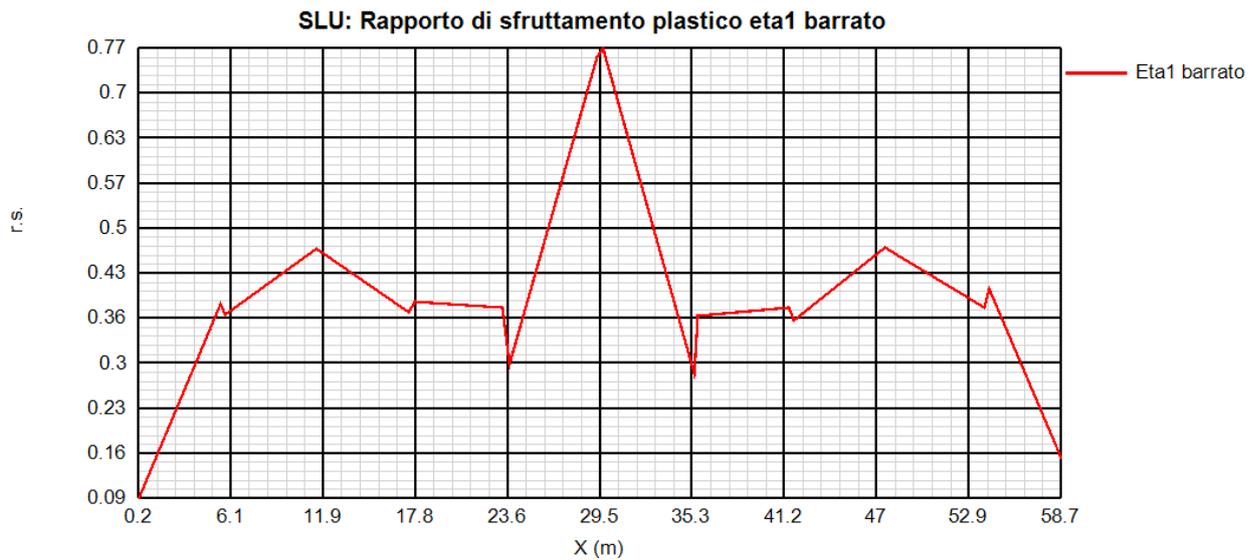
Si riportano anche i diagrammi relativi alle tensioni S.L.U. rilevate sulla piattabanda inferiore e superiore della trave (valori in MPa).



RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

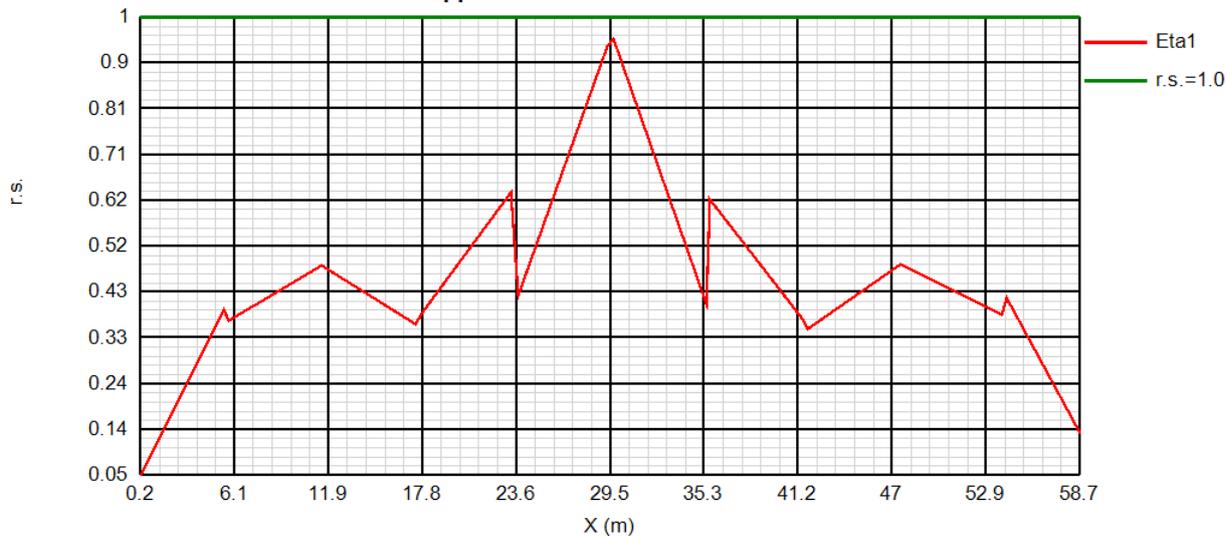


8.1.1.2 Travata sinistra

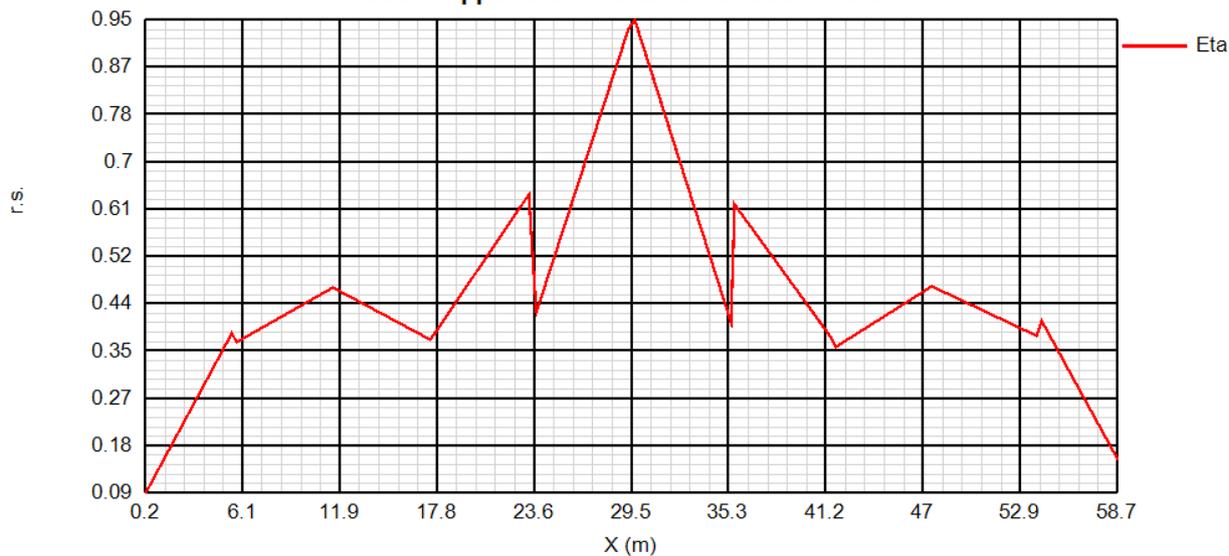


RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

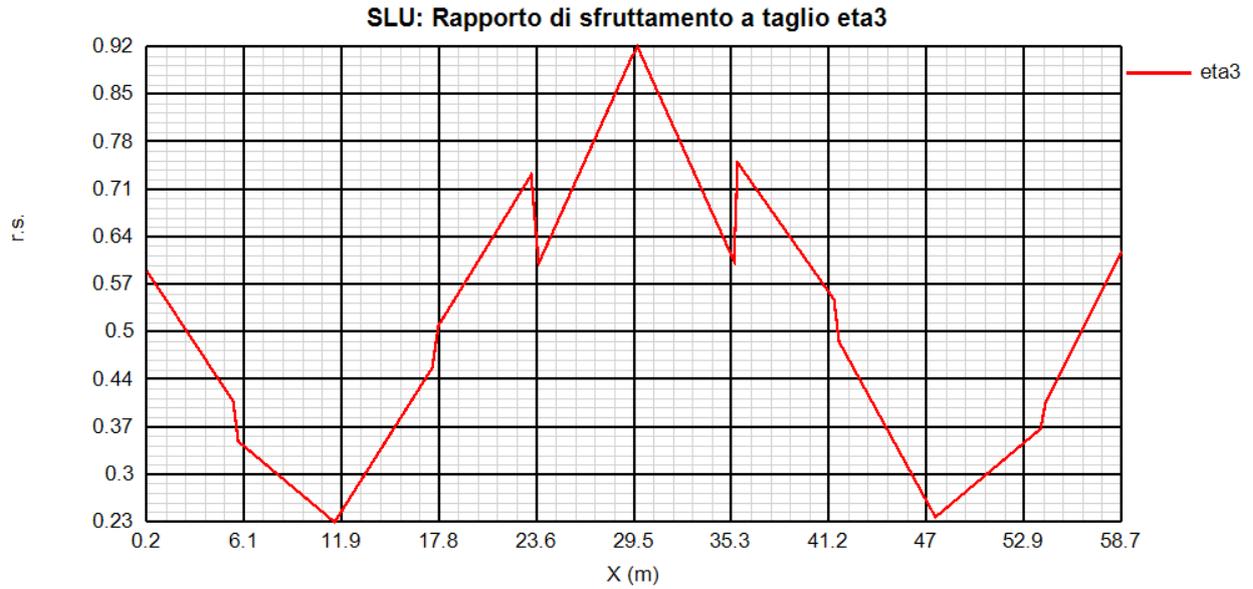
SLU: Rapporto di sfruttamento elastico eta1



SLU: Rapporto di sfruttamento assoluto eta

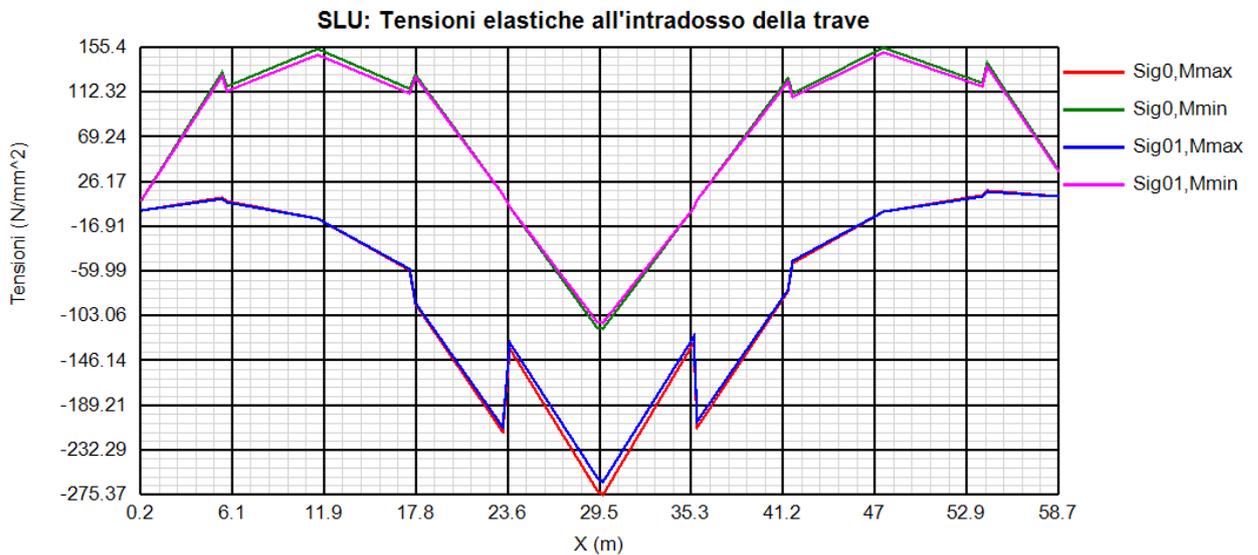


RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

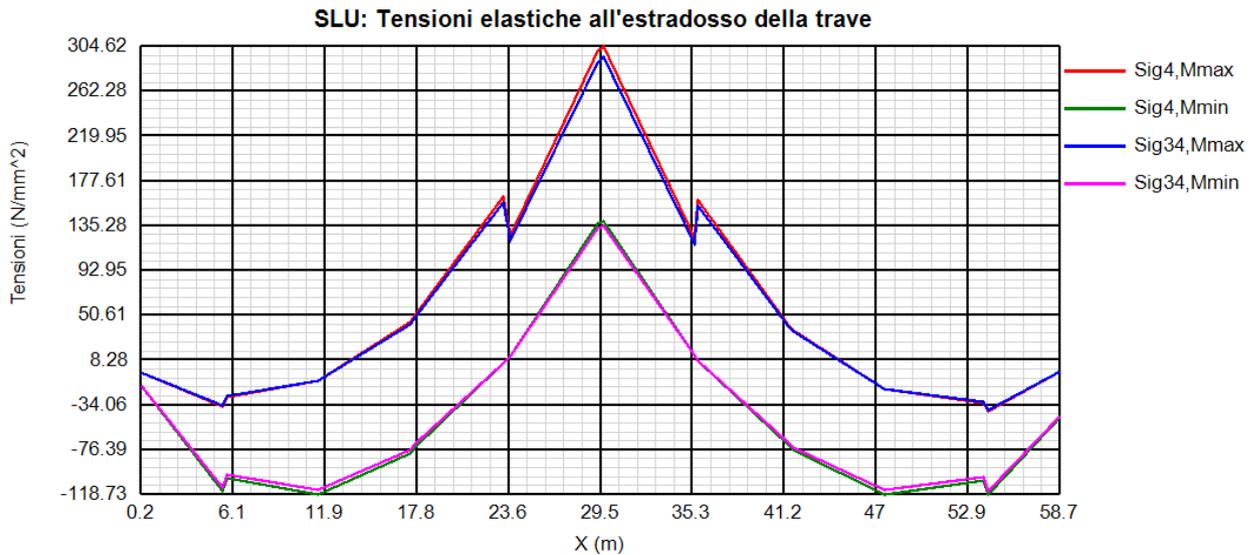


Come si nota, i rapporti di sfruttamento rilevati risultano in tutti i casi al di sotto dell'unità.

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



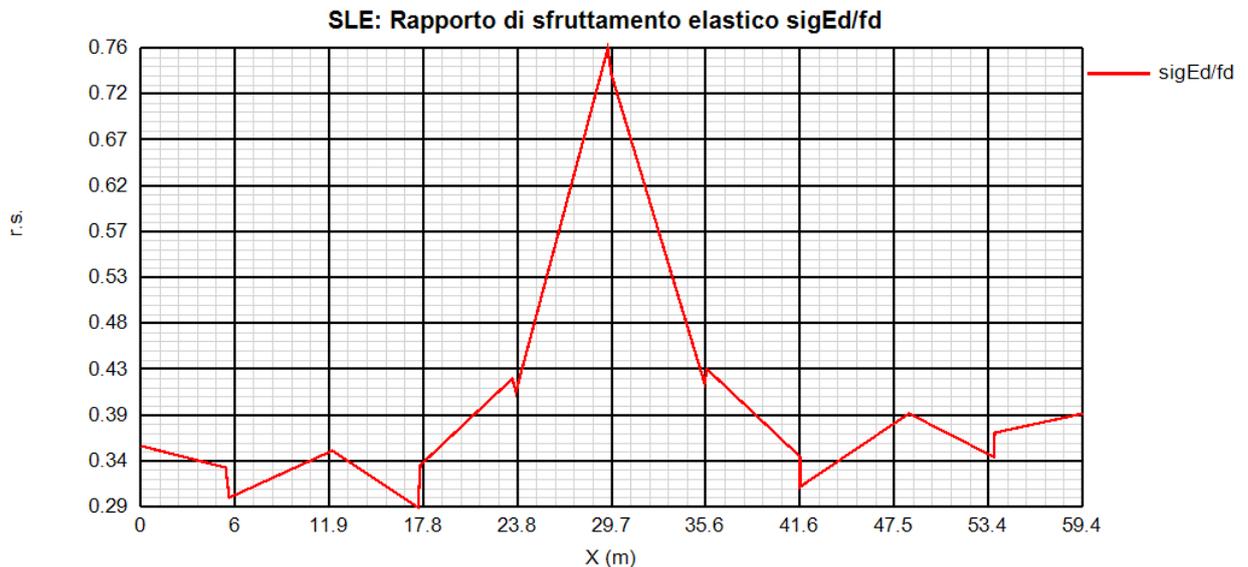
RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06



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

8.1.2.1 Travata destra

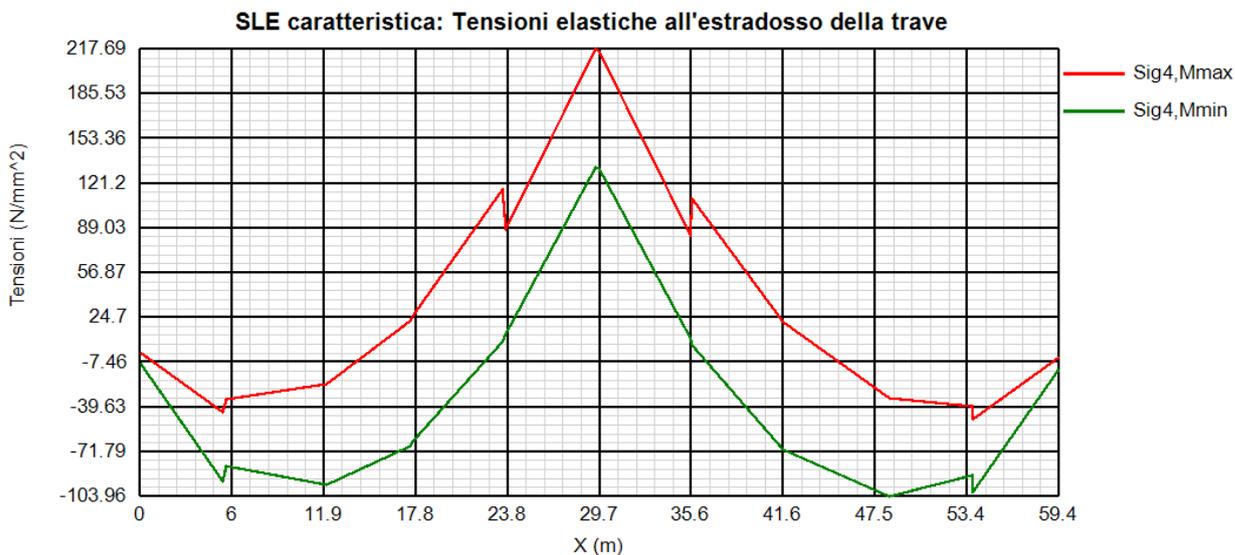
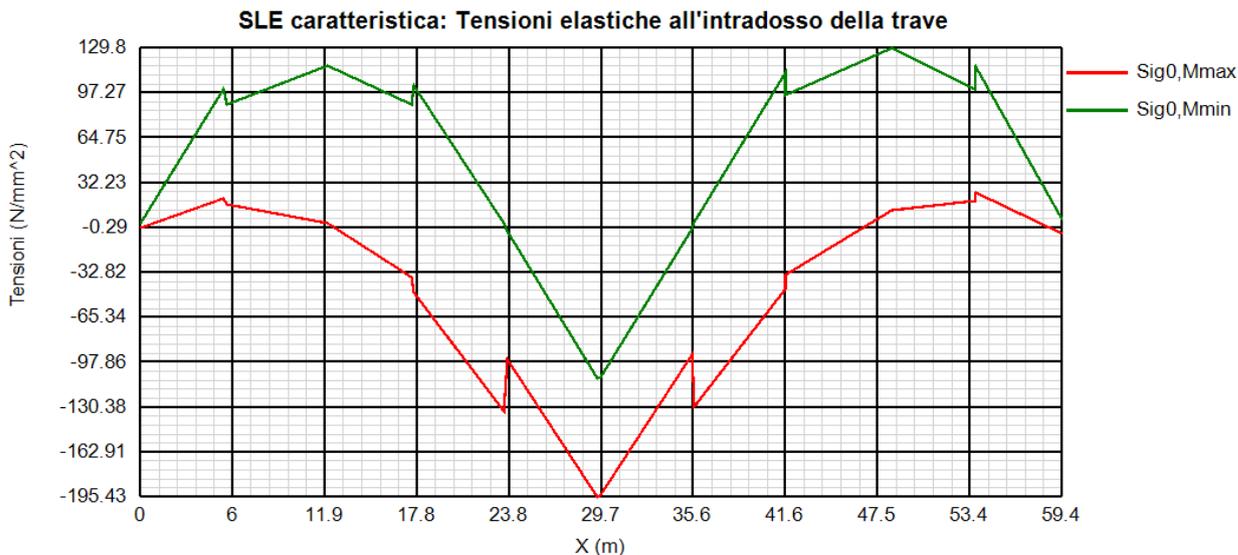
Di seguito si riporta l'andamento del rapporto di sfruttamento S.L.E. tra tensione di Von Mises e tensione di riferimento.



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).

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

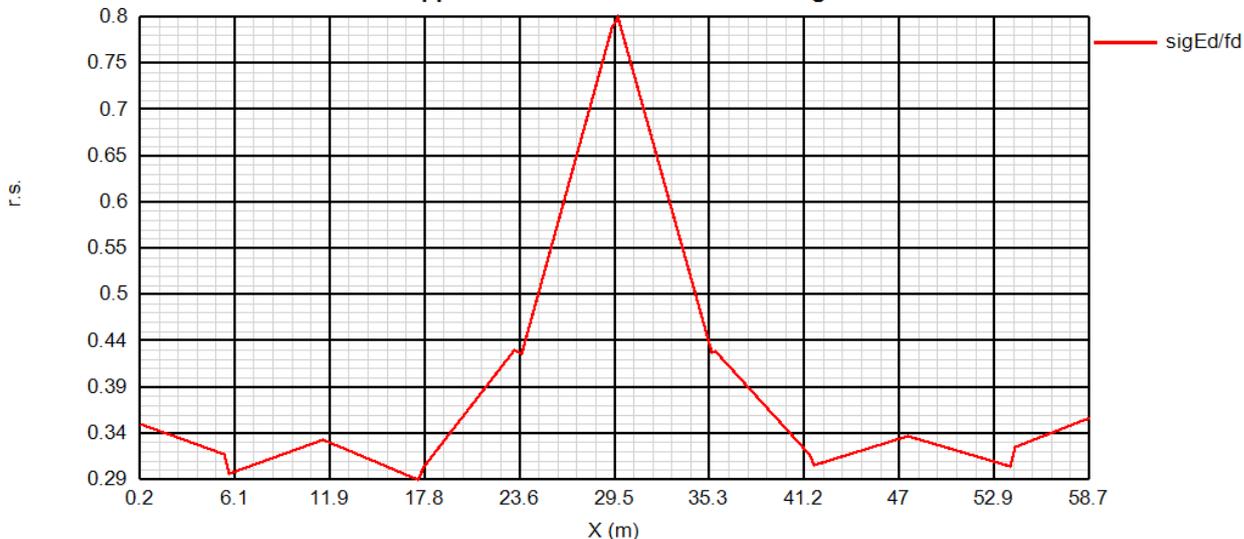


8.1.2.2 Travata sinistra

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

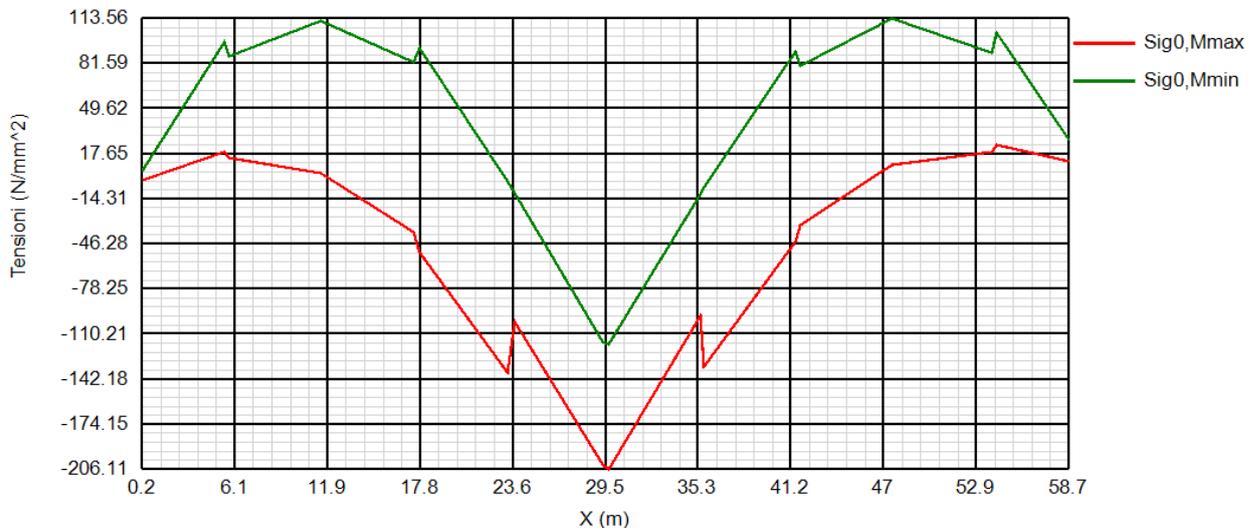
SLE: Rapporto di sfruttamento elastico sigEd/fd



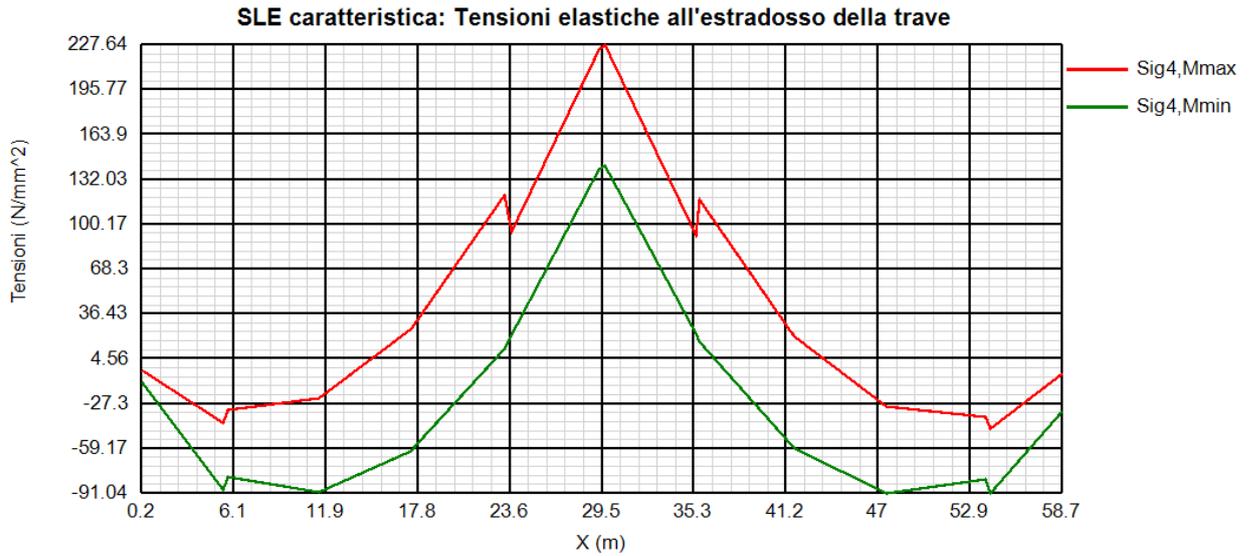
Come si può notare dall'esame del diagramma, i rapporti di sfruttamento S.L.E. appaiono soddisfacentemente al di sotto dell'unità.

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

SLE caratteristica: Tensioni elastiche all'intradosso della trave



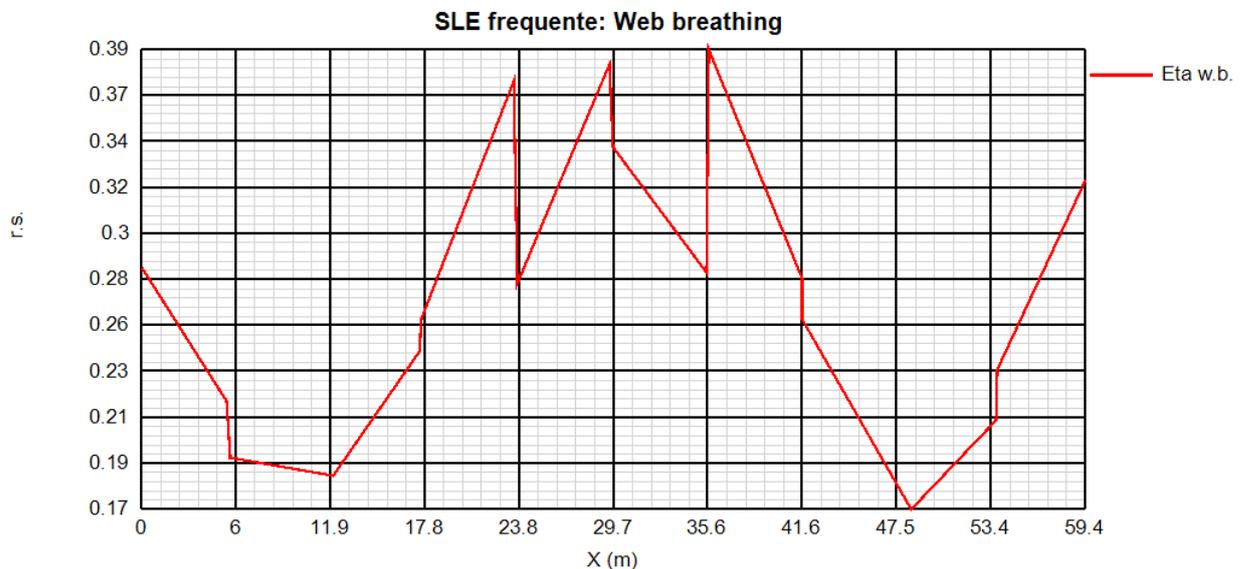
RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06



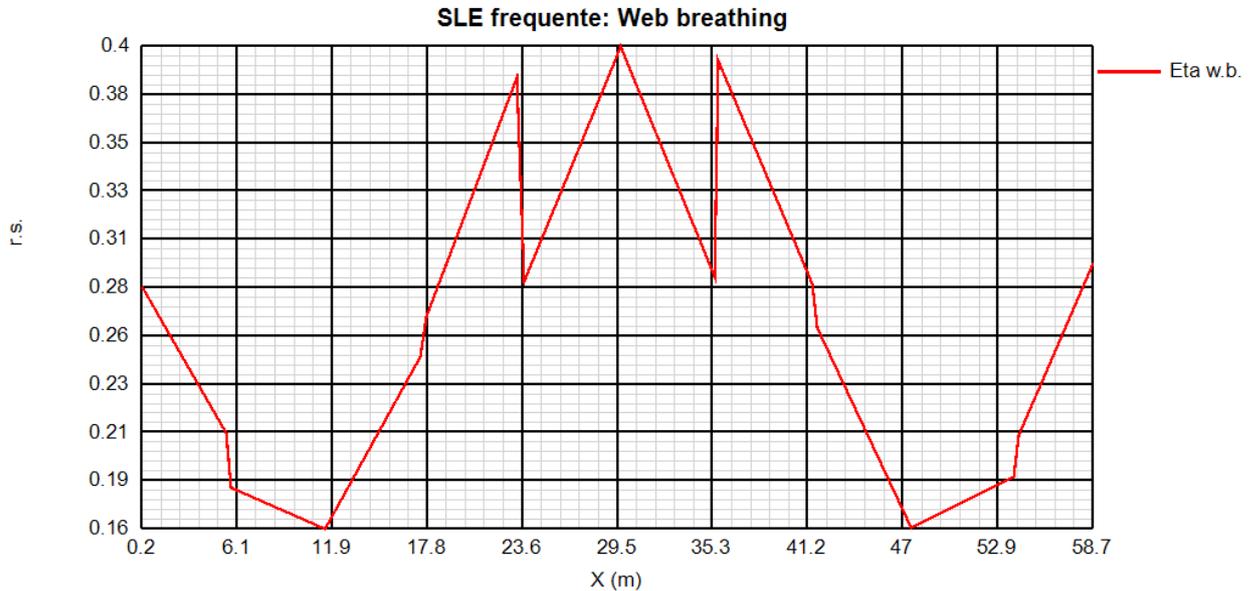
8.1.3 S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento

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

8.1.3.1 Travata destra



8.1.3.2 Travata sinistra



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)
λ_2	0.928
<i>Dati per il calcolo di λ_3, λ_{v3}</i>	
Vita di progetto in anni:	100
λ_3	1.00
<i>Fattore equivalente di danno per i pioli:</i>	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4}$

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	
γ_{Ft}	1
γ_{M1}	1.15

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:

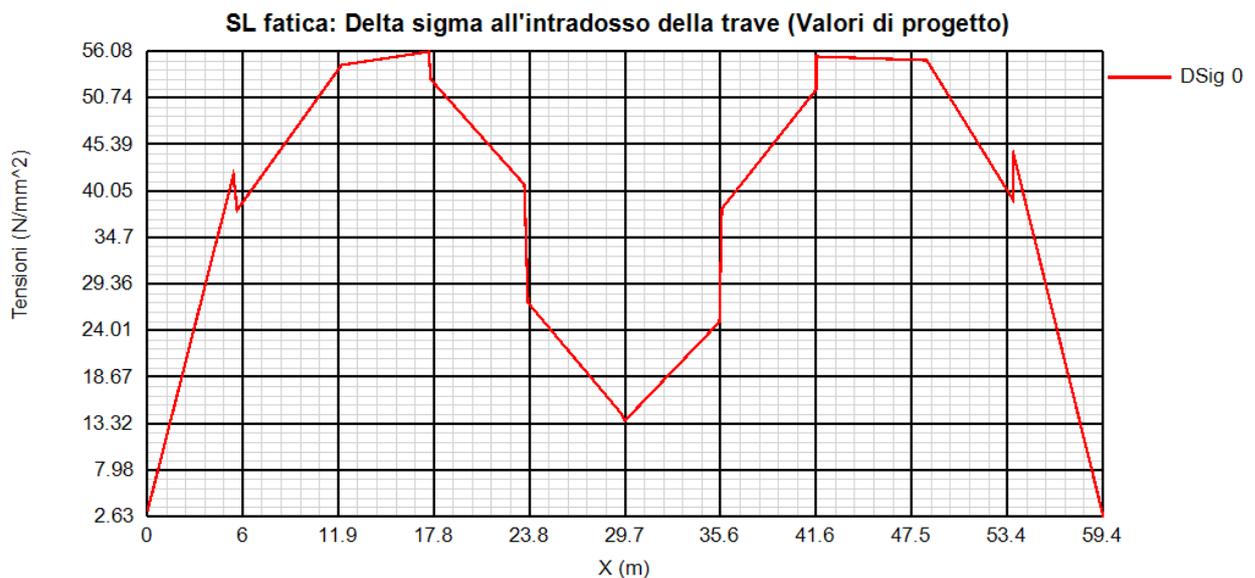
Piattabande - tensioni normali	categoria/dettaglio:	125/5	tab. 8.1 EN 1993-1-9
Anima - tensioni tangenziali	categoria/dettaglio:	100/6	tab. 8.1 EN 1993-1-9
Saldatura composizione anima-piatt.	categoria/dettaglio:	112/3	tab. 8.2 EN 1993-1-9
Saldatura di testa piatt inf. e sup.	categoria/dettaglio:	112/4(*)	tab. 8.3 EN 1993-1-9
Attacco irr. vert. - piattabande	categoria/dettaglio:	80/6(**)	tab. 8.4 EN 1993-1-9
Attacco irr. vert. - anima	categoria/dettaglio:	80/7(**)	tab. 8.4 EN 1993-1-9

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

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

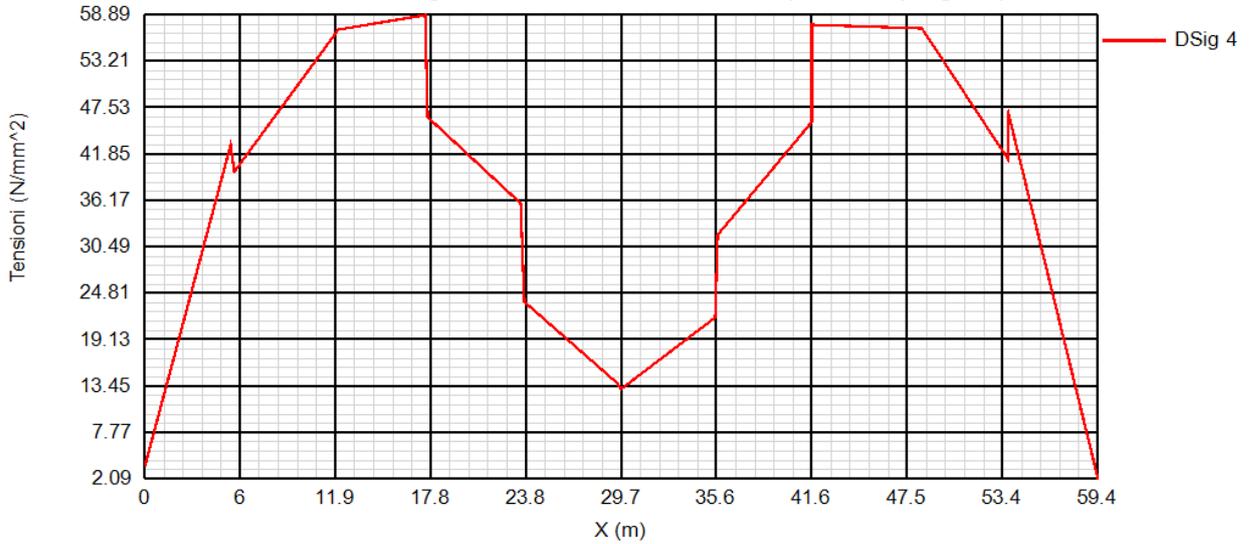
Di seguito si riporta l'ampiezza di $\Delta\sigma_E$ rilevati in corrispondenza della piattabanda inferiore e superiore e dell'attacco anima/piattabanda inferiore e superiore di ciascun concio.

8.1.4.1 Travata destra

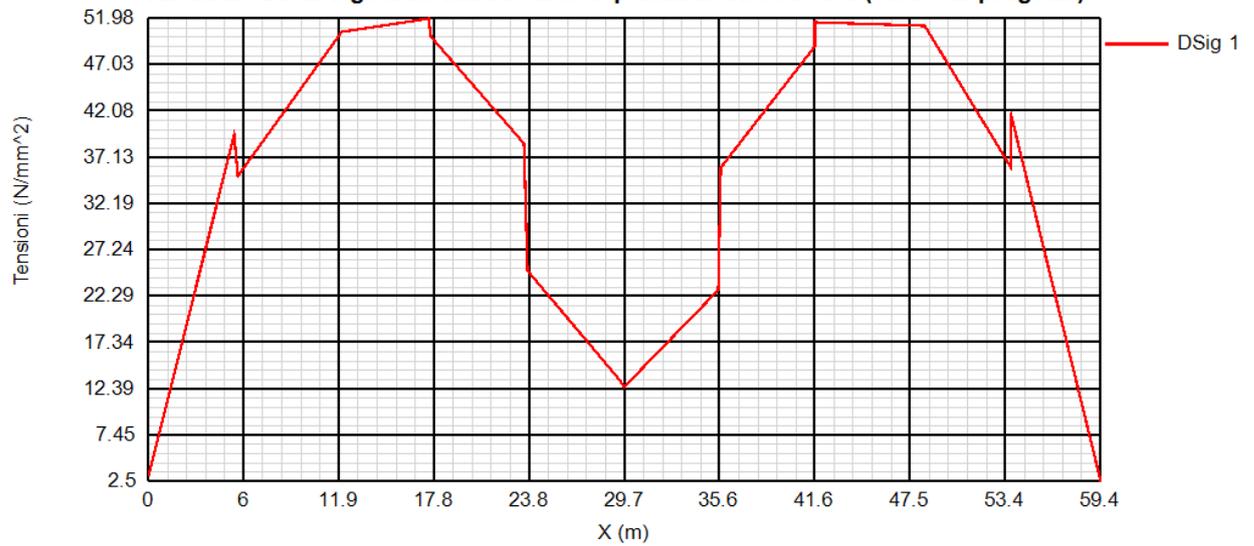


RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

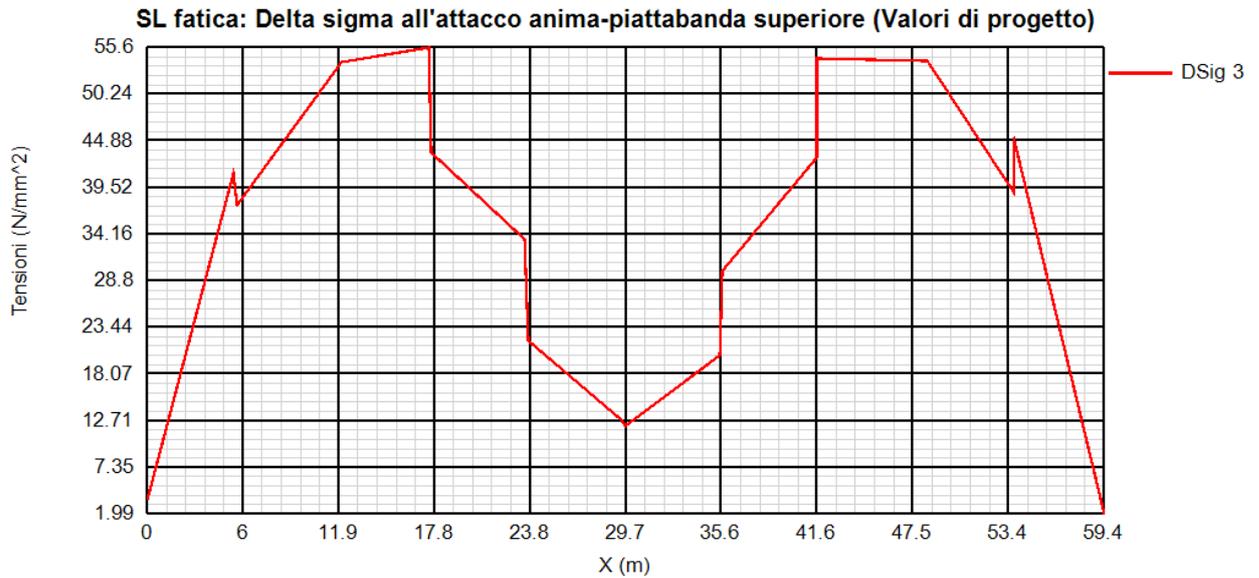
SL fatica: Delta sigma all'estradosso della trave (Valori di progetto)



SL fatica: Delta sigma all'attacco anima-piattabanda inferiore (Valori di progetto)



RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06



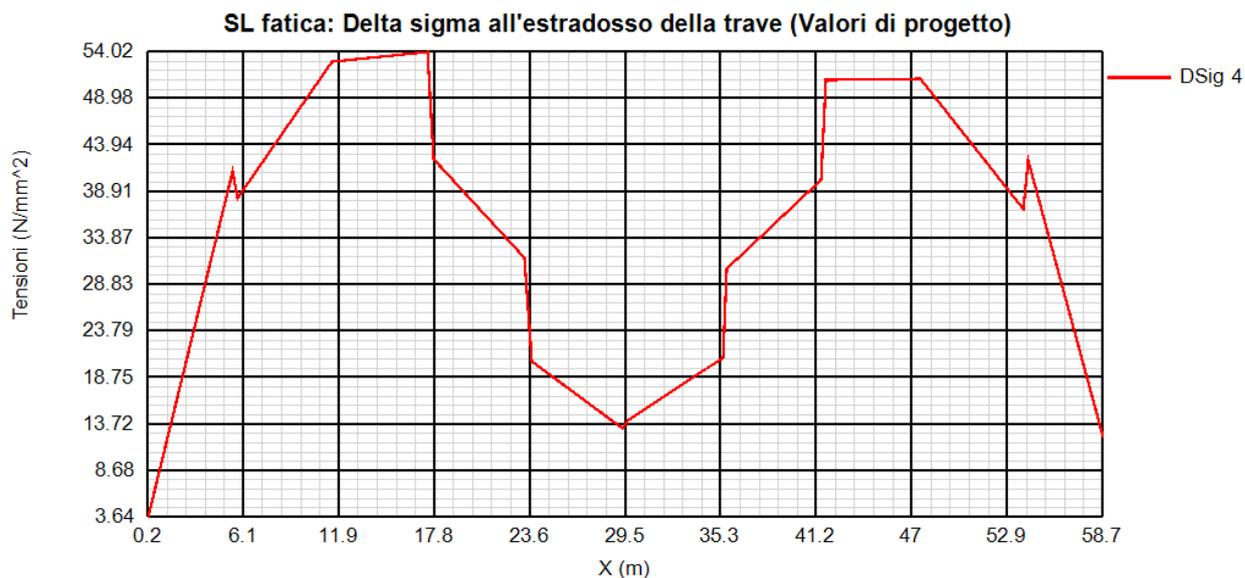
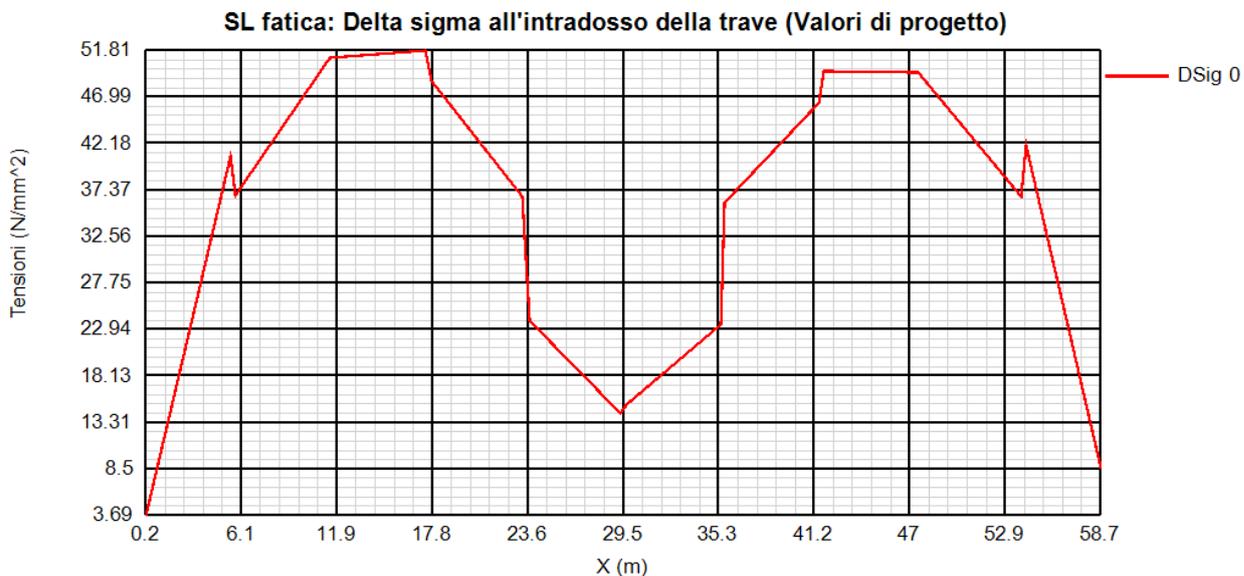
L'ampiezza dei $\Delta\sigma_E$ rilevati è sempre inferiore all'ampiezza massima dei dettagli costruttivi.

Si esplicita, a titolo di esempio, la verifica del dettaglio più critico, rappresentato dalla saldatura piattabanda/irrigidente (cat. 80), nella sezione C2_5 (travata destra).

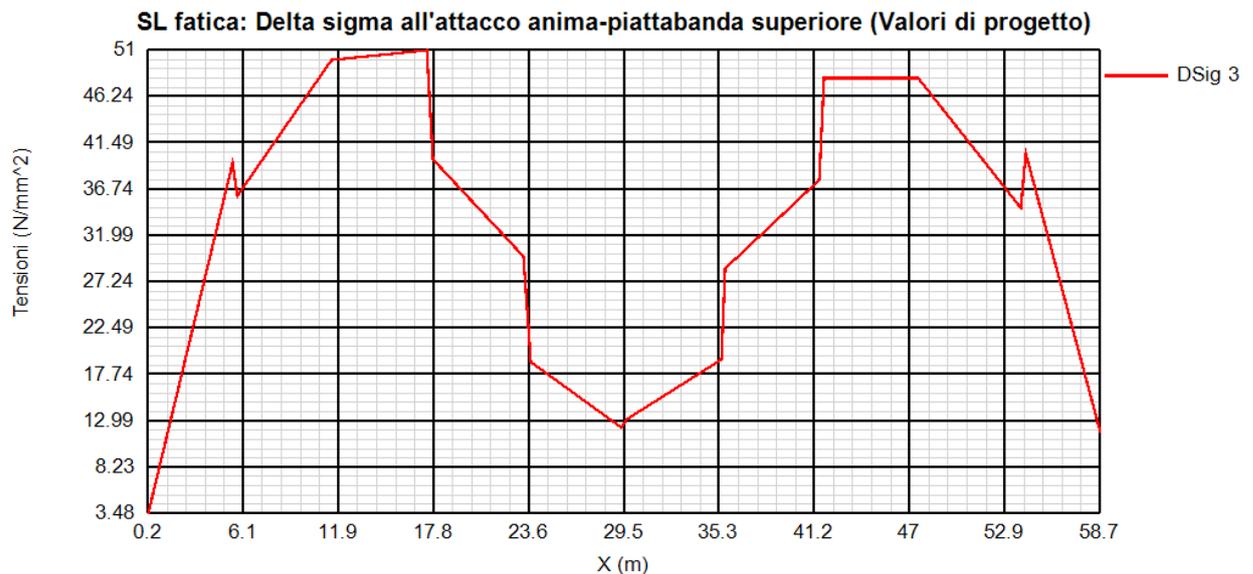
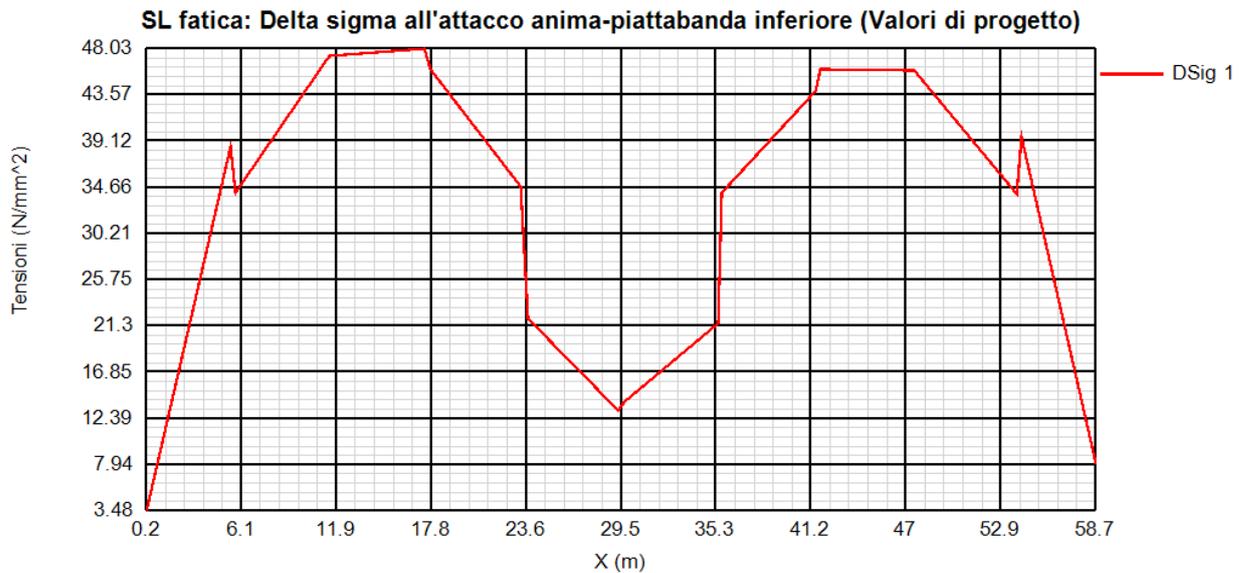
Detail	$\gamma_f \Delta\sigma_E$	$\Delta\sigma_{Rs} / \gamma_m$	c.s.
Piattabanda superiore	58.89	92.59	0.636
Piattabanda inferiore	56.08	92.59	0.606
Anima	1.98	74.07	0.027
Giunzione piattabanda superiore	58.89	75.52	0.780
Giunzione piattabanda inferiore	56.08	72.22	0.777
Attacco anima-piattabanda superiore	55.60	82.96	0.670
Attacco anima-piattabanda inferiore	51.98	82.96	0.627
Attacco irrigidente verticale - anima	55.60	59.26	0.938
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	55.60	59.26	0.938
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	51.98	59.26	0.877
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima 1	--	--	--
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima 2	--	--	--

Le verifiche risultano pertanto positive.

8.1.4.2 Travata sinistra



RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06



L'ampiezza dei $\Delta\sigma_E$ rilevati è sempre inferiore all'ampiezza massima dei dettagli costruttivi.

8.1.5 Verifica connessione trave/soletta

8.1.5.1 Caratteristiche piolatura e detailing

Il sistema di connessione trave/soletta è formato da pioli tipo Nelson elettrosaldati, di diametro ϕ 19 mm ed altezza pari a 220 mm, come dettagliato in tabella.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Concio	Pioli
C1	5F19/20, h=220 mm
C2	4F19/20, h=220 mm
C3	4F19/20, h=220 mm
C4	5F19/20, h=220 mm
C5	4F19/20, h=220 mm
C6	4F19/20, h=220 mm
C7	5F19/20, h=220 mm
Traversi correnti	--
Traversi spalle/pila	2F19/20, h=220 mm

Tabella 8.1 Organizzazione piolature

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

$$P_{Rd,SLU} = 81.66 \text{ kN}$$

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

$$P_{Rd,SLE} = 0.6 * P_{Rd,SLU} = 49.00 \text{ kN}$$

8.1.5.2 Dettagli costruttivi

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

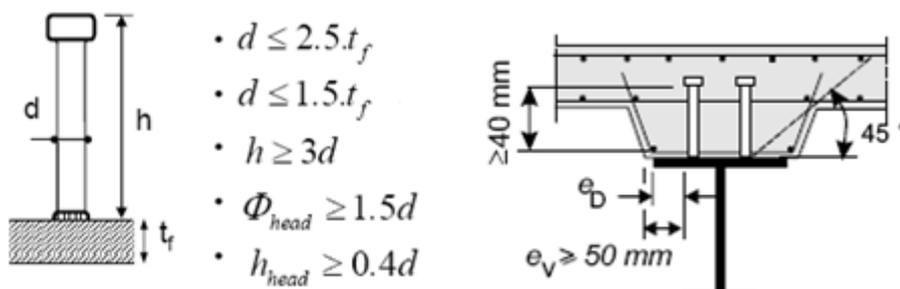


Figura 8.1: Dettagli dei pioli

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Dettagli per i pioli		
$\varepsilon =$	0.81	
$t_{f \text{ min}} =$	30 mm	
$h_{\text{ pioli}} =$	220 mm	
$d_{\text{ pioli}} =$	19 mm	
$t_{\text{ slab}} =$	300 mm	
$h_{\text{ min}} =$	57 mm ($=3*d$)	EN 1994-2 6.6.5.7 (1)
$\Phi_{\text{ head}} \geq$	28.5 mm ($=1.5*d$)	EN 1994-2 6.6.5.7 (2)
$h_{\text{ head}} \geq$	7.6 mm ($= 0.4*d$)	EN 1994-2 6.6.5.7 (2)
$d \leq$	45 mm ($=1.5*t_{f \text{ min}}$)	EN 1994-2 6.6.5.7 (3)
Spaziatura longitudinale e		
$e_{\text{ long}} \leq$	535 mm ($= 22 * t_{f \text{ min}} * \varepsilon$)	EN1994-2 6.6.5.5 (2)
$e_{\text{ long}} \leq$	800 mm ($= \min \{ 4*t_{\text{slab}}, 800 \text{ mm} \}$)	EN1994-2 6.6.5.5 (3)
$e_{\text{ long}} \geq$	95 mm ($= 5*d$)	EN1994-2 6.6.5.7.(4)
Spaziatura trasversale		
$e_{\text{ trasv}} \geq$	47.5 mm ($=2.5*d$)	EN1994-2 6.6.5.7.(4)
Distanza pioli esterni - bordo flangia e_D		
$e_D \leq$	219 mm ($= 9 * t_{f \text{ min}} * \varepsilon$)	EN1994-2 6.6.5.5 (2)

Tabella 8.2 Dettagli dei pioli

8.1.5.3 Riepilogo rapporti di sfruttamento verifica elastica S.L.U. - S.L.E. - fatica

Le verifiche vengono effettuate con il programma PontiEC4, su tutti i traversi della struttura.

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.

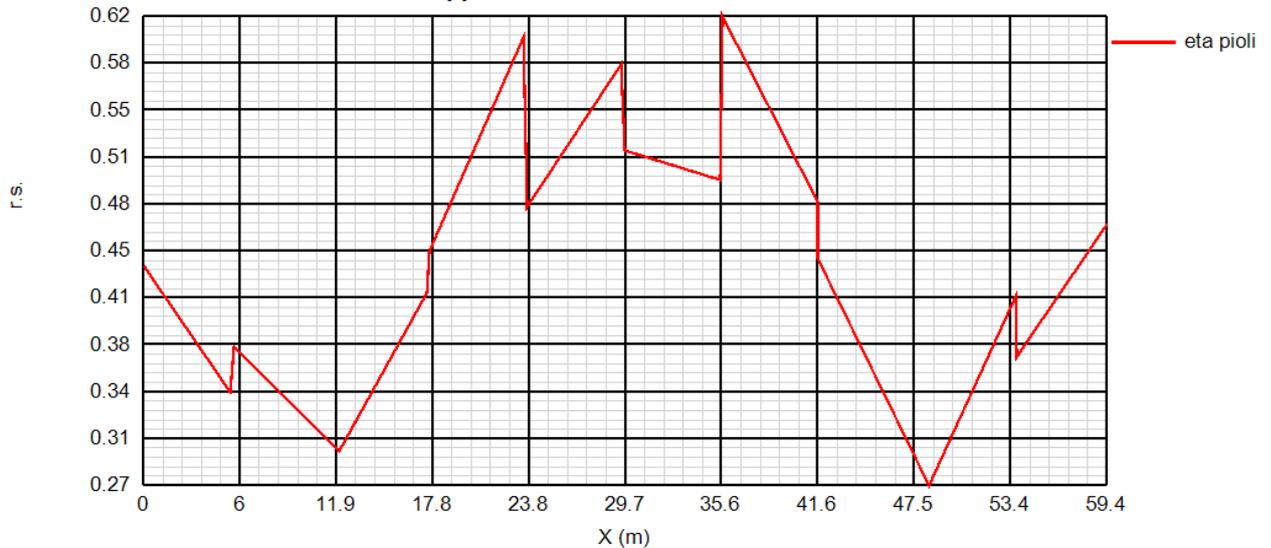
<i>Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:</i>	
<i>Fattore equivalente di danno per i pioli:</i>	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4}$
λ_{v1}	1.55
<i>Dati per il calcolo di λ_{v2}, λ_{v3}</i>	
Q_0 (kN)	480
N_0	500000
N_{obs}	500000
Q_{mi} (kN)	457.37
Categoria di traffico (Table 4.5n - EN 1991-2):	Roads and motorways with medium flow rates of lorries

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

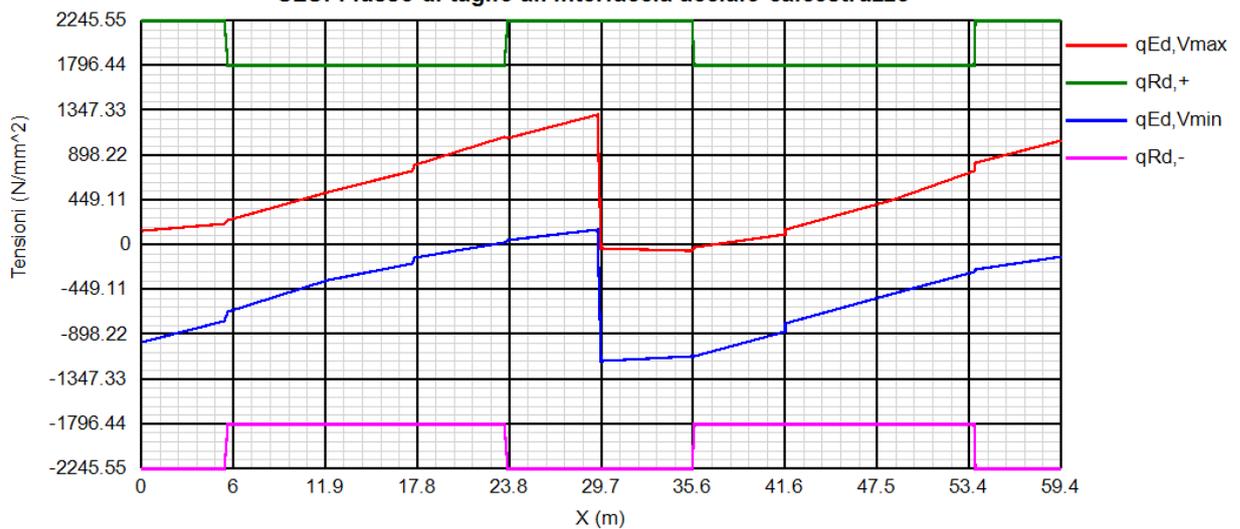
Distribuzione del traffico (Table 4.7 - EN 1991-2) :	Long distance (20% Q1, 5% Q2, 50% Q3, 15% Q4, 10% Q5)
λ_{v2}	0.953
<i>Dati per il calcolo di λ_3, λ_{v3}</i>	
Vita di progetto in anni:	100
λ_{v3}	1.00
<i>Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:</i>	
γ_{F1}	1
γ_{M1}	1.15

1.1.1.1.1 Travata destra

SLU: Rapporto di sfruttamento dei connettori

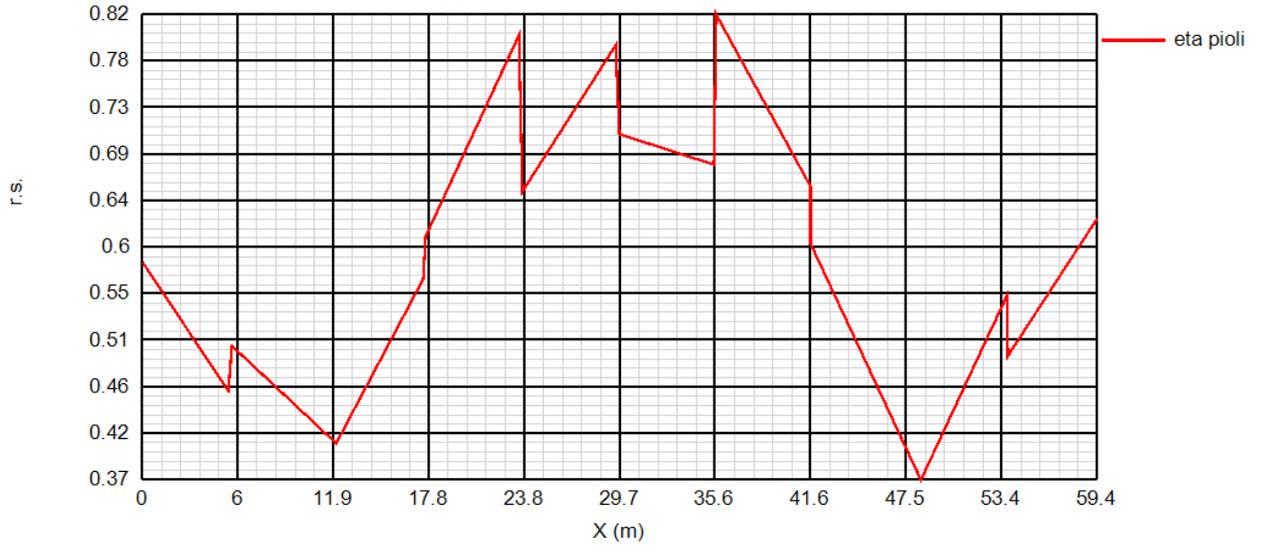


SLU: Flusso di taglio all'interfaccia acciaio-calcestruzzo

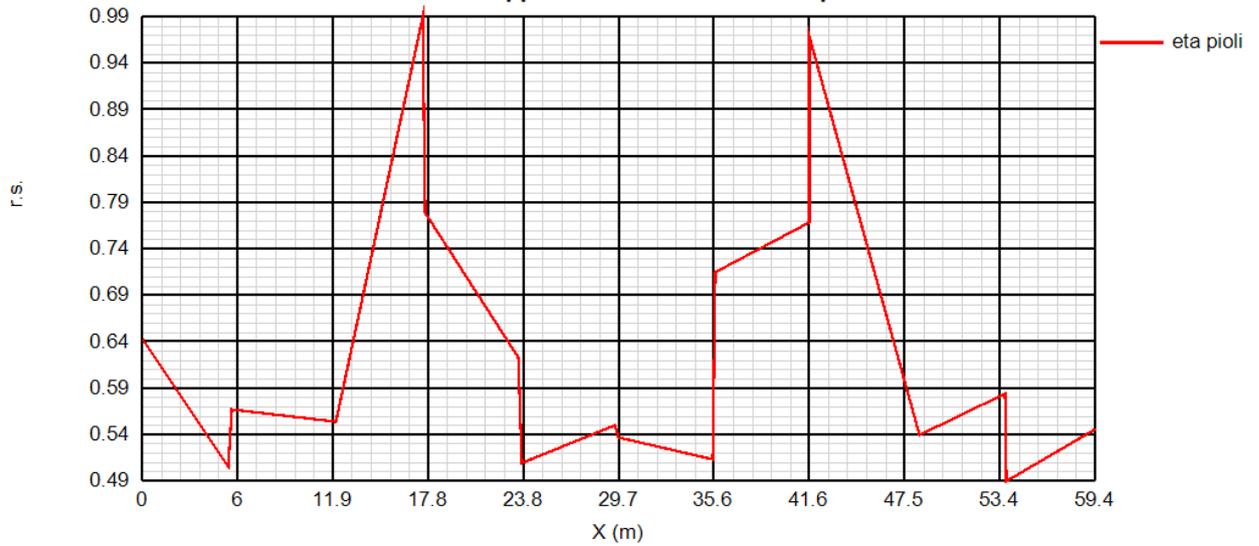


RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

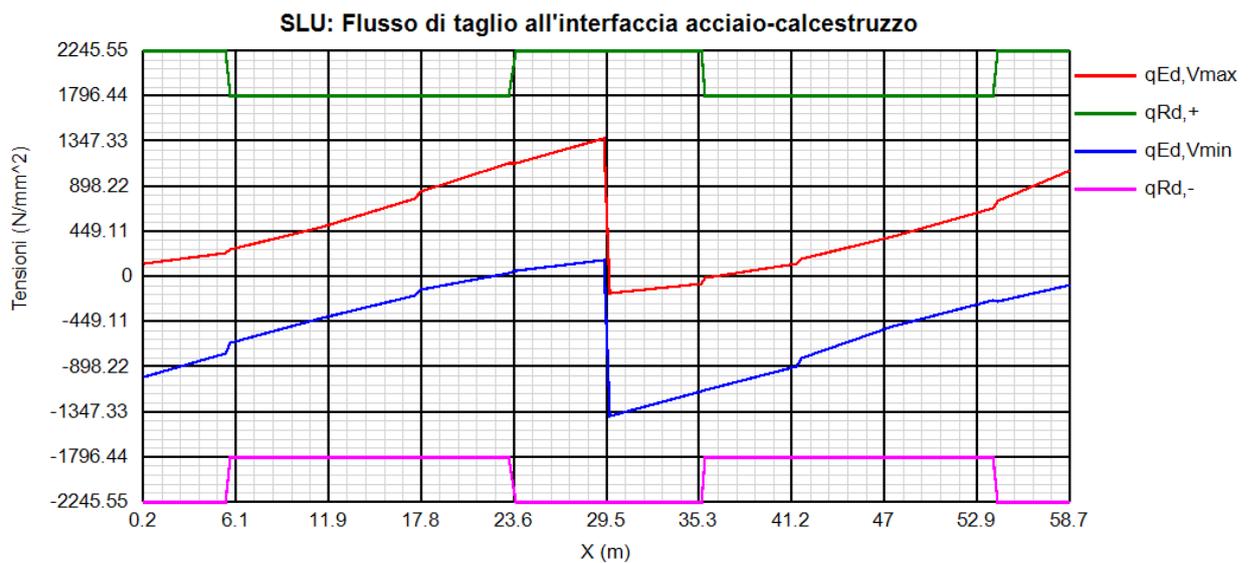
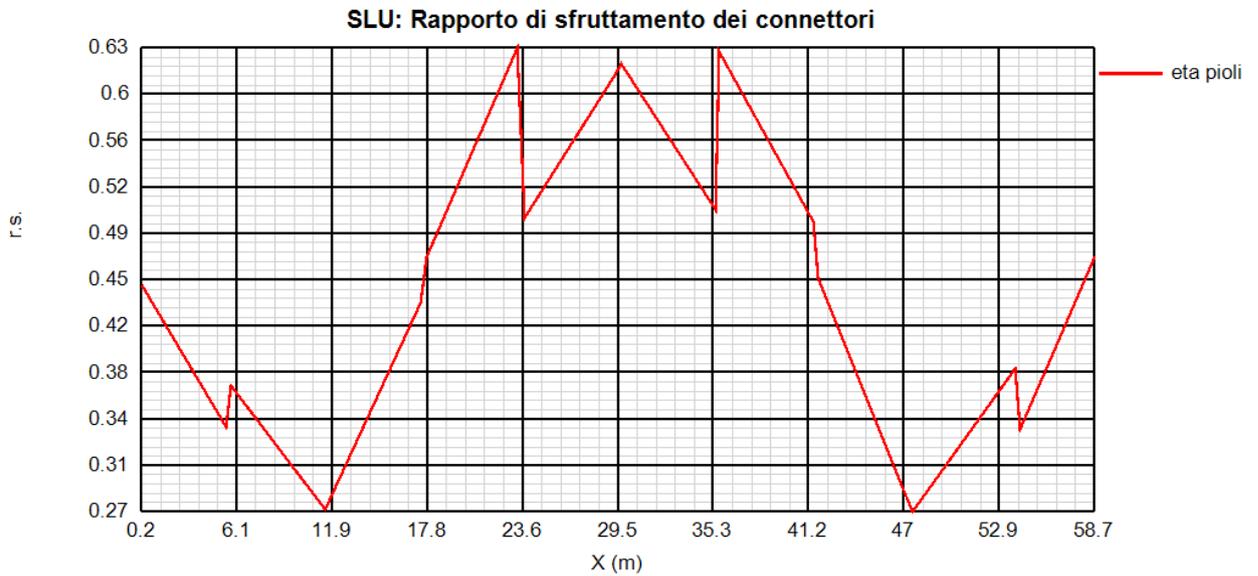
SLE: Rapporto di sfruttamento dei connettori



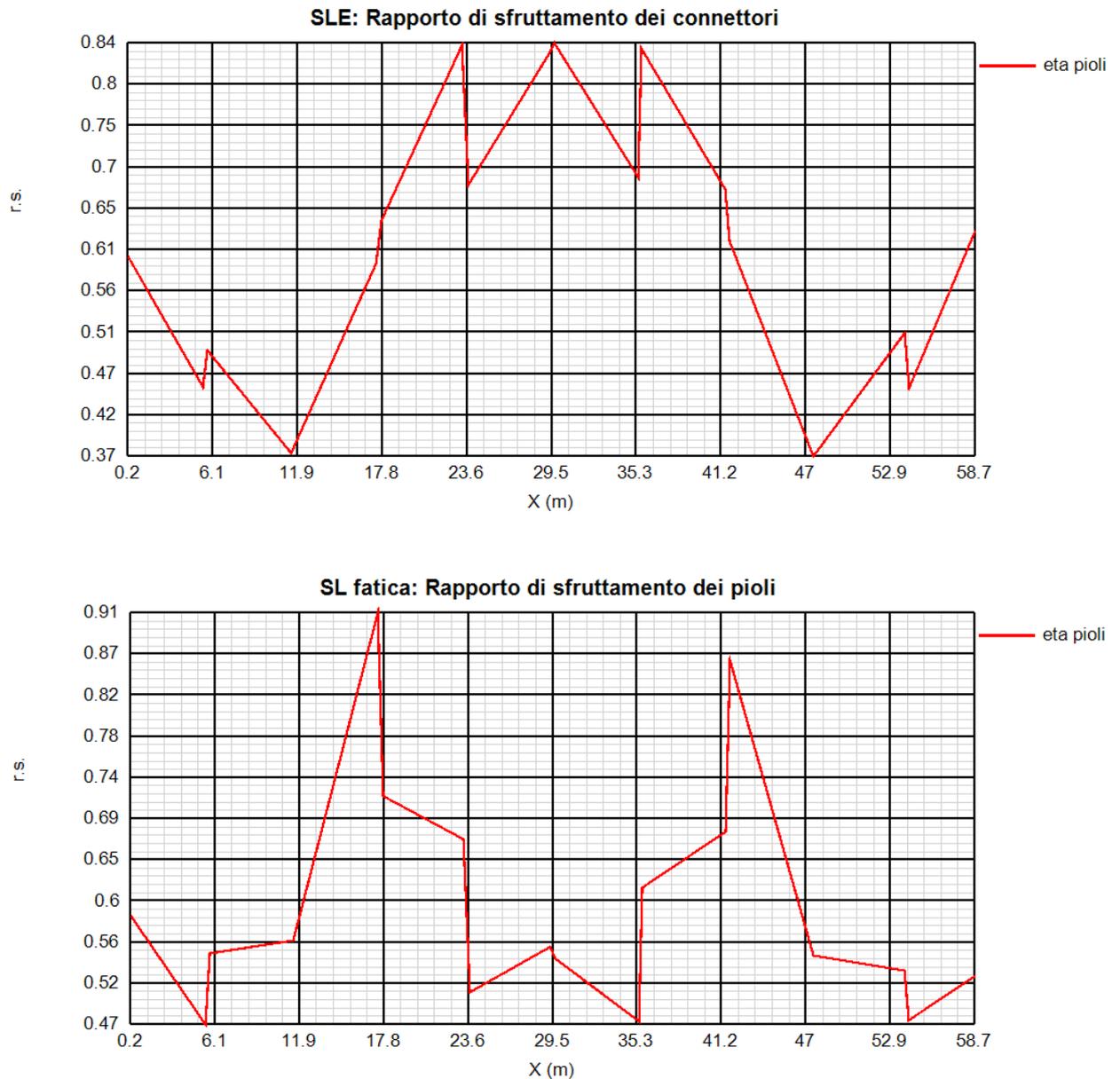
SL fatica: Rapporto di sfruttamento dei pioli



1.1.1.1.2 Travata sinistra



RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06



8.1.5.4 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 $b_{eff} = 4.00$ 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)	81656.28
Resistenza per schiacciamento del calcestruzzo, $P_{Rd2} = 0.29 \alpha d^2 (f_{ck} E_{cm})^{0.5} / \gamma_v$, (N)	88513.63
Resistenza di progetto del piolo $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (N)	81656.28

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Flusso caratteristico per Ritiro: $v_{L,k}$ (N/mm)	710
Flusso caratteristico per Variazione termica (-): $v_{L,k}$ (N/mm)	673
Flusso di progetto totale: $v_{L,Ed}$ (N/mm)	$1.2 \cdot 710 + 1.5 \cdot 673 = 1862$
Numero minimo di pioli in testata: n_{min} (m ⁻¹)	$1862 \cdot 1000 / 81656.28 = 22.8$

8.1.6 Verifica del Giunto bullonato

8.1.6.1 Materiali

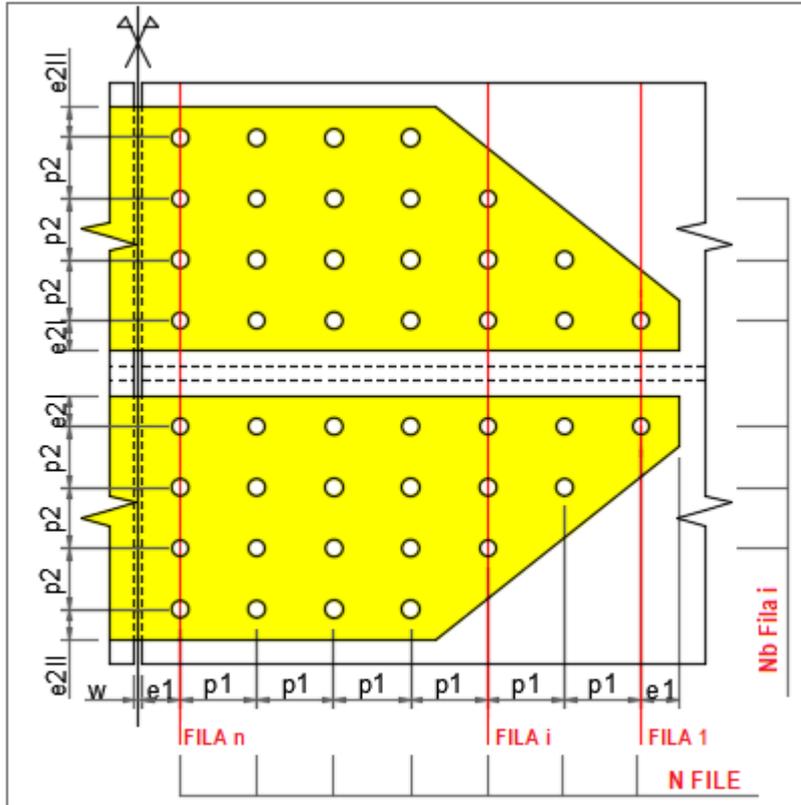
Materiali Bulloni Classe: 10.9 <input checked="" type="radio"/> Taglio su parte filettata <input type="radio"/> Taglio su parte non filettata	Piatti <table border="1"> <tr> <td></td> <td>t ≤ 40 mm</td> <td>t > 40 mm</td> </tr> <tr> <td>f_u (N/mm²)</td> <td>510</td> <td>470</td> </tr> <tr> <td>f_y (N/mm²)</td> <td>355</td> <td>335</td> </tr> </table>		t ≤ 40 mm	t > 40 mm	f_u (N/mm ²)	510	470	f_y (N/mm ²)	355	335	Resistenza allo scorcimento k_s : 1 μ : 0.3	Coefficienti di sicurezza γ_{M2} : 1.25 $\gamma_{M3,SLU}$: 1.25 $\gamma_{M3,SLE}$: 1.1
	t ≤ 40 mm	t > 40 mm										
f_u (N/mm ²)	510	470										
f_y (N/mm ²)	355	335										

8.1.6.2 Geometria dei giunti

Si riporta uno schema parametrico valido per tutti i giunti bullonati. Le informazioni sono comuni a tutti i giunti delle travi salvo gli spessori delle imbottiture. Per la piattabanda inferiore si è differenziato il numero delle file di bulloni per i giunti con il concio di testa pila C4.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

FLANGIA SUPERIORE



Bulloni

N file	5
Nb/file	4,6,8,8,8
d (mm)	27
d0 (mm)	28.5

Distanze \interassi

e1 (mm)	50
p1 (mm)	100
e2I (mm)	60
e2II (mm)	60
p2 (mm)	100

Piatti d'imbottitura

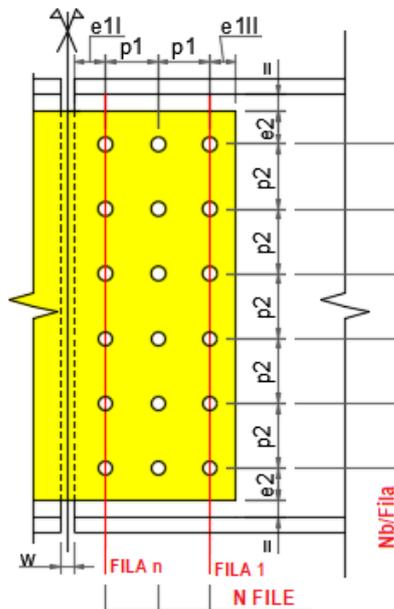
t SX (mm)	10
t DX (mm)	0

Piatti interni \esterni

t (mm)	30
--------	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

ANIMA



Bulloni

N file	3
Nb/fila	11
d (mm)	27
d0 (mm)	28.5

Distanze \Interassi

e1I (mm)	50
e1II (mm)	50
p1 (mm)	80
e2 (mm)	50
p2 (mm)	100
w (mm)	10

Piatti d'imbottitura

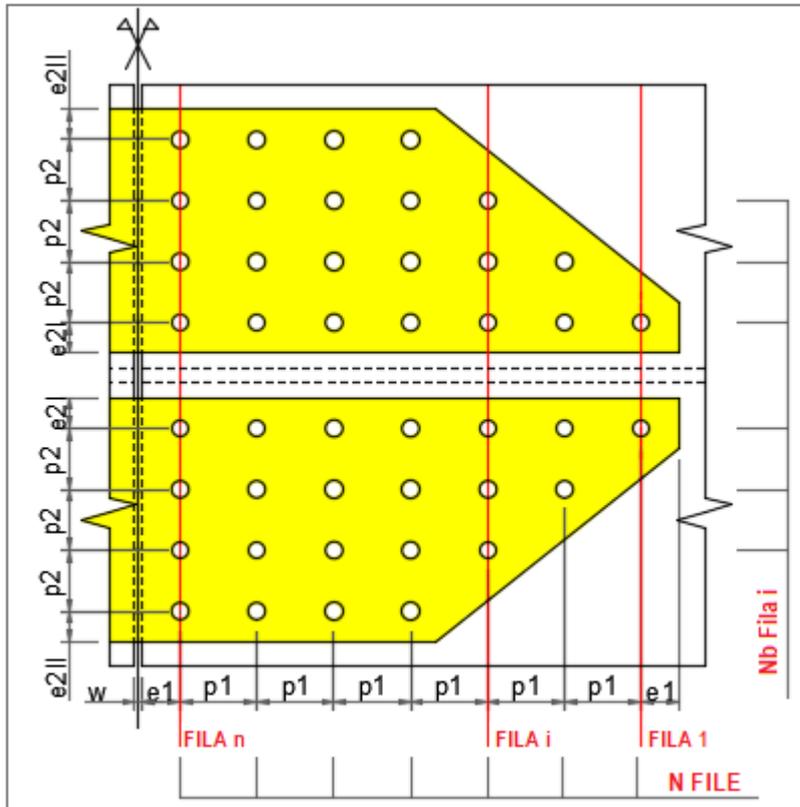
t SX (mm)	0
t DX (mm)	0

Piatti interni \esterni

t (mm)	20
--------	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

FLANGIA INFERIORE



Bulloni

N file	5
Nb./fila	4,6,8,10,10
d (mm)	27
d0 (mm)	28.5

(*)

Distanze/Interassi

e1 (mm)	50
p1 (mm)	100
e2I (mm)	60
e2II (mm)	60
p2 (mm)	100

Piatti d'imbottitura

t SX (mm)	10
t DX (mm)	0

Piatti interni/esterni

t (mm)	35
--------	----

(*) Giunti C1-C2, C2-C3, C5-C6, C6-C7

C3-C4, C4-C5

Bulloni

N file	5
Nb./fila	4,6,8,10,10

Bulloni

N file	6
Nb./fila	4,6,8,10,10,10

L'esito delle verifiche è riassunto nella tabella seguente, per la travata sinistra, leggermente più sollecitata.

8.1.6.3 Verifiche di SLU

Nome	Comb.	Comp.	FvEd/ FvRd	FbEd/ FbRd	VEd/ VplRd	N-MEd/N-MRd	VEd/ VplRd	N-MEd/ N-MpRd
C1_2 - C2_3	SLU, Mmax	Ali sup.	0.085	0.063	-	0.103	-	0.061
		Anima	0.071	0.085	0.023	0.125	0.012	0.087
		Ali inf.	0.036	0.02	-	0.031	-	0.025
	SLU, Mmin	Ali sup.	0.321	0.205	-	0.333	-	0.235
		Anima	0.375	0.402	0.406	0.443	0.225	0.336
		Ali inf.	0.491	0.252	-	0.387	-	0.352
	SLU, Vmax	Ali sup.	0.226	0.143	-	0.231	-	0.166

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Nome	Comb.	Comp.	FvEd/ FvRd	FbEd/ FbRd	VEd/ VpIrd	N-MEd/N-MRd	VEd/ VpIpRd	N-MEd/ N-MpRd
		Anima	0.17	0.199	0.07	0.274	0.038	0.203
		Ali inf.	0.222	0.11	-	0.168	-	0.16
	SLU, Vmin	Ali sup.	0.321	0.206	-	0.333	-	0.235
		Anima	0.391	0.412	0.47	0.437	0.26	0.332
		Ali inf.	0.479	0.249	-	0.382	-	0.344
C2_5 - C3_6	SLU, Mmax	Ali sup.	0.159	0.09	-	0.152	-	0.147
		Anima	0.233	0.245	0.295	0.266	0.162	0.192
		Ali inf.	0.265	0.149	-	0.224	-	0.148
	SLU, Mmin	Ali sup.	0.246	0.14	-	0.227	-	0.18
		Anima	0.363	0.392	0.407	0.449	0.223	0.319
		Ali inf.	0.482	0.249	-	0.415	-	0.346
	SLU, Vmax	Ali sup.	0.208	0.118	-	0.192	-	0.152
		Anima	0.297	0.288	0.606	0.231	0.332	0.163
		Ali inf.	0.21	0.104	-	0.166	-	0.151
	SLU, Vmin	Ali sup.	0.205	0.117	-	0.189	-	0.15
		Anima	0.195	0.226	0.081	0.305	0.045	0.221
		Ali inf.	0.347	0.171	-	0.284	-	0.249
C3_7 - C4_8	SLU, Mmax	Ali sup.	0.505	0.284	-	0.478	-	0.461
		Anima	0.494	0.535	0.51	0.612	0.292	0.455
		Ali inf.	0.548	0.275	-	0.523	-	0.377
	SLU, Mmin	Ali sup.	0.048	0.024	-	0.038	-	0.045
		Anima	0.219	0.249	0.567	0.054	0.311	0.033
		Ali inf.	0.044	0.022	-	0.042	-	0.035
	SLU, Vmax	Ali sup.	0.309	0.154	-	0.26	-	0.286
		Anima	0.445	0.413	0.859	0.604	0.496	0.221
		Ali inf.	0.287	0.132	-	0.252	-	0.205
	SLU, Vmin	Ali sup.	0.104	0.051	-	0.081	-	0.096
		Anima	0.14	0.119	0.256	0.09	0.151	0.07
		Ali inf.	0.085	0.035	-	0.065	-	0.061
C4_11 - C5_12	SLU, Mmax	Ali sup.	0.495	0.278	-	0.508	-	0.452
		Anima	0.492	0.529	0.533	0.599	0.308	0.443
		Ali inf.	0.534	0.268	-	0.51	-	0.362
	SLU, Mmin	Ali sup.	0.053	0.026	-	0.044	-	0.049
		Anima	0.22	0.257	0.59	0.049	0.324	0.034
		Ali inf.	0.027	0.013	-	0.028	-	0.021
	SLU, Vmax	Ali sup.	0.101	0.05	-	0.084	-	0.093
		Anima	0.14	0.119	0.261	0.088	0.154	0.067
		Ali inf.	0.075	0.031	-	0.057	-	0.053
	SLU, Vmin	Ali sup.	0.303	0.162	-	0.295	-	0.28
		Anima	0.443	0.413	0.855	0.614	0.498	0.229
		Ali inf.	0.281	0.136	-	0.258	-	0.201
C5_13 - C6_14	SLU, Mmax	Ali sup.	0.126	0.072	-	0.121	-	0.117
		Anima	0.215	0.222	0.3	0.231	0.164	0.165
		Ali inf.	0.226	0.129	-	0.194	-	0.128
	SLU, Mmin	Ali sup.	0.239	0.136	-	0.22	-	0.175
		Anima	0.363	0.387	0.431	0.434	0.236	0.309
		Ali inf.	0.473	0.241	-	0.37	-	0.335
	SLU, Vmax	Ali sup.	0.203	0.115	-	0.187	-	0.148

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Nome	Comb.	Comp.	FvEd/ FvRd	FbEd/ FbRd	VEd/ VpIRd	N-MEd/N-MRd	VEd/ VpIpRd	N-MEd/ N-MpRd
		Anima	0.19	0.22	0.086	0.294	0.047	0.213
		Ali inf.	0.324	0.165	-	0.253	-	0.23
	SLU, Vmin	Ali sup.	0.203	0.115	-	0.187	-	0.148
		Anima	0.313	0.3	0.63	0.227	0.346	0.159
		Ali inf.	0.231	0.113	-	0.166	-	0.164
C6_16 - C7_17	SLU, Mmax	Ali sup.	0.102	0.071	-	0.116	-	0.074
		Anima	0.082	0.097	0.01	0.139	0.006	0.099
		Ali inf.	0.058	0.033	-	0.054	-	0.041
	SLU, Mmin	Ali sup.	0.327	0.211	-	0.342	-	0.239
		Anima	0.401	0.43	0.437	0.474	0.242	0.358
		Ali inf.	0.508	0.269	-	0.448	-	0.364
	SLU, Vmax	Ali sup.	0.326	0.211	-	0.342	-	0.238
		Anima	0.401	0.427	0.456	0.464	0.253	0.351
		Ali inf.	0.494	0.264	-	0.439	-	0.355
	SLU, Vmin	Ali sup.	0.243	0.165	-	0.267	-	0.177
		Anima	0.198	0.231	0.058	0.315	0.031	0.236
		Ali inf.	0.249	0.14	-	0.233	-	0.177

8.1.6.4 Verifiche di SLE e fatica

Nome	Comb.	Comp.	FvEd/FsRd	Comb.	Comp.	DSigEd/ DsigRd	DSigEdp/ DSigRdp
C1_2 - C2_3	SLE c., Mmax	Ali sup.	0.212	SLF, Mmax	Ali sup.	0.697	0.607
		Anima	0.186		Anima	0.704	0.541
		Ali inf.	0.13		Ali inf.	0.677	0.605
	SLE c., Mmin	Ali sup.	0.518	SLF, Mmin	Ali sup.	0.697	0.607
		Anima	0.576		Anima	0.704	0.541
		Ali inf.	0.754		Ali inf.	0.677	0.605
	SLE c., Vmax	Ali sup.	0.433	SLF, Vmax	Ali sup.	0.379	0.278
		Anima	0.315		Anima	0.383	0.294
		Ali inf.	0.426		Ali inf.	0.363	0.29
	SLE c., Vmin	Ali sup.	0.518	SLF, Vmin	Ali sup.	0.379	0.278
		Anima	0.601		Anima	0.383	0.294
		Ali inf.	0.736		Ali inf.	0.363	0.29
C2_5 - C3_6	SLE c., Mmax	Ali sup.	0.207	SLF, Mmax	Ali sup.	0.915	0.858
		Anima	0.372		Anima	0.921	0.677
		Ali inf.	0.37		Ali inf.	0.859	0.85
	SLE c., Mmin	Ali sup.	0.397	SLF, Mmin	Ali sup.	0.915	0.858
		Anima	0.553		Anima	0.921	0.677
		Ali inf.	0.722		Ali inf.	0.859	0.85
	SLE c., Vmax	Ali sup.	0.317	SLF, Vmax	Ali sup.	0.137	0.128
		Anima	0.459		Anima	0.156	0.116
		Ali inf.	0.3		Ali inf.	0.151	0.121
	SLE c., Vmin	Ali sup.	0.375	SLF, Vmin	Ali sup.	0.137	0.128
		Anima	0.344		Anima	0.156	0.116
		Ali inf.	0.568		Ali inf.	0.151	0.121
C3_7 - C4_8	SLE c., Mmax	Ali sup.	0.786	SLF, Mmax	Ali sup.	0.538	0.503

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Nome	Comb.	Comp.	FvEd/FsRd	Comb.	Comp.	DSigEd/ DsigRd	DSigEdp/ DSigRdp
		Anima	0.778		Anima	0.627	0.465
		Ali inf.	0.833		Ali inf.	0.608	0.486
	SLE c., Mmin	Ali sup.	0.179	SLF, Mmin	Ali sup.	0.538	0.503
		Anima	0.433		Anima	0.627	0.465
		Ali inf.	0.083		Ali inf.	0.608	0.486
	SLE c., Vmax	Ali sup.	0.489	SLF, Vmax	Ali sup.	0.147	0.138
		Anima	0.696		Anima	0.172	0.127
		Ali inf.	0.462		Ali inf.	0.166	0.133
	SLE c., Vmin	Ali sup.	0.266	SLF, Vmin	Ali sup.	0.147	0.138
		Anima	0.323		Anima	0.172	0.127
		Ali inf.	0.227		Ali inf.	0.166	0.133
C4_11 - C5_12	SLE c., Mmax	Ali sup.	0.769	SLF, Mmax	Ali sup.	0.517	0.483
		Anima	0.775		Anima	0.617	0.456
		Ali inf.	0.799		Ali inf.	0.597	0.478
	SLE c., Mmin	Ali sup.	0.184	SLF, Mmin	Ali sup.	0.517	0.483
		Anima	0.444		Anima	0.617	0.456
		Ali inf.	0.088		Ali inf.	0.597	0.478
	SLE c., Vmax	Ali sup.	0.259	SLF, Vmax	Ali sup.	0.156	0.146
		Anima	0.323		Anima	0.189	0.14
		Ali inf.	0.209		Ali inf.	0.183	0.16
	SLE c., Vmin	Ali sup.	0.479	SLF, Vmin	Ali sup.	0.156	0.146
		Anima	0.694		Anima	0.189	0.14
		Ali inf.	0.451		Ali inf.	0.183	0.16
C5_13 - C6_14	SLE c., Mmax	Ali sup.	0.156	SLF, Mmax	Ali sup.	0.864	0.81
		Anima	0.345		Anima	0.869	0.64
		Ali inf.	0.314		Ali inf.	0.823	0.815
	SLE c., Mmin	Ali sup.	0.386	SLF, Mmin	Ali sup.	0.864	0.81
		Anima	0.555		Anima	0.869	0.64
		Ali inf.	0.702		Ali inf.	0.823	0.815
	SLE c., Vmax	Ali sup.	0.37	SLF, Vmax	Ali sup.	0.165	0.155
		Anima	0.339		Anima	0.166	0.123
		Ali inf.	0.53		Ali inf.	0.161	0.159
	SLE c., Vmin	Ali sup.	0.312	SLF, Vmin	Ali sup.	0.165	0.155
		Anima	0.484		Anima	0.166	0.123
		Ali inf.	0.344		Ali inf.	0.161	0.159
C6_16 - C7_17	SLE c., Mmax	Ali sup.	0.243	SLF, Mmax	Ali sup.	0.716	0.587
		Anima	0.207		Anima	0.724	0.556
		Ali inf.	0.169		Ali inf.	0.695	0.603
	SLE c., Mmin	Ali sup.	0.528	SLF, Mmin	Ali sup.	0.716	0.587
		Anima	0.617		Anima	0.724	0.556
		Ali inf.	0.782		Ali inf.	0.695	0.603
	SLE c., Vmax	Ali sup.	0.526	SLF, Vmax	Ali sup.	0.312	0.248
		Anima	0.618		Anima	0.315	0.242
		Ali inf.	0.761		Ali inf.	0.3	0.259
	SLE c., Vmin	Ali sup.	0.461	SLF, Vmin	Ali sup.	0.312	0.248
		Anima	0.364		Anima	0.315	0.242
		Ali inf.	0.464		Ali inf.	0.3	0.259

8.1.7 Stabilità laterale – torsionale delle travi principali

Le verifiche nei confronti dell'instabilità flessione torsionale della piattabanda inferiore viene effettuata mediante un modello semplificato, in cui si sono modellati tutti i telai trasversali formati dai traversi, dal sistema di irrigidenti ai quali sono collegati e da una porzione di anima collaborante. Tutti i telai sono incastrati superiormente all'intradosso della soletta, ma con vincolo a cerniera in direzione longitudinale del ponte; inoltre i traversi sono collegati alla soletta con una cerniera sferica in corrispondenza della trave di spina.

Si è modellata la piattabanda inferiore di entrambe le travate, vincolandola verticalmente per simulare la presenza dell'anima.

Questo modello è quindi in grado di cogliere il Lateral Torsional Buckling della piattabanda compressa.

Si riporta un rendering del modello fem e dei relativi vincoli.

Scale: 1: 293.074
Zoom: 124.0
Eye: (-0.41691, -0.709925, 0.56762)
Eigenvalue analysis
Analysis: Buckling
Loadcase: 9:Inst_Pinf, 9:Mode 1 Load Factor = 56.7945
Results file: Cav10_InstPinf-Buckling.mys
Eigenvalue: 56.7945
Load factor: 56.7945
Amplification factor: 1.01792
Error norm: 0.14919E-6

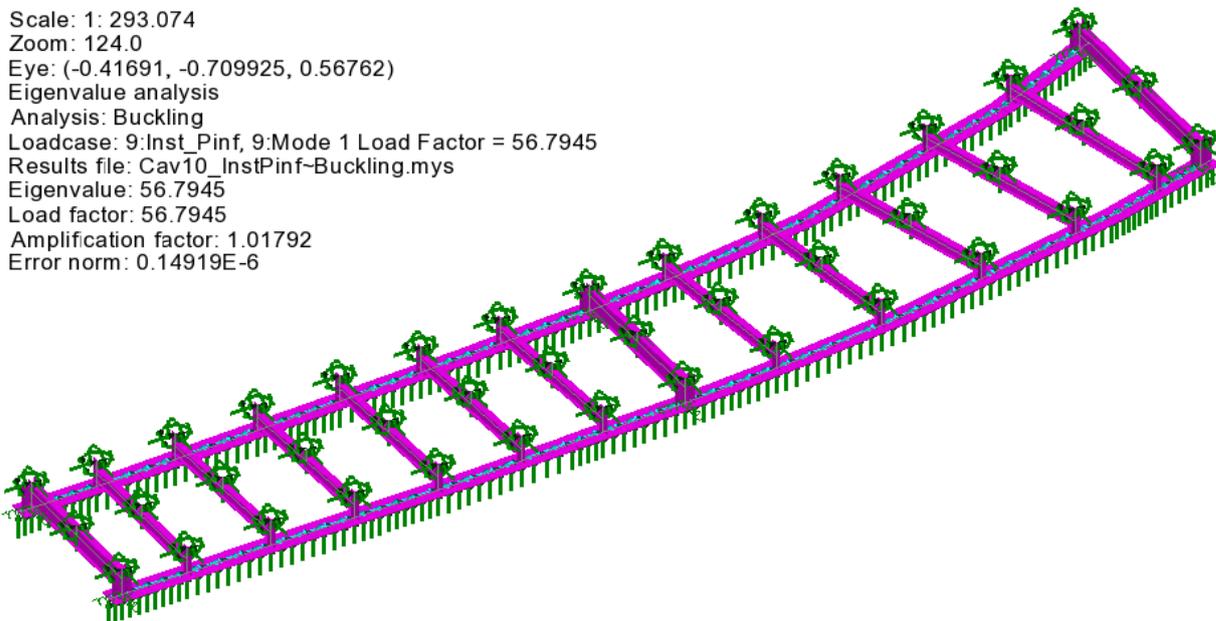


Figura 8.2: Rendering del modello fem

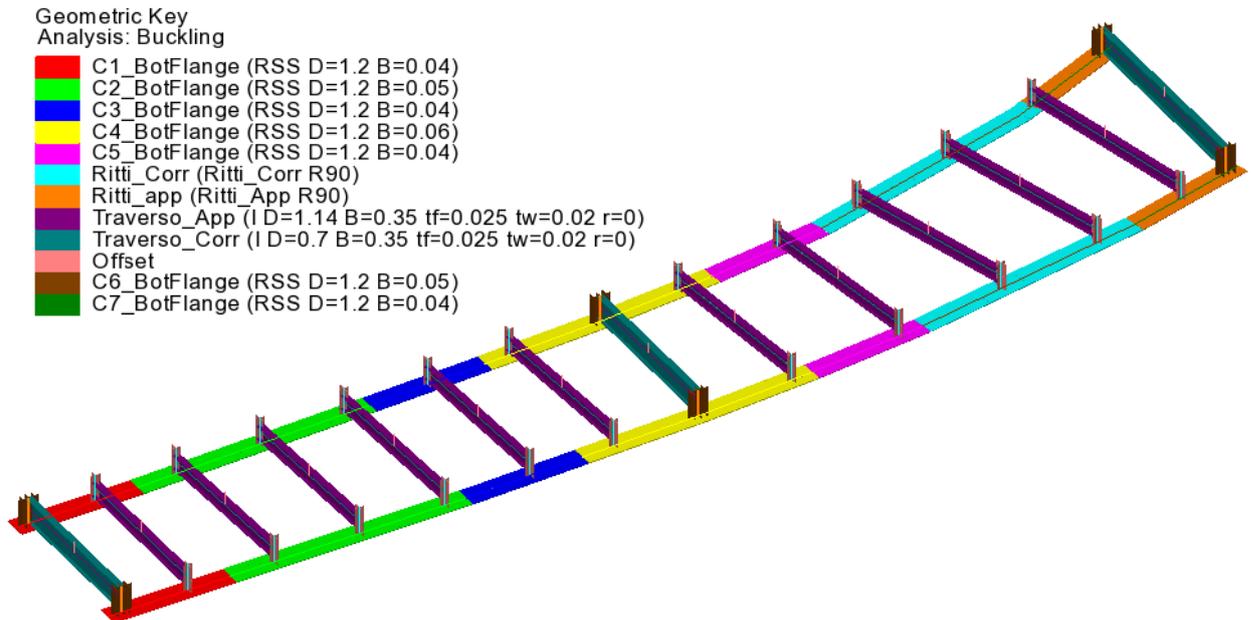


Figura 8.3: Caratteristiche geometriche del modello

Quadro tensionale di riferimento della piattabanda

Il quadro tensionale prescelto come riferimento per la verifica della sicurezza nei confronti dell'instabilità è riferito ad una condizione "reale" (ovviamente non ad un involucro), che fornisce le massime tensioni di compressione in corrispondenza della piattabanda inferiore. Si è presa come riferimento la sezione C4 cracked 9 in asse alla pila in cui si registrano le tensioni massime di compressione.

La deduzione delle tensioni lungo la piattabanda inferiore viene effettuata sulla base delle caratteristiche efficaci delle sezioni soggette a local buckling, e della eventuale plasticizzazione subita, sotto la combinazione in esame, dalle sezioni in classe 1 e 2. Nel grafico che segue se ne riporta l'andamento.

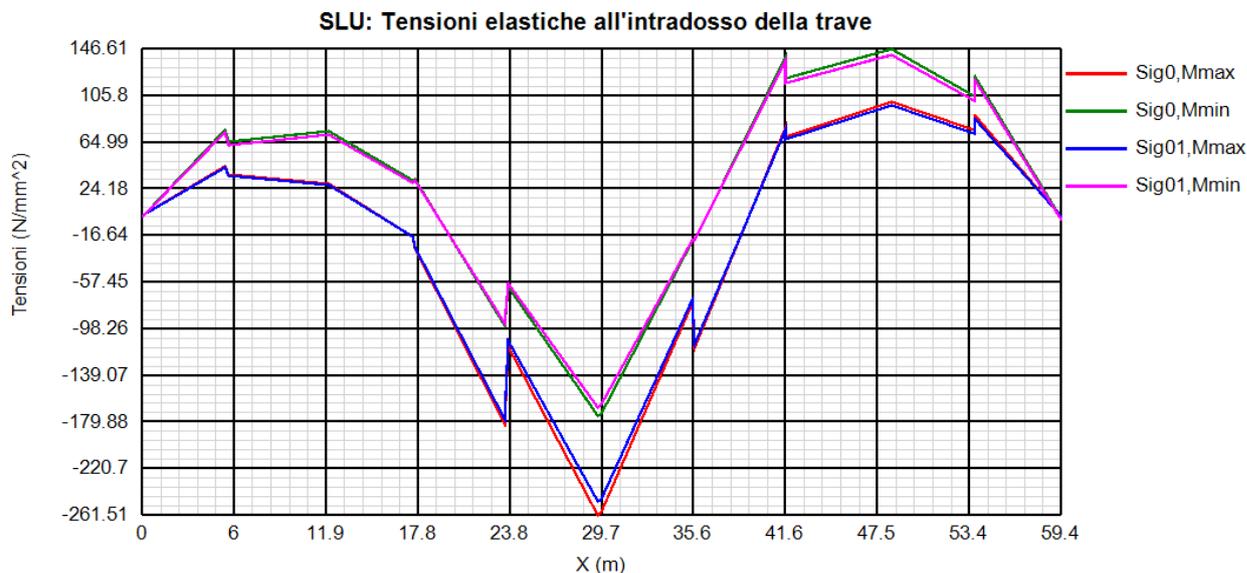


Figura 8.4: Tensioni minima e massima all'intradosso e nella fibra media della piattabanda inferiore . Travata destra.

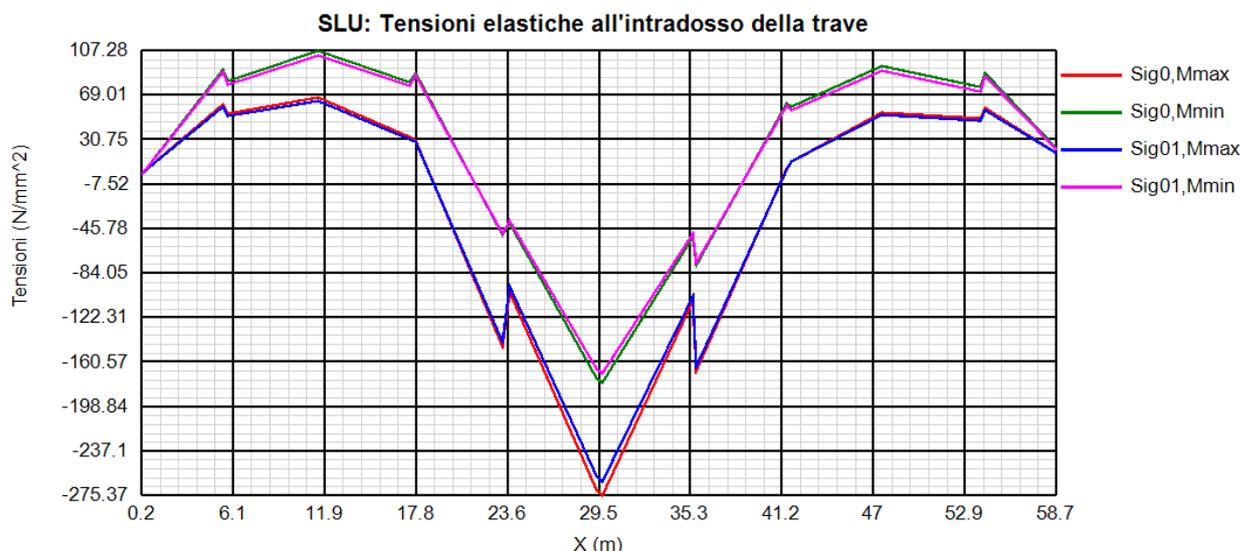


Figura 8.5: Tensioni minima e massima all'intradosso e nella fibra media della piattabanda inferiore . Travata sinistra.

Calcolo P_{cr} piattabanda inferiore

Viene effettuata una analisi di buckling mediante un modello E.F. che riproduce il filo della piattabanda inferiore. La mesh adottata rispecchia quella adottata per le travi principali del modello globale. La presenza dei traversi viene schematizzata mediante molle orizzontali di rigidezza pari a quella dedotta poco sopra.

Risultati dell'analisi di Buckling della piattabanda inferiore della singola travata:

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

	Mode ▲	Eigenvalue	Load Factor	Error norm
1	1	56.7945	56.7945	0.14919E-6
2	2	58.1553	58.1553	13.454E-9
3	3	91.6992	91.6992	19.4572E-9
4	4	93.7484	93.7484	0.960991E-6
5	5	-100.002	-100.002	67.2592E-9

Tabella 8.3 Parametri stabilità colonna equivalente

Scale: 1: 294.273
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Eigenvalue analysis
Analysis: Buckling
Loadcase: 9:Inst_Pinf, 9:Mode 1 Load Factor = 56.7945
Results file: Cav10_InstPinf-Buckling.mys
Eigenvalue: 56.7945
Load factor: 56.7945
Amplification factor: 1.01792
Error norm: 0.14919E-6
Maximum displacement 1.00183 at node 159
Deformation exaggeration: 1.76241

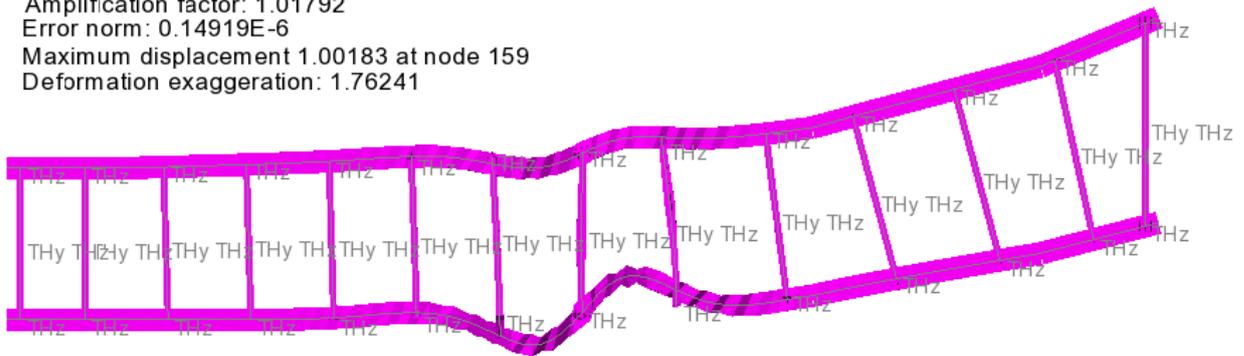


Figura 8.6: Deformata critica di Buckling – coeff. Moltiplicativo del carico 59.79

Verifica di stabilità flesso torsionale

La snellezza adimensionale viene valutata secondo i criteri di EN 1993-1-1, par. 6.3.4 (2) con la formula:

$$\lambda_{0p} = (\alpha_{ult,k}/\alpha_{cr,op})^{0.5} \leq 1.0$$

essendo:

$\alpha_{ult,k}$ = minimo moltiplicatore per il raggiungimento della tensione caratteristica a S.L.U. per tensioni normali

$\alpha_{cr,op}$ = minimo moltiplicatore di collasso dedotto dall'analisi di buckling

Il valore di $\alpha_{ult,k}$ viene posto pari all'inverso del massimo rapporto di sfruttamento rilevato lungo le sezioni considerate ai fini delle verifiche del concio D.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

η	0.850	Coeff. di utilizzo			
$\alpha_{ult,k}/\gamma_{M0}$	1.18	$=1/\eta$			
γ_{M0}	1.05				
$\alpha_{ult,k}$	1.235				
γ_{M1}	1.10				
$\alpha_{cr,op}$	56.8	fattore di buckling dedotto dal modello FEM della piattabanda inferiore			
$\bar{\lambda}_{op}$	0.147	$=(\alpha_{ult,k}/\alpha_{cr,op})^{0.5}$			
χ_{op}	1.000	$=\min[\chi; \chi_{LT}]$			
χ	1.000	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$		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 $t_p > 40$			
Φ	0.491	$\Phi = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$			
χ_{LT}	1.000	$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$		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 $h_w/b_e > 2$			
Φ_{LT}	0.491	$\Phi_{LT} = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$			
$\chi_{op} \cdot \alpha_{ult,k} / \gamma_{M1}$	1.123	>	1	Verifica soddisfatta	EN1993-1-1, 6.3.4(2)

Tabella 8.4 Verifica di stabilità laterale torsionale

8.1.8 Verifica del sistema di irrigidimento

Come accennato in premessa, il sistema di irrigidimento d'anima si compone di:

- Irrigidenti verticali intermedi
- Irrigidenti verticali d'appoggio

Le verifiche "standard" degli stiffeners vengono effettuate secondo in 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 di resistenza (S.L.U.) (EN 1993.1.5., cap. 9.2.1)

In un capitolo separato viene inoltre valutato il comportamento degli irrigidenti sotto l'azione delle azioni instabilizzanti indotte dalla piattabanda inferiore.

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.

(*) la verifica nei confronti del lateral torsional buckling non appare significativa, dal momento che gli irrigidenti risultano torsionalmente incastrati alla base, e vincolati dalla presenza del traverso intermedio.

Irrigidenti intermedi

Si prevede l'adozione di stiffeners rettangolari simmetrici rispetto all'anima "R", formati da piatti 300x30 + 300x30.

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

Le tabelle seguenti riportano il calcolo dei vari parametri e l'esito della verifica.

Conci "C1"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 5.903E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 5.817E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4100 \text{ mm} \quad h_W = 1330 \text{ mm} \quad a/h_W = 3.083$$

$$t_W = 18 \text{ mm} \quad b_W = 469.4 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 26448.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Conci "C2"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 5.903E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 5.73E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4350 \text{ mm} \quad h_W = 1310 \text{ mm} \quad a/h_W = 3.321$$

$$t_W = 18 \text{ mm} \quad b_W = 469.4 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 26448.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Conci "C3"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 5.903E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 5.774E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4350 \text{ mm} \quad h_W = 1320 \text{ mm} \quad a/h_W = 3.295$$

$$t_W = 18 \text{ mm} \quad b_W = 469.4 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 26448.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Conci "C4"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 5.961E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 7.74E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4750 \text{ mm} \quad h_W = 1290 \text{ mm} \quad a/h_W = 3.682$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 518.2 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 28363.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Conci "C5"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 5.903E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 5.774E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 5500 \text{ mm} \quad h_W = 1320 \text{ mm} \quad a/h_W = 4.167$$

$$t_W = 18 \text{ mm} \quad b_W = 469.4 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 26448.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Conci "C6"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 5.903E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 5.73E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 5500 \text{ mm} \quad h_W = 1310 \text{ mm} \quad a/h_W = 4.198$$

$$t_W = 18 \text{ mm} \quad b_W = 469.4 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 26448.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Conci "C7"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 5.903E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 5.817E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 5000 \text{ mm} \quad h_W = 1330 \text{ mm} \quad a/h_W = 3.759$$

$$t_W = 18 \text{ mm} \quad b_W = 469.4 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 26448.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Si riporta la verifica a Lateral torsional buckling, ipotizzando lo stiffeners libero di instabilizzarsi.

Verifica a Torsional buckling

Stiffeners rettangolari

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

Stiffeners a T ed a L

$$\sigma_{cr} \geq 6 f_y$$

Check	0.898
Type	Vert. (R)
IT	2.7E+6
IP	2.707E+8
IT/IP	0.01

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

5.3 fy/E	0.009
cθ	--
E	210000
fy	355
G	80769
a	4350

Verifica resistenza

Si riporta l'esito della verifica effettuata per lo stiffener maggiormente impegnato, posto in corrispondenza della sezione C4-9 (combinazione Mmax).

Requisiti minimi per gli stiffeners trasversali

Tensione massima	Spostamento massimo
$\sigma_{max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$	$w \leq \frac{h_w}{300}$
$\sigma_{max} = 0.1 < 322.7 \text{ N/mm}^2$	$w = 0 < 4.3 \text{ mm}$

VERIFICA SODDISFATTA

$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 0E+00 + 3.938E+4 = 3.938E+4 \text{ N}$

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

$\sigma_m = 0.234 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C)/\sigma_{cr}(P) = 0 \Rightarrow 0.5$

$\sigma_{cr}(P) = 1E+300 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C) = 3.36 \text{ N/mm}^2$

$N_{Ed} = 1.431E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 0.893 \quad N_{cr,st} = 7.425E+8 \text{ N}$

$e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{max} = 310 \text{ mm} \quad w_0 = 4.3 \text{ mm}$

($I_{vstmin} = 1.943E+5 \text{ mm}^4 \quad u = 5.144$)

Lo stiffeners è poco sollecitato, e presenta un Ncr alto rispetto alle sollecitazioni verticale che nascono.

Irrigidenti d'appoggio

La verifica viene effettuata considerando, oltre alla funzione di stabilizzazione anima, ed il relativo impegno statico, anche la reazione verticale concentrata trasmessa dall'appoggio.

In questo caso, la tipologia del profilo di irrigidimento è caratterizzata da 3 piatti 300x30 disposti simmetricamente rispetto all'anima della trave. Nella verifica si fa cautelativamente riferimento ad una sola coppia simmetrica di piatti, come per i traversi correnti.

Per quanto riguarda le azioni esterne sollecitanti, si fa riferimento alle reazioni S.L.U. trasmesse agli appoggi.

Si farà quindi riferimento ai seguenti valori:

$N_{Ed,S.L.U.,spalla} = -3063 \text{ kN}$

$N_{Ed,S.L.U.,pila} = -6613 \text{ kN}$

Di seguito l'output della verifica, specializzato alla sezione d'appoggio lato spalla (concio C1) e pila (C4)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Irrigidenti di spalla

Requisiti di rigidezza	Requisiti di resistenza
<p>Stiffeners verticali agenti come supporto rigido</p> $I_{ST} \geq 1.5 h_w^3 t_w^3 / a^2 \quad a / h_w < \sqrt{2}$ $I_{ST} \geq 0.75 h_w t_w^3 \quad a / h_w \geq \sqrt{2}$ <p>lst = 5.903E+8 mm⁴ > lst min = 5.817E+6 mm⁴</p> <p style="text-align: center;">VERIFICA SODDISFATTA</p> <p>a = 5000 mm hw = 1330 mm a/hw = 3.759</p> <p>tw = 18 mm bw = 469.4 mm</p> <p>Ast = 26448.4 mm² e1 = 0 mm²</p>	<p>Requisiti minimi per gli stiffeners trasversali</p> <p>Tensione massima Spostamento massimo</p> $\sigma_{max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad w \leq \frac{h_w}{300}$ <p>σmax = 123 < 322.7 N/mm² w = 0 < 4.4 mm</p> <p style="text-align: center;">VERIFICA SODDISFATTA</p> <p>ΣNst,Ed = Nst,Ed + ΔNst,Ed = 3.063E+6 + 2.627E+3 = 3.066E+6</p> <p>Nst,Ed = Nst,ten + Nst,ex = 0E+00 + 3.063E+6 = 3.063E+6 N</p> <p>σm = 0.015 N/mm² σcr(C)/σcr(P) = 0 => 0.5</p> <p>σcr(P) = 1E+300 N/mm² σcr(C) = 2.46 N/mm²</p> <p>NEd = 9.748E+4 N λw = 1.024 Ncr,st = 6.916E+8 N</p> <p>e1 = 0 mm emax = 309 mm w0 = 4.43 mm</p>

Irrigidenti di pila

Requisiti di rigidezza	Requisiti di resistenza
<p>Stiffeners verticali agenti come supporto rigido</p> $I_{ST} \geq 1.5 h_w^3 t_w^3 / a^2 \quad a / h_w < \sqrt{2}$ $I_{ST} \geq 0.75 h_w t_w^3 \quad a / h_w \geq \sqrt{2}$ <p>lst = 5.961E+8 mm⁴ > lst min = 7.74E+6 mm⁴</p> <p style="text-align: center;">VERIFICA SODDISFATTA</p> <p>a = 4750 mm hw = 1290 mm a/hw = 3.682</p> <p>tw = 20 mm bw = 518.2 mm</p> <p>Ast = 28363.4 mm² e1 = 0 mm²</p>	<p>Requisiti minimi per gli stiffeners trasversali</p> <p>Tensione massima Spostamento massimo</p> $\sigma_{max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad w \leq \frac{h_w}{300}$ <p>σmax = 248.2 < 322.7 N/mm² w = 0 < 4.3 mm</p> <p style="text-align: center;">VERIFICA SODDISFATTA</p> <p>ΣNst,Ed = Nst,Ed + ΔNst,Ed = 6.613E+6 + 3.561E+4 = 6.649E+6 N</p> <p>Nst,Ed = Nst,ten + Nst,ex = 0E+00 + 6.613E+6 = 6.613E+6 N</p> <p>σm = 0.211 N/mm² σcr(C)/σcr(P) = 0 => 0.5</p> <p>σcr(P) = 1E+300 N/mm² σcr(C) = 3.36 N/mm²</p> <p>NEd = 1.294E+6 N λw = 0.893 Ncr,st = 7.425E+8 N</p> <p>e1 = 0 mm emax = 310 mm w0 = 4.3 mm</p>

8.1.9 Verifica stabilizzazione della piattabanda inferiore

Gli irrigidenti verticali sono coinvolti nella funzione di stabilizzazione della piattabanda inferiore, essendo gli elementi "di montante" dei telai elementari cui la piattabanda risulta vincolata allo sbandamento trasversale.

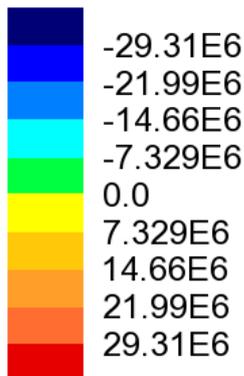
Le azioni di stabilizzazione sono implementate nel modello FEM come forze concentrate agenti in corrispondenza dell'estremo inferiore del montante

Le azioni equivalenti sono valutate con riferimento al metodo semplificato contemplato da EN1993-2, 6.3.4.2 (5) 1.

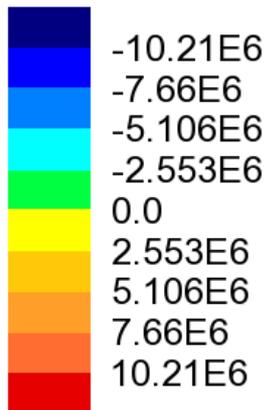
Per una visualizzazione dei livelli tensionali presenti negli elementi di irrigidimento per effetto della stabilizzazione della piattabanda, di seguito vengono riportati i diagrammi "contour" delle tensioni normali e tangenziali rilevate sugli elementi di montante, rispettivamente per lo scenario di stabilizzazione "simmetrico" (azioni convergenti verso interno impalcato) e "antisimmetrico" (azioni di stabilizzazione concordi).

Scenario di stabilizzazione "simmetrico"

Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 541:InstPiatt_Disc1
Results file: Cav10~Fase3_Altro.mys
Entity: Stress - Thick 3D Beam
Component: Sx(Fx, My, Mz) (Units: N/m²)



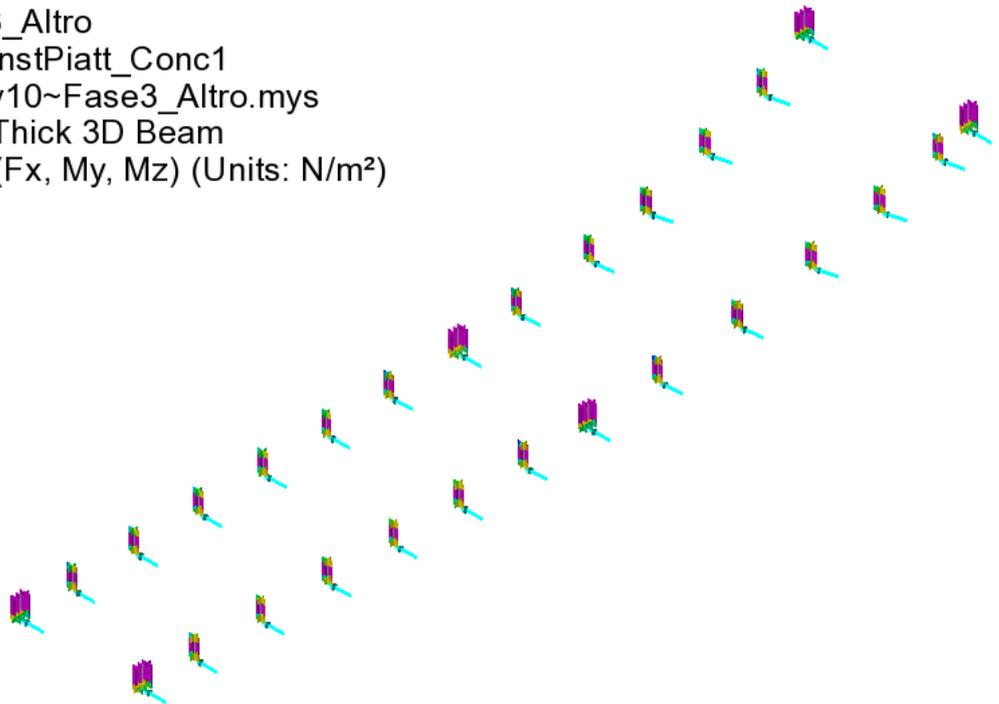
Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 541:InstPiatt_Disc1
Results file: Cav10~Fase3_Altro.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: tauz



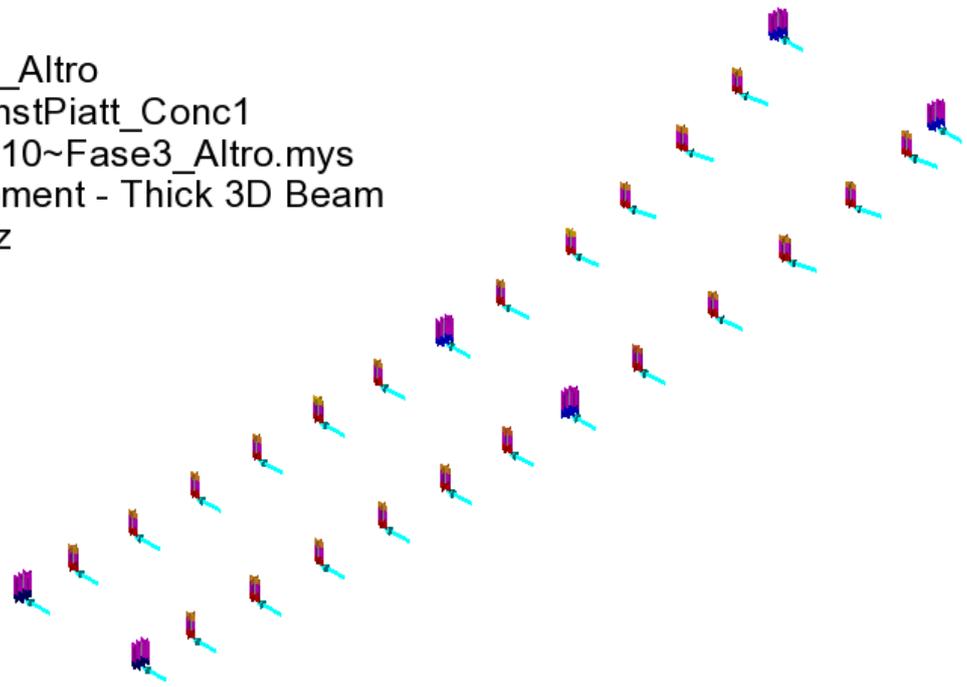
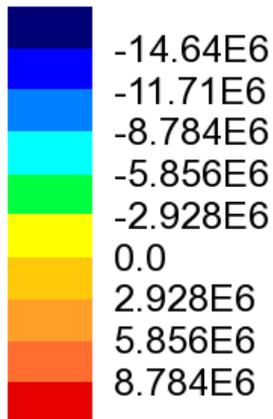
Maximum 11.49E6 at node 58 of element 27
Minimum -11.49E6 at node 47 of element 16

Scenario di stabilizzazione "antisimmetrico"

Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 539:InstPiatt_Conc1
Results file: Cav10~Fase3_Altro.mys
Entity: Stress - Thick 3D Beam
Component: Sx(Fx, My, Mz) (Units: N/m²)



Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 539:InstPiatt_Conc1
Results file: Cav10~Fase3_Altro.mys
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: tauz



Maximum 11.49E6 at node 47 of element 16
Minimum -14.86E6 at node 41 of element 10

Gli effetti di stabilizzazione della piattabanda inducono livelli tensionali modesti nel sistema di irrigidenti verticali.

Si rileva una tensione normale massima $\sigma_{Ed}=49$ MPa ed una tensione tangenziale $\tau_{Ed}=15$ Mpa. Se ne ricava una tensione ideale $\sigma_{id}=55$ Mpa

La verifica risulta soddisfatta con ampio margine.

9. VERIFICA TRAVE DI SPINA

La trave di spina è realizzata mediante un profilo tipo HEB 450.

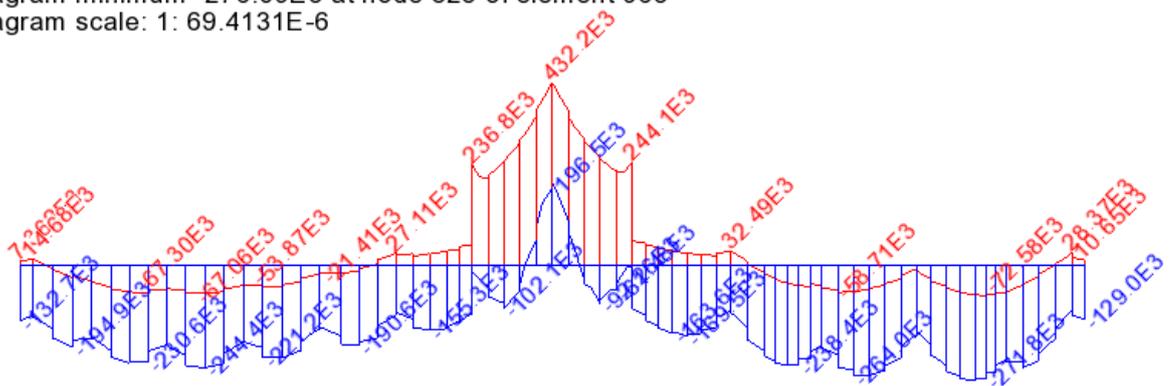
Qui di seguito si riporta il quadro delle sollecitazioni dedotte direttamente dal modello fem, in corrispondenza degli involuipi max/min M, max/min V e per i seguenti S.L.:

S.L.U.

S.L.E. caratteristico

Scale: 1: 331.025
Zoom: 95.4717
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: My
SLE_rara (Max)

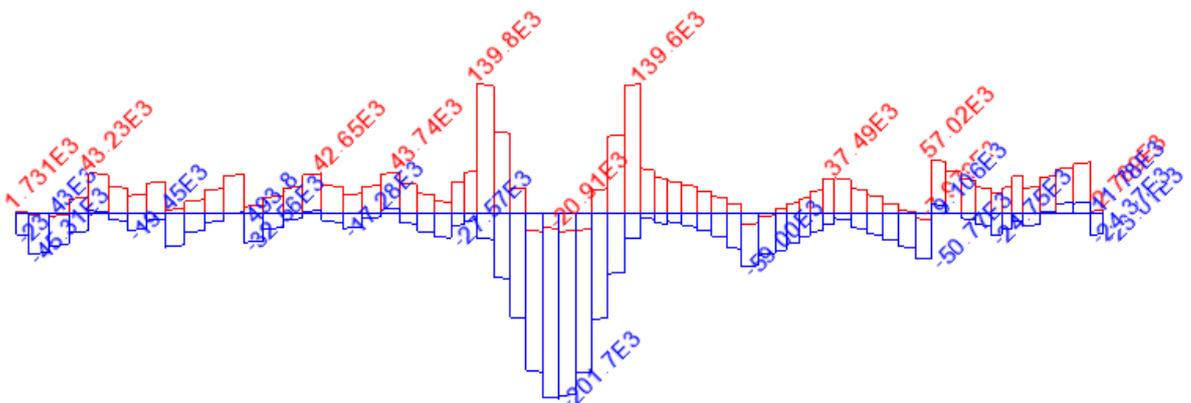
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 432.195E3 at node 585 of element 670
Diagram minimum -276.09E3 at node 825 of element 963
Diagram scale: 1: 69.4131E-6



SLE – Mymax, Mymin (Nm)

Scale: 1: 331.025
Zoom: 95.4717
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 139.766E3 at node 574 of element 642
Diagram minimum -201.716E3 at node 585 of element 665
Diagram scale: 1: 0.148724E-3



SLE – Fz max, Fz min (Nm)

9.1 VERIFICA SLU, SLE

I momenti e tagli resistenti sono calcolati mediante Profili v.6, e si riporta di seguito l'esito del calcolo.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClS Normativa: Altro ?

IPE IPN HEAA HL
 HEA IPEA HEX UB
 HEB IPE0 HD UC
 HEM IPEX HP W

Ordina per: Wy ly g

Acciaio: S355 (Fe510) fy (N/mm2): 355 fu: 510

Lunghezze di libera inflessione [m]:
 l_{Oy}: 0 l_{Oz}: 0

N_{Sd} [kN]: 0

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 300 B	117.0	300	300	11.00	19.00	27.00
HE 320 B	127.0	320	300	11.50	20.50	27.00
HE 340 B	134.0	340	300	12.00	21.50	27.00
HE 360 B	142.0	360	300	12.50	22.50	27.00
HE 400 B	155.0	400	300	13.50	24.00	27.00
HE 450 B	171.0	450	300	14.00	26.00	27.00
UC 500 B	107.0	500	300	14.00	20.00	27.00

Plotta

HE 450 B

N_{by,Rd} [kN]: 7'035
 N_{bz,Rd} [kN]: 7'035
 V_{ply,Rd} [kN]: 1'555
 M_{cy,Rd} [kNm]: 1'346
 M_{cz,Rd} [kNm]: 405.0
 V_{plz,Rd} [kN]: 3'045

g (Kg/m): 171
 h (mm): 450
 b (mm): 300
 tw (mm): 14
 tf (mm): 26
 r1 (mm): 27

r2 (mm): 0
 A (cm2): 218
 I_y (cm4): 79'890
 W_y (cm3): 3'551
 W_{ply} (cm3): 3'982

i_y (cm): 19.14
 I_z (cm4): 11'720
 W_z (cm3): 781.4
 W_{pl,z} (cm3): 1'198

i_z (cm): 7.33
 I_T (cm4): 440.5
 I_w (cm6): 5'258'000

Classe Sezione:
 Compressione: 1
 Flessione My: 1
 Flessione Mz: 1
 Presso-Flessione: 1

Verifiche:
 Presso Flessione
 Svergolamento

Caratteristiche di resistenza del profilo HEB450

A SLU flessione si ha:

|M_{Ed}| max = 577 kNm
 MR_d = 1346 kNm
 c.u. = 577/1346 = 0.43

A SLU taglio

|V_{Ed}| = 272 kN
 VR_d = 3045 kNm
 c.u. = 272 / 3045 = 0.09 < 0.5 => non c'è interazione fra taglio e flessione

A SLE, Tensione massima

M_{Ed} = 432 kNm
 W_y = 3551E3 mm³
 $\sigma_{Ed} = 432E6 / 3551E3 = 122 \text{ N/mm}^2 < f_y$

10. VERIFICA TRAVERSI

10.1 TRAVERSI DI CAMPATA (CORRENTI)

I traversi correnti sono costituiti da un profilo in composizione saldata di altezza 700 mm, flange 350x25, anima con spessore 20 mm.

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

S.L.U.

S.L.E. caratteristico

S.L.Fatica

Negli involuppi S.L.U. , si includono anche gli effetti inerenti la stabilizzazione della piattabanda inferiore, valutati secondo le modalità su esposte.

Si riportano i diagrammi.

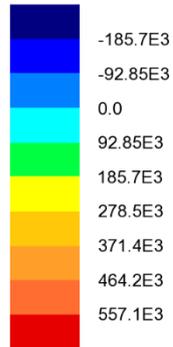
RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Combining on: My

SLU_Fond_Traversi (Max)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: My (Units: N.m)



Maximum 611.9E3 at node 97 of element 92

Minimum -223.7E3 at Gauss point 6 of element 156

SLU fondamentale My max

Combining on: My

SLU_Fond_Traversi (Min)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: My (Units: N.m)



Maximum -179.7E3 at node 97 of element 92

Minimum -1.259E6 at node 145 of element 132

SLU fondamentale My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Combining on: Fz

SLU_Fond_Traversi (Max)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fz (Units: N)



Maximum 379.2E3 at node 159 of element 145

Minimum -11.93E3 at node 97 of element 92

SLU fondamentale Fz max

Combining on: Fz

SLU_Fond_Traversi (Min)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fz (Units: N)



Maximum -13.3E3 at node 159 of element 145

Minimum -378.4E3 at node 97 of element 92

SLU fondamentale Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Combining on: Fx

SLU_Fond_Traversi (Max)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fx (Units: N)



Maximum 1.027E6 at node 145 of element 142

Minimum 648.0E3 at node 103 of element 101

SLU fondamentale Fx max

Combining on: Fx

SLU_Fond_Traversi (Min)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fx (Units: N)



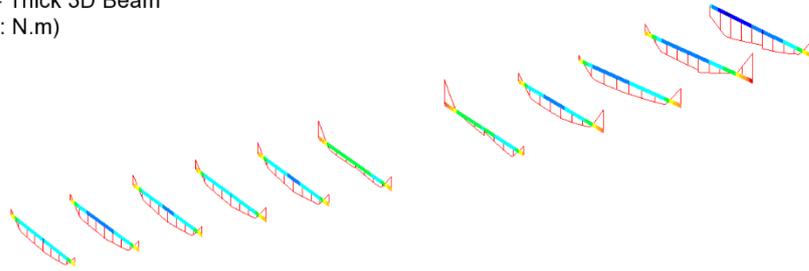
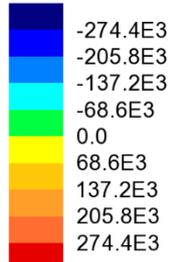
Maximum -619.4E3 at node 75 of element 72

Minimum -894.5E3 at node 132 of element 129

SLU fondamentale Fx min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

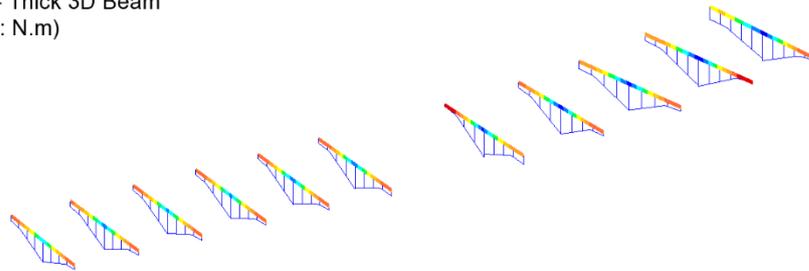
Combining on: My
SLE_rara (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 339.8E3 at node 97 of element 92
Minimum -277.6E3 at Gauss point 6 of element 156

SLE caratteristica My max

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

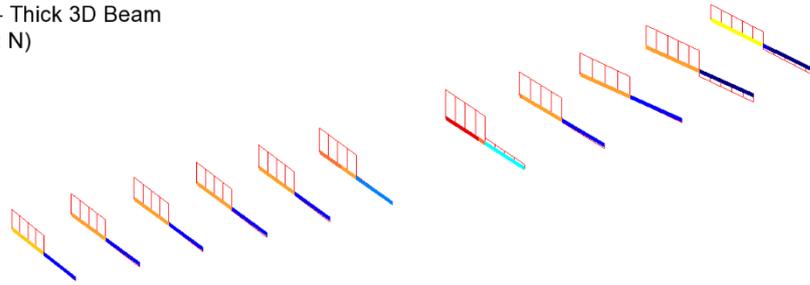
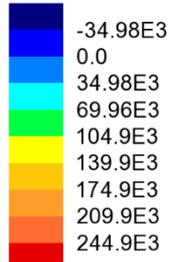


Maximum -117.9 at node 97 of element 92
Minimum -875.3E3 at node 158 of element 144

SLE caratteristica My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

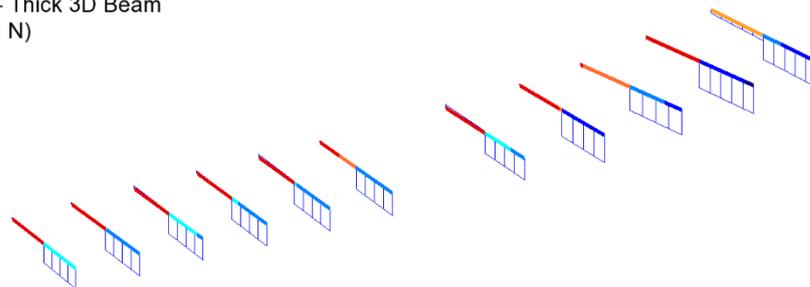
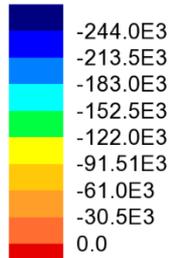
Combining on: Fz
SLE_rara (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 254.0E3 at node 159 of element 145
Minimum -60.8E3 at node 97 of element 92

SLE caratteristica Fz max

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

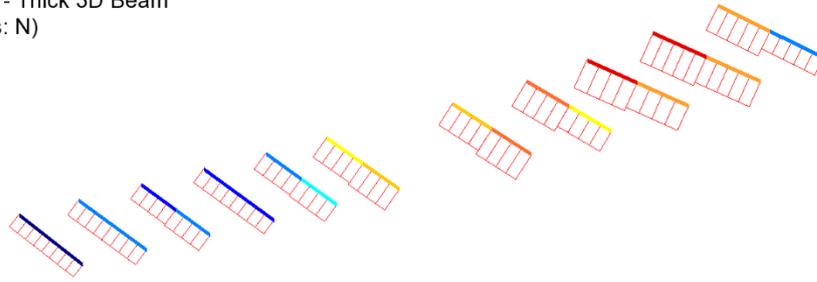
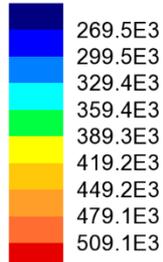


Maximum 28.48E3 at node 159 of element 145
Minimum -246.0E3 at node 97 of element 92

SLE caratteristica Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

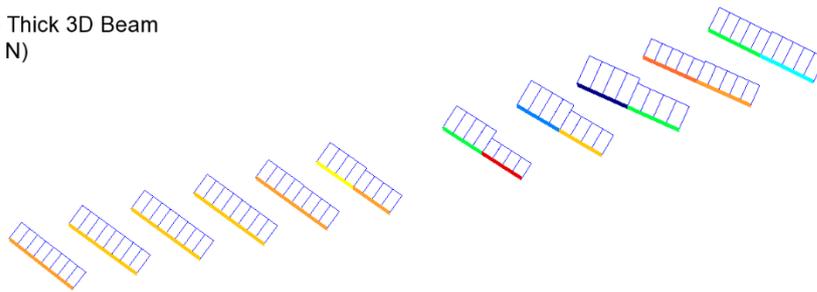
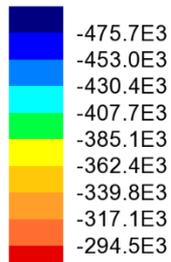
Combining on: Fx
SLE_rara (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 524.8E3 at node 145 of element 142
Minimum 255.3E3 at node 103 of element 101

SLE caratteristica Fx max

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

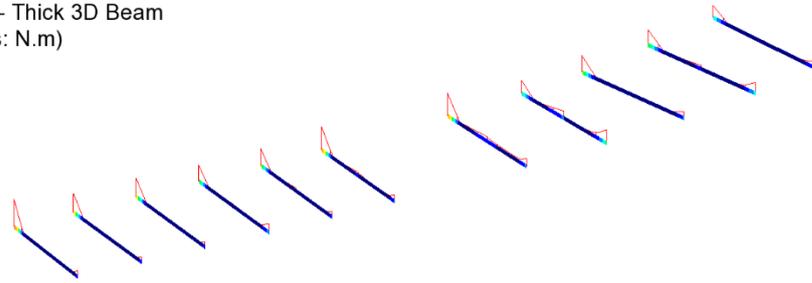


Maximum -276.3E3 at node 75 of element 72
Minimum -480.2E3 at node 132 of element 129

SLE caratteristica Fx min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

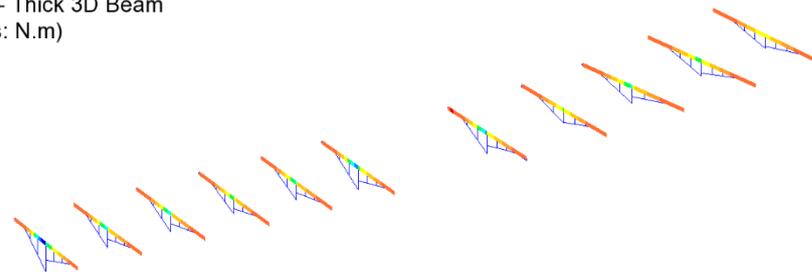
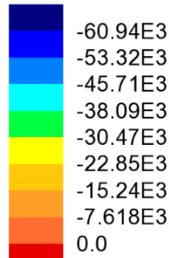
Enveloping on: My
FLM3 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 30.73E3 at node 147 of element 133 (32:LoadID=21 Line=1437 Dir=Fwd Pos=19)
Minimum 53.16 at node 168 of element 154 (17:LoadID=21 Line=1437 Dir=Fwd Pos=4)

FATICA My max

Enveloping on: My
FLM3 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

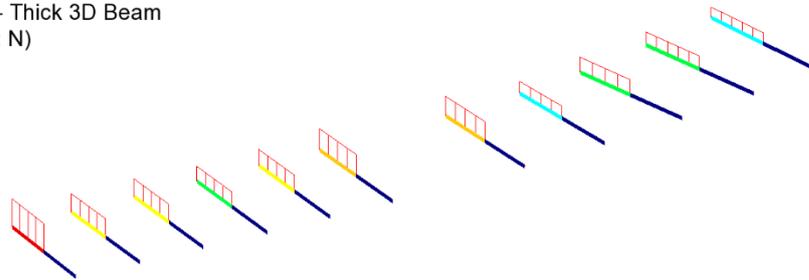
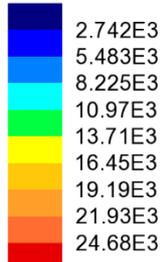


Maximum 79.3 at Gauss point 7 of element 145 (42:LoadID=21 Line=1435 Dir=Fwd Pos=1)
Minimum -68.48E3 at node 103 of element 101 (32:LoadID=21 Line=1437 Dir=Fwd Pos=19)

FATICA My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

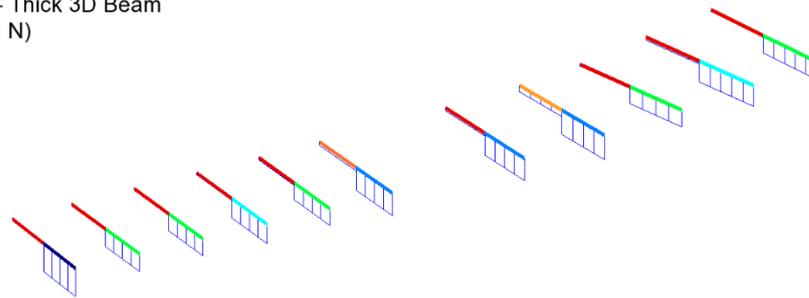
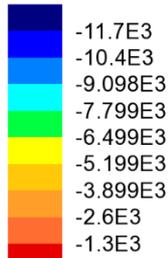
Enveloping on: Fz
FLM3 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 24.8E3 at node 103 of element 101 (32:LoadID=21 Line=1437 Dir=Fwd Pos=19)
Minimum 127.2 at node 73 of element 70 (27:LoadID=21 Line=1437 Dir=Fwd Pos=14)

FATICA Fz max

Enveloping on: Fz
FLM3 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum -24.85 at node 103 of element 101 (56:LoadID=21 Line=1435 Dir=Fwd Pos=15)
Minimum -11.72E3 at node 69 of element 66 (32:LoadID=21 Line=1437 Dir=Fwd Pos=19)

FATICA Fz min

La tabella seguente riassume le sollecitazioni di progetto.

Combinazione	Fx(kN)	Fz(kN)	My(kNm)
SLU Fondamentale	1027/-895	379	612/-1259
SLE Caratteristica	525/-480	254	340/-875
Fatica max My			31
Fatica min My			0

Tabella 10.1 Sollecitazioni di progetto trasverso intermedio

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Le verifiche della membratura vengono effettuate, previa classificazione del profilo, allo S.L.U. ed allo S.L.E. – tensioni. Non sono rilevanti le verifiche a fatica.

10.1.1 Verifica di SLU

Sezione TraCorr S1 (ESTREMITA')

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	700 mm
Piattabanda superiore	350x25 mm
Piattabanda inferiore	350x25 mm
Anima	20x650 mm, Inclinazione: 0
Soletta	0x0 mm
Raccordo	0x0 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 0 mm, passo 0 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 0 mm
Armatura inferiore	diametro 0 mm, passo 0 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 0 mm, altezza 0 mm, numero 0/m

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 3
A (mm ²)	3.05E+4
z _G (mm)	350
J _y (mm ⁴)	2.452E+9
W _{y,0} (mm ³)	-7.006E+6
W _{y,1} (mm ³)	-7.545E+6
W _{y,3} (mm ³)	7.545E+6
W _{y,4} (mm ³)	7.006E+6
S _{y,1} (mm ³)	2.953E+6
S _{y,2} (mm ³)	4.009E+6
S _{y,3} (mm ³)	2.953E+6

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	1.03E+6	3.79E+5	6.12E+5	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	32.5	274.06	0.38	-2.42	1
Piattabanda superiore	6.6				1
Piattabanda inferiore	6.6				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)	1.027E+6	M _{Ed} (Nm)	6.119E+5	N _{Ed} (N)	1.027E+6
N _{Rd} (N)	1.031E+7	M _{Rd} (Nm)	2.711E+6	M _{Ed} (Nm)	6.119E+5
				M _{Rd} (Nm)	2.672E+6
N _{Ed} /N _{Rd}	0.1	M _{Ed} /M _{Rd}	0.226	M _{Ed} /M _{Rd}	0.229

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 3 tot	η_1
σ_4	121	0.358
σ_3	114.8	0.339
σ_2	33.7	0.1
σ_1	-47.4	0.14
σ_0	-53.7	0.159

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.358 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling
 $h_w/t_w=32.5 < 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=48.652$ Verifica a Shear Buckling: NON NECESSARIA

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd}=2.907E+6$ N

Essendo:

$a/h_w=14.877$, $\eta=1.2$, $K_\tau=5.358$
 contributo anima: $V_{bw,Rd}=2.907E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=2.165E+4$ N
 $\chi_w=1.2$, $\lambda_w=0.461$, $\tau_{cr}=963.8$, $C=2818$
 $M_{Ed}=6.119E+5$ Nm, $M_{f,Rd}=1.661E+6$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.368$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=3.045E+6$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=V_{pl,Rd}=3.045E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.124, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.13, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.229$$

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

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	5.25E+5	2.54E+5	3.4E+5	0E+00

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 3 tot	σ_{ld}	η_1
σ_4	65.7	65.7	0.185
σ_3	62.2	67.6	0.191
σ_2	17.2	39.9	0.112
σ_1	-27.8	38.4	0.108
σ_0	-31.3	31.3	0.088
τ_4	0		
τ_3	15.3		
τ_2	20.8		
τ_1	15.3		

τ_0	0	
----------	---	--

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.191 VERIFICA SODDISFATTA

Sezione TraCorr S2 (MEZZERIA)

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	1.03E+6	0E+00	-1.26E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	32.5	425.94	0.38	-1.51	1
Piattabanda superiore	6.6				1
Piattabanda inferiore	6.6				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	1.027E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.259E+6	N _{Ed} (N)	1.027E+6
N _{Rd} (N)	1.031E+7	M _{Rd} (Nm)	-2.711E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.259E+6
				M _{Rd} (Nm)	-2.672E+6
N _{Ed} /N _{Rd}	0.1	M _{Ed} /M _{Rd}	0.464	M _{Ed} /M _{Rd}	0.471

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 3 tot	η_1
σ_4	-146	0.432
σ_3	-133.2	0.394
σ_2	33.7	0.1
σ_1	200.5	0.593
σ_0	213.4	0.631

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.631 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 32.5 < 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 48.652 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NON NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 2.907E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 14.877, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 5.358$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 2.907E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 1.066E+4 \text{ N}$$

$$\chi_w = 1.2, \quad \lambda_w = 0.461, \quad \tau_{cr} = 963.8, \quad C = 2818$$

$$M_{Ed} = -1.259E+6 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -1.661E+6 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.758$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 3.045E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = V_{pl,Rd} = 3.045E+6 N**

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0, \quad \eta_1 = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.471$$

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

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	5.25E+5	0E+00	-8.75E+5	0E+00

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 3 tot	σ_d	η_1
σ_4	-107.7	107.7	0.303
σ_3	-98.8	98.8	0.278
σ_2	17.2	17.2	0.048
σ_1	133.2	133.2	0.375
σ_0	142.1	142.1	0.4

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.4 VERIFICA SODDISFATTA

10.1.2 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

- una forza concentrata che induce in mezzeria il massimo momento flettente
- alle estremità del profilo il massimo momento di progetto S.L.U.

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

Beam - Section - Steel

Beam
Total Length L: 9.66 m Nb elements N: 100

Steel
E: 210000 MPa ν : 0.3 G: 80769 MPa

Section
 In Catalogue By Dimensions By Properties

h: 700 mm
tw: 20 mm
bf: 350 mm
tf: 25 mm
r: 0 mm

Iz: 17908 cm⁴
It: 531.37 cm⁴
lw: 2.0398E+07 cm⁶
 β_z : 0 mm

OK More...

Tabella 10.2 Caratteristiche profilo

Lateral Restraints

Left End Help

z /S mm

v

θ

v'

θ'

Right End Help

z /S mm

v

θ

v'

θ'

Intermediate Lateral Restraints

Local Restraints

1

xf

z /S mm

v

θ

2

xf

z /S mm

v

θ

Continuous Restraint

Along the whole beam length

z /S mm

v

v'

θ

Tabella 10.3 Vncoli esterni

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

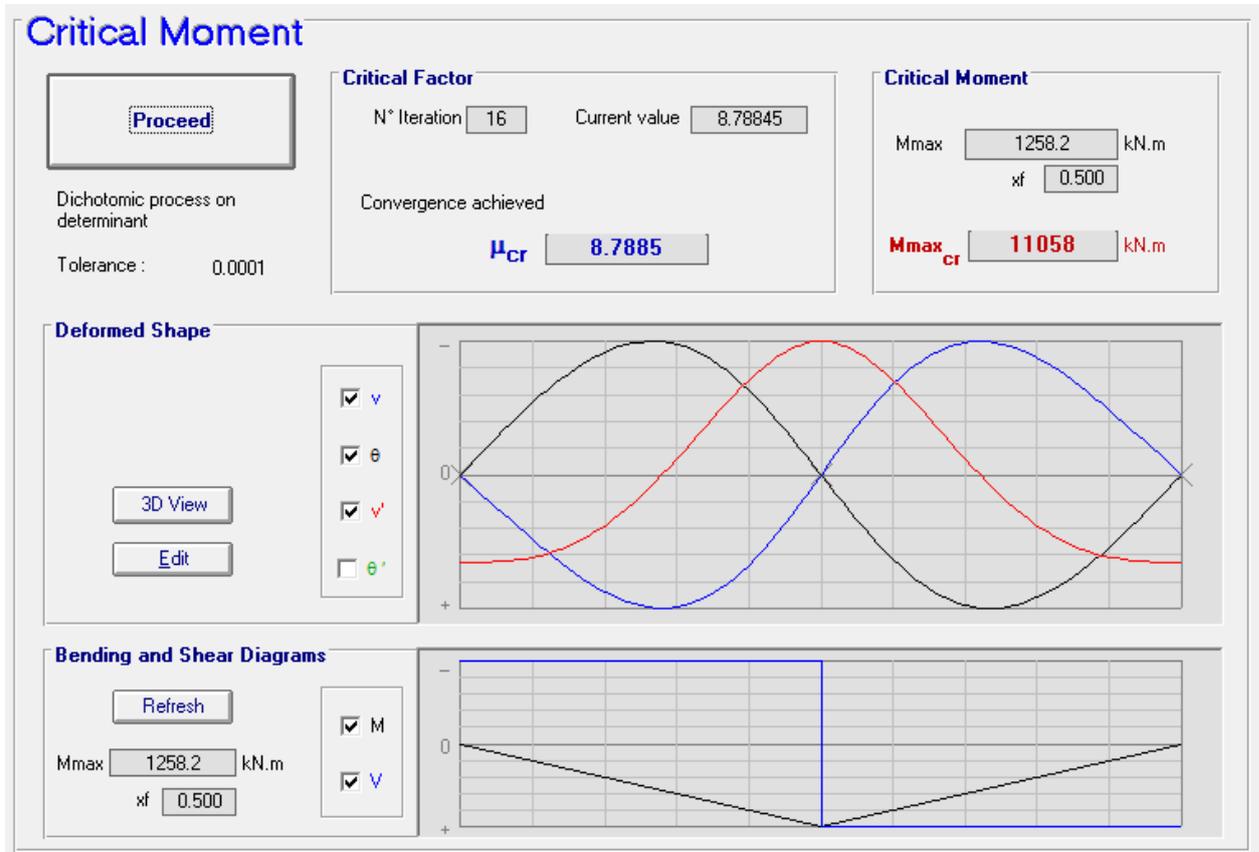


Figura 10.1 Stabilità torsionale – massimo momento in campata

La presenza della trave di spina, piolata alla soletta e fissata ai traversi, impedisce ai traversi di ruotare nel piano orizzontale.

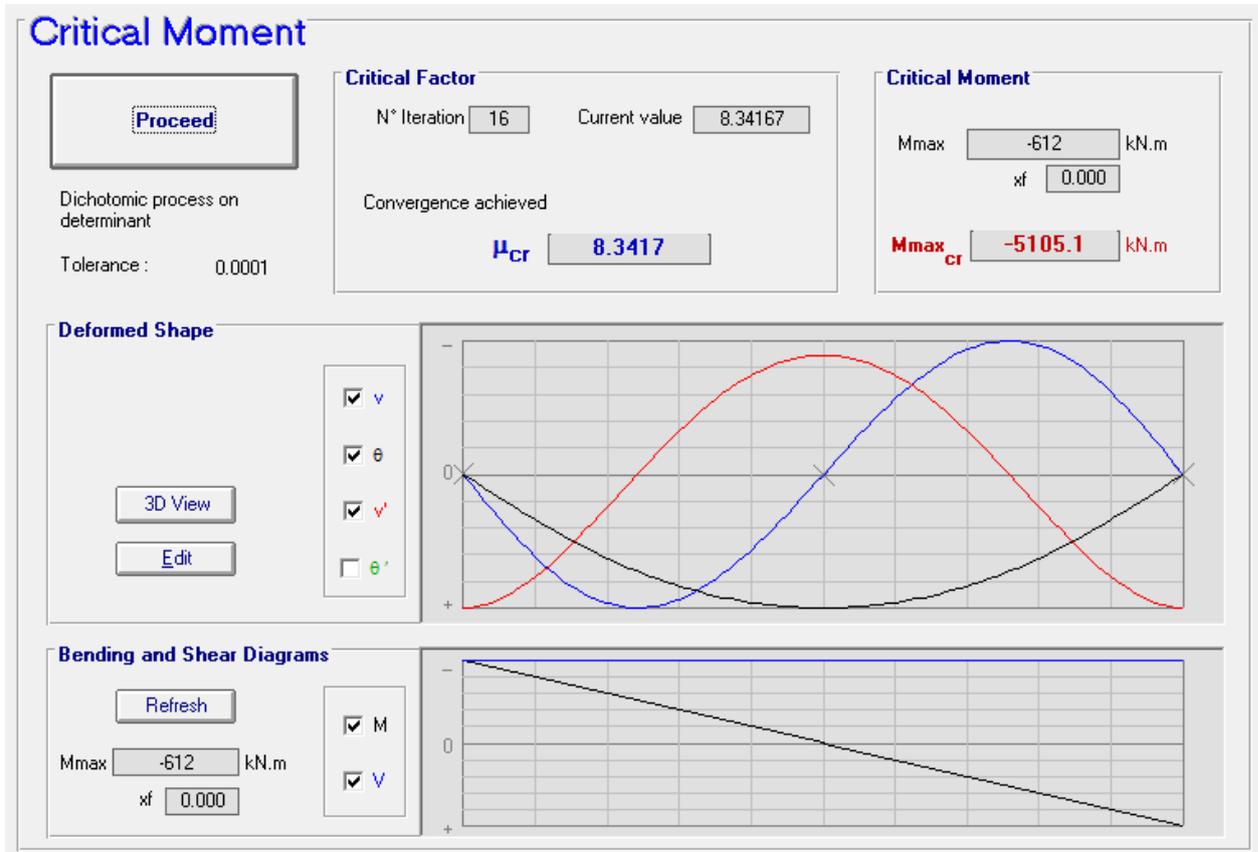


Figura 10.2 Stabilità torsionale - caso simmetrico - def. critica associata

La valutazione 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 "c".

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Traversi correnti						
				Mezz	App	
f_y	355	Mpa	$M_{cr,LT,min}$	11058.00	5105	kNm
W	7.01E+06	mm ³	M_{Ed}	1259.00	612	kNm
γ_{M1}	1.1		$M_{Ed}/M_{cr,LT}$	0.114	0.120	
Curva imperf. (tab. 6.3)			λ_{LT}	0.47	0.70	
α_{LT}	0.49		λ_{LTO}	0.4	0.4	
			λ_{LTO}^2	0.16	0.16	
			ϕ_{LT}	0.68	0.87	
			χ_{LT}	0.857	0.726	
			$M_{b,Rd}$	1938.24	1641.29	kNm
			$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.650	0.373	

Le verifiche risultano soddisfatte.

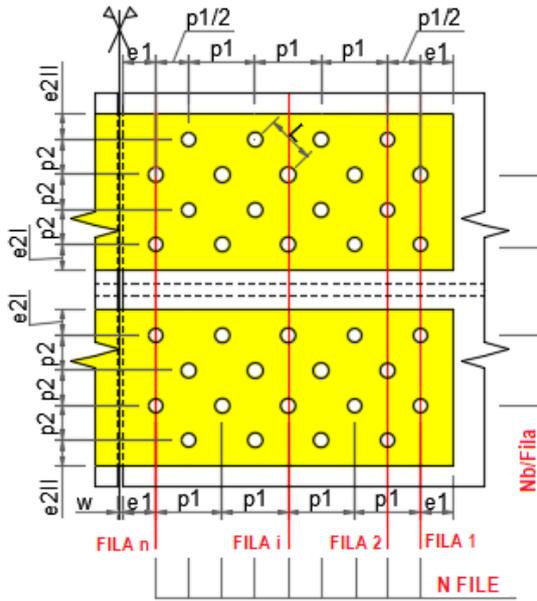
10.1.3 Verifica del Giunto bullonato

Materiali

Materiali	Piatti	Resistenza allo scorrimento	Coefficienti di sicurezza
Bulloni Classe: 10.9 <input checked="" type="radio"/> Taglio su parte filettata <input type="radio"/> Taglio su parte non filettata	t ≤ 40 mm t > 40 mm fu (N/mm ²): 510 470 fy (N/mm ²): 355 335	ks: 1 μ: 0.3	γ _{M2} : 1.25 γ _{M3,SLU} : 1.25 γ _{M3,SLE} : 1.1

Geometria del giunto

FLANGIA SUPERIORE ED INFERIORE



Bulloni

N file	6
Nb/fila	2
d (mm)	24
d0 (mm)	25.5

Distanze Viterassi

e1 (mm)	50
p1 (mm)	100
e2I (mm)	40
e2II (mm)	35
p2 (mm)	40

Piatti d'imbottitura

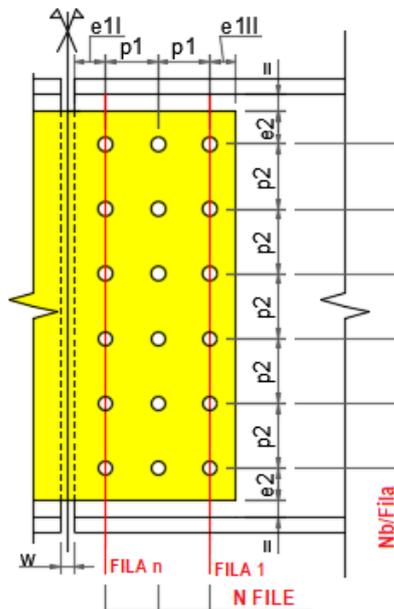
t SX (mm)	0
t DX (mm)	0

Piatti interni/esterni

t (mm)	20
--------	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

ANIMA



Bulloni

N file	<input type="text" value="2"/>
Nb/fila	<input type="text" value="8"/>
d (mm)	<input type="text" value="24"/>
d0 (mm)	<input type="text" value="24.5"/>

Distanze \ Interassi

e1I (mm)	<input type="text" value="50"/>
e1II (mm)	<input type="text" value="50"/>
p1 (mm)	<input type="text" value="70"/>
e2 (mm)	<input type="text" value="50"/>
p2 (mm)	<input type="text" value="65"/>
w (mm)	<input type="text" value="10"/>

Piatti d'imbottitura

t SX (mm)	<input type="text" value="5"/>
t DX (mm)	<input type="text" value="5"/>

Piatti interni \ esterni

t (mm)	<input type="text" value="15"/>
--------	---------------------------------

L'esito delle verifiche è riassunto nella tabella seguente.

Comb.	Comp.	FvEd/FvRd	FbEd/FbRd	VEd/VplRd	N-MEd/N-MRd	VEd/VplpRd	N-MEd/N-MpRd
SLU, Mmax	Ali sup.	0.297	0.251	-	0.376	-	0.392
	Anima	0.426	0.438	0.225	0.439	0.18	0.436
	Ali inf.	0.127	0.107	-	0.15	-	0.142

Comb.	Comp.	FvEd/FsRd
SLE c., Mmax	Ali sup.	0.338
	Anima	0.511
	Ali inf.	0.156

Comb.	Comp.	DSigEd/DsigRd	DSigEdp/DSigRdp
SLF, Mmax	Ali sup.	0.154	0.155
	Anima	0.151	0.161
	Ali inf.	0.154	0.155

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Comb.	combinazione di progetto
Comp.	componenti da collegare; ali superiori, anima, ali inferiori
F_{vEd}/F_{vRd}	coefficiente di utilizzo a taglio dei bulloni (SLU, Cat. A e B)
F_{bEd}/F_{bRd}	coefficiente di utilizzo a rifollamento di piatti-profilo (SLU, Cat. A, B e C)
V_{Ed}/V_{pYRd}	coefficiente di utilizzo a taglio dei piatti coprigiunto d'anima (SLU)
$N-M_{Ed}/N-M_{pRd}$	coefficiente di utilizzo a presso flessione dei piatti coprigiunto (SLU)
F_{vEd}/F_{sRd}	coefficiente di utilizzo a scorrimento dei bulloni (SLE caratteristica, Cat. B)
$N-M_{Ed}/N-M_{RD}$	coefficiente di utilizzo a trazione su area netta profilo (SLU, Cat. C)
$DsEd/DsRd$	coefficiente di utilizzo a fatica delle sezioni nette o lorde del profilo (SLF)
$DsEdp/DsRdp$	coefficiente di utilizzo a fatica delle sezioni nette o lorde dei piatti coprigiunto
$DtEd/DtRd$	coefficiente di utilizzo a fatica dei bulloni (SLF)

10.2 VERIFICA TRAVERSI IN ASSE APPOGGI

I traversi di pile e di spalle sono costituiti da un profilo in composizione saldata di altezza 1140 mm, flange 350x25, anima con spessore 20 mm. Il traverso è a tutta altezza, piolato alla soletta.

Nella verifiche si è trascurato il contributo della soletta.

Le verifiche saranno svolte applicando le sollecitazioni più elevate tra pila e spalle.

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

S.L.U.

S.L.E. caratteristico

S.L.Fatica

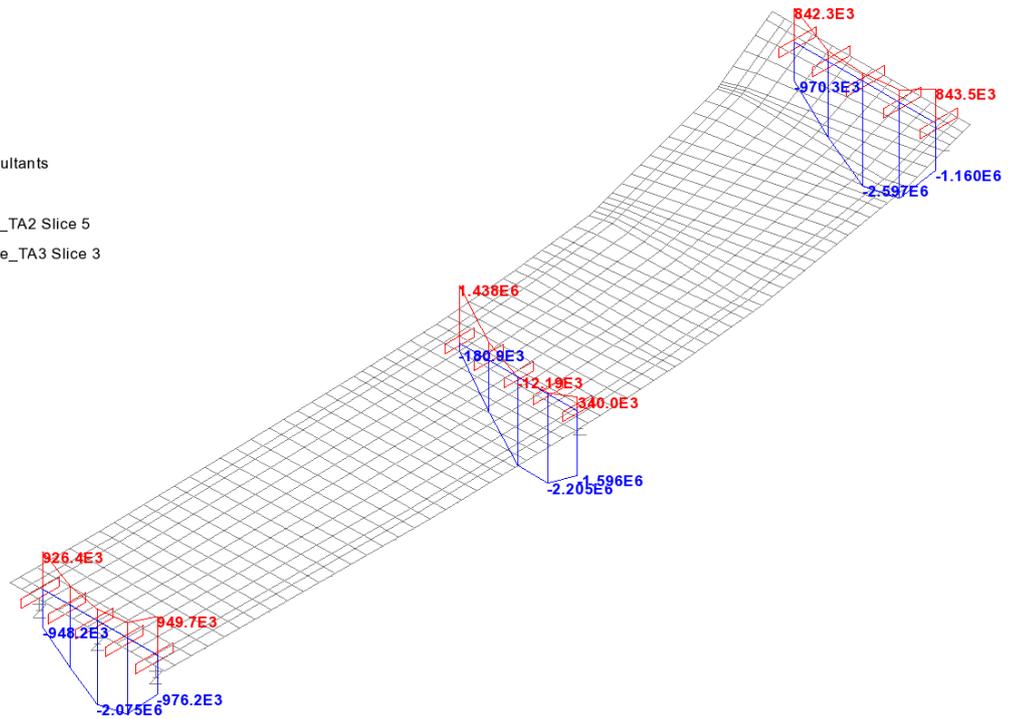
SISMA. SLV.

Le sollecitazioni di stato limite ultimo sono comprensive dell'effetto indotto dalle forze di stabilizzazione della piattabanda inferiore compresa delle travate principali.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Scale: 1: 235.901
Zoom: 74.9625
Eye: (-0.57735, -0.57735, 0.57735)
Combining on: My
SLU_Fond_Traversi (Max)

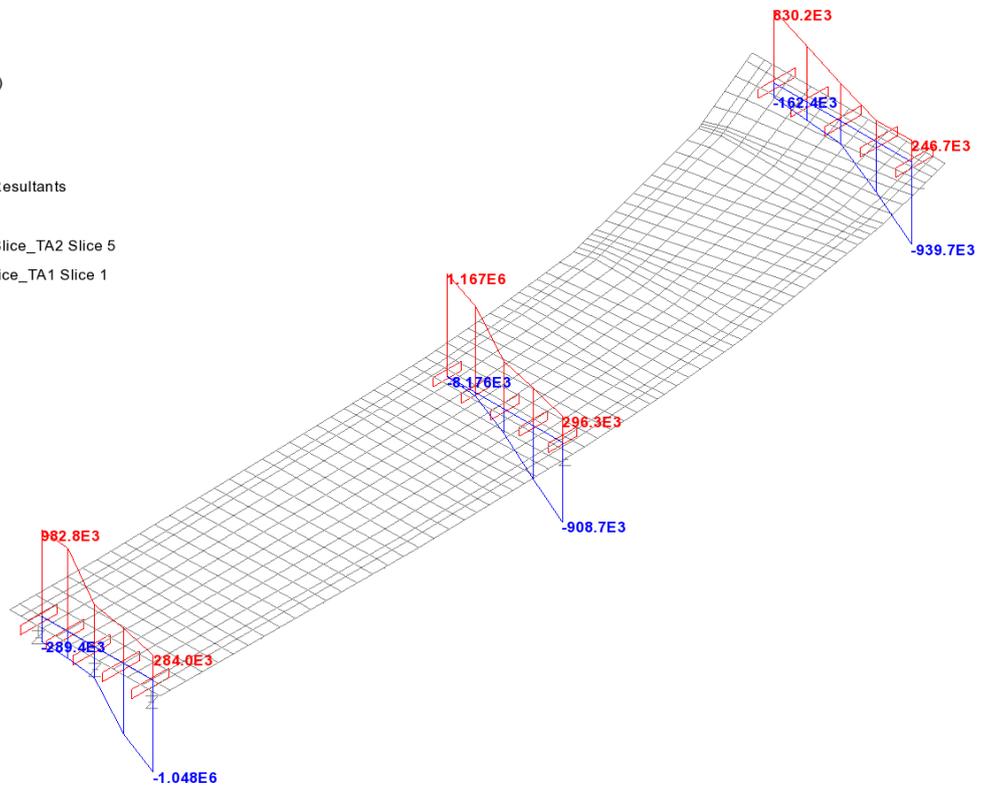
Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 1.4383E6 at Slice_TA2 Slice 5
Diagram minimum -2.59705E6 at Slice_TA3 Slice 3
Diagram scale: 1: 7.70104E-6



SLU – My Max/Min

Scale: 1: 235.901
Zoom: 74.9625
Eye: (-0.57735, -0.57735, 0.57735)
Combining on: Fz
SLU_Fond_Traversi (Max)

Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 1.16662E6 at Slice_TA2 Slice 5
Diagram minimum -1.0479E6 at Slice_TA1 Slice 1
Diagram scale: 1: 17.1436E-6

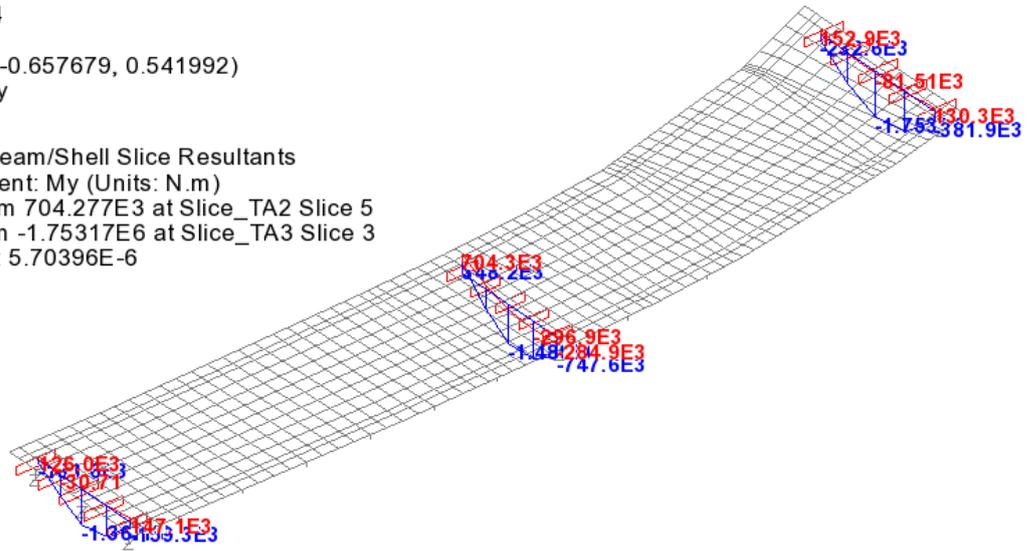


SLU – Fz Max/Min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Scale: 1: 398.154
Zoom: 136.0
Eye: (-0.523166, -0.657679, 0.541992)
Combining on: My
SLE_rara (Max)

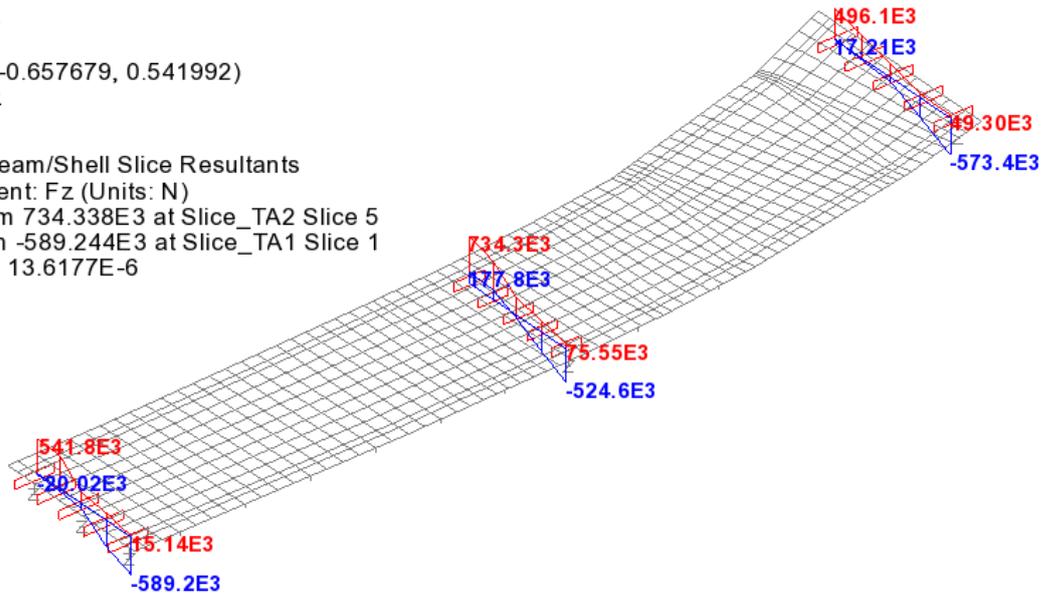
Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 704.277E3 at Slice_TA2 Slice 5
Diagram minimum -1.75317E6 at Slice_TA3 Slice 3
Diagram scale: 1: 5.70396E-6



SLE -My Max/Min

Scale: 1: 398.154
Zoom: 136.0
Eye: (-0.523166, -0.657679, 0.541992)
Combining on: Fz
SLE_rara (Max)

Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 734.338E3 at Slice_TA2 Slice 5
Diagram minimum -589.244E3 at Slice_TA1 Slice 1
Diagram scale: 1: 13.6177E-6

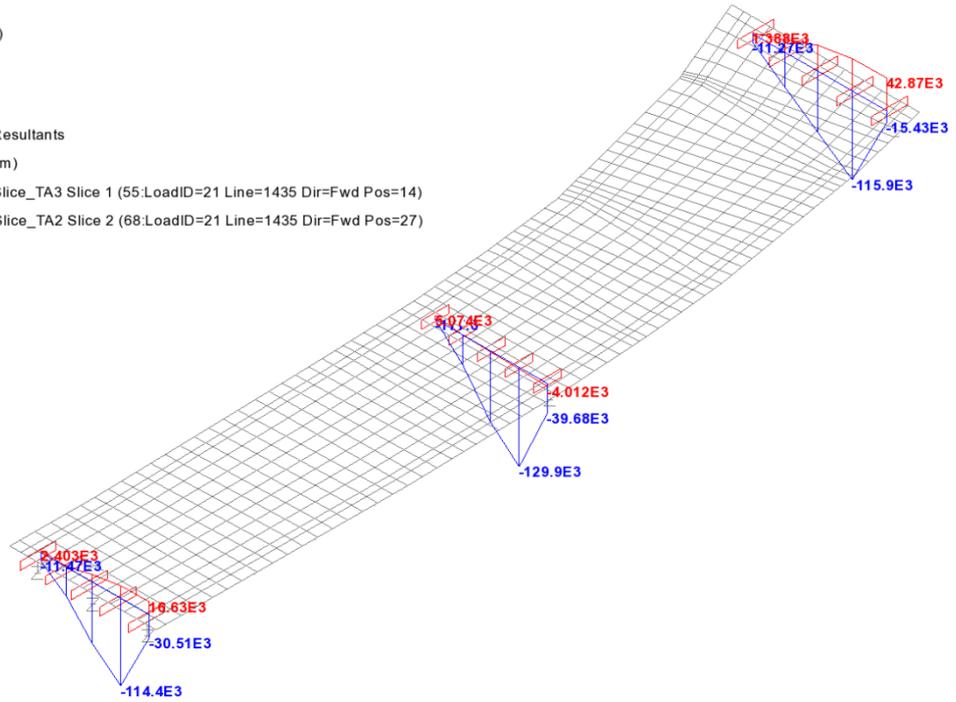


SLE -Fz Max/Min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Scale: 1: 235.901
Zoom: 74.9625
Eye: (-0.57735, -0.57735, 0.57735)
Enveloping on: My
FLM3 (Max)

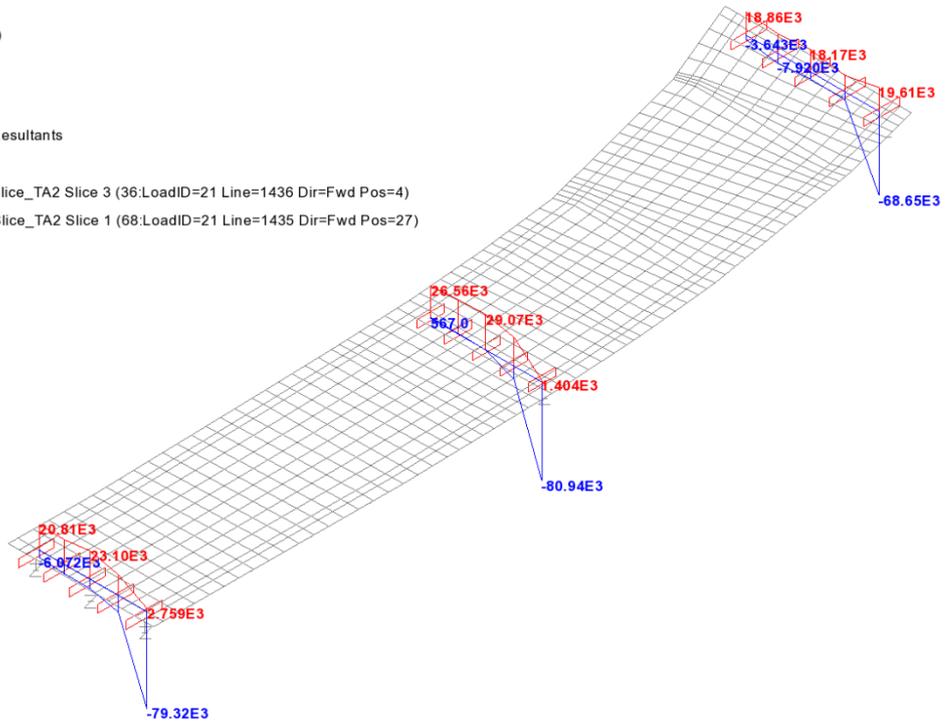
Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 42.8668E3 at Slice_TA3 Slice 1 (55:LoadID=21 Line=1435 Dir=Fwd Pos=14)
Diagram minimum -129.935E3 at Slice_TA2 Slice 2 (68:LoadID=21 Line=1435 Dir=Fwd Pos=27)
Diagram scale: 1: 0.153924E-3



SLF –My Max/Min

Scale: 1: 235.901
Zoom: 74.9625
Eye: (-0.57735, -0.57735, 0.57735)
Enveloping on: Fz
FLM3 (Max)

Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 29.0741E3 at Slice_TA2 Slice 3 (36:LoadID=21 Line=1436 Dir=Fwd Pos=4)
Diagram minimum -80.9356E3 at Slice_TA2 Slice 1 (68:LoadID=21 Line=1435 Dir=Fwd Pos=27)
Diagram scale: 1: 0.24711E-3

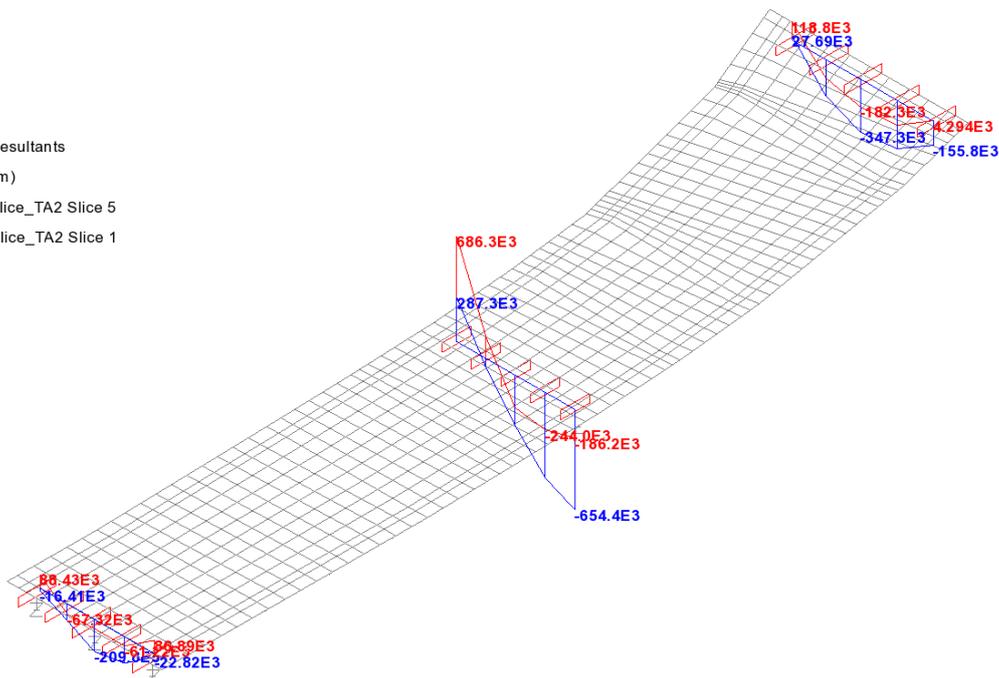


SLF –Fz Max/Min

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Scale: 1: 235.901
Zoom: 74.9625
Eye: (-0.57735, -0.57735, 0.57735)
Combining on: My
Ed_SLV (Max)

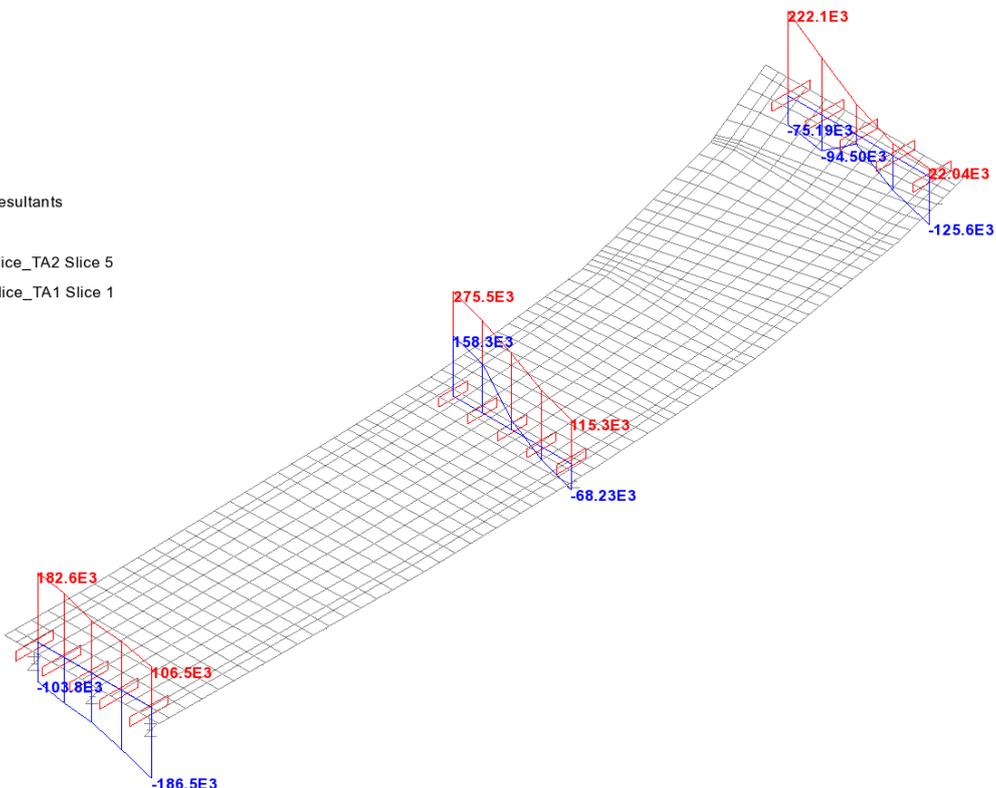
Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 686.299E3 at Slice_TA2 Slice 5
Diagram minimum -654.422E3 at Slice_TA2 Slice 1
Diagram scale: 1: 29.1418E-6



SISMA SLV –My Max/Min

Scale: 1: 235.901
Zoom: 74.9625
Eye: (-0.57735, -0.57735, 0.57735)
Combining on: Fz
Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 275.477E3 at Slice_TA2 Slice 5
Diagram minimum -186.473E3 at Slice_TA1 Slice 1
Diagram scale: 1: 72.6013E-6



SISMA SLV –Fz Max/Min

In sintesi si ha:

Combinazione	Fz(kN)	My(kNm)
SLU Fondamentale	1167	1438/-2597
SLE Caratteristica	735	704/-1753
ENV SISMA SLV	275	686/-686
Fatica		43/-15

10.2.1 Verifiche

Sezione TraApp S1 (ESTREMITA')

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1140 mm
Piattabanda superiore	350x25 mm
Piattabanda inferiore	350x25 mm
Anima	20x1090 mm, Inclinazione: 0
Soletta	0x0 mm
Raccordo	0x0 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 0 mm, passo 0 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 0 mm
Armatura inferiore	diametro 0 mm, passo 0 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 0 mm, altezza 0 mm, numero 0/m

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 3
A (mm ²)	3.93E+4
z _G (mm)	570
J _y (mm ⁴)	7.598E+9
W _{y,0} (mm ³)	-1.333E+7
W _{y,1} (mm ³)	-1.394E+7
W _{y,3} (mm ³)	1.394E+7
W _{y,4} (mm ³)	1.333E+7
S _{y,1} (mm ³)	4.878E+6
S _{y,2} (mm ³)	7.848E+6
S _{y,3} (mm ³)	4.878E+6

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	0E+00	1.17E+6	1.44E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	54.5	570	0.5	-1	1
Piattabanda superiore	6.6				1
Piattabanda inferiore	6.6				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)	0E+00	M _{Ed} (Nm)	1.438E+6	N _{Ed} (N)	0E+00
N _{Rd} (N)	-1.329E+7	M _{Rd} (Nm)	5.307E+6	M _{Ed} (Nm)	1.438E+6
				M _{Rd} (Nm)	5.307E+6
N _{Ed} /N _{Rd}	0	M _{Ed} /M _{Rd}	0.271	M _{Ed} /M _{Rd}	0.271

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 3 tot	η ₁
σ ₄	107.9	0.319
σ ₃	103.1	0.305
σ ₂	0	0
σ ₁	-103.1	0.305
σ ₀	-107.9	0.319

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.319 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=54.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=48.786 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=4.392E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=9.174, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=5.388$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=4.371E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=2.16E+4 \text{ N}$$

$$\chi_w=1.076, \quad \lambda_w=0.771, \quad \tau_{cr}=344.6, \quad C=2647.3$$

$$M_{Ed}=1.438E+6 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=3.299E+6 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.436$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=5.106E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.392E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.266, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.267, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.271$$

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

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	0E+00	7.35E+5	7.04E+5	0E+00

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 3 tot	σ_d	η_1
σ_4	52.8	52.8	0.149
σ_3	50.5	65	0.183
σ_2	0	65.7	0.185
σ_1	-50.5	65	0.183
σ_0	-52.8	52.8	0.149
τ_4	0		
τ_3	23.6		
τ_2	38		
τ_1	23.6		
τ_0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.185 VERIFICA SODDISFATTA

Sezione TraApp S2 (MEZZERIA)

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	0E+00	5.4E+5	-2.6E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	54.5	570	0.5	-1	1
Piattabanda superiore	6.6				1
Piattabanda inferiore	6.6				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	0E+00	M _{Ed} (Nm)	-2.597E+6	N _{Ed} (N)	0E+00
N _{Rd} (N)	-1.329E+7	M _{Rd} (Nm)	-5.307E+6	M _{Ed} (Nm)	-2.597E+6
				M _{Rd} (Nm)	-5.307E+6
N _{Ed} /N _{Rd}	0	M _{Ed} /M _{Rd}	0.489	M _{Ed} /M _{Rd}	0.489

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 3 tot	η_1
σ_5	0	0
σ_4	-194.8	0.576
σ_3	-186.3	0.551
σ_2	0	0
σ_1	186.3	0.551
σ_0	194.8	0.576

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.576 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Resistenza a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling
 $h_w/t_w=54.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=48.786$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd}=4.381E+6$ N**

Essendo:

$a/h_w=9.174$, $\eta=1.2$, $K_\tau=5.388$
 contributo anima: $V_{bw,Rd}=4.371E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=1.014E+4$ N
 $\chi_w=1.076$, $\lambda_w=0.771$, $\tau_{cr}=344.6$, $C=2647.3$
 $M_{Ed}=-2.597E+6$ Nm, $M_{f,Rd}=-3.299E+6$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.787$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd}=5.106E+6$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.381E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.123, \quad (\Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.124, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.489$$

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

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	0E+00	2.67E+5	- 1.75E+6	0E+00

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	σ_{id}	η_1
σ_4	131.5	0.37
σ_3	126.6	0.357
σ_2	23.9	0.067
σ_1	126.6	0.357
σ_0	131.5	0.37
τ_4		
τ_3		
τ_2		
τ_1		
τ_0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.37 VERIFICA SODDISFATTA

10.2.2 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

- una forza concentrata che induce in mezzeria il massimo momento flettente
- alle estremità del profilo il massimo momento di progetto S.L.U.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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

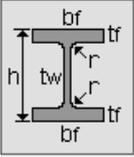
Beam - Section - Steel

Beam
Total Length L m Nb elements N

Steel
E MPa ν G MPa

Section
 In Catalogue By Dimensions By Properties

h mm
tw mm
bf mm
tf mm
r mm



OK

lz cm⁴
lt cm⁴
lw cm⁶
Bz mm

More...

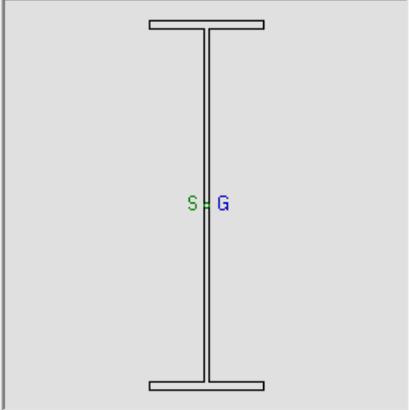


Tabella 10.4 Caratteristiche profilo

Lateral Restraints

Left End Help

z /S mm

v

θ

v'

θ'

Right End Help

z /S mm

v

θ

v'

θ'

Intermediate Lateral Restraints

Local Restraints

1

xf

z /S mm

v

θ

2

xf

z /S mm

v

θ

Continuous Restraint

Along the whole beam length

z /S mm

v

v'

θ

Tabella 10.5 Vncoli esterni

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

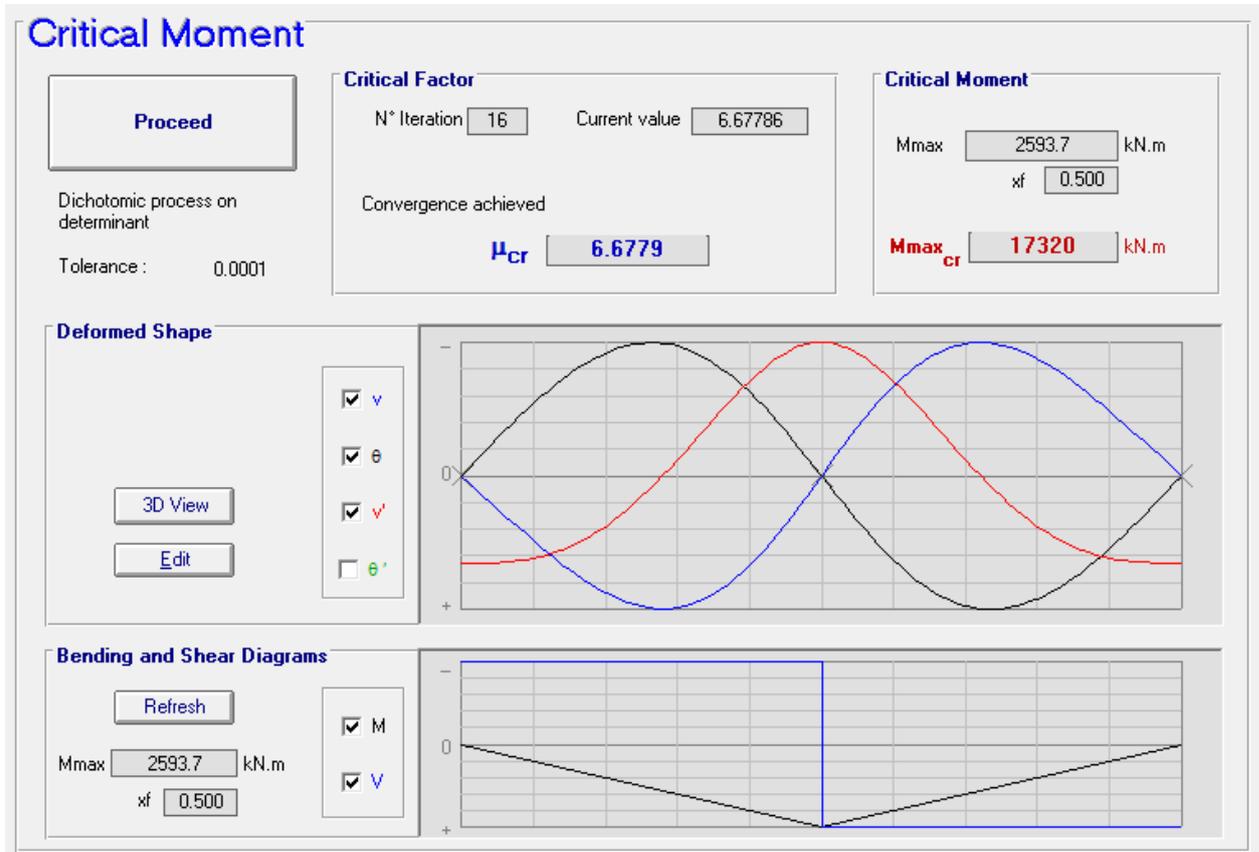


Figura 10.3 Stabilità torsionale – massimo momento in campata

La presenza della trave di spina, piolata alla soletta e fissata ai traversi, impedisce ai traversi di ruotare nel piano orizzontale.

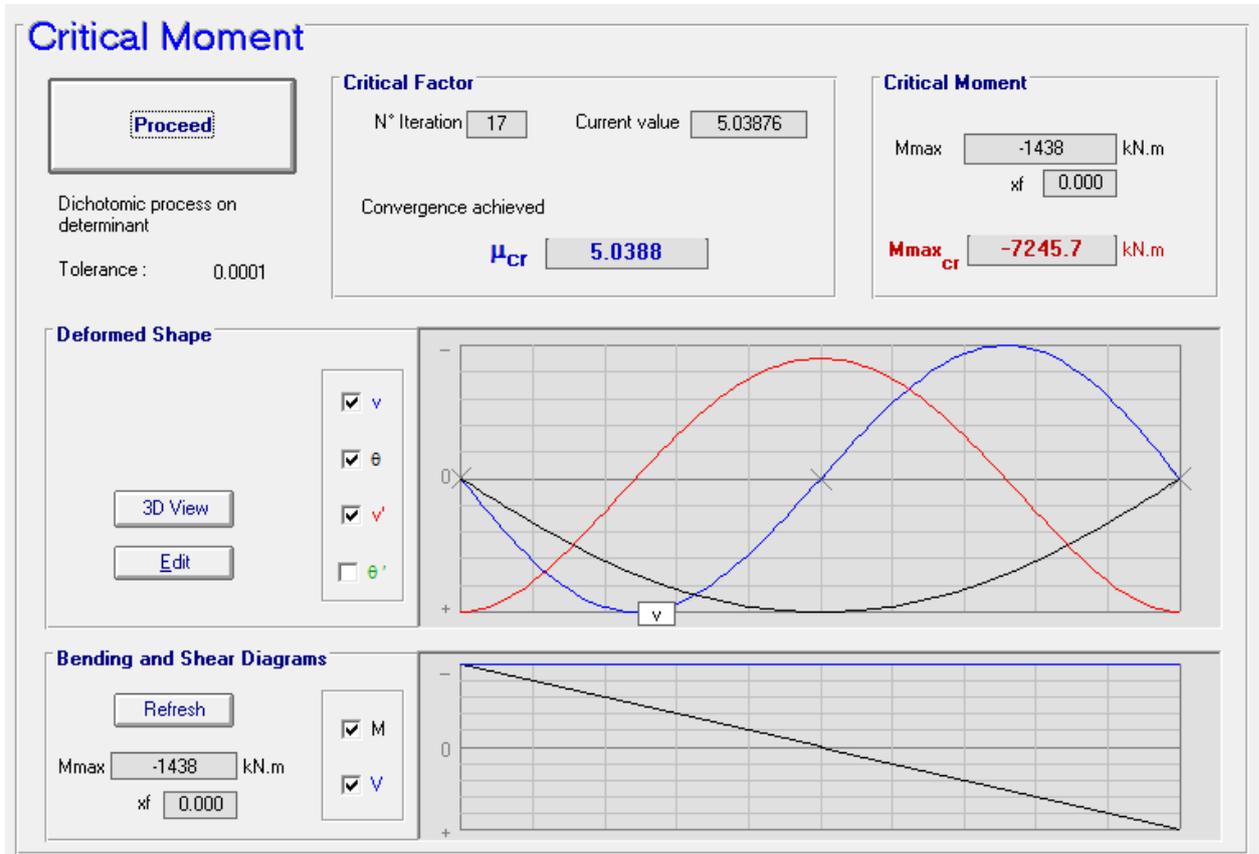


Figura 10.4 Stabilità torsionale – momenti antisimmetrici

La valutazione 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 "c".

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Traversi spalle/pila					
				Mezz	App
f_y	355 Mpa		$M_{cr,LT,min}$	17320.00	7246 kNm
W	1.33E+07 mm ³		M_{Ed}	2597.00	1438 kNm
γ_{M1}	1.1		$M_{Ed}/M_{cr,LT}$	0.150	0.198
Curva imperf. (tab. 6.3)			λ_{LT}	0.52	0.81
α_{LT}	0.49		λ_{LTO}	0.4	0.4
			λ_{LTO}^2	0.16	0.16
			ϕ_{LT}	0.72	0.98
			χ_{LT}	0.830	0.657
			$M_{b,Rd}$	3571.64	2826.67 kNm
			$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.727	0.509

Le verifiche risultano soddisfatte.

10.2.3 Verifica del Giunto bullonato

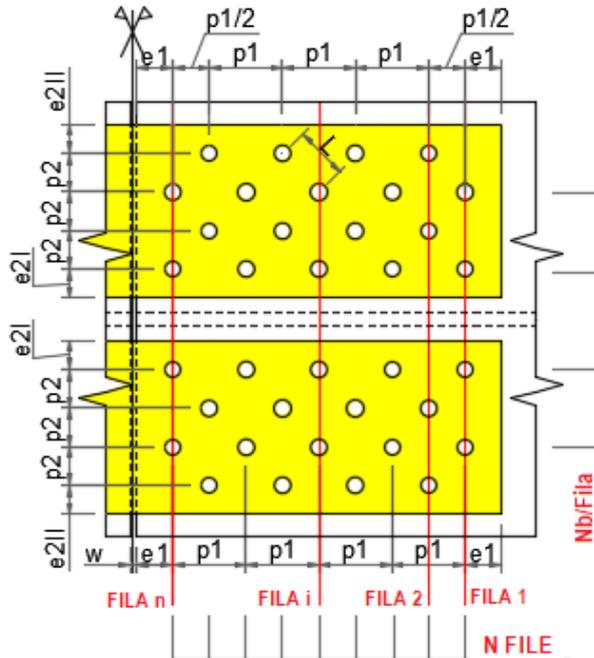
Materiali

Materiali	Piatti	Resistenza allo scorcimento	Coefficienti di sicurezza
Bulloni Classe <input type="text" value="10.9"/> <input checked="" type="radio"/> Taglio su parte filettata <input type="radio"/> Taglio su parte non filettata	t ≤ 40 mm t > 40 mm fu (N/mm ²) <input type="text" value="510"/> <input type="text" value="470"/> fy (N/mm ²) <input type="text" value="355"/> <input type="text" value="335"/>	ks <input type="text" value="1"/> μ <input type="text" value="0.3"/>	γ _{M2} <input type="text" value="1.25"/> γ _{M3,SLU} <input type="text" value="1.25"/> γ _{M3,SLE} <input type="text" value="1.1"/>

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Geometria del giunto

FLANGIA SUPERIORE ED INFERIORE



Bulloni

N file	<input type="text" value="8"/>
Nb/fila	<input type="text" value="2"/>
d (mm)	<input type="text" value="24"/>
d0 (mm)	<input type="text" value="25.5"/>

Distanze \Interassi

e1 (mm)	<input type="text" value="50"/>
p1 (mm)	<input type="text" value="100"/>
e2I (mm)	<input type="text" value="40"/>
e2II (mm)	<input type="text" value="35"/>
p2 (mm)	<input type="text" value="40"/>

Piatti d'imbottitura

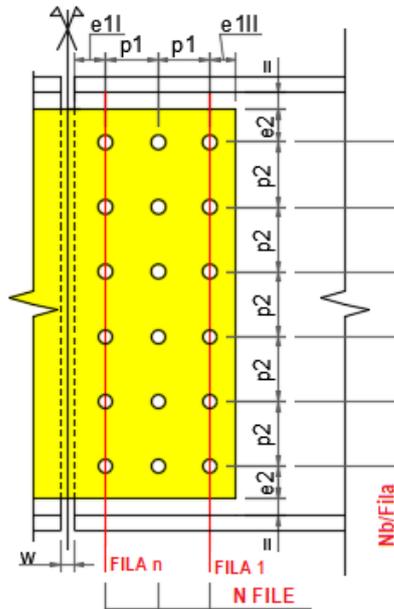
t SX (mm)	<input type="text" value="0"/>
t DX (mm)	<input type="text" value="0"/>

Piatti interni \esterni

t (mm)	<input type="text" value="20"/>
--------	---------------------------------

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

ANIMA



Bulloni

N file	3
Nb/fila	11
d (mm)	24
d0 (mm)	24.5

Distanze \interassi

e1I (mm)	50
e1II (mm)	50
p1 (mm)	70
e2 (mm)	50
p2 (mm)	85
w (mm)	10

Piatti d'imbottitura

t SX (mm)	5
t DX (mm)	5

Piatti interni \esterni

t (mm)	15
--------	----

L'esito delle verifiche è riassunto nella tabella seguente.

Comb.	Comp.	FvEd/FvRd	FbEd/FbRd	VEd/VpIRd	N-MEd/N-MRd	VEd/VplpRd	N-MEd/N-MpRd
SLU, Mmax	Ali sup.	0.199	0.168	-	0.336	-	0.351
	Anima	0.371	0.284	0.383	0.372	0.293	0.368
	Ali inf.	0.199	0.168	-	0.312	-	0.297

Comb.	Comp.	FvEd/FsRd
SLE c., Mmax	Ali sup.	0.204
	Anima	0.422
	Ali inf.	0.204

Comb.	combinazione di progetto
Comp.	componenti da collegare; ali superiori, anima, ali inferiori
FvEd/FvRd	coefficiente di utilizzo a taglio dei bulloni (SLU, Cat. A e B)
FbEd/FbRd	coefficiente di utilizzo a rifollamento di piatti-profilo (SLU, Cat. A, B e C)
VEd/VpyRd	coefficiente di utilizzo a taglio dei piatti coprigiunto d'anima (SLU)
N-MEd/N-MpRd	coefficiente di utilizzo a presso flessione dei piatti coprigiunto (SLU)
FvEd/FsRd	coefficiente di utilizzo a scorrimento dei bulloni (SLE caratteristica, Cat. B)
N-MEd/N-MRD	coefficiente di utilizzo a trazione su area netta profilo (SLU, Cat. C)

11. VERIFICA A FESSURAZIONE IN DIREZIONE LONGITUDINALE

Si assume come limite dell'apertura delle fessure $w_k=0.2$ mm, in accordo a NTC2008 par. 4.1.2.2.4.5 Tabella 4.1.IV, per ambiente tipo XF4 (Molto aggressivo).

11.1 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

$$k_s = 0.9$$

$$k_c = \frac{1}{1 + \frac{h_c}{2z_0}} + 0.3 \leq 1.0$$

coefficiente che tiene conto della distribuzione di tensioni nella sezione immediatamente prima della fessurazione

z_0 = distanza tra i baricentri della soletta non fessurata e della sezione omogeneizzata in fase 3 e non fessurata

A_{ct} = area della soletta in trazione per effetto dei carichi diretti e del ritiro immediatamente prima della fessurazione (per semplicità si assume l'area dell'intera soletta)

σ_s = massima tensione di trazione nelle armature dopo la formazione delle fessure, assunta pari ad f_{yk} .

Il calcolo di $A_{s,min}$ ed il relativo confronto con $A_{s,reale}$ 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_1	419	1	776220	3849	12193	SI
C1_2	387	1	889900	4412	13979	SI
C2_3	426	1	894160	4434	14045	SI
C2_4	417	1	931880	4621	14638	SI
C2_5	417	1	931880	4621	14638	SI
C3_6	369	1	931880	4621	14638	SI
C3_7	381	1	885980	4393	13917	SI
C4_8	449	1	879040	4359	27616	SI
C4_cracked_9	510	1	679840	3371	21358	SI
C4_cracked_10	510	1	681740	3380	21417	SI
C4_11	447	1	888540	4406	27914	SI
C5_12	379	1	893840	4432	14040	SI
C5_13	367	1	940800	4665	14778	SI
C6_14	414	1	940800	4665	14778	SI

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm^2)	As,min (mm^2)	As,reale (mm^2)	Verifica (As min)
C6_15	414	1	940800	4665	14778	SI
C6_16	424	1	903360	4479	14190	SI
C7_17	384	1	901240	4469	14157	SI
C7_18	417	1	783300	3884	12304	SI

11.2 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 .

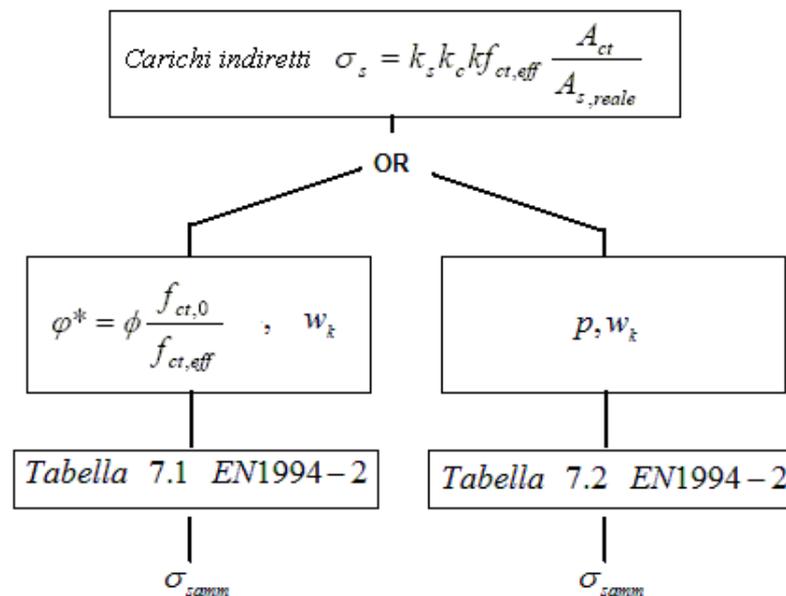


Tabella 11.1: Schema per la verifica a fessurazione per carichi indiretti

Nella tabella in seguente si riportano i relativi risultati, con il seguente significato dei simboli utilizzati.

- fimax/pmax** diametro massimo/passaggio massimo in millimetri dell'armatura superiore ed inferiore della soletta
- Sigc rara** tensione massima nel calcestruzzo all'estradosso della soletta per la combinazione SLE caratteristica
- Stato (c. rara)** stato della sezione per la combinazione SLE caratteristica; *Fessurata* se Sig c rara > 2*fctm, altrimenti *Non fessurata*
- Sig,s** tensione nell'armatura quando la sezione si fessura; valore riportato solo se lo stato della sezione è *Fessurata*

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

- Fi*** ϕ^* diametro massimo per ricavare dalla Tabella 7.1, EN 1994-2, 7.4.2 la tensione ammissibile **Sig am(Fi)**
- Sig am(Fi)** Tensione ammissibile che garantisce il controllo dell'ampiezza delle fessure al di sotto di wk per un diametro Fi*, ricavata dalla Tabella 7.1
- Sig am (p)** Tensione ammissibile che garantisce il controllo dell'ampiezza delle fessure al di sotto di wk per un passo massimo p, ricavata dalla Tabella 7.2, EN 1994-2, 7.4.2
- Verifica (carichi indiretti)** Esito della verifica, che applica solo se la sezione è fessurata

Sezione	fimax/ pmax	Sigc rara (N/mm2)	Stato (c. rara)	Sig,s (N/mm2)	Fi* (mm)	Sig am(Fi) (N/mm2)	Sig am (p) (N/mm2)	Verifica (carichi indiretti)
C1_1	20\200	1.58	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C1_2	20\200	1.85	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C2_3	20\200	2.05	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C2_4	20\200	3.12	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C2_5	20\200	4.24	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C3_6	20\200	4.5	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C3_7	20\200	6.29	Fess.	142	18.72	188	160	SI (0.76)
C4_8	20\100	6.05	Non Fess.	----	18.72	188	240	----
C4_cracked_9	20\100	8.36	Fess.	71	18.72	188	240	SI (0.38)
C4_cracked_10	20\100	8.24	Fess.	71	18.72	188	240	SI (0.38)
C4_11	20\100	5.86	Non Fess.	----	18.72	188	240	----
C5_12	20\200	5.98	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C5_13	20\200	4.47	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C6_14	20\200	4.37	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C6_15	20\200	2.91	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C6_16	20\200	2.03	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C7_17	20\200	1.93	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C7_18	20\200	1.5	Non Fess.	----	18.72	188	160	----

11.3 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:

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

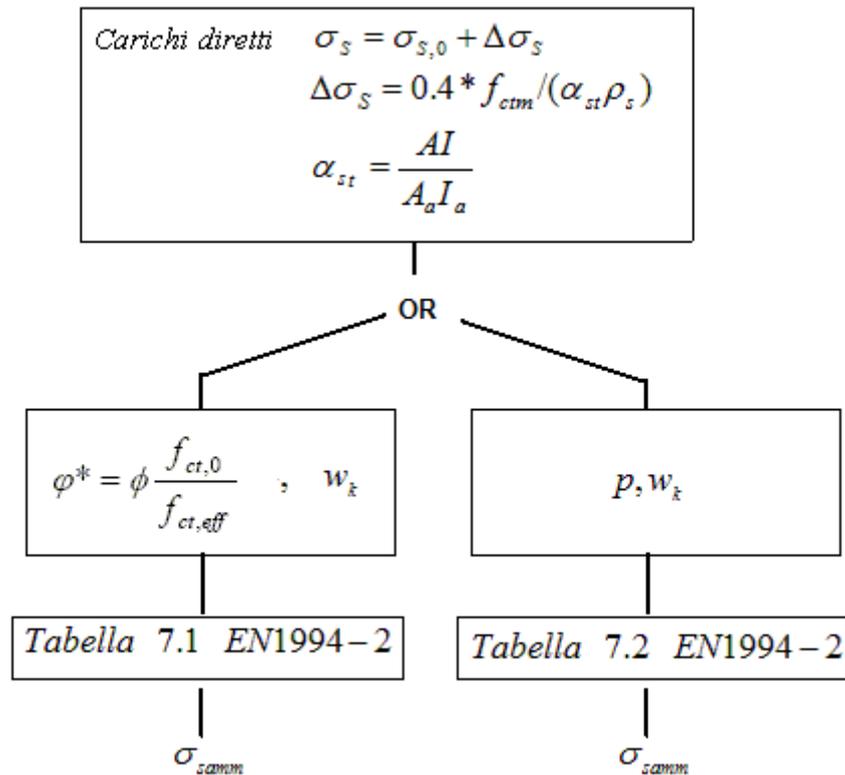


Tabella 11.2: Schema per la verifica a fessurazione per carichi diretti

Nella tabella in seguente si riportano i relativi risultati, con il seguente significato dei simboli utilizzati.

- fimax/pmax** diametro massimo/passo massimo in millimetri dell'armatura superiore ed inferiore della soletta
- Fi*** ϕ^* diametro massimo per ricavare dalla Tabella 7.1, EN 1994-2, 7.4.2 la tensione ammissibile **Sig am(Fi)**
- Sig am(Fi)** Tensione ammissibile che garantisce il controllo dell'ampiezza delle fessure al di sotto di w_k per un diametro Fi^* , ricavata dalla Tabella 7.1
- Sig am (p)** Tensione ammissibile che garantisce il controllo dell'ampiezza delle fessure al di sotto di w_k per un passo massimo p , ricavata dalla Tabella 7.2, EN 1994-2, 7.4.2
- Sigs max freq** Massima tensione nell'armatura per la combinazione SLE frequente
- Tension stiff.** Incremento di tensione per effetto del "Tension stiffening"
- Sgs+DSig** Tensione totale **Sigs max freq+ Tension stiff.**
- Verifica (carichi diretti)** Esito della verifica, che applica solo se la tensione massima rilevata nell'armatura è di trazione

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_1	20\200	18.72	188	160	0	----	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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_2	20\200	18.72	188	160	3	54	57	SI (0.3)
C2_3	20\200	18.72	188	160	4	57	61	SI (0.32)
C2_4	20\200	18.72	188	160	24	57	81	SI (0.43)
C2_5	20\200	18.72	188	160	48	57	105	SI (0.56)
C3_6	20\200	18.72	188	160	53	57	109	SI (0.58)
C3_7	20\200	18.72	188	160	91	57	148	SI (0.79)
C4_8	20\100	18.72	188	240	65	24	90	SI (0.37)
C4_cracked_9	20\100	18.72	188	240	119	27	146	SI (0.61)
C4_cracked_10	20\100	18.72	188	240	118	27	145	SI (0.6)
C4_11	20\100	18.72	188	240	65	24	89	SI (0.37)
C5_12	20\200	18.72	188	160	88	57	146	SI (0.77)
C5_13	20\200	18.72	188	160	54	56	111	SI (0.59)
C6_14	20\200	18.72	188	160	53	56	109	SI (0.58)
C6_15	20\200	18.72	188	160	21	56	77	SI (0.41)
C6_16	20\200	18.72	188	160	4	57	61	SI (0.32)
C7_17	20\200	18.72	188	160	5	53	59	SI (0.31)
C7_18	20\200	18.72	188	160	-4	----	----	----

12.APPOGGI E GIUNTI

La strategia di isolamento del manufatto è basata sull'utilizzo di isolatori in neoprene armato ad alto smorzamento.

Il predimensionamento dei dispositivi è stato effettuato con riferimento alle portate stimate in fase di esercizio e sismica, ed alla rigidità complessiva del sistema, tarata in modo da conferire un adeguato grado di disaccoppiamento.

Le caratteristiche effettive dei dispositivi vengono ricavate dalla produzione in serie di uno dei maggiori produttori nazionali.

Si prevede l'adozione di dispositivi di identiche caratteristiche per pile e spalle, caratteristiche qui di seguito riepilogate:

kh =	3.86E6 N/m	rigidezza orizzontale
ξ =	15 %	smorzamento viscoso equivalente
d _{max}	250 mm	massimo spostamento orizzontale
mescola	"N"	normale

Le rimanenti caratteristiche prestazionali richieste sono riportate nelle tabelle a seguire.

Qui di seguito la pianta appoggi schematica, ove sono riportati gli identificativi delle singole apparecchiature (appoggi e giunti).

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

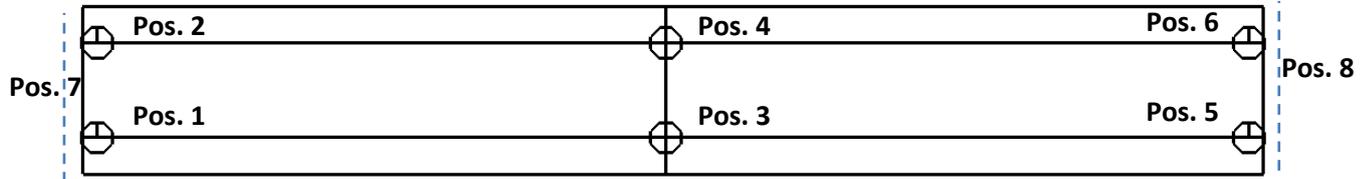


Figura 12.1 Pianta appoggi

Al fine di evitare deformazioni parassite sui dispositivi di vincolo, il calaggio del manufatto sugli appoggi definitivi, ed il relativo inghisaggio, verranno effettuati solamente al termine della posa dei sovraccarichi permanenti.

L'analisi FEM rispecchia questa effettiva fasizzazione, analizzando le fasi 1 e 2a adottando rigidzze orizzontali nulle per tutti i dispositivi.

12.1 PORTATE APPOGGI

Le sollecitazioni insistenti sulle apparecchiature di vincolo vengono direttamente dedotte dall'analisi E.F., nelle combinazioni di carico pertinenti, ovvero:

- S.L.U.
- S.L.E. caratteristica
- S.L.E. frequente
- S.L.E. quasi permanente
- Sisma SLD
- Sisma SLV
- Sisma SLC

Di seguito, raccolte in tabelle separate rispettivamente per la fase di esercizio e sismica, si riportano i valori di sollecitazione dedotte rispettivamente max/min F_x , F_y , F_z dal modello FEM in corrispondenza degli elementi indicati.

Vista la tipologia delle apparecchiature, le sollecitazioni agenti sul piano vengono direttamente combinate in risultante, genericamente indicata con F_h .

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase esercizio

posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz
1	101.88	2732.59	68.55	2005.21	28.49	1542.15	17.93	812.75
2	103.96	2226.89	69.53	1628.83	26.15	1288.16	17.64	769.82
3	101.51	6612.98	68.10	4901.18	7.68	4044.70	3.49	3035.92
4	103.00	6572.09	69.68	4884.68	8.94	4257.86	4.25	3537.84
5	111.26	3063.33	75.07	2246.60	31.24	1738.26	19.15	924.92
6	112.12	1978.04	75.39	1449.13	26.80	1177.98	18.07	786.62

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase sismica

posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz
1	782.70	1073.67	530.51	1068.16	782.70	1220.52
2	764.99	1018.86	518.06	995.22	764.99	1125.07
3	754.93	3562.00	506.54	3404.38	754.60	3648.94
4	738.61	3895.74	501.14	3796.93	745.29	3980.63
5	769.15	1219.02	537.43	1156.98	799.55	1297.23
6	753.28	941.09	544.10	969.74	805.03	1073.92

Tabella 12.1 Massime sollecitazioni orizzontali e verticali su ciascun appoggio

Ai fini del dimensionamento, nell'intento di uniformare le caratteristiche, si farà riferimento ai seguenti dati prestazionali di "portata".

Portate apparecchiature di appoggio (kN) fase esercizio

sostegno	posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
Sp A-B	1-2-5-6	200.00	3100.00	100.00	2300.00	100.00	1800.00	100.00	1000.00
Pila P1	3-4	200.00	6700.00	100.00	5000.00	100.00	4300.00	100.00	3600.00

Portate apparecchiature di appoggio (kN) fase sismica

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
Sp A-B	1-2-5-6	800.00	1300.00	600.00	1200.00	900.00	1300.00
Pila P1	3-4	800.00	3900.00	600.00	3800.00	800.00	4000.00

Tabella 12.2 Massime portate per ciascuna tipologia di dispositivo nei vari S.L.

12.2 DEFORMAZIONI ED ESCURSIONI AGLI APPOGGI

12.2.1 Spostamenti orizzontali

Di seguito si riportano gli spostamenti massimi rilevati in corrispondenza dispositivi, per i vari involuipi.

Deformazioni massime dispositivi elastomerici (mm) - fase di esercizio e sismica

posiz.	S.L.U. max δh	S.L.E. max δh	S.L.E. fr max δh	S.L.E. q.p. max δh	Sisma SLD max δh	Sisma SLV max δh	Sisma SLC max δh
1	26.39	17.76	7.38	4.65	202.77	137.44	202.77
2	26.93	18.01	6.77	4.57	198.19	134.21	198.19
3	26.30	17.64	1.99	0.90	195.58	131.23	195.49
4	26.68	18.05	2.32	1.10	191.35	129.83	193.08
5	28.82	19.45	8.09	4.96	199.26	139.23	207.14
6	29.05	19.53	6.94	4.68	195.15	140.96	208.56

Tabella 12.3 Massime deformazioni su ciascun dispositivo

Ai fini del dimensionamento, si fa riferimento ai seguenti valori.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Deformazioni di progetto dispositivi elastomerici (mm) +/-

sostegno	posiz.	S.L.U. max δh	S.L.E. max δh	S.L.E. fr max δh	S.L.E. q.p. max δh	Sisma SLD max δh	Sisma SLV max δh	Sisma SLC max δh
Sp A-B	1-2-5-6	30.00	20.00	9.00	5.00	203.00	141.00	209.00
Pila P1	3-4	27.00	19.00	3.00	2.00	196.00	132.00	196.00

N.B.: le escursioni indicate si intendono agire per ciascun verso pos / neg

Tabella 12.4 Massime deformazioni di progetto per ciascuna tipologia di dispositivo nei vari S.L.

12.2.2 Verifica decompressione

La verifica viene effettuata con diretto riferimento agli involucri:

S.L.U. STR – max Fz

Gk + Ed - Sisma SLV – max Fz

S.L.E. – max Fz

Il valore delle massime reazioni rilevate (minimo valore di compressione) viene riportato direttamente sul modello per tutti i dispositivi. (NB nei diagrammi, le compressioni presentano valore negativo – Fz < 0).

S.L.U. STR

Scale: 1: 331.025

Zoom: 86.7925

Eye: (-0.600368, -0.622308, 0.502285)

Combining on: Fz

SLU_Fond (Max)

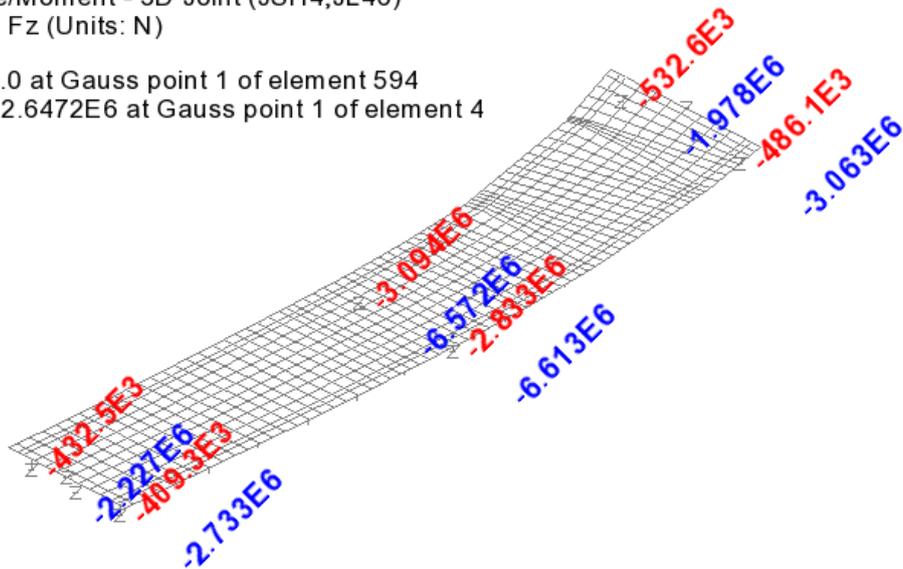
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)

Peak/value component: Fz (Units: N)

Peak range(%): 100.0

Peak/value maximum 0.0 at Gauss point 1 of element 594

Peak/value minimum -12.6472E6 at Gauss point 1 of element 4



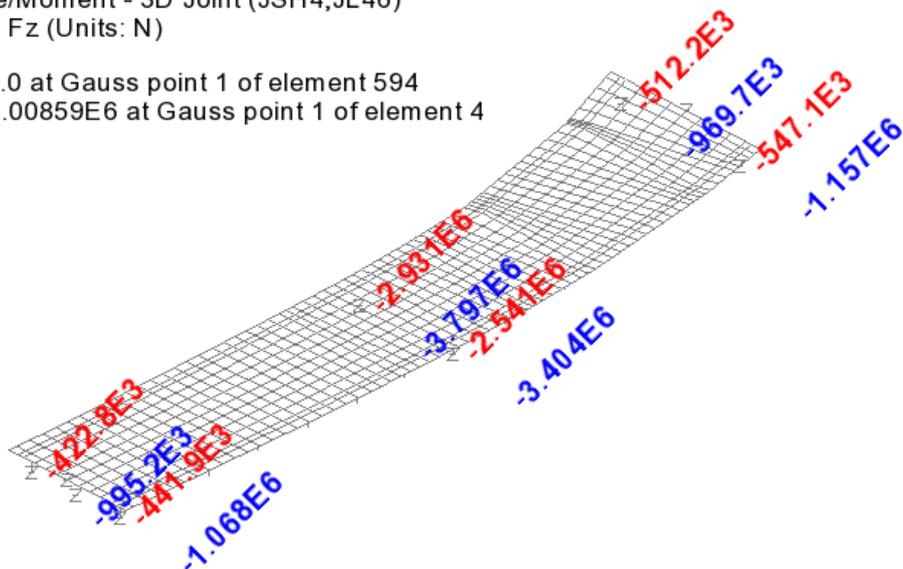
Max N = -409 kN

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Gk + Ed SLV

Scale: 1: 331.025
Zoom: 86.7925
Eye: (-0.600368, -0.622308, 0.502285)
Combining on: Fz
Ed_SLV (Max)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 0.0 at Gauss point 1 of element 594
Peak/value minimum -7.00859E6 at Gauss point 1 of element 4

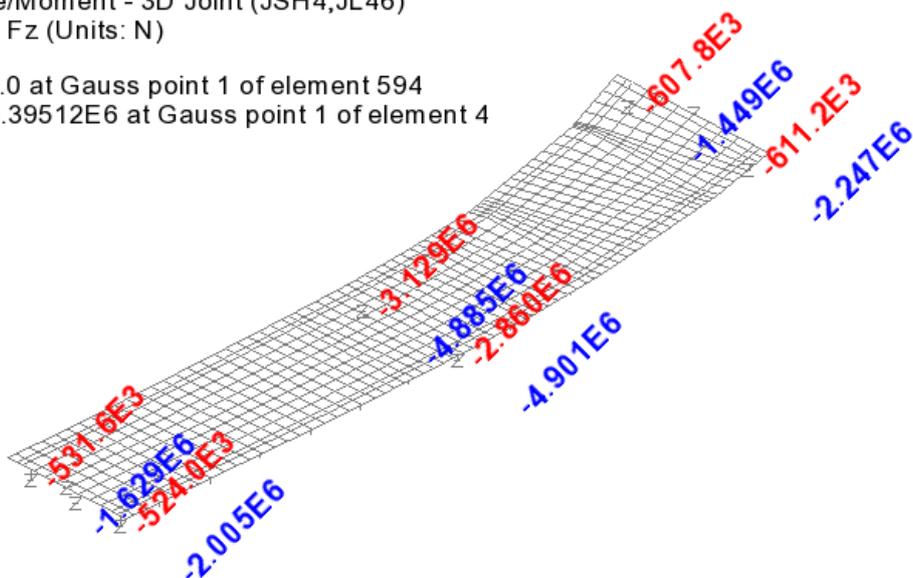


Max N = -422 kN

S.L.E. caratteristica

Scale: 1: 331.025
Zoom: 86.7925
Eye: (-0.600368, -0.622308, 0.502285)
Combining on: Fz
SLE_rara (Max)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 0.0 at Gauss point 1 of element 594
Peak/value minimum -9.39512E6 at Gauss point 1 of element 4



Max N = -524 kN

I dispositivi di vincolo mostrano la permanenza di un buon grado di compressione in tutti gli S.L. considerati.

12.2.3 Verifica massimi spostamenti sisma SLC

Le apparecchiature prescelte da catalogo presentano uno spostamento massimo ammissibile pari a 250 mm.

Il confronto di tale valore con il massimo valore SLC rilevato, riporta un soddisfacente rapporto di sfruttamento:

$$\delta_{SLC}/\delta u = 209/250 = 0.84$$

12.2.4 Verifica massime rotazioni

Le massime rotazioni attorno all'asse trasversale, rilevate sulle apparecchiature allo S.L.U. e S.L.E. sono riportate nei grafici seguenti, tratti direttamente dal modello FEM.

Il numero in rosso evidenzia la massima rotazione positiva, mentre il numero in blu la minima rotazione negativa ricavata dagli involuipi.

Scale: 1: 331.025
Zoom: 86.7925
Eye: (-0.600368, -0.622308, 0.502285)
Combining on: By
SLU_Fond (Max)
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: By (Units: 1/m)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 0.0119146 at Gauss point 1 of element 1
Peak/value minimum -0.0196386 at Gauss point 1 of element 5

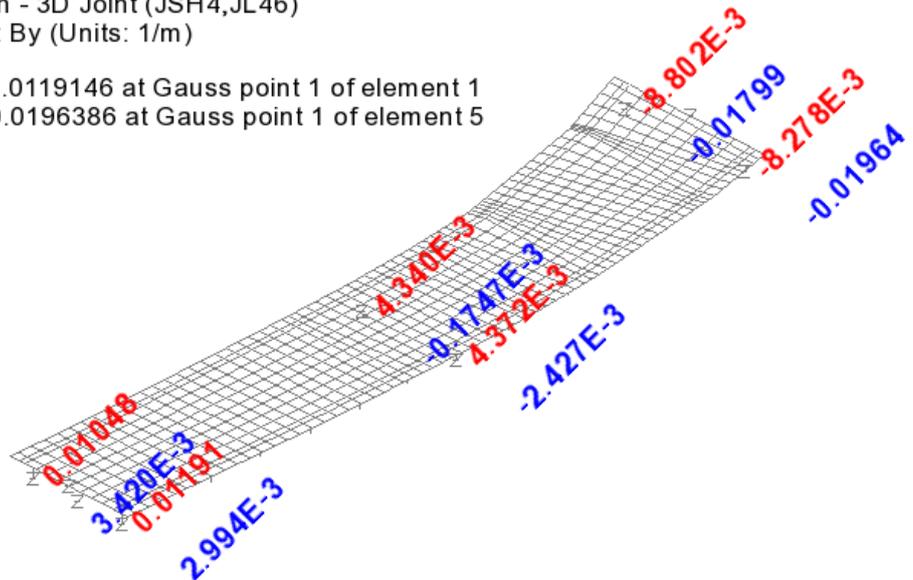


Figura 12.2 Massime Rotazioni By, SLU

Scale: 1: 331.025
Zoom: 86.7925
Eye: (-0.600368, -0.622308, 0.502285)
Combining on: By
SLE_rara (Max)
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: By (Units: 1/m)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 8.97993E-3 at Gauss point 1 of element 1
Peak/value minimum -0.0147208 at Gauss point 1 of element 5

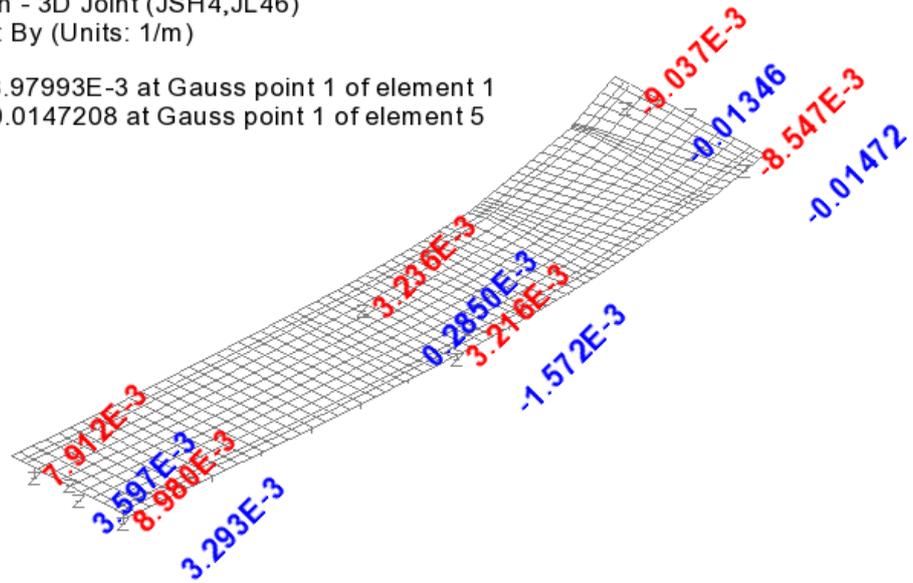


Figura 12.3 Massime Rotazioni By, SLE

I valori di punta vengono rilevati in corrispondenza delle spalle:

S.L.U. : 0.0197 rad
S.L.E.: 0.0147 rad

Tali valori sono al lordo della rotazione iniziale imposta dal precamber delle travi. I valori effettivi delle rotazioni risultano perciò molto minori.

Riferendosi pertanto al limite di 0.01 rad, le rotazioni di progetto dei dispositivi possono essere giudicate pienamente ammissibili.

12.3 DIMENSIONAMENTO VARCHI E GIUNTI

12.3.1 Giunti

Le deformazioni massime /minime dei dispositivi di giunto vengono rilevate da specifici elementi "joint" posizionati nel modello FEM in corrispondenza degli angoli della soletta (elementi n. 524, 1086, 525, 1087).

Le tabelle seguente riportano, per tutti gli S.L. il valore delle escursioni longitudinale in apertura/chiusura.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Escursione longitudinale giunti (ap/chiusura) - fase di esercizio

sostegno	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.		
	posiz.	apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura
Sp A	7	15.95	-9.04	11.73	-5.21	9.70	-3.15	8.40	-1.33
SpB	8	15.86	-8.58	11.68	-4.86	9.71	-2.91	8.52	-1.23

Tabella 12.5 Corse longitudinali giunti (mm) - esercizio

Escursione longitudinale giunti (ap/chiusura) - sismica

sostegno	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC		
	posiz.	apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura
Sp A	7	191.76	-184.69	131.37	-124.30	191.76	-184.69
SpB	8	188.67	-181.38	129.34	-122.05	188.67	-181.38

Tabella 12.6 Corse longitudinali giunti (mm)- sismica

Le tabelle seguenti riportano i valori di escursione complessiva nelle due direzioni di corsa, così calcolate:

- Escursione longitudinale: $\max |g + | \min |g |$
- Escursione trasversale: $\max |trv + | \min |trv |$

Escursione complessiva giunti (mm) - fase di esercizio

sostegno	posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		tot δx	tot δy						
Sp A	7	24.99	47.18	16.94	31.56	12.85	1.36	9.73	0.70
SpB	8	24.44	49.23	16.54	32.92	12.62	12.62	9.76	1.18

Tabella 12.7 Corse lg/trv giunti (mm)- esercizio

Escursione complessiva giunti (mm) - fase sismica

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		max δx	max δy	max δx	max δy	max δx	max δy
Sp A	7	376.44	150.57	255.67	228.44	376.44	340.15
SpB	8	370.04	149.61	251.38	268.22	370.04	399.17

Tabella 12.8 Corse lg/trv giunti (mm)- sismica

Il dimensionamento della corsa complessiva dei giunti viene effettuato con riferimento ai seguenti S.L.
S.L.E. caratteristico
Sisma SLD

La tabella seguente riporta quindi il valore di dimensionamento assegnato alle apparecchiature; si riporta anche il valore SLV, per il quale è ammesso il locale danneggiamento del dispositivo di giunto.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Escursione giunti (mm)

sostegno	posiz.	S.L.E. car.				Sisma SLD				Sisma SLV (*)			
		δx pos	δx neg	tot δx	tot δy	δx pos	δx neg	tot δx	tot δy	δx pos	δx neg	tot δx	tot δy
Sp A	7	20.00	-10.00	20.00	40.00	200.00	-190.00	380.00	160.00	140.00	-130.00	260.00	230.00
Sp B	8	20.00	-10.00	20.00	40.00	190.00	-190.00	380.00	150.00	130.00	-130.00	260.00	270.00

(*) tollerato danneggiamento locale del dispositivo in fase sismica SLV

N.B.: POS = APERTURA / NEG = CHIUSURA

Tabella 12.9 Dimensionamento escursioni giunti (mm)

Si sottolinea che il valore "complessivo" indicato, sottintende la necessità di procedere alla prerogazione del dispositivo, prima della sua posa in opera.

Tale operazione dovrà avvenire sotto controllo della temperatura ambientale. I valori indicati sono riferiti ad una temperatura media di posa pari a 15°C.

12.3.2 Varchi

Il dimensionamento del varco giunti viene effettuato con riferimento alla massima escursione "in chiusura" rilevata in corrispondenza del più sfavorevole tra i seguenti S.L.:

- S.L.U. max esc. "chiusura" = 9.04 mm
- Gk + Ed S.L.V. max esc. "chiusura" = 185 mm

Il minimo varco strettamente necessario risulta pertanto pari a:

$$\Delta = 190 \text{ mm}$$

13. VERIFICA SOLETTA IN CALCESTRUZZO

La soletta in calcestruzzo ha la primaria funzione di elemento di ripartizione delle azioni trasmesse dagli elementi giacenti sul piano stradale sugli elementi principali dell'ossatura metallica. Essa collabora inoltre alla statica longitudinale dell'impalcato, costituendo, tramite l'azione degli elementi di connessione, parte integrante della sezione resistente; questo comportamento è stato analizzato ai capitoli precedenti.

Nel presente capitolo si studia il comportamento della soletta nella sua funzione di elemento ripartitore, con particolare riferimento alla statica trasversale, ed al dimensionamento delle relative armature.

La soletta in calcestruzzo viene posta in opera con l'ausilio di "predalles" prefabbricate, formate da elementi al lastra in calcestruzzo, armati mediante tralicci elettrosaldati, destinati a sostenere il getto del calcestruzzo.

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 26 cm, trascurando cautelativamente la presenza delle armature longitudinali della predalla, ed ipotizzando l'azione del peso proprio direttamente sull'elemento finale.

L'impalcato è caratterizzato da due travi longitudinali principali ad interasse variabile tra 8 m (lato spalla 2) e 9.9 m (lato spalla 1) con una trave di spina intermedia; presenta una sezione della soletta avente larghezza totale minima di 10.65 m (lato spalla 2), con uno sbalzo di 1.325 m, ed una larghezza totale massima di 12.30 m circa (lato spalla 1), con sbalzo di 1.20 m circa, misurati ortogonalmente alle travi. Le predalles e le armature trasversali della soletta vengono infatti ordite in direzione ortogonale alle travi.

Nei capitoli a seguire si riportano le verifiche della soletta per la larghezza massima di 12.30 m.

13.1 VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO

Per il calcolo statico della soletta è stato sviluppato un modello locale con elementi shell, considerandone una porzione di lunghezza 20 m.

All'interfaccia soletta-travi principali e di spina viene introdotto un vincolo di appoggio.

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.

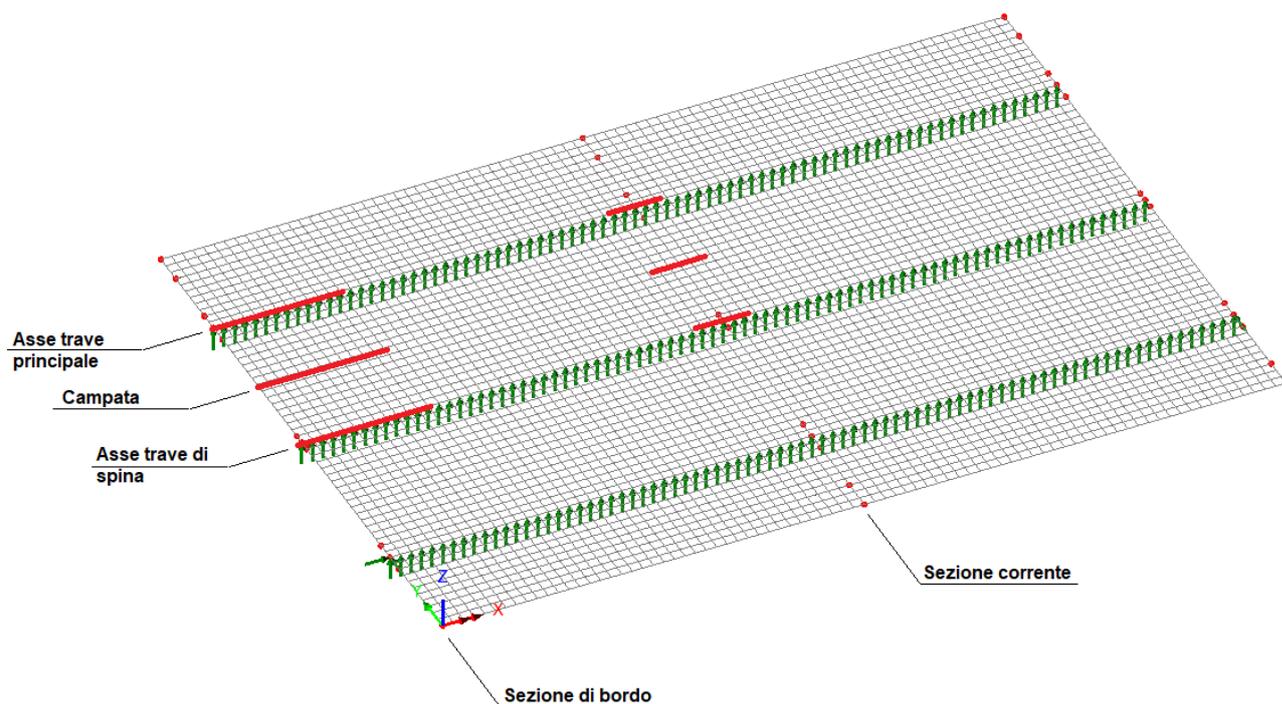


Figura 13.1: Geometria del modello con i vincoli ed evidenziati i punti oggetto di analisi

13.1.1 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 spessore pari a 26 cm.

Ai fini delle verifiche locali, si considera il peso proprio della soletta agire direttamente sull'elemento, inteso monolitico, di spessore complessivo di 26 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 3 seguenti posizioni possibili in zona corrente e di bordo:

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

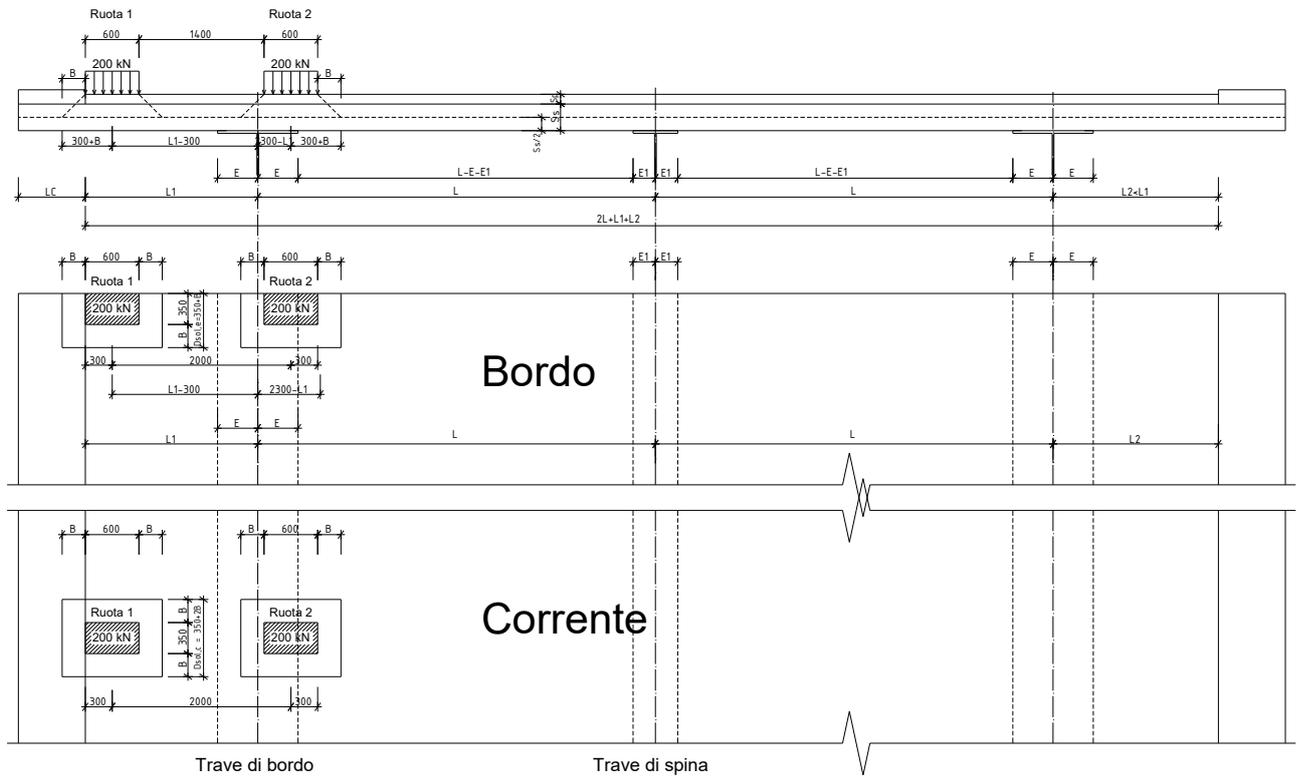
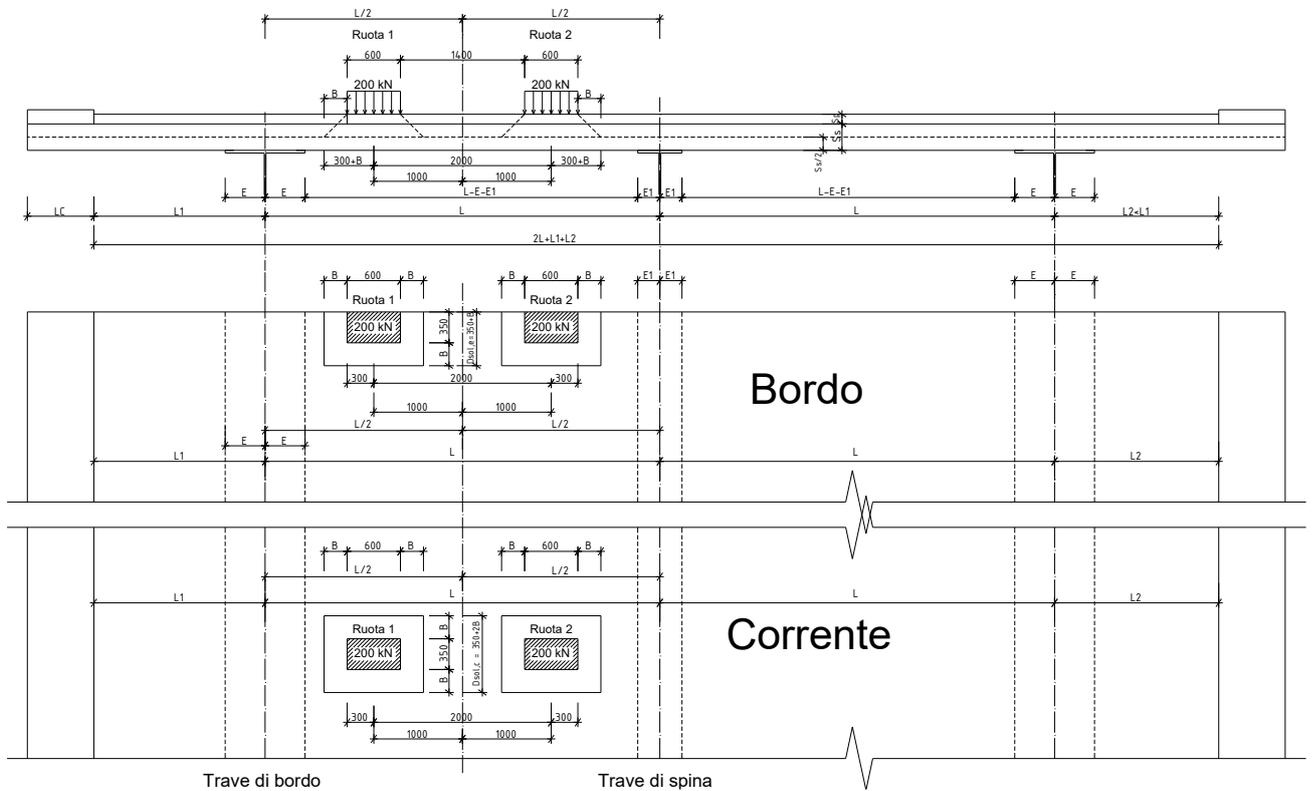


Figura 13.2: Pos. 1 carico da traffico LM2 per calcolo azioni flettenti



RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Figura 13.3: Pos. 2 carico da traffico LM2 per calcolo azioni flettenti

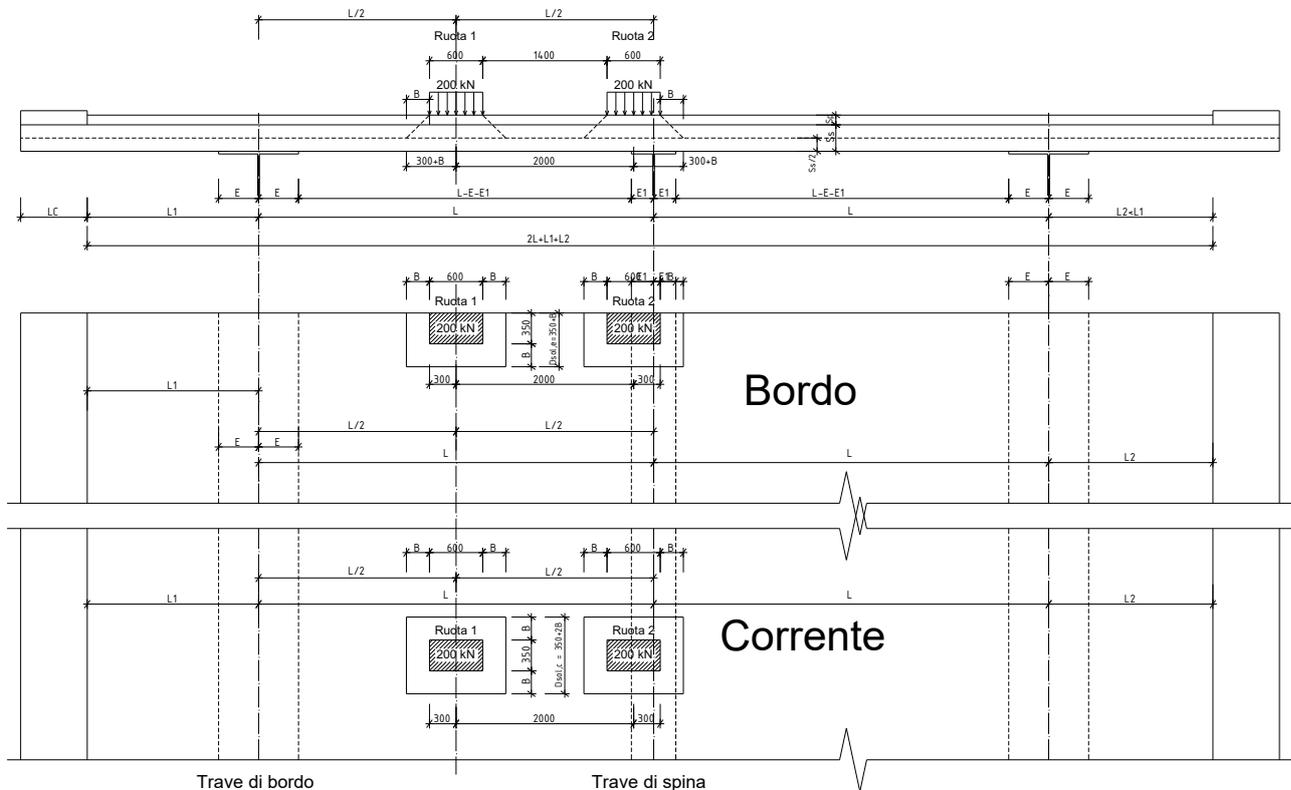


Figura 13.4: Pos. 3 carico da traffico LM2 per calcolo azioni flettenti

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:

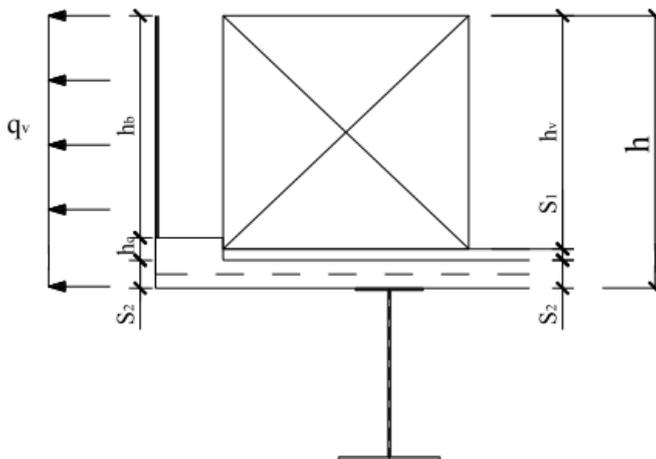


Figura 13.5: Altezze di calcolo per il vento

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Nel presente caso l'altezza della sagoma del veicolo è dominante per cui il vento, avente una intensità media di 3.0 kN/m^2 , viene applicato su una altezza $h = h_v + S_1 + S_2 = 3 + 0.11 + 0.26 = 3.37 \text{ m}$; il momento risultante viene applicato alla punta della soletta, la forza risultante di entità inferiore ai 10 kN/m viene trascurata.

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 $100 / 50 \text{ kN}$ applicate con le modalità indicate in figura:

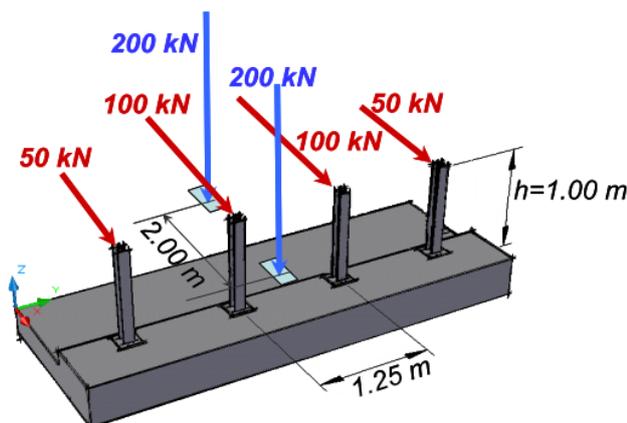


Figura 13.6: Schema di azioni per l'urto dei veicoli

Le suddette condizioni di carico elementari sono state combinate con i coefficienti di cui al paragrafo 5 per il calcolo delle sollecitazioni di progetto di Stato limite ultimo e di esercizio.

In particolare, si è assunta, nella condizione di urto, la presenza concomitante di un asse del veicolo LM2 accostato al cordolo laterale.

Le azioni variabili da traffico sono state inoltre amplificate di un coefficiente dinamico pari ad 1.3 in corrispondenza della zona di bordo.

13.1.2 Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE

Le sollecitazioni di momento per unità di lunghezza presenti sul modello FEM nella sezione "corrente" vengono integrate in favore di sicurezza su una sezione di larghezza pari ad 1,25 metri (pari all'interasse dei montanti della barriera).

Le sollecitazioni di momento per unità di lunghezza presenti sul modello FEM nella sezione di "bordo" vengono integrate, in accordo a quanto previsto dalle linee guida ANAS, su una larghezza di 308 cm, pari alla larghezza lorda del carico LM1 ($A=160 \text{ cm}$) + la larghezza di diffusione del carico fino alla mezzzeria della soletta ($B=11 \text{ pavim.} + 13 \text{ metà soletta}=24 \text{ cm}$) + $\frac{1}{4}$ della luce L fra le travi longitudinali ($C=495/4=124 \text{ cm}$).

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

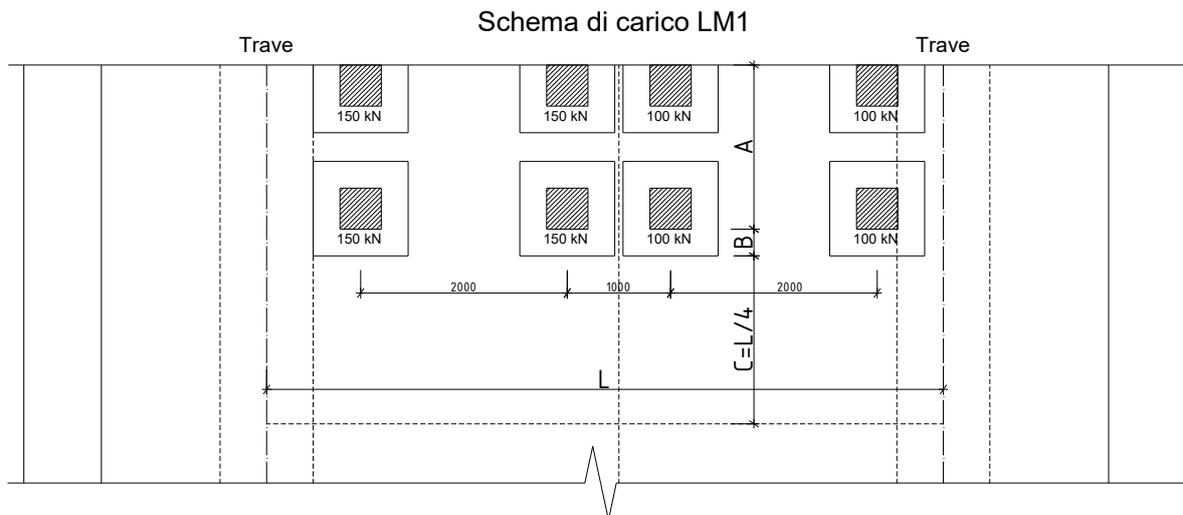


Figura 13.7: Schema per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni di "bordo"

Le massime sollecitazioni di taglio lato sbalzo e lato campata, in corrispondenza della trave principale e della trave di spina, vengono invece ricavate da modelli analitici, posizionando le impronte dei carichi concentrati più gravosi diffusi a 45° fino a metà della soletta, nelle posizioni più vicine possibili al filo dell'ala della piattabanda superiore assunta come sezione di verifica.

La verifica a taglio viene effettuata nella sezione "cornete" e in quella di "bordo"; il taglio in questa ultima è sicuramente più grande di quello nella sezione "corrente" dove la larghezza di redistribuzione degli stessi carichi è più grande e non è applicata l'amplificazione dinamica.

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.

Nel presente caso la sezione più sollecitata, come si vedrà in seguito, è quella a filo piattabanda della trave di spina, con carico LM1 posizionato a filo ala (per la zona "corrente") e con carico LM2 posizionato a filo ala (per la zona "d ibordo").

Le sollecitazioni di taglio al metro lineare derivano dalla distanza di ogni gruppo di carichi dalla sezione di verifica, come indicato nelle Linee guida Anas.

Ad esempio per l'asse 1 del carico tandem, il più vicino alla sezione di "bordo" di verifica, la lunghezza su cui la azione si redistribuisce, è pari a $F1=228$ cm, pari alla larghezza lorda del carico LM1 ($A=160$ cm) + la larghezza di diffusione del carico fino alla mezzera della soletta ($B=11$ pavim. + 13 metà soletta=24 cm) + distanza dell'asse del tandem dalla sezione di verifica ($D=44$ cm), analogamente si ricavano le lunghezze F_i su cui si redistribuisce l'azione di taglio.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

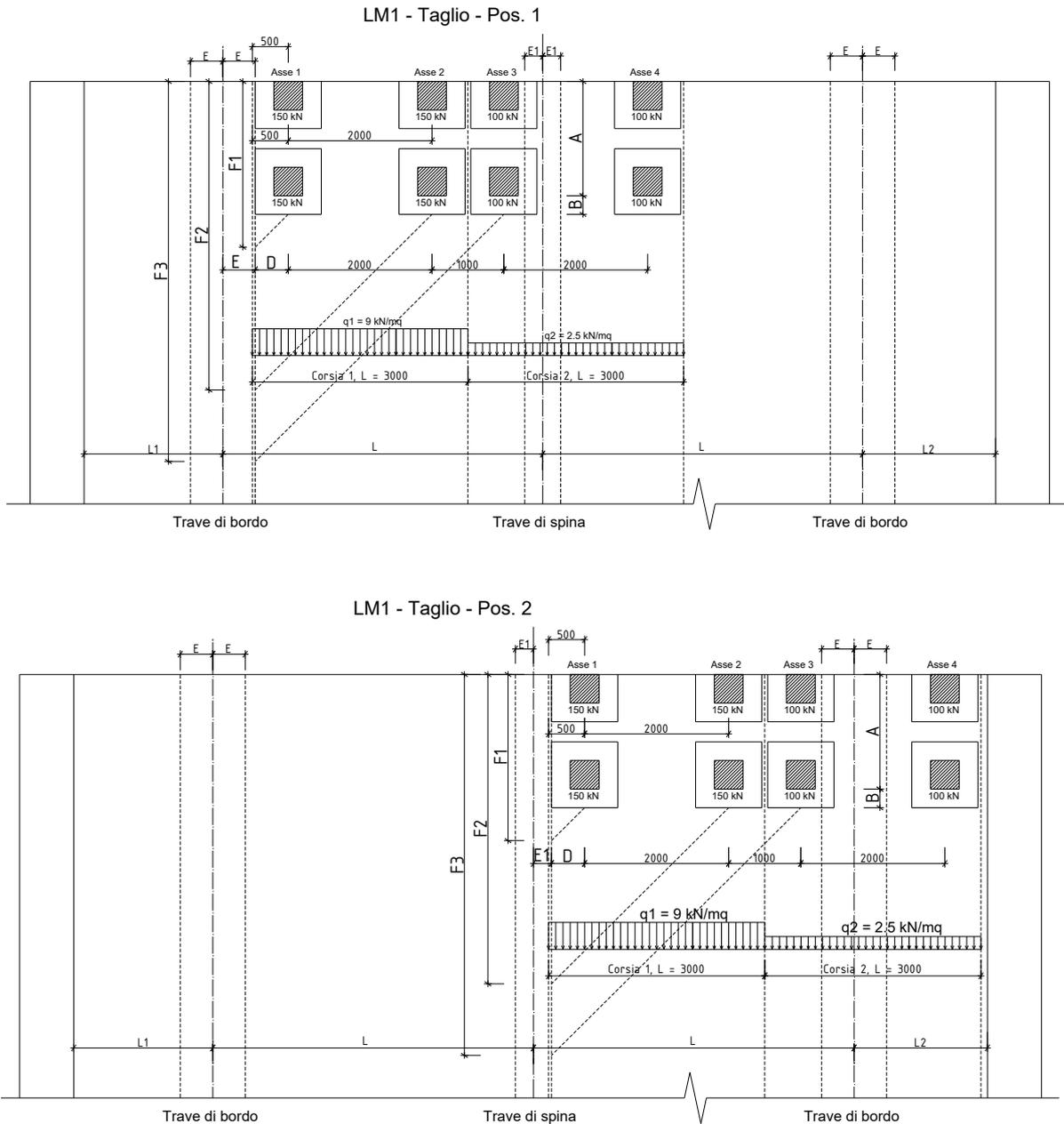


Figura 13.8: Schemi per individuare la larghezza di distribuzione delle azioni, per la verifica a taglio delle sezioni di "bordo" a filo trave principale e a filo trave di spina

Di seguito il calcolo del taglio sollecitante massimo $T (=V_{Ed})$ in appoggio, lato campata, su trave principale e in appoggio su trave di spina, derivante dal carico LM1 in campata, posizionato come mostrato nelle due figure precedenti, per la sezione di "bordo" e 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 agli elementi finiti, su tre appoggi, più gli sbalzi, con le dimensioni reali della sezione trasversale e i carichi da traffico posti nelle due posizioni sopra descritte.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

TRAVE ESTERNA - Taglio LM1										
	Tk' (kN)	A (m)	B (m)	D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Tandem asse 1	239	1.6	0.24	0.44	2.28	104.82	kN/m	1.3	1.35	183.97
Tandem asse 2	100.9	1.6	0.24	2.44	4.28	23.57	kN/m	1.3	1.35	41.37
Tandem asse 3	30.41	1.6	0.24	3.44	5.28	5.76	kN/m	1.3	1.35	10.11
Tandem asse 4	-13.08	1.6	0.24	5.44	7.28	-1.80	kN/m	1.3	1.35	-3.15
UDL 1	15.22					15.22	kN/m	1.3	1.35	26.71
UDL 2	0.27					0.27	kN/m	1.3	1.35	0.47
T perm	16.86					16.86	kN/m	1	1.35	22.76
T totale										282.24
TRAVE SPINA - Taglio LM1										
	Tk' (kN)	A (m)	B (m)	D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Tandem asse 1	278.2	1.6	0.24	0.44	2.28	122.02	kN/m	1.3	1.35	214.14
Tandem asse 2	169.3	1.6	0.24	2.44	4.28	39.56	kN/m	1.3	1.35	69.42
Tandem asse 3	66.66	1.6	0.24	3.44	5.28	12.63	kN/m	1.3	1.35	22.16
Tandem asse 4	-33.29	1.6	0.24	5.44	7.28	-4.57	kN/m	1.3	1.35	-8.03
UDL 1	20.28					20.28	kN/m	1.3	1.35	35.59
UDL 2	0.63					0.63	kN/m	1.3	1.35	1.11
T perm	20.08					20.08	kN/m	1	1.35	27.11
T totale										361.50

Tabella 13.1: Calcolo taglio massimo a filo trave principale e a filo trave di spina, per carico LM1, per zona di "bordo"

Per quanto riguarda i carichi da traffico LM2 posizionati in campata in modo analogo a quanto fatto per i carichi LM1, a filo piattabande, si ha:

TRAVE ESTERNA - Taglio LM2 da modello										
	Tk' (kN)	A (m)	B (m)	D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Ruota 1	155.4	0.35	0.24	0.54	1.13	137.52	kN/m	1.3	1.35	241.35
Ruota 2	64.03	0.35	0.24	2.54	3.13	20.46	kN/m	1.3	1.35	35.90
T perm	16.86					16.86	kN/m	1	1.35	22.76
T totale										300.01
TRAVE SPINA - Taglio LM2 da modello										
	Tk' (kN)	A (m)	B (m)	D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Ruota 1	183.3	0.35	0.24	0.54	1.13	162.21	kN/m	1.3	1.35	284.68
Ruota 2	109.4	0.35	0.24	2.54	3.13	34.95	kN/m	1.3	1.35	61.34
T perm	20.08					20.08	kN/m	1	1.35	27.11
T totale										373.13

Tabella 13.2: Calcolo taglio massimo a filo trave principale e a filo trave di spina, per carico LM2, per zona di "bordo"

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Di seguito il calcolo del taglio sollecitante massimo $T (=V_{Ed})$ derivante dal carico LM1 e dal carico LM2, per la sezione "corrente".

TRAVE ESTERNA - Taglio LM1										
	Tk' (kN)	A (m)	2*B (m)	2*D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Tandem asse 1	239	1.6	0.48	0.88	2.96	80.74 kN/m		1	1.35	109.00
Tandem asse 2	100.9	1.6	0.48	4.88	6.96	14.50 kN/m		1	1.35	19.57
Tandem asse 3	30.41	1.6	0.48	6.88	8.96	3.39 kN/m		1	1.35	4.58
Tandem asse 4	-13.08	1.6	0.48	10.88	12.96	-1.01 kN/m		1	1.35	-1.36
UDL 1	15.22					15.22 kN/m		1	1.35	20.55
UDL 2	0.27					0.27 kN/m		1	1.35	0.36
T perm	16.86					16.86 kN/m		1	1.35	22.76
T totale										175.47
TRAVE SPINA - Taglio LM1										
	Tk' (kN)	A (m)	2*B (m)	2*D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Tandem asse 1	278.2	1.6	0.48	0.88	2.96	93.99 kN/m		1	1.35	126.88
Tandem asse 2	169.3	1.6	0.48	4.88	6.96	24.32 kN/m		1	1.35	32.84
Tandem asse 3	66.66	1.6	0.48	6.88	8.96	7.44 kN/m		1	1.35	10.04
Tandem asse 4	-33.29	1.6	0.48	10.88	12.96	-2.57 kN/m		1	1.35	-3.47
UDL 1	20.28					20.28 kN/m		1	1.35	27.38
UDL 2	0.63					0.63 kN/m		1	1.35	0.85
T perm	20.08					20.08 kN/m		1	1.35	27.11
T totale										221.63

Tabella 13.3: Calcolo taglio massimo a filo trave principale e a filo trave di spina, per carico LM1, per zona "corrente"

TRAVE ESTERNA - Taglio LM2 da modello										
	Tk' (kN)	A (m)	2*B (m)	2*D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Ruota 1	155.4	0.35	0.48	1.08	1.91	81.36 kN/m		1	1.35	109.84
Ruota 2	64.03	0.35	0.48	5.08	5.91	10.83 kN/m		1	1.35	14.63
T perm	16.86					16.86 kN/m		1	1.35	22.76
T totale										147.22
TRAVE SPINA - Taglio LM2 da modello										
	Tk' (kN)	A (m)	2*B (m)	2*D (m)	F _i (m)	Tk (kN/m)		cd	γ SLU	T SLU (kN/m)
Ruota 1	183.3	0.35	0.48	1.08	1.91	95.97 kN/m		1	1.35	129.56
Ruota 2	109.4	0.35	0.48	5.08	5.91	18.51 kN/m		1	1.35	24.99
T perm	20.08					20.08 kN/m		1	1.35	27.11
T totale										181.66

Tabella 13.4: Calcolo taglio massimo a filo trave principale e a filo trave di spina, per carico LM2, per zona "corrente"

Si ha in definitiva un **taglio massimo** pari a:

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

$V_{Ed} = 373.13 \text{ kN/m}$ (determinato dal carico LM2 sulla trave di spina) per la zona di "bordo";

$V_{Ed} = 221.63 \text{ kN/m}$ (determinato dal carico LM1 sulla trave di spina) per la zona di "corrente".

Nella tabella seguente vengono riportati i valori delle sollecitazioni massime, agenti su sezioni larghe 1 m, derivanti dalle operazioni descritte in precedenza; per il taglio viene riportato il valore per le sezioni a filo ala della trave principale e della trave di spina.

	Sezione \ fascia	Larghezza b di integrazione (m)	Sforzo normale	Momento My su b [kN*m]	Sforzo normale	Momento My su 1 m [kN*m]	Taglio Fz su 1 m [kN]
			Fx su b [kN] (+ traz.)		Fx su 1 m [kN] (+ traz.)		
SLU fond.	Appoggio tr. princ. \ corrente	1.25	-	71.24	-	56.99	175.47
	Appoggio tr. princ. \ bordo	3.08	-	183.90	-	59.71	300.01
	Appoggio tr. spina \ corrente	1.25	-	196.10	-	156.88	221.63
	Appoggio tr. spina \ bordo	3.08	-	757.90	-	246.07	373.13
	Campata \ corrente	1.25	-	-168.00	-	-134.40	-
	Campata \ bordo	3.08	-	-670.30	-	-217.63	-
SLU eccez.	Appoggio tr. princ. \ corrente	1.25	91.38	124.30	73.10	99.44	-
	Appoggio tr. princ. \ bordo	3.08	243.80	339.10	79.16	110.10	-
SLE caratt.	Appoggio tr. princ. \ corrente	1.25	-	51.35	-	41.08	-
	Appoggio tr. princ. \ bordo	3.08	-	132.80	-	43.12	-
	Appoggio tr. spina \ corrente	1.25	-	144.90	-	115.92	-
	Appoggio tr. spina \ bordo	3.08	-	560.60	-	182.01	-
	Campata \ corrente	1.25	-	-123.90	-	-99.12	-
	Campata \ bordo	3.08	-	-495.20	-	-160.78	-
SLE freq.	Appoggio tr. princ. \ corrente	1.25	-	31.57	-	25.26	-
	Appoggio tr. princ. \ bordo	3.08	-	82.82	-	26.89	-
	Appoggio tr. spina \ corrente	1.25	-	105.60	-	84.48	-
	Appoggio tr. spina \ bordo	3.08	-	407.80	-	132.40	-
	Campata \ corrente	1.25	-	-86.23	-	-68.98	-
	Campata \ bordo	3.08	-	-350.20	-	-113.70	-

Tabella 13.5: 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 generica fascia "corrente" di soletta.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

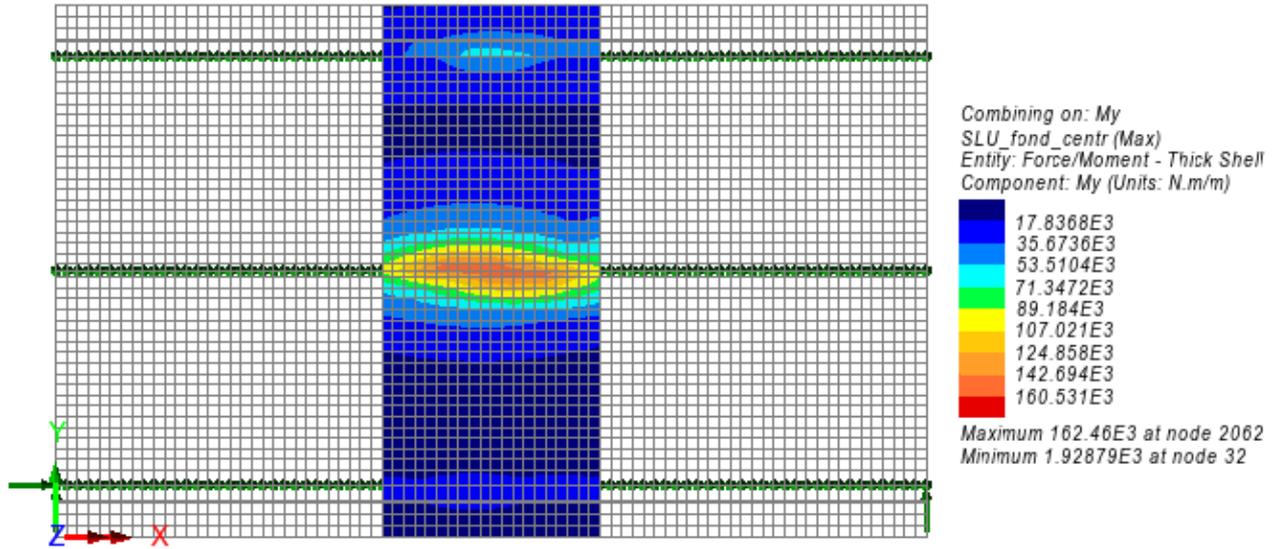


Figura 13.9: SLU fondamentale – Momento My (max)

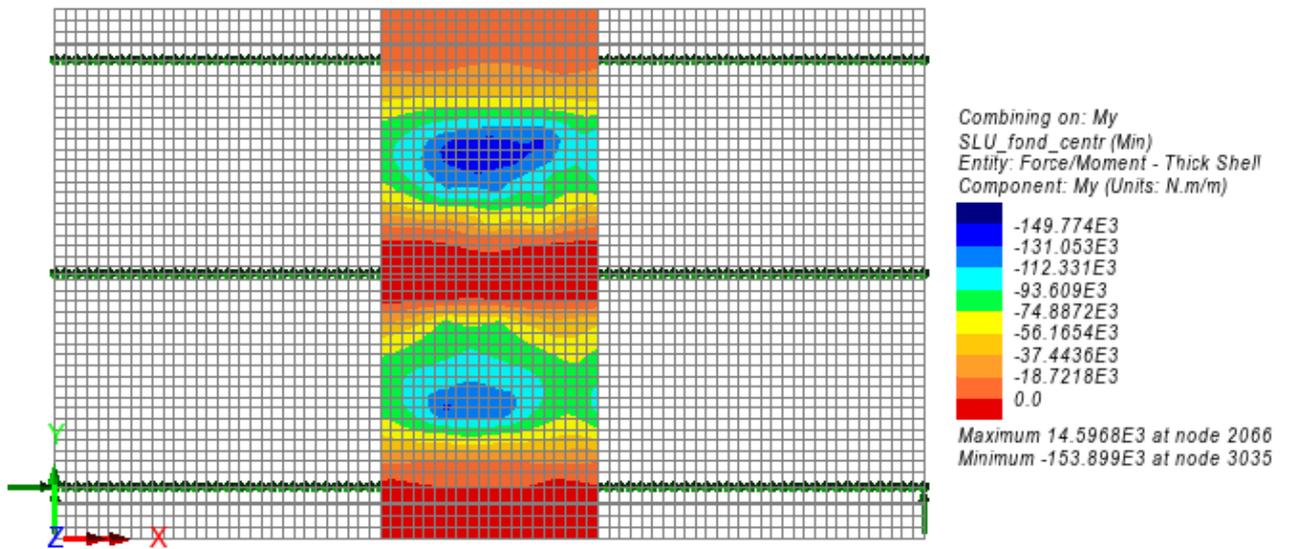


Figura 13.10: SLU fondamentale – Momento My (min)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

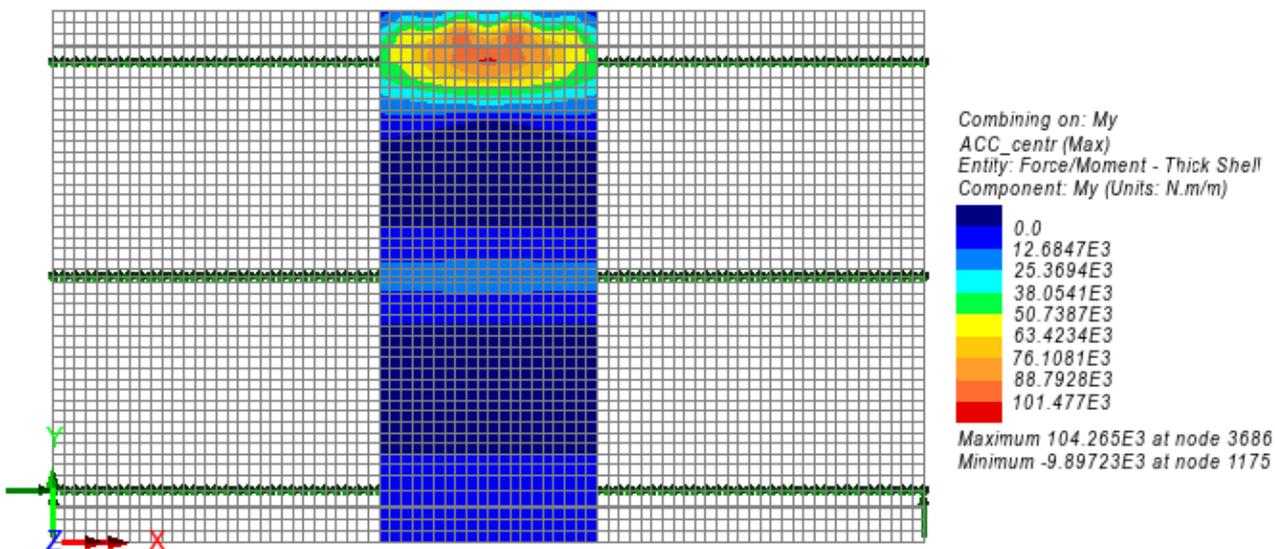


Figura 13.11: SLU eccezionale – Momento My (max)

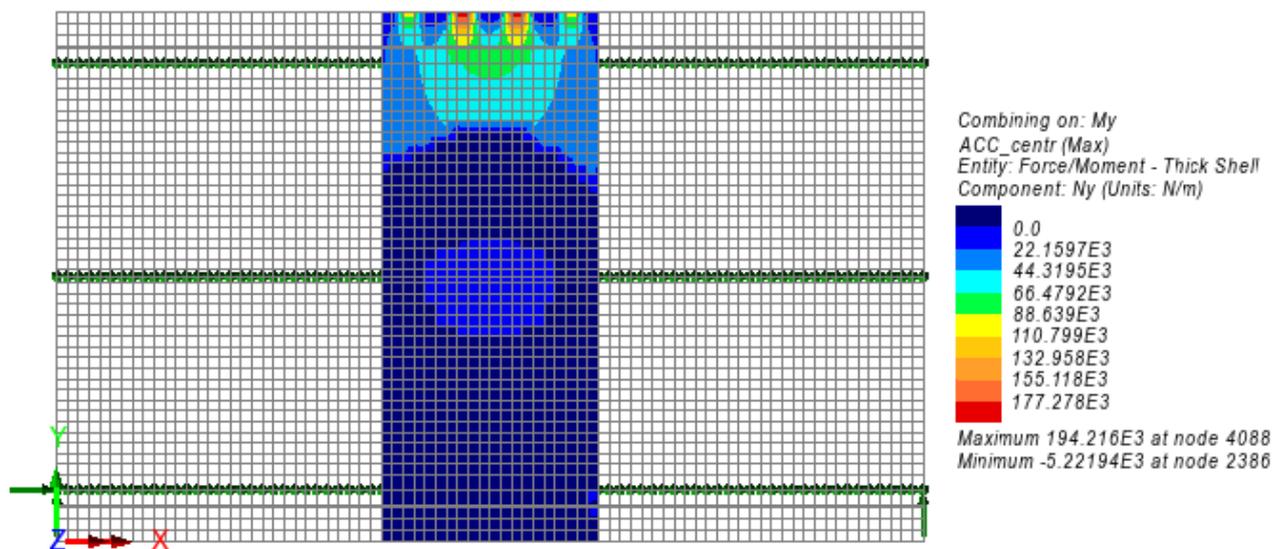


Figura 13.12: SLU eccezionale – Sforzo assiale Ny (max)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

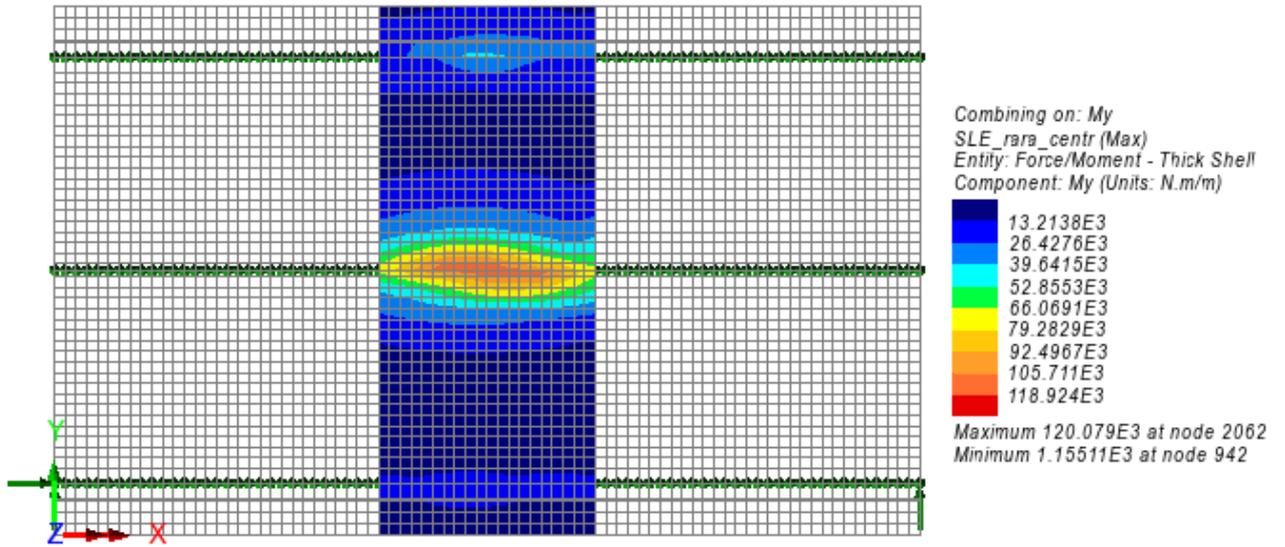


Figura 13.13: SLE rara – Momento My (max)

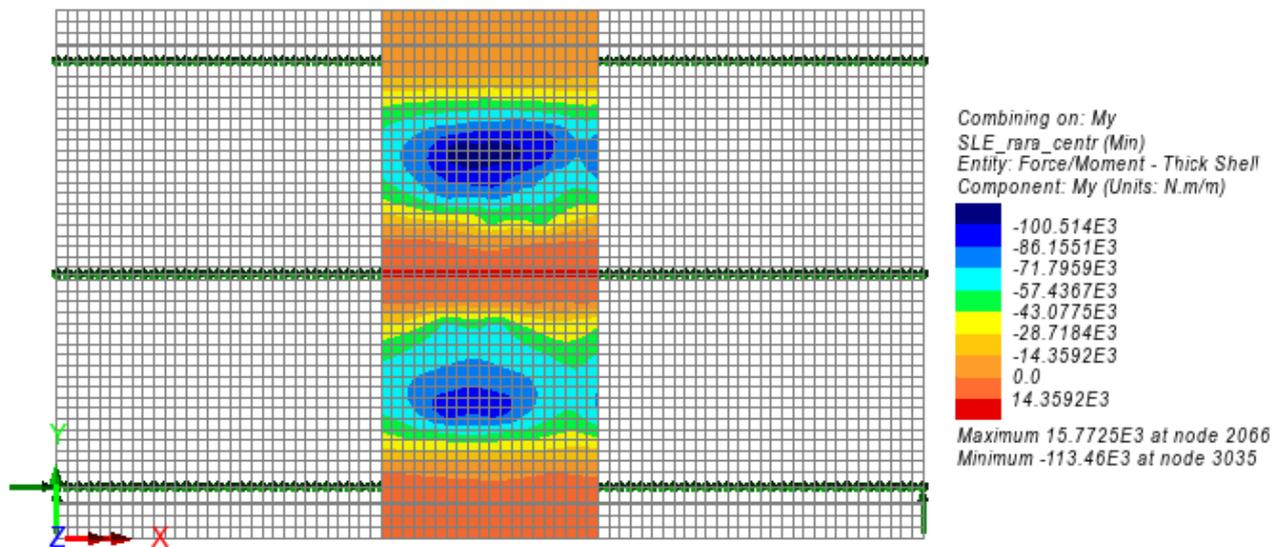


Figura 13.14: SLE rara – Momento My (min)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

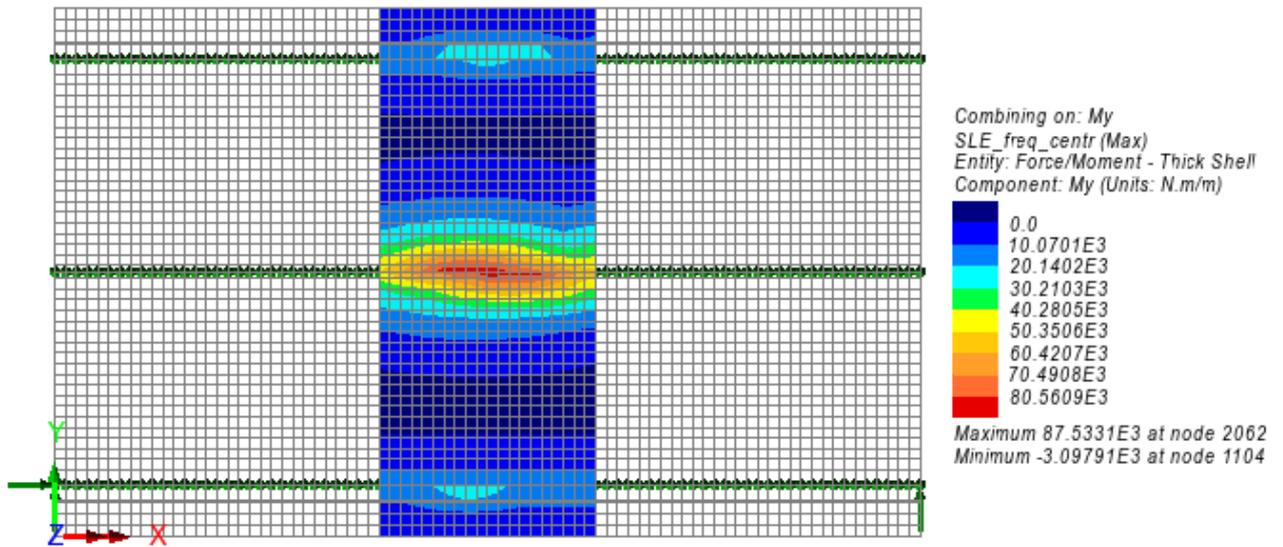


Figura 13.15: SLE frequente – Momento My (max)

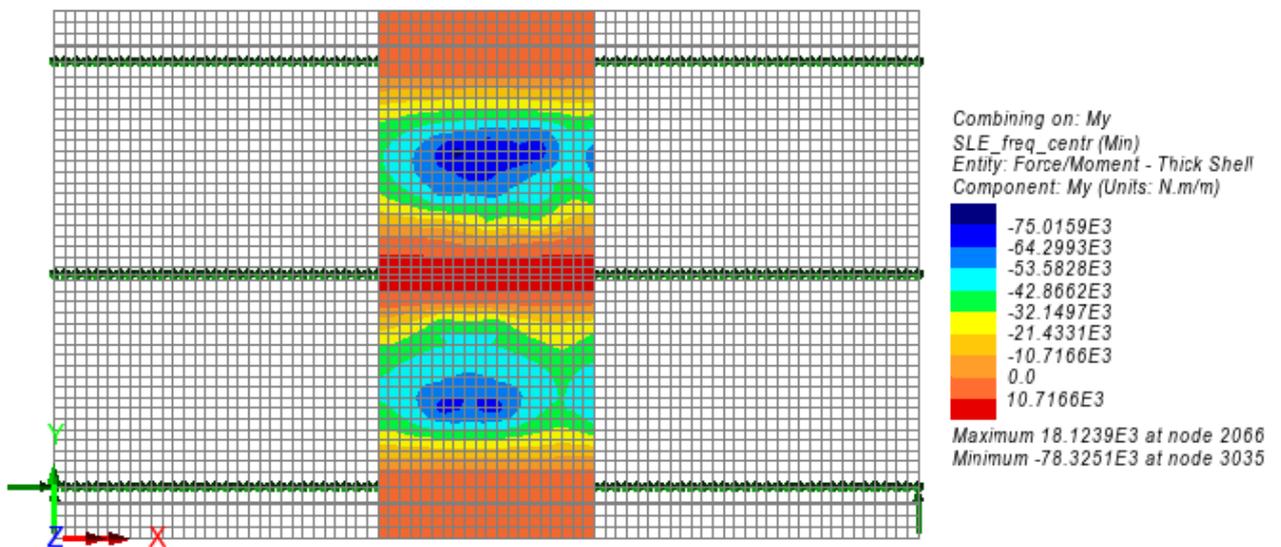


Figura 13.16: SLE frequente – Momento My (min)

Nelle immagini di seguito, si riportano i momenti My massimi e minimi in N*m allo SLU fondamentale, integrati su 1.25 m nella fascia "corrente" di soletta.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

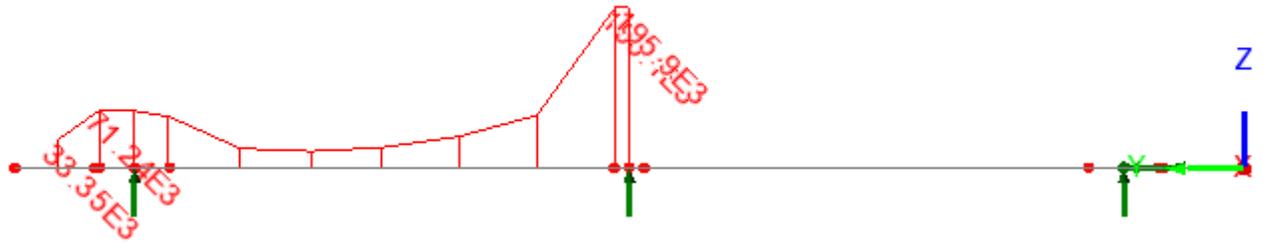


Figura 13.17: SLU fondamentale – Momento M_y integrato su 1.25 m (max)

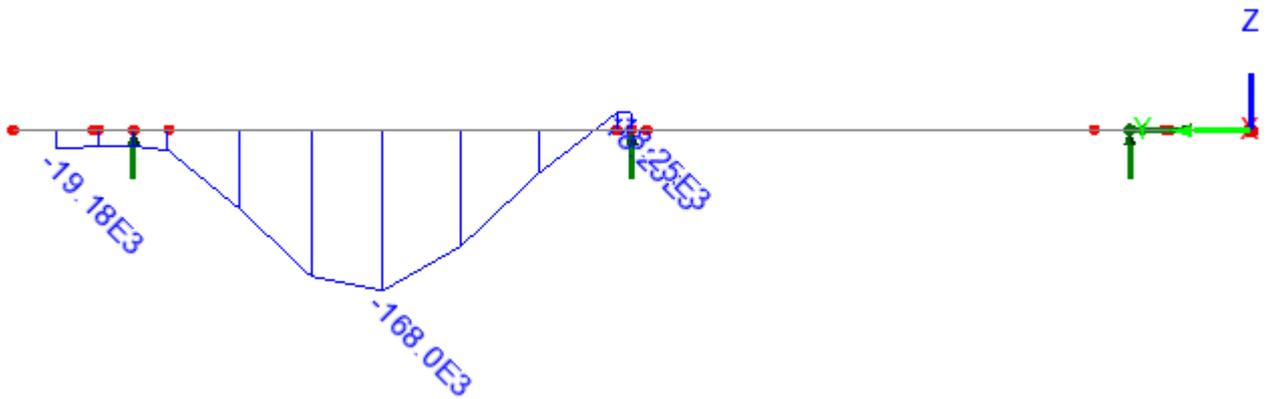


Figura 13.18: SLU fondamentale – Momento M_y integrato su 1.25 m (min)

Nelle immagini di seguito, si riportano le mappature delle sollecitazioni per unità di lunghezza (momenti in $N \cdot m/m$, sforzi assiali in N/m) per una fascia di soletta in corrispondenza del bordo.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

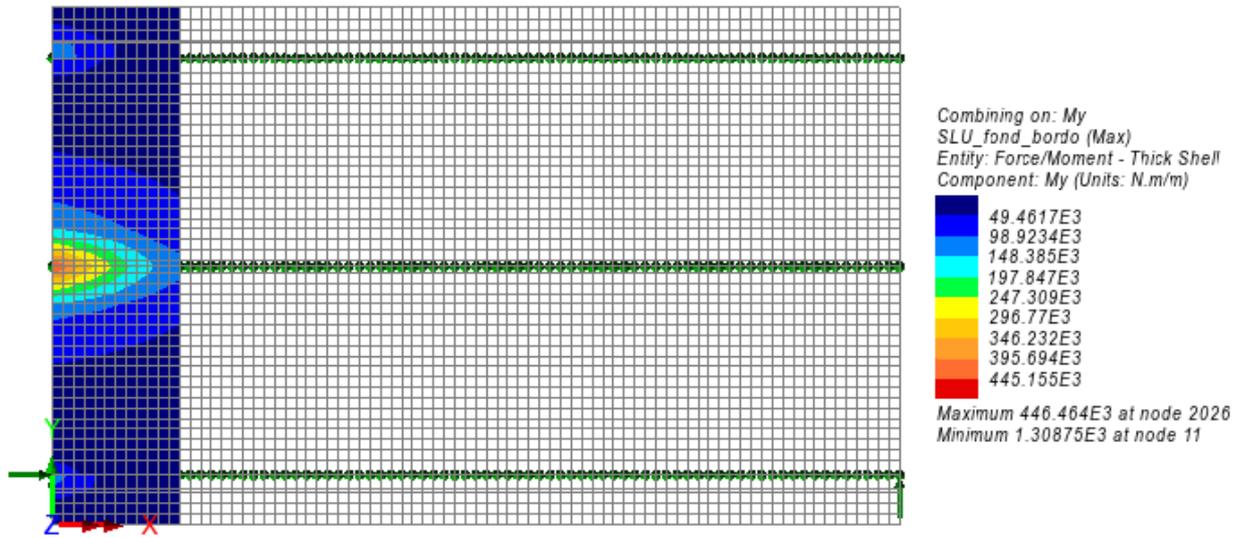


Figura 13.19: SLU fondamentale – Momento My (max)

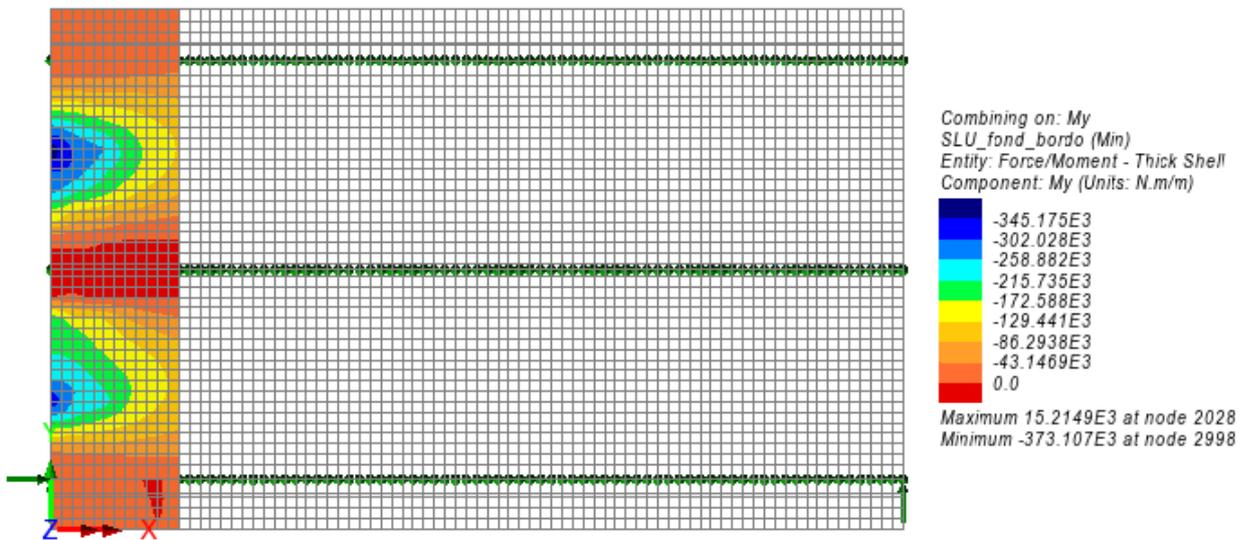


Figura 13.20: SLU fondamentale – Momento My (min)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

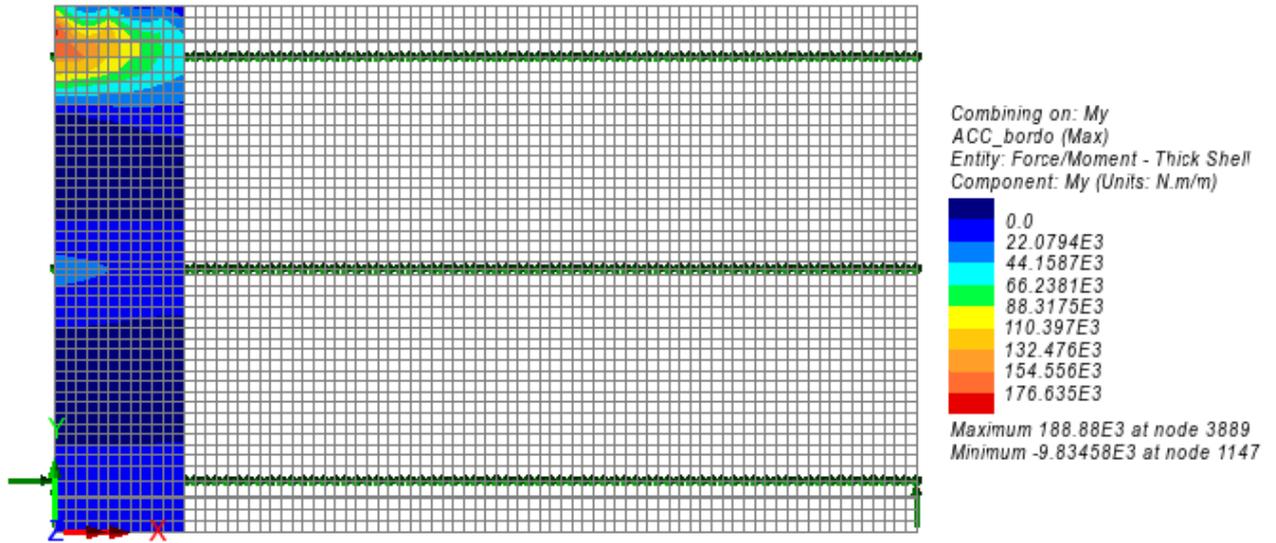


Figura 13.21: SLU eccezionale – Momento My (max)

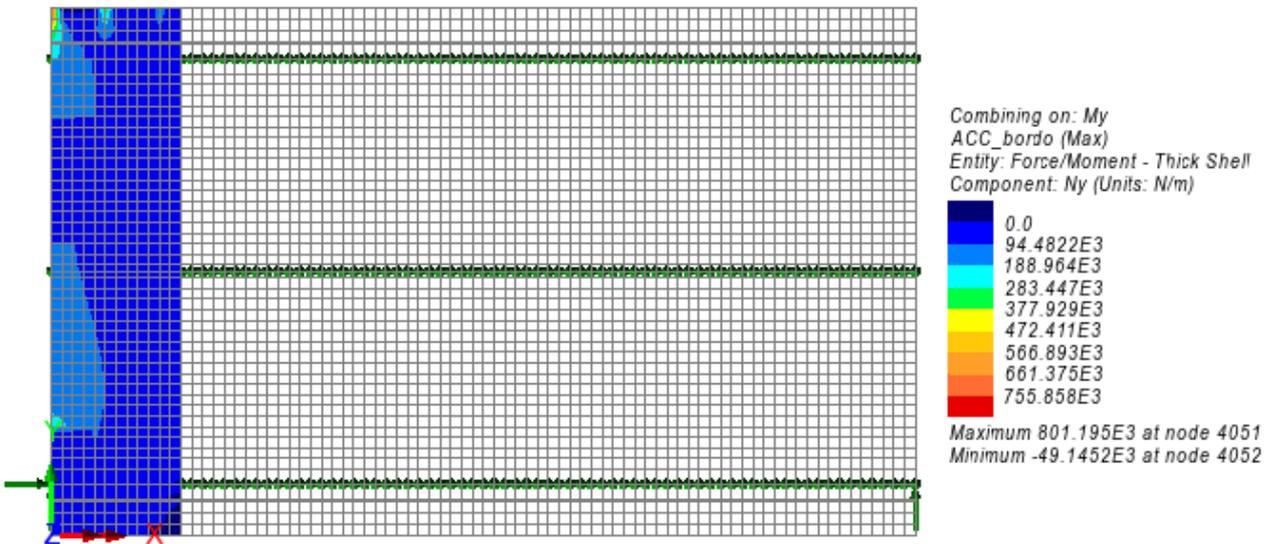


Figura 13.22: SLU eccezionale – Sforzo assiale Ny (max)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

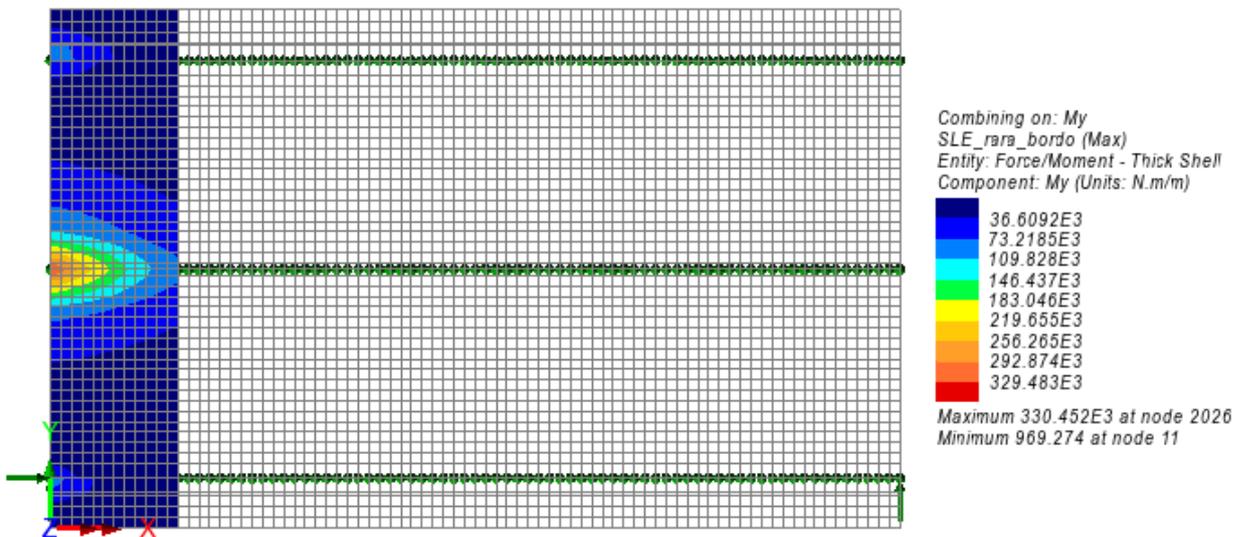


Figura 13.23: SLE rara – Momento My (max)

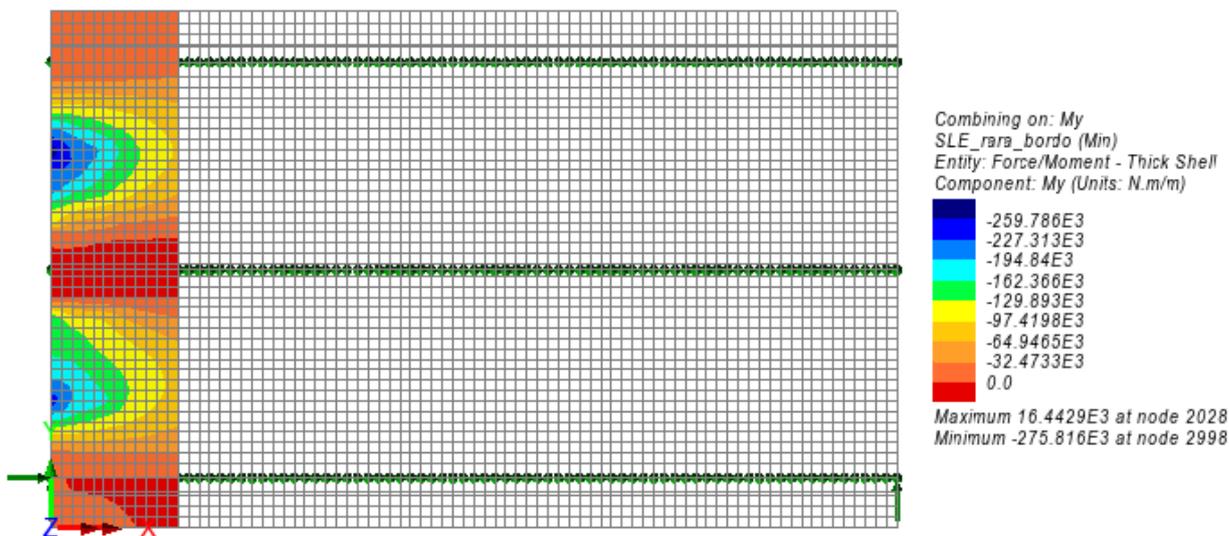


Figura 13.24: SLE rara – Momento My (min)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

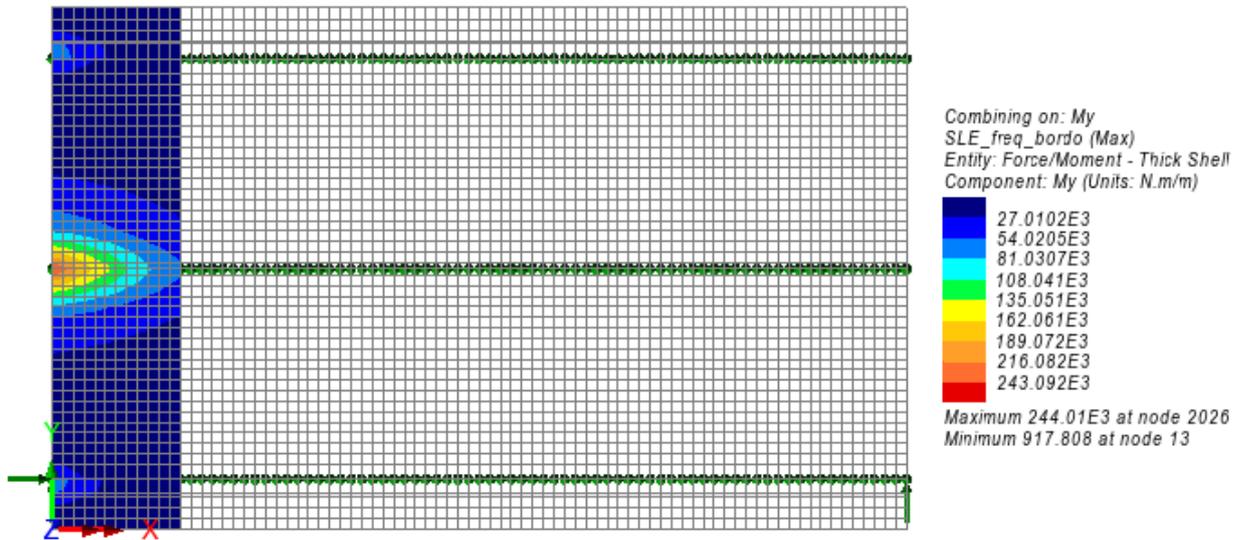


Figura 13.25: SLE frequente – Momento My (max)

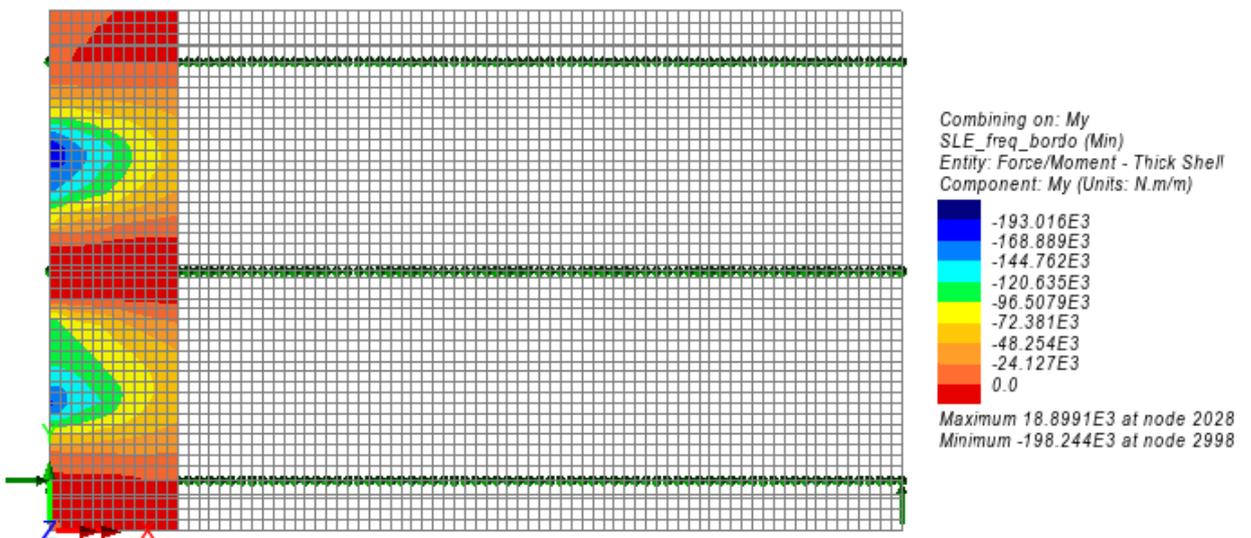


Figura 13.26: SLE frequente – Momento My (min)

Nelle immagini di seguito, si riportano i momenti My massimi e minimi in N*m allo SLU fondamentale, integrati su 3.08 m a "bordo" soletta.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

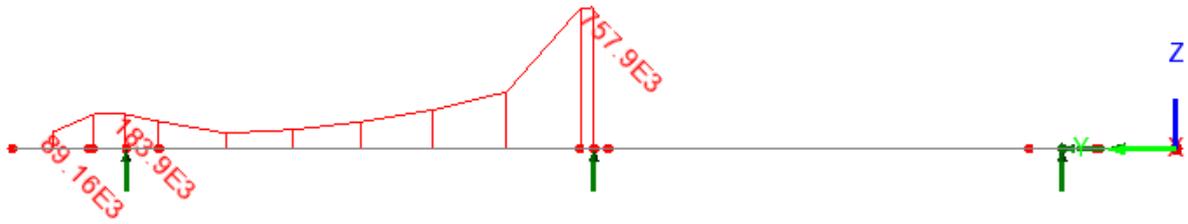


Figura 13.27: SLU fondamentale – Momento M_y integrato su 3.08 m (max)

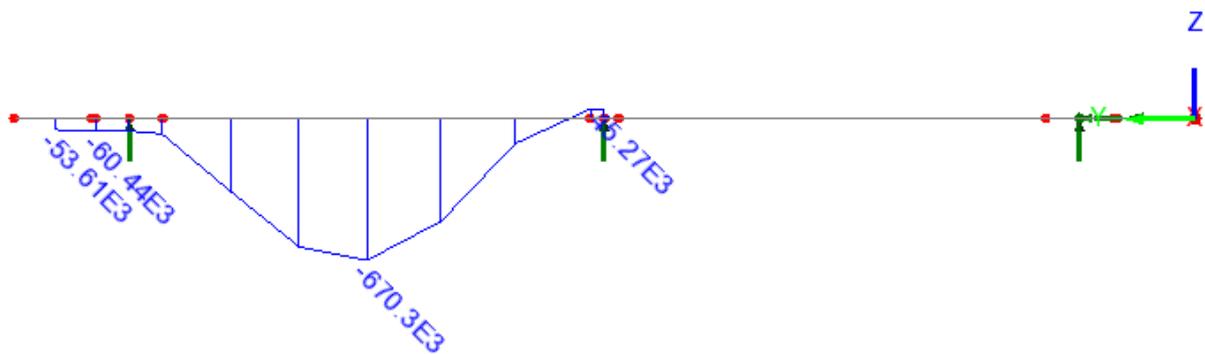


Figura 13.28: SLU fondamentale – Momento M_y integrato su 3.08 m (min)

13.1.3 Verifica campo "corrente" soletta

13.1.3.1 Verifica a presso\tenso flessione delle sezioni in appoggio sulla trave principale

La sezione considerata ha dimensioni 100x26 cm ed è armata sia superiormente che inferiormente con $\phi 20/20$ cm; si trascura in favore di sicurezza l'armatura della predalle. Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente. Per la verifica in combinazione eccezionale vengono utilizzati in via cautelativa gli stessi coefficienti γ dei materiali utilizzati per la verifica allo SLU fondamentale.

Di seguito si indica con:

Comb. 1: SLU fondamentale\SLE rara\SLE freq – sezione in appoggio su trave principale

Comb. 2: SLU eccezionale – sezione in appoggio su trave principale

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Sezione_corrente_app_tr_princ

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	Asse x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

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:	3.020	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.200	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.200	MPa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	26.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Barre superiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	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	0.00	-56.99	0.00	0.00
2	-73.10	-99.44	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-41.08

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-25.26 (-39.95)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	12.0	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]									
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	-56.99	-0.16	-124.99	2.193	5.8	0.28	0.78	31.4 (3.7)
2	S	-73.10	-99.44	-73.23	-119.98	1.208	5.6	0.27	0.77	31.4 (3.7)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato 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	-0.00074	7.0	-0.00922	21.0				
2	0.00350	0.0	-0.00089	7.0	-0.00966	21.0				

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)									
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]									
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)									
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [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.									

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\phi/2)$ 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	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.55	0.0	0.00	7.7	-143.7	7.0	6.1	610	15.7	21.5

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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ 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	-0.00099	0.00042	0.50	0.60	0.000431 (0.000431)	268	0.116 (990.00)	-
39.95									

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.42	0.0	0.00	7.7	-88.4	7.0	6.1	610	15.7	21.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00061	0.00026	0.50	0.60	0.000265 (0.000265)	268	0.071 (0.20)	-
39.95									

13.1.3.2 Verifica a flessione delle sezioni in campata fra le travi

La sezione considerata ha dimensioni 100x26 cm ed è armata superiormente con $\phi 20/20$ cm ed inferiormente con $\phi 20/10$ cm; si trascura in favore di sicurezza l'armatura della predalle. Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Sezione_corrente_camp

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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:	3.020	MPa	
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00		
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.200	MPa	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.200	MPa	
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
		Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.00	MPa	
Resist. a snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa	
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa	
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068		
Modulo Elastico Ef:		200000.0	MPa	
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito		
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50		
Comb.Rare - Sf Limite:		360.00	MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	26.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Barre superiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	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	0.00	134.40	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	99.12

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	

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	68.98 (42.34)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.9	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]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	134.40	0.04	193.93	1.443	19.4	0.35	0.87	31.4 (3.3)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato 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	26.0	0.00084	21.0	-0.00661	7.0

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)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	11.65	26.0	0.00	17.2	-201.3	21.0	5.7	573	31.4	9.6

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ 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	-0.00170	0.00087	0.50	0.60	0.000787 (0.000604)	266	0.209 (990.00)	
42.34									

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	8.11	26.0	0.00	17.2	-140.1	21.0	5.7	573	31.4	9.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00118	0.00061	0.50	0.60	0.000481 (0.000420)	266	0.128 (0.20)	
42.34									

13.1.3.3 Verifica a flessione delle sezioni in appoggio sulla trave di spina

La sezione considerata ha dimensioni 100x26 cm ed è armata sia superiormente che inferiormente con $\phi 20/10$ cm; si trascura in favore di sicurezza l'armatura della predalle. Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Sezione_corrente_app_tr_spina

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.200	MPa
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.200	MPa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	26.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	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	0.00	-156.88	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-115.92

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-84.48 (-45.85)

RISULTATI DEL CALCOLO

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.9	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]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	-156.88	-0.05	-214.74	1.369	7.5	0.36	0.88	31.4 (3.7)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato 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	0.00021	7.0	-0.00636	21.0

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)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [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 $5(c+D/2)$ 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	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	11.57	0.0	0.00	9.4	-215.8	7.0	5.5	555	31.4	9.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ 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 45.85	S	-0.00154	0.00087	0.50	0.60	0.000865 (0.000647)	196	0.170 (990.00)	-

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	8.43	0.0	0.00	9.4	-157.3	7.0	5.5	555	31.4	9.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1 45.85	S	-0.00112	0.00063	0.50	0.60	0.000572 (0.000472)	196	0.112 (0.20)	-

13.1.3.4 Verifica a taglio

La verifica a taglio viene effettuata sulla sezione di dimensioni 100x26 cm a filo ala superiore della trave in acciaio di spina, a distanza 15 cm dall'asse, considerando come armatura a taglio le armature dei tralicci delle predalles, costituiti da ferri $\phi 10$ a 2 braccia / 20 cm sulla larghezza di 24 cm, pari a ferri $\phi 10$ a 8.3 braccia / 20 cm sulla larghezza considerata di 100 cm; come altezza utile in via cautelativa, si considera l'altezza del traliccio stesso pari a 135 mm.

La verifica è di seguito riportata.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

VERIFICA A TAGLIO DELLA SOLETTA CONSIDERANDO LE ARMATURE SPECIFICHE A TAGLIO					
d	135 mm				
b _w	1000 mm				
f _{yd}	391.3 N/mm ²				
f _{cd}	18.81 N/mm ²				
f' _{cd}	9.41 N/mm ²				
cot θ	2.50				
φ _w	10 mm			1 ≤ ctg θ ≤ 2,5	
α	54 °				
n bracci	8.3				
s	200 mm				
A _{sw}	652 mm ²				
α _c	1	membrature non compresse			
V _{Rcd} = 0.9 d b _w α _c f' _{cd} (cot α + cot θ) / (1+cot ² θ) =	510.76 kN				
V _{Rsd} = 0.9 d A _{sw} / s f _{yd} (cot α + cot θ) sin α =	403.59 kN				
V _{Rd} = min(V _{Rcd} , V _{Rsd}) =	403.59 kN				
V _{Ed} =	221.63 kN				
c. sic. = V_{Rd}/V_{Ed} =	1.82 > 1			Verifica soddisfatta	

13.1.4 Verifica zona di giunto

13.1.4.1 Verifica a presso\tenso flessione delle sezioni in appoggio sulla trave principale

La sezione considerata ha dimensioni 100x26 cm ed è armata superiormente con φ20/20 cm ed inferiormente con φ24/20 cm; si trascura in favore di sicurezza l'armatura della predalle. Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente. Per la verifica in combinazione eccezionale vengono utilizzati in via cautelativa gli stessi coefficienti γ dei materiali utilizzati per la verifica allo SLU fondamentale.

Di seguito si indica con:

Comb. 1: SLU fondamentale\SLE rara\SLE freq – sezione in appoggio su trave principale

Comb. 2: Comb. eccezionale – sezione in appoggio su trave principale

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: Sezione_bordo_app_tr_princ

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 f _{cd} :	18.13 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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 fik:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	26.0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Barre superiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	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	0.00	-59.71	0.00	0.00
2	-79.16	-110.10	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-43.12

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
---------	---	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

1 0.00 -26.89 (-40.10)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.6 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	0.00	-59.71	-0.25	-126.57	2.120	6.1	0.29	0.80	38.3 (3.7)
2	S	-79.16	-110.10	-79.31	-121.43	1.103	5.9	0.28	0.79	38.3 (3.7)

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	-0.00062	7.2	-0.00853	21.0
2	0.00350	0.0	-0.00074	7.2	-0.00888	21.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.83	0.0	0.00	7.7	-151.0	7.2	6.1	610	15.7	21.4

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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	-0.00104	0.00044	0.50	0.60	0.000453 (0.000453)	268	0.121 (990.00)	-40.10

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	3.64	0.0	0.00	7.7	-94.1	7.2	6.1	610	15.7	21.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00065	0.00027	0.50	0.60	0.000282 (0.000282)	268	0.076 (0.20)	-40.10

13.1.4.2 Verifica a flessione delle sezioni in campata fra le travi

La sezione considerata ha dimensioni 100x26 cm ed è armata superiormente con $\phi 20/20$ cm ed inferiormente con $\phi 24/10$ cm; si trascura in favore di sicurezza l'armatura della predalle. Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: Sezione_bordo_camp

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2	MPa
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2	MPa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.0 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	26.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	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	0.00	217.63	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	160.78

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	113.70 (44.55)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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	0.00	217.63	0.20	261.53	1.202	17.2	0.47	1.00	45.2 (3.3)

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	26.0	0.00152	21.0	-0.00396	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 $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	17.34	26.0	0.00	16.1	-234.2	21.0	5.4	537	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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ 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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

		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	-0.00212	0.00130	0.50	0.60	0.001009	(0.000702)	252	0.255	(990.00)	44.55

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	12.26	26.0	0.00	16.1	-165.6	21.0	5.4	537	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	-0.00150	0.00092	0.50	0.60	0.000666	(0.000497)	252	0.168	(0.20)	44.55

13.1.4.3 Verifica a flessione delle sezioni in appoggio sulla trave di spina

La sezione considerata ha dimensioni 100x26 cm ed è armata superiormente con $\phi 20/20$ cm + $\phi 24/20$ cm ed inferiormente con $\phi 24/10$ cm; si trascura in favore di sicurezza l'armatura della predalle. Vengono effettuate le verifiche allo SLU fondamentale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente.

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: Sezione_bordo_app_tr_spina

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Resist. a snerv. di progetto f_{yd} :	391.3	MPa
Resist. ultima di progetto f_{td} :	391.3	MPa
Deform. ultima di progetto E_{pu} :	0.068	
Modulo Elastico E_f :	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.0	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	26.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	5Ø20 + 5Ø24	(38.3 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	0.00	-246.07	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-182.01

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-132.40 (-47.96)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.3	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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	-246.07	0.10	-249.43	1.014	8.0	0.39	0.92	38.3 (3.6)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00036	7.2	-0.00558	20.8

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
1	S	16.72	0.0	0.00	9.7	-287.5	7.2	5.4	544	38.3	9.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00211	0.00125	0.50	0.60	0.001255 (0.000862)	193	0.242 (990.00)	-

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

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	12.16	0.0	0.00	9.7	-209.1	7.2	5.4	544	38.3	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	-0.00154	0.00091	0.50	0.60	0.000863 (0.000627)	193	0.166 (0.20)	-47.96

13.1.4.4 Verifica a taglio

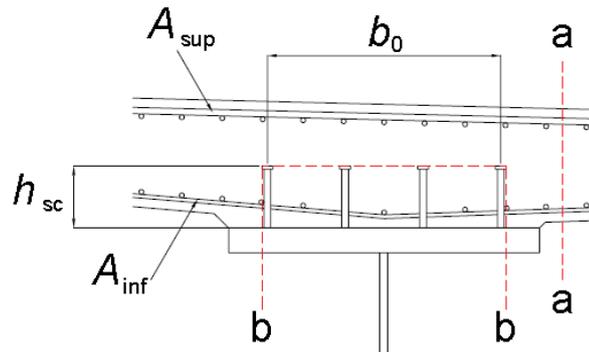
La verifica a taglio viene effettuata sulla sezione di dimensioni 100x26 cm a filo ala superiore della trave in acciaio di spina, a distanza 15 cm dall'asse, utilizzando come armatura a taglio delle spille $\phi 12/20 \times 20$ cm. La verifica è di seguito riportata.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SOLETTA CONSIDERANDO LE ARMATURE SPECIFICHE A TAGLIO	
d	208 mm
b _w	1000 mm
f _{yd}	391.3 N/mm ²
f _{cd}	18.81 N/mm ²
f' _{cd}	9.41 N/mm ²
cot θ	2.50
φ _w	12 mm
α	90 °
n bracci	5
s	200 mm
A _{sw}	565 mm ²
α _c	1 membrane non compresse
$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) =$	607.22 kN
$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw} / s f_{yd} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha =$	517.78 kN
$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) =$	517.78 kN
V _{Ed} =	373.13 kN
c. sic. = V_{Rd}/V_{Ed} =	1.39 > 1
	Verifica soddisfatta

13.2 RESISTENZA AL TAGLIO LONGITUDINALE

Il massimo sforzo di scorrimento all'interfaccia trave-soletta è determinato sulla base delle sollecitazioni riscontrate nel modello globale della struttura ed è utilizzato nel progetto della piolatura. Bisogna assicurarsi, in accordo al 6.6.6 dell' Eurocodice 4, che il massimo sforzo di taglio longitudinale sia sopportato anche da una qualunque sezione della soletta a filo della trave, come meglio esplicitato in figura.

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

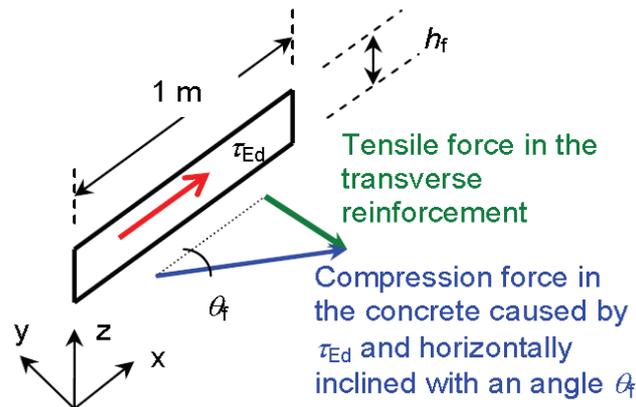


Nella tabella seguente si riportano i dati necessari alla verifica:

$A_{f_{sup}}$	1571.0	mmq	armatura superiore trasversale per unità di lunghezza di soletta
$A_{f_{inf}}$	1571.0	mmq	armatura inferiore trasversale per unità di lunghezza di soletta
V_{Ed}	1323	KN/m	azione di taglio longitudinale sui connettori per unità di lunghezza

Di seguito si riportano nel dettaglio le verifiche nelle due sezioni d'interesse a-a e b-b.

13.2.1 Verifica della sezione a-a



$V_{Ed,a}$	661.5	N/mm	azione di taglio longitudinale agente sulla sezione di verifica a-a
h_f	260	mm	altezza sezione di soletta reagente
τ_{Ed}	2.544	N/mmq	tensione media di taglio longitudinale sulla soletta
A_s	3142.0	mmq/m	area resistente delle armature

Verifica dell'armatura trasversale

$\cotan(\theta_f)$	1.25		
θ_f	0.67	rad	
f_{sd}	391.3	N/mmq	resistenza delle barre

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

f_{Ed} 168.43 N/mm² tensione di sollecitazione sulle barre per taglio longitudinale

f_{sd} > f_{Ed} **VERIFICA SODDISFATTA**

Verifica della biella compressa del calcestruzzo

f_{ck} **33.2** N/mm² resistenza caratteristica a compressione

γ_c **1.5** coefficiente parziale calcestruzzo

ν 0.52032 fattore di riduzione della resistenza a taglio

f_{cd} 18.37 N/mm² resistenza di calcolo del calcestruzzo

f_{Ed} 10.02 N/mm² tensione di sollecitazione delle barre per taglio longitudinale

f_{cd} > f_{Ed} **VERIFICA SODDISFATTA**

13.2.2 Verifica della sezione b-b

Nella tabella di seguito si riportano i dati geometrici d'interesse utilizzati nella verifica della sezione b-b.

$V_{Ed,b}$ 1323 N/mm azione di taglio longitudinale agente sulla sezione di verifica b-b

bo **700** mm distanza massima trasversale tra i connettori

ϕ_{conn} **19** mm diametro connettori

h_{conn} **220** mm altezza connettori

hf 1159 mm lunghezza della superficie di taglio

τ_{Ed} 1.142 Mpa tensione media di taglio longitudinale sulla soletta

As 3142 mm²/m area resistente delle armature

Verifica dell'armatura trasversale

$\cotan(\theta_f)$ **1.25**

θ_f **0.67** rad

f_{sd} **391.3** Mpa resistenza delle barre

f_{Ed} 336.86 Mpa tensione di sollecitazione delle barre per taglio longitudinale

f_{sd} > f_{Ed} **VERIFICA SODDISFATTA**

ALLEGATO 1 – DETTAGLIO VERIFICHE

Sezione C2_4

Sezione C2_5

Sezione C3_7

Sezione C4_cracked_9

Sezione C5_12

Sezione C6_14

Sezione C7_18

Sezione C2 4

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x40 mm
Piattabanda inferiore	1200x50 mm
Anima	18x1310 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4784x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidimenti verticali

Interasse	4350 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.236E+5	1.946E+5	1.967E+5	1.841E+5	2.919E+5	1.386E+5
Z _G (mm)	593.331	944.637	951.225	909.537	1149.726	695.986
J _y (mm ⁴)	4.782E+10	8.983E+10	9.063E+10	8.559E+10	1.147E+11	5.987E+10
W _{y,0} (mm ³)	-8.059E+7	-9.51E+7	-9.527E+7	-9.41E+7	-9.978E+7	-8.601E+7
W _{y,1} (mm ³)	-8.801E+7	-1.004E+8	-1.006E+8	-9.958E+7	-1.043E+8	-9.267E+7
W _{y,3} (mm ³)	6.237E+7	2.163E+8	2.217E+8	1.9E+8	5.456E+8	9.016E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.928E+7	1.973E+8	2.019E+8	1.745E+8	4.584E+8	8.503E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.743E+8	1.781E+8	1.555E+8	3.697E+8	7.836E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.647E+8	1.682E+8	1.475E+8	3.371E+8	7.54E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.392E+8	1.419E+8	1.258E+8	2.606E+8	6.696E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.256E+8	1.279E+8	1.141E+8	2.248E+8	6.21E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.41E+7	5.518E+7	5.557E+7	5.307E+7	6.748E+7	4.026E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.676E+7	6.238E+7	6.288E+7	5.972E+7	7.837E+7	4.401E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.147E+7	6.083E+7	6.138E+7	5.79E+7	7.797E+7	4.005E+7
S _{y,4} (mm ³)	3.725E-9	4.341E+7	4.423E+7	3.908E+7	6.876E+7	1.269E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-2.09E+4	1.77E+5	-3.87E+6	2.54E+5
2a	1.91E+2	3.83E+4	-1.72E+6	9.25E+4
2b	-5.14E+5	1.07E+5	1.31E+6	1.42E+5
Rit.Iso	-4.08E+6	0	-2.48E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	1.3E+5	-7.2E+4	-8.95E+5	-8.77E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	2.53E+5	5.32E+4	-9.52E+6	3.86E+5
Totale	-4.23E+6	3.04E+5	-1.72E+7	7.86E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	72.78	1368.55	-0.01	-1.29	1
Piattabanda superiore	12.28				1
Piattabanda inferiore	11.82				1
classe della sezione					1
Analisi plastica: APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-4.229E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.717E+7	N _{Ed} (N)	-4.229E+6
N _{Rd} (N)	-6.424E+7	M _{Rd} (Nm)	-3.558E+7	M _{Ed} (Nm)	-1.717E+7
				M _{Rd} (Nm)	-3.652E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.066	M _{Ed} /M _{Rd}	0.483	M _{Ed} /M _{Rd}	0.47
VERIFICA SODDISFATTA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	-0.8	0	2.3	0	0	0	0	-0.6	0	-6.6	0	-5.7	0.304
σ ₇	-0.2	-12.4	-25.7	-31.6	15.9	0	0	-9.8	-3	-12.4	-35.7	-140.3	-82.6	0.211
σ ₆	-0.2	-10.4	-22.8	-30.3	13.7	0	0	-9.1	-2.2	-10.9	-27.4	-124.4	-70.3	0.18
σ ₅	0	-0.6	0	2.4	0	0	0	0	-0.3	0	-4	0	-2.4	0.129
σ ₄	-65.4	-8.7	-20.2	-29.1	11.7	0	0	-73.9	-1.5	-9.6	-19.9	-110.1	-124.6	0.369
σ ₃	-62.2	-8	-19.1	-28.6	10.8	0	0	-70.4	-1.2	-9	-16.6	-103.8	-116.5	0.345
σ ₂	-0.2	0	0	-23.3	-3.7	0	0	-3.9	0.4	0.9	0.9	1.8	-22.2	0.066
σ ₁	43.8	17.1	18.6	-11.7	-17.9	0	0	44.5	9	10.6	92.1	104.5	150.3	0.471
σ ₀	47.8	18.1	20	-11.1	-19	0	0	48.8	9.4	11.3	96.3	112.5	160.5	0.503

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.503 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.49 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.87 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.73 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.44 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=72.778 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=50.193 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=4.011E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=3.321, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=5.703$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=3.642E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=3.69E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.829, \quad \lambda_w=1.001, \quad \tau_{cr}=204.6, \quad C=1725.4$$

$$M_{Ed}=-1.717E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=-3.118E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.551$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=5.523E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.011E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.076, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

$$\eta_3 = V_{Ed} / N_{bw,Rd} = 0.083, \quad \eta_1 = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.47$$

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

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-1.55E+4	1.31E+5	-2.86E+6	1.88E+5
2a	1.42E+2	2.84E+4	-1.27E+6	6.85E+4
2b	-4.29E+5	8.95E+4	1.09E+6	1.18E+5
Rit.Iso	-3.4E+6	0	-2.07E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	8.65E+4	-4.8E+4	-5.96E+5	-5.85E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.73E+5	3.95E+4	-7.05E+6	2.86E+5
Totale	-3.58E+6	2.4E+5	-1.28E+7	6.03E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	σ_d	η_1
σ_8	0	-0.6	0	1.9	0	0	0	0	-0.4	0	-4.9	0	-4	4	0.2
σ_7	-0.1	-9.2	-19	-26.3	13.2	0	0	-5.8	-2	-8.3	-26.5	-104	-63.9	63.9	0.178
σ_6	-0.1	-7.7	-16.9	-25.2	11.4	0	0	-5.5	-1.5	-7.3	-20.3	-92.2	-54.8	54.8	0.152
σ_5	0	-0.4	0	2	0	0	0	0	-0.2	0	-3	0	-1.6	1.6	0.078
σ_4	-48.4	-6.5	-15	-24.3	9.8	0	0	-53.7	-1	-6.4	-14.8	-81.6	-95	95	0.267
σ_3	-46	-5.9	-14.1	-23.8	9	0	0	-51.1	-0.8	-6	-12.3	-76.9	-88.9	90.2	0.254
σ_2	-0.1	0	0	-19.4	-3.1	0	0	-3.2	0.3	0.6	0.6	1.3	-18.7	25.3	0.071
σ_1	32.4	12.7	13.8	-9.7	-14.9	0	0	31.3	6	7.1	68.2	77.3	109.5	110.6	0.33
σ_0	35.4	13.4	14.8	-9.2	-15.8	0	0	34.4	6.3	7.6	71.2	83.2	117.1	117.1	0.35
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	
τ_3	4.8	1.1	1.1	3.4	3.3	0	0	9.2	-1.8	-1.8	1.5	1.5	8.9		
τ_2	5.6	1.1	1.2	3.5	3.7	0	0	10.4	-1.8	-2	1.5	1.6	9.8		
τ_1	5.2	1	1.1	3	3.3	0	0	9.6	-1.6	-1.8	1.3	1.5	8.9		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.35 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.31 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.61 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.99 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.56 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Sezione C2 5

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x40 mm
Piattabanda inferiore	1200x50 mm

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Anima	18x1310 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4784x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4350 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.236E+5	1.946E+5	1.967E+5	1.841E+5	2.919E+5	1.386E+5
z _G (mm)	593.331	944.637	951.225	909.537	1149.726	695.986
J _y (mm ⁴)	4.782E+10	8.983E+10	9.063E+10	8.559E+10	1.147E+11	5.987E+10
W _{y,0} (mm ³)	-8.059E+7	-9.51E+7	-9.527E+7	-9.41E+7	-9.978E+7	-8.601E+7
W _{y,1} (mm ³)	-8.801E+7	-1.004E+8	-1.006E+8	-9.958E+7	-1.043E+8	-9.267E+7
W _{y,3} (mm ³)	6.237E+7	2.163E+8	2.217E+8	1.9E+8	5.456E+8	9.016E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.928E+7	1.973E+8	2.019E+8	1.745E+8	4.584E+8	8.503E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.743E+8	1.781E+8	1.555E+8	3.697E+8	7.836E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.647E+8	1.682E+8	1.475E+8	3.371E+8	7.54E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.392E+8	1.419E+8	1.258E+8	2.606E+8	6.696E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.256E+8	1.279E+8	1.141E+8	2.248E+8	6.21E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.41E+7	5.518E+7	5.557E+7	5.307E+7	6.748E+7	4.026E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.676E+7	6.238E+7	6.288E+7	5.972E+7	7.837E+7	4.401E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.147E+7	6.083E+7	6.138E+7	5.79E+7	7.797E+7	4.005E+7
S _{y,4} (mm ³)	3.725E-9	4.341E+7	4.423E+7	3.908E+7	6.876E+7	1.269E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-2.04E+4	5.26E+5	-2.03E+6	5.5E+5
2a	5.52E+3	1.61E+5	-1.23E+6	2.27E+5
2b	-5.09E+5	1.04E+5	1.84E+6	1.55E+5
Rit.Iso	-4.08E+6	0	-2.48E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	1.32E+5	-6.96E+4	-1.25E+6	-9.81E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	2.8E+5	1.56E+5	-8.78E+6	7.54E+5
Totale	-4.19E+6	8.78E+5	-1.39E+7	1.59E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	72.78	1368.61	-0.01	-1.42	1
Piattabanda superiore	12.28				1
Piattabanda inferiore	11.82				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale	Flessione semplice	Interazione N/M
----------------	--------------------	-----------------

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

N _{Ed} (N)	-4.19E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.393E+7	N _{Ed} (N)	-4.19E+6
N _{Rd} (N)	-6.424E+7	M _{Rd} (Nm)	-3.558E+7	M _{Ed} (Nm)	-1.393E+7
				M _{Rd} (Nm)	-3.651E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.065	M _{Ed} /M _{Rd}	0.391	M _{Ed} /M _{Rd}	0.381
VERIFICA SODDISFATTA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	-0.6	0	2.5	0	0	0	0	-0.8	0	-6.1	0	-5	0.263
σ ₇	-0.2	-8.8	-18.4	-27.8	23.8	0	0	5.4	-4.3	-17.7	-32.7	-129	-73.7	0.188
σ ₆	-0.2	-7.5	-16.3	-27.1	20.7	0	0	4.4	-3.2	-15.6	-25.1	-114.4	-62.9	0.161
σ ₅	0	-0.4	0	2.6	0	0	0	0	-0.5	0	-3.6	0	-1.9	0.101
σ ₄	-34.4	-6.2	-14.5	-26.5	17.9	0	0	-30.9	-2.3	-13.7	-18.2	-101.2	-87.5	0.259
σ ₃	-32.7	-5.7	-13.6	-26.2	16.7	0	0	-29.6	-1.8	-12.9	-15.1	-95.3	-81.5	0.241
σ ₂	-0.2	0	0	-23.3	-3.7	0	0	-3.8	0.5	1	1	2	-22	0.065
σ ₁	22.9	12.3	13.3	-16.9	-23.5	0	0	12.7	12.4	14.4	85.1	96.7	115.8	0.363
σ ₀	25	13	14.4	-16.6	-25	0	0	14.3	12.9	15.4	88.9	104	123.3	0.386

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.386 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA
NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.97 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.21 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -4.95 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.9 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling
 $h_w/t_w=72.778 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=50.193$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=4.066E+6 N**

Essendo:

a/h_w=3.321, η=1.2, K_τ=5.703
contributo anima: V_{bw,Rd}=3.642E+6 N, contributo flange: V_{bf,Rd}=4.239E+5 N
χ_w=0.829, λ_w=1.001, τ_{cr}=204.6, C=1725.4
M_{Ed}=-1.393E+7 Nm, M_{f,Rd}=-3.117E+7 Nm, M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.447

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=5.523E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.066E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.216, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.241, \quad \eta_1 = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.381$$

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

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-1.51E+4	3.9E+5	-1.5E+6	4.07E+5
2a	4.09E+3	1.19E+5	-9.13E+5	1.68E+5
2b	-4.24E+5	1.1E+5	1.94E+6	1.58E+5
Rit.Iso	-3.4E+6	0	-2.07E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-2.92E+4	5.61E+4	1.01E+6	7.97E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	1.86E+4	3.81E+4	6.49E+5	4.23E+4
3b max	-4.19E+4	1.58E+4	-1.8E+6	1.44E+5

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

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess. Max	F. 3b Fess. Max	F. 3b Non Fess. Min	F. 3b Fess. Min	Totale Non Fess. Max	Totale Fess. Max	Totale Non Fess. Min	Totale Fess. Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_8	0	-0.4	0	2.3	0	0	0	0.7	0	0.5	0	-1.3	0	3.1	0	1.3	0	0
σ_7	-0.1	-6.5	-13.6	-20.3	26	0	0	3.8	14.9	2.6	9.8	-7	-27.1	-20.5	37.1	-30.1	0.1	62.5
σ_6	-0.1	-5.5	-12.1	-20.2	22.7	0	0	2.9	13.2	2	8.7	-5.5	-24.1	-20.8	32.6	-28.2	-0.3	32.9
σ_5	0	-0.3	0	2.3	0	0	0	0.4	0	0.3	0	-0.8	0	2.7	0	1.6	0	0
σ_4	-25.5	-4.6	-10.7	-20	19.8	0	0	2.1	11.7	1.5	7.8	-4.1	-21.4	-46.5	3.1	-52.1	-26.1	29.2
σ_3	-24.2	-4.2	-10.1	-20	18.5	0	0	1.8	11	1.3	7.3	-3.4	-20.2	-45.4	2.6	-50.1	-25	27.6
σ_2	-0.1	0	0	-19.4	-3.1	0	0	-0.1	-0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.3	-19.6	-3.2	-19.8	-3.7	0.4
σ_1	16.9	9.1	9.9	-18.2	-24	0	0	-9.8	-11.1	-6.2	-6.9	17.1	19.1	-8.1	-15.2	15.1	10.7	26
σ_0	18.5	9.6	10.6	-18.1	-25.7	0	0	-10.2	-12	-6.4	-7.4	17.9	20.6	-6.7	-15.9	17.6	12.1	28
τ_4	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0
τ_3	14.3	4.5	4.4	4.1	4.1	0	0	2.1	2.1	1.4	1.4	0.6	0.6	26.4	26.4	25.6	25.6	0.8
τ_2	16.6	4.6	4.9	4.2	4.5	0	0	2.1	2.3	1.4	1.6	0.6	0.6	29	29	28.2	28.2	0.8
τ_1	15.4	4.1	4.5	3.7	4.1	0	0	1.8	2.1	1.2	1.4	0.5	0.6	26.3	26.3	25.6	25.6	0.7
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = 3.07 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.74 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.29 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.64 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.35 x 0.928 x 1 x 1 = 2.181 > 2 => 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.53 x 0.928 x 1 x 1 = 2.348 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	30
	Luce per il taglio (m):	12
Dati per il calcolo di λ_2	Q_0 (kN)	480
	N_0	500000
	N_{obs}	500000
	Q_{ml} (kN)	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

	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_s	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	58.42	92.593	0.631
Piattabanda inferiore	56.014	92.593	0.605
Anima	1.982	74.074	0.027
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	58.416	75.52	0.774
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.871 \times 112 = 97.5 \text{ N/mm}^2$	56.014	72.223	0.776
Attacco anima-piattabanda superiore	55.147	82.963	0.665
Attacco anima-piattabanda inferiore	51.927	82.963	0.626
Attacco irrigidente verticale - anima	55.147	59.259	0.931
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	55.147	59.259	0.931
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	51.927	59.259	0.876
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Sezione C3 7

Verifica connessione trave soletta

Caratteristiche generali

Numero di pioli per unita' di lunghezza, $n \text{ (m}^{-1}\text{)}$	20
Diametro dei pioli, $d \text{ (mm)}$	19
Altezza dei pioli, $h \text{ (mm)}$	220
Resistenza ultima dei pioli, α	1
Coefficiente di sicurezza parziale, γ_v	1.25
Resistenza ultima dei pioli, $f_u \text{ (N/mm}^2\text{)}$	450
Coefficiente $E_{cm} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	33643
Resistenza caratteristica cilindrica, $f_{ck} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	33.2

Resistenza della connessione

Resistenza a taglio del piolo, $P_{Rd1} = 0.8 f_u \pi d^2 / 4 \gamma_v$, (N)	81656.28
Resistenza per schiacciamento del calcestruzzo, $P_{Rd2} = 0.29 \alpha d^2 (f_{ck} E_{cm})^{0.5} / \gamma_v$, (N)	88513.63
Resistenza di progetto del piolo $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (N)	81656.28

Verifica elastica allo SLU

Coefficiente di utilizzo (Comb. Vmax)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} \kappa_s \text{ (N/mm)}$	1633.1
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo $v_{Ed} \text{ (N/mm)}$	1090.6
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.668
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmax)

Fase	$V_{Ed} \text{ (N)}$	$S_{y,4eff} \text{ (mm}^3\text{)}$	$J_{y,eff} \text{ (mm}^4\text{)}$	$V_{Ed} \text{ (N/mm)}$
------	----------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Fase 2a	3.321E+5	3.475E+7	6.991E+10	165.1
Fase 2b	1.212E+5	3.537E+7	7.044E+10	60.9
Fase 2c	0E+00	3.143E+7	6.702E+10	0
Fase 3a	7.925E+4	5.352E+7	8.632E+10	49.1
Fase 3b	1.315E+6	5.352E+7	8.632E+10	815.5
Totale				1090.6

Verifica elastica allo SLE

Coefficiente di utilizzo (Comb. Vmax)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} \kappa_s$ (N/mm)	979.9
Fattore di riduzione, κ_s	0.6
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	790.8
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/v_{Rd}	0.807
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmax)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4}$ (mm ³)	J_y (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	2.46E+5	3.811E+7	7.857E+10	119.3
Fase 2b	1.01E+5	3.881E+7	7.922E+10	49.5
Fase 2c	0E+00	3.436E+7	7.513E+10	0
Fase 3a	5.283E+4	5.971E+7	9.857E+10	32
Fase 3b	9.738E+5	5.971E+7	9.857E+10	589.9
Totale				790.8

Sezione C4 cracked 9

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x50 mm
Piattabanda inferiore	1200x60 mm
Anima	20x1290 mm, Inclinazione: 0
Soletta	3524x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4750 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.478E+5	2.112E+5	2.128E+5	2.035E+5	2.829E+5	1.699E+5
z _G (mm)	602.835	888.066	892.966	862.519	1058.299	724.945
J _y (mm ⁴)	5.732E+10	9.757E+10	9.827E+10	9.392E+10	1.22E+11	7.429E+10
W _{y,0} (mm ³)	-9.508E+7	-1.099E+8	-1.101E+8	-1.089E+8	-1.153E+8	-1.025E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.056E+8	-1.178E+8	-1.18E+8	-1.17E+8	-1.222E+8	-1.117E+8
W _{y,3} (mm ³)	7.671E+7	2.112E+8	2.15E+8	1.927E+8	4.181E+8	1.188E+8
W _{y,4} (mm ³)	7.19E+7	1.906E+8	1.938E+8	1.747E+8	3.569E+8	1.1E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.706E+8	1.733E+8	1.572E+8	3.036E+8	1.011E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.621E+8	1.646E+8	1.497E+8	2.825E+8	9.71E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.39E+8	1.41E+8	1.291E+8	2.294E+8	8.587E+7

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	1.264E+8	1.281E+8	1.178E+8	2.027E+8	7.945E+7
$S_{y,1}$ (mm ³)	4.124E+7	6.178E+7	6.213E+7	5.994E+7	7.404E+7	5.004E+7
$S_{y,2}$ (mm ³)	4.419E+7	6.864E+7	6.907E+7	6.638E+7	8.4E+7	5.446E+7
$S_{y,3}$ (mm ³)	3.861E+7	6.65E+7	6.698E+7	6.401E+7	8.315E+7	5.055E+7
$S_{y,4}$ (mm ³)	7.451E-9	4.216E+7	4.288E+7	3.838E+7	6.732E+7	1.805E+7
n_E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-1.89E+4	1.43E+6	9.89E+6	1.01E+6
2a	2.8E+4	5.07E+5	2.9E+6	3.1E+5
2b	1.84E+5	1.2E+5	3.98E+6	6.85E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	9.33E+4	7.71E+4	2.54E+6	8.57E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	2.33E+5	8.15E+5	7E+6	4.99E+5
Totale	5.19E+5	2.95E+6	2.63E+7	1.9E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	64.5	788.33	0.56	-1.14	3
Piattabanda superiore	9.8				1
Piattabanda inferiore	9.83				3
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)	5.188E+5	M_{Ed} (Nm)	2.631E+7	N_{Ed} (N)	5.188E+5
N_{Rd} (N)	5.631E+7	M_{Rd} (Nm)	3.614E+7	M_{Ed} (Nm)	2.631E+7
				M_{Rd} (Nm)	3.601E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.009	M_{Ed}/M_{Rd}	0.728	M_{Ed}/M_{Rd}	0.731

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	1.4	0	1.9	0	0	0	0	2.1	0	5.7	0	0	0
σ_7	-0.1	21	34	29.1	47.5	0	0	81.4	11.4	30.1	31.3	82.8	194.3	0.497
σ_6	-0.1	18	30.1	25.1	42.1	0	0	72.2	9.3	26.7	25.6	73.4	172.2	0.44
σ_5	0	1	0	1.4	0	0	0	0	1.4	0	3.8	0	0	0
σ_4	137.4	15.4	26.5	21.4	37.3	0	0	201.3	7.4	23.6	20.4	64.9	289.8	0.908
σ_3	128.8	13.9	24.6	19.4	34.6	0	0	188	6.4	21.9	17.6	60.2	270.1	0.847
σ_2	-0.1	0.1	0.2	0.9	1.1	0	0	1.1	0.3	0.5	0.8	1.4	3	0.009
σ_1	-93.8	-24.5	-25.8	-32.9	-34.6	0	0	-154.2	-20.4	-22.2	-56.4	-61.3	-237.6	0.745
σ_0	-104.2	-26.3	-28.2	-35.3	-37.8	0	0	-170.1	-21.7	-24.2	-59.9	-66.9	-261.2	0.819

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.908 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.29 N/mm²

2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.45 N/mm²

La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)

3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 11.01 N/mm²

4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.67 N/mm²

La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=64.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=49.894 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 4.494E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=3.682, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=5.635$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=4.47E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=2.368E+4 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.93, \quad \lambda_w=0.893, \quad \tau_{cr}=257.4, \quad C=2118.4$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=3.189E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=3.252E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.981$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 6.043E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.494E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.657, \quad (= \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.661, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.908$$

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

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-1.89E+4	1.43E+6	9.89E+6	1.01E+6
2a	2.8E+4	5.07E+5	2.9E+6	3.1E+5
2b	1.84E+5	1.2E+5	3.98E+6	6.85E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	9.33E+4	7.71E+4	2.54E+6	8.57E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	2.64E+5	1.83E+6	4.71E+6	4.3E+4
Totale	5.5E+5	3.97E+6	2.4E+7	1.44E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	64.5	786.03	0.56	-1.16	3
Piattabanda superiore	9.8				1
Piattabanda inferiore	9.83				3
classe della sezione					3

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale	Flessione semplice	Interazione N/M
----------------	--------------------	-----------------

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

N _{Ed} (N)	5.499E+5	M _{Ed} (Nm)	2.402E+7	N _{Ed} (N)	5.499E+5
N _{Rd} (N)	5.631E+7	M _{Rd} (Nm)	3.614E+7	M _{Ed} (Nm)	2.402E+7
				M _{Rd} (Nm)	3.6E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.01	M _{Ed} /M _{Rd}	0.665	M _{Ed} /M _{Rd}	0.667
VERIFICA NON SIGNIFICATIVA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	1.4	0	1.9	0	0	0	0	2.1	0	3.9	0	0	0
σ ₇	-0.1	21	34	29.1	47.5	0	0	81.4	11.4	30.1	21.4	56.3	167.9	0.429
σ ₆	-0.1	18	30.1	25.1	42.1	0	0	72.2	9.3	26.7	17.6	50	148.8	0.38
σ ₅	0	1	0	1.4	0	0	0	0	1.4	0	2.6	0	0	0
σ ₄	137.4	15.4	26.5	21.4	37.3	0	0	201.3	7.4	23.6	14.1	44.3	269.2	0.844
σ ₃	128.8	13.9	24.6	19.4	34.6	0	0	188	6.4	21.9	12.2	41.1	251	0.787
σ ₂	-0.1	0.1	0.2	0.9	1.1	0	0	1.1	0.3	0.5	0.9	1.6	3.2	0.01
σ ₁	-93.8	-24.5	-25.8	-32.9	-34.6	0	0	-154.2	-20.4	-22.2	-37.6	-40.6	-216.9	0.68
σ ₀	-104.2	-26.3	-28.2	-35.3	-37.8	0	0	-170.1	-21.7	-24.2	-39.9	-44.4	-238.7	0.748

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.844 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.29 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.45 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 9.22 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.48 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=64.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=49.894 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=4.576E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=3.682, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=5.635$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=4.47E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=1.06E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.93, \quad \lambda_w=0.893, \quad \tau_{cr}=257.4, \quad C=2118.4$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=2.962E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=3.253E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.911$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=6.043E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.576E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.867, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.887, \quad \eta_1=\max(\eta_i)=0.844$$

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

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-1.4E+4	1.06E+6	7.33E+6	7.48E+5
2a	2.07E+4	3.76E+5	2.15E+6	2.3E+5
2b	1.53E+5	1E+5	3.32E+6	5.71E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	6.22E+4	5.14E+4	1.69E+6	5.71E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.61E+5	6.03E+5	5.18E+6	3.67E+5
Totale	3.83E+5	2.19E+6	1.97E+7	1.41E+6

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	σ_d	η_1
σ_8	0	1	0	1.6	0	0	0	0	1.4	0	4.2	0	0	0	0
σ_7	-0.1	15.6	25.2	24.3	39.5	0	0	64.7	7.6	20.1	23.1	61.2	146	146	0.406
σ_6	-0.1	13.4	22.3	20.9	35.1	0	0	57.3	6.2	17.8	18.9	54.3	129.4	129.4	0.359
σ_5	0	0.7	0	1.2	0	0	0	0	0.9	0	2.8	0	0	0	0
σ_4	101.8	11.4	19.7	17.8	31.1	0	0	152.5	5	15.7	15.1	48	216.3	216.3	0.646
σ_3	95.4	10.3	18.2	16.2	28.8	0	0	142.5	4.3	14.6	12.9	44.5	201.6	239.1	0.714
σ_2	-0.1	0.1	0.1	0.7	0.9	0	0	0.9	0.2	0.4	0.6	0.9	2.2	142.7	0.402
σ_1	-69.5	-18.2	-19.1	-27.4	-28.8	0	0	-117.4	-13.6	-14.8	-41.8	-45.4	-177.6	221.3	0.661
σ_0	-77.2	-19.5	-20.9	-29.4	-31.5	0	0	-129.5	-14.5	-16.1	-44.3	-49.6	-195.2	195.2	0.583
τ_4	0	0.2	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.3	0.1	0.3		
τ_3	35.8	12.8	12.8	3.4	3.4	0	0	52	1.8	1.7	20.6	20.5	74.2		
τ_2	40.9	13.2	13.8	3.5	3.7	0	0	58.4	1.8	1.9	20.8	22.1	82.4		
τ_1	38.2	11.9	12.6	3.2	3.4	0	0	54.2	1.6	1.7	18.3	20.3	76.3		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.714 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.62 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.95 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 8.17 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.7 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-1.4E+4	1.06E+6	7.33E+6	7.48E+5
2a	2.07E+4	3.76E+5	2.15E+6	2.3E+5
2b	1.53E+5	1E+5	3.32E+6	5.71E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	6.22E+4	5.14E+4	1.69E+6	5.71E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.84E+5	1.35E+6	3.48E+6	2.95E+4
Totale	4.06E+5	2.94E+6	1.8E+7	1.07E+6

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	σ_d	η_1
--	------	-----------------------	----------------	-----------------------	----------------	-----------------------	----------------	----------	-----------------------	----------------	-----------------------	----------------	----------	------------	----------

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

	Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		
σ_8	0	1	0	1.6	0	0	0	1.4	0	2.9	0	0	0	0	0
σ_7	-0.1	15.6	25.2	24.3	39.5	0	0	64.7	7.6	20.1	15.8	41.6	126.4	126.4	0.351
σ_6	-0.1	13.4	22.3	20.9	35.1	0	0	57.3	6.2	17.8	13	36.9	112	112	0.311
σ_5	0	0.7	0	1.2	0	0	0	0.9	0	1.9	0	0	0	0	0
σ_4	101.8	11.4	19.7	17.8	31.1	0	0	152.5	5	15.7	10.4	32.7	201	201	0.6
σ_3	95.4	10.3	18.2	16.2	28.8	0	0	142.5	4.3	14.6	9	30.4	187.4	254.9	0.761
σ_2	-0.1	0.1	0.1	0.7	0.9	0	0	0.9	0.2	0.4	0.6	1.1	2.4	190.3	0.536
σ_1	-69.5	-18.2	-19.1	-27.4	-28.8	0	0	-117.4	-13.6	-14.8	-27.8	-30.1	-162.3	239.3	0.714
σ_0	-77.2	-19.5	-20.9	-29.4	-31.5	0	0	-129.5	-14.5	-16.1	-29.5	-32.9	-178.5	178.5	0.533
τ_4	0	0.2	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.7	0.3	0.5		
τ_3	35.8	12.8	12.8	3.4	3.4	0	0	52	1.8	1.7	46.1	46	99.7		
τ_2	40.9	13.2	13.8	3.5	3.7	0	0	58.4	1.8	1.9	46.6	49.6	109.8		
τ_1	38.2	11.9	12.6	3.2	3.4	0	0	54.2	1.6	1.7	41.1	45.6	101.5		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.761 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.62 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.95 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.84 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.82 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sezione C5 12

Verifica connessione trave soletta

Caratteristiche generali

Numero di pioli per unita' di lunghezza, n (m ⁻¹)	20
Diametro dei pioli, d (mm)	19
Altezza dei pioli, h (mm)	220
Resistenza ultima dei pioli, α	1
Coefficiente di sicurezza parziale, γ_v	1.25
Resistenza ultima dei pioli, f_u (N/mm ²)	450
Coefficiente E_{cm} (N/mm ²)	33643
Resistenza caratteristica cilindrica, f_{ck} (N/mm ²)	33.2

Resistenza della connessione

Resistenza a taglio del piolo, $P_{Rd1} = 0.8 f_u \pi d^2 / 4 / \gamma_v$, (N)	81656.28
Resistenza per schiacciamento del calcestruzzo, $P_{Rd2} = 0.29 \alpha d^2 (f_{ck} E_{cm})^{0.5} / \gamma_v$, (N)	88513.63
Resistenza di progetto del piolo $P_{Rd} = \min(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (N)	81656.28

Verifica elastica allo SLU

Coefficiente di utilizzo (Comb. Vmin)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} \kappa_s$ (N/mm)	1633.1
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	-1118.1
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.685
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-3.625E+5	3.493E+7	7.006E+10	-180.7
Fase 2b	-8.675E+4	3.555E+7	7.06E+10	-43.7

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Fase 2c	0E+00	3.16E+7	6.717E+10	0
Fase 3a	-5.927E+4	5.37E+7	8.648E+10	-36.8
Fase 3b	-1.38E+6	5.37E+7	8.648E+10	-856.8
Totale				-1118.1

Verifica elastica allo SLE

Coefficiente di utilizzo (Comb. Vmin)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} \kappa_s$ (N/mm)	979.9
Fattore di riduzione, κ_s	0.6
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	-810
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.827
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4}$ (mm ³)	J_y (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-2.686E+5	3.831E+7	7.876E+10	-130.6
Fase 2b	-7.229E+4	3.901E+7	7.941E+10	-35.5
Fase 2c	0E+00	3.456E+7	7.53E+10	0
Fase 3a	-3.951E+4	5.992E+7	9.876E+10	-24
Fase 3b	-1.022E+6	5.992E+7	9.876E+10	-619.9
Totale				-810

Sezione C6 14

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x40 mm
Piattabanda inferiore	1200x50 mm
Anima	18x1310 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4829x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidimenti verticali

Interasse	5500 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.236E+5	1.953E+5	1.974E+5	1.847E+5	2.935E+5	1.388E+5
z _G (mm)	593.331	946.709	953.314	911.509	1151.91	696.838
J _y (mm ⁴)	4.782E+10	9.008E+10	9.088E+10	8.583E+10	1.15E+11	5.997E+10
W _{y,0} (mm ³)	-8.059E+7	-9.515E+7	-9.533E+7	-9.416E+7	-9.982E+7	-8.605E+7
W _{y,1} (mm ³)	-8.801E+7	-1.005E+8	-1.006E+8	-9.963E+7	-1.043E+8	-9.27E+7
W _{y,3} (mm ³)	6.237E+7	2.18E+8	2.235E+8	1.914E+8	5.526E+8	9.042E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.928E+7	1.987E+8	2.034E+8	1.757E+8	4.635E+8	8.528E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.755E+8	1.794E+8	1.565E+8	3.732E+8	7.857E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.658E+8	1.693E+8	1.484E+8	3.401E+8	7.56E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.4E+8	1.427E+8	1.265E+8	2.625E+8	6.714E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.263E+8	1.286E+8	1.147E+8	2.263E+8	6.226E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.41E+7	5.53E+7	5.57E+7	5.319E+7	6.761E+7	4.031E+7

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

S _{y,2} (mm ³)	3.676E+7	6.254E+7	6.304E+7	5.987E+7	7.854E+7	4.408E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.147E+7	6.1E+7	6.155E+7	5.806E+7	7.815E+7	4.012E+7
S _{y,4} (mm ³)	3.725E+9	4.367E+7	4.449E+7	3.932E+7	6.903E+7	1.279E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-3.19E+4	-5.48E+5	-2.28E+6	-6.04E+5
2a	6.57E+4	-1.87E+5	-1.54E+6	-2.76E+5
2b	-4.69E+5	-9.23E+4	2.22E+6	-1.23E+5
Rit.Iso	-4.11E+6	0	-2.5E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	1.04E+5	6.62E+4	-1.48E+6	4.62E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	4.4E+5	-3.49E+5	-9.16E+6	-4.5E+5
Totale	-4.01E+6	-1.11E+6	-1.48E+7	-1.41E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	72.78	1369.2	-0.01	-1.46	1
Piattabanda superiore	12.28				1
Piattabanda inferiore	11.82				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-4.006E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.475E+7	N _{Ed} (N)	-4.006E+6
N _{Rd} (N)	-6.446E+7	M _{Rd} (Nm)	-3.562E+7	M _{Ed} (Nm)	-1.475E+7
				M _{Rd} (Nm)	-3.65E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.062	M _{Ed} /M _{Rd}	0.414	M _{Ed} /M _{Rd}	0.404

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	-0.7	0	2.7	0	0	0	0	-1	0	-6.2	0	-5.2	0.277
σ ₇	-0.3	-10.7	-22.5	-25.2	29.6	0	0	7.1	-5.3	-21.3	-33.4	-133.3	-74.6	0.191
σ ₆	-0.3	-9	-19.9	-24.9	25.9	0	0	6	-4	-18.9	-25.4	-118	-63.3	0.162
σ ₅	0	-0.5	0	2.8	0	0	0	0	-0.6	0	-3.7	0	-2	0.107
σ ₄	-38.8	-7.4	-17.6	-24.6	22.6	0	0	-33.8	-2.8	-16.6	-18.3	-104.3	-91.9	0.272
σ ₃	-36.9	-6.7	-16.6	-24.5	21.1	0	0	-32.3	-2.3	-15.6	-15.1	-98.2	-85.5	0.253
σ ₂	-0.3	0.3	0.5	-23.2	-3.4	0	0	-3.2	0.4	0.8	1.5	3.2	-21.3	0.063
σ ₁	25.7	15.7	17.1	-20.4	-27.3	0	0	15.5	14.6	16.7	89.3	102	124.8	0.391
σ ₀	28.1	16.6	18.4	-20.3	-29.1	0	0	17.3	15.2	18	93.3	109.7	132.9	0.416

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.416 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.02 N/mm²

2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.26 N/mm²

La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)

3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.22 N/mm²

4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.01 N/mm²

La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 72.778 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 49.592 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 3.924E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 4.198, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 5.567$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 3.599E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 3.249E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.819, \quad \lambda_w = 1.013, \quad \tau_{cr} = 199.7, \quad C = 2181.5$$

$$M_{Ed} = -1.475E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -3.116E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.473$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 5.523E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 3.924E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.283, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.308, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.404$$

Interazione presso flessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-2.36E+4	-4.06E+5	-1.69E+6	-4.48E+5
2a	4.87E+4	-1.38E+5	-1.14E+6	-2.05E+5
2b	-3.91E+5	-7.69E+4	1.85E+6	-1.02E+5
Rit.Iso	-3.43E+6	0	-2.08E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	6.94E+4	4.41E+4	-9.89E+5	3.08E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	3.11E+5	-2.58E+5	-6.78E+6	-3.33E+5
Totale	-3.41E+6	-8.35E+5	-1.08E+7	-1.06E+6

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	σ _d	η ₁
σ ₈	0	-0.5	0	2.3	0	0	0	0	-0.7	0	-4.6	0	-3.5	3.5	0.178
σ ₇	-0.2	-7.9	-16.7	-21	24.7	0	0	8	-3.5	-14.2	-24.8	-98.8	-57.2	57.2	0.159
σ ₆	-0.2	-6.6	-14.8	-20.7	21.6	0	0	6.8	-2.7	-12.6	-18.9	-87.5	-48.9	48.9	0.136
σ ₅	0	-0.4	0	2.3	0	0	0	0	-0.4	0	-2.7	0	-1.2	1.2	0.06
σ ₄	-28.7	-5.5	-13.1	-20.5	18.8	0	0	-22.9	-1.9	-11.1	-13.6	-77.3	-70.2	70.2	0.198
σ ₃	-27.3	-5	-12.3	-20.4	17.6	0	0	-22	-1.6	-10.4	-11.2	-72.8	-65.5	84.7	0.239
σ ₂	-0.2	0.2	0.4	-19.4	-2.8	0	0	-2.7	0.2	0.5	1.1	2.2	-18	61.2	0.172
σ ₁	19	11.6	12.7	-17	-22.7	0	0	9	9.7	11.2	66.1	75.4	89.4	103.8	0.31
σ ₀	20.8	12.3	13.6	-16.9	-24.3	0	0	10.1	10.1	12	69	81.1	95.3	95.3	0.285
τ ₄	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.2	-0.1	-0.2		

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

τ_3	-14.8	-5.2	-5.1	-2.9	-2.9	0	0	-22.8	1.7	1.6	-9.8	-9.6	-31		
τ_2	-17.3	-5.3	-5.7	-3	-3.1	0	0	-26.1	1.7	1.8	-9.8	-10.5	-33.8		
τ_1	-16.1	-4.7	-5.2	-2.6	-2.9	0	0	-24.1	1.4	1.6	-8.4	-9.6	-30.4		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.31 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.75 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.93 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.55 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.2 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-2.36E+4	-4.06E+5	-1.69E+6	-4.48E+5
2a	4.87E+4	-1.38E+5	-1.14E+6	-2.05E+5
2b	-3.82E+5	-9.94E+4	2.33E+6	-1.19E+5
Rit.Iso	-3.43E+6	0	-2.08E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.96E+3	-5.46E+4	1.2E+6	-3.52E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	3.17E+4	-3.23E+4	6.01E+5	-2.02E+4
3b max	-8.37E+3	-9.87E+4	-1.81E+6	-1.7E+5

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

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess. Max	F. 3b Fess. Max	F. 3b Non Fess. Min	F. 3b Fess. Min	Totale Non Fess. Max	Totale Fess. Max	Totale Non Fess. Min	Totale Fess. Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_8	0	-0.5	0	2.5	0	0	0	0.8	0	0.4	0	-1.3	0	3.3	0	1.5	0	0
σ_7	-0.2	-7.9	-16.7	-17.5	32	0	0	4.5	17.8	2.4	9.2	-6.9	-27	-18.5	42.3	-27.8	6.1	58.9
σ_6	-0.2	-6.6	-14.8	-17.8	28.1	0	0	3.5	15.8	1.9	8.2	-5.4	-24	-19.1	37.3	-26.3	5.1	32.2
σ_5	0	-0.4	0	2.5	0	0	0	0.5	0	0.3	0	-0.8	0	2.9	0	1.8	0	0
σ_4	-28.7	-5.5	-13.1	-18.1	24.6	0	0	2.6	14	1.4	7.3	-3.9	-21.3	-48.3	4.1	-53.7	-24.5	28.6
σ_3	-27.3	-5	-12.3	-18.2	23	0	0	2.1	13.2	1.2	6.9	-3.3	-20.1	-47.1	3.5	-51.6	-23.4	27
σ_2	-0.2	0.2	0.4	-19.3	-2.8	0	0	0	-0.1	0.1	0.2	0	-0.1	-19.2	-2.4	-19.3	-2.7	0.3
σ_1	19	11.6	12.7	-21.8	-27.9	0	0	-11.5	-13	-5.7	-6.3	17.3	19.5	-8.3	-15.5	14.7	10.3	25.7
σ_0	20.8	12.3	13.6	-21.9	-29.8	0	0	-12	-14	-5.9	-6.8	18.1	21	-6.9	-16.2	17.2	11.6	27.8
τ_4	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0
τ_3	-14.8	-5.2	-5.1	-3.7	-3.7	0	0	-2.1	-2	-1.2	-1.2	-3.7	-3.7	-27.1	-27.1	-29.6	-29.6	2.5
τ_2	-17.3	-5.3	-5.7	-3.8	-4.1	0	0	-2.1	-2.2	-1.2	-1.3	-3.7	-4	-29.8	-29.8	-32.3	-32.3	2.5
τ_1	-16.1	-4.7	-5.2	-3.4	-3.7	0	0	-1.8	-2	-1.1	-1.2	-3.2	-3.7	-27	-27	-29.2	-29.2	2.2
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = 3.27 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.88 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.54 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.83 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.35
Fattore equivalente di danno per flessione per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.35 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 2.181 > 2 \Rightarrow 2$ (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.53 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 2.348$ (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	30
	Luce per il taglio (m):	12
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	57.17	92.593	0.617
Piattabanda inferiore	55.506	92.593	0.599
Anima	5.924	74.074	0.08
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	57.169	75.52	0.757
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.871 \times 112 = 97.5 \text{ N/mm}^2$	55.506	72.223	0.769
Attacco anima-piattabanda superiore	53.95	82.963	0.65
Attacco anima-piattabanda inferiore	51.482	82.963	0.621
Attacco irrigidente verticale - anima	53.95	59.259	0.91
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	53.95	59.259	0.91
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	51.482	59.259	0.869
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Sezione C7 18

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1400 mm
Piattabanda superiore	1000x30 mm
Piattabanda inferiore	1200x40 mm
Anima	18x1330 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4042x200 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 25/m

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Irrigidenti verticali

Interasse	5000 mm
Tipo	R su entrambi i lati
Piatto 1	300x30 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.019E+5	1.619E+5	1.637E+5	1.531E+5	2.441E+5	1.146E+5
Z _G (mm)	582.575	943.183	949.886	907.437	1150.821	688.616
J _y (mm ⁴)	3.84E+10	7.437E+10	7.505E+10	7.077E+10	9.539E+10	4.879E+10
W _{y,0} (mm ³)	-6.592E+7	-7.885E+7	-7.901E+7	-7.799E+7	-8.289E+7	-7.085E+7
W _{y,1} (mm ³)	-7.078E+7	-8.235E+7	-8.248E+7	-8.159E+7	-8.587E+7	-7.522E+7
W _{y,3} (mm ³)	4.877E+7	1.743E+8	1.786E+8	1.53E+8	4.352E+8	7.16E+7
W _{y,4} (mm ³)	4.698E+7	1.628E+8	1.667E+8	1.437E+8	3.828E+8	6.858E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.439E+8	1.471E+8	1.281E+8	3.085E+8	6.324E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.36E+8	1.389E+8	1.215E+8	2.812E+8	6.088E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.15E+8	1.172E+8	1.037E+8	2.172E+8	5.412E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.038E+8	1.057E+8	9.404E+7	1.873E+8	5.022E+7
S _{y,1} (mm ³)	2.7E+7	4.431E+7	4.463E+7	4.26E+7	5.428E+7	3.209E+7
S _{y,2} (mm ³)	2.965E+7	5.165E+7	5.209E+7	4.937E+7	6.538E+7	3.588E+7
S _{y,3} (mm ³)	2.407E+7	5.001E+7	5.05E+7	4.744E+7	6.495E+7	3.17E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	3.676E+7	3.744E+7	3.312E+7	5.793E+7	1.081E+7
n _E	1E+300	17.085	16.465	21.027	6.242	1E+300

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-2.46E+4	8.33E+5	-6E+4	1.13E+6
2a	9.24E+4	3.25E+5	-6.65E+4	4.66E+5
2b	-9.27E+5	-1.14E+5	-7.25E+4	-1.44E+5
Rit.Iso	-3.44E+6	0	-2.1E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	1.58E+5	8.01E+4	-1.27E+3	1.03E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	3.87E+5	1.48E+6	-4.22E+5	1.36E+6
Totale	-3.76E+6	2.6E+6	-2.72E+6	2.91E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	73.89	1372.96	0	-0.47	1
Piattabanda superiore	16.37				1
Piattabanda inferiore	14.78				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-3.758E+6	M _{Ed} (Nm)	-2.723E+6	N _{Ed} (N)	-3.758E+6
N _{Rd} (N)	-5.44E+7	M _{Rd} (Nm)	-3.111E+7	M _{Ed} (Nm)	-2.723E+6
				M _{Rd} (Nm)	-3.196E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.069	M _{Ed} /M _{Rd}	0.088	M _{Ed} /M _{Rd}	0.085

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	0	0	1.4	0	0	0	0	0.1	0	-0.1	0	0	0
σ_7	-0.2	0	-0.4	-45.2	-9.4	0	0	-9.9	0.6	1.4	-0.4	-4.4	-12.9	0.033
σ_6	-0.2	0.1	-0.3	-42.3	-9.3	0	0	-9.6	0.6	1.4	0.1	-3.5	-11.8	0.03
σ_5	0	0	0	1.7	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0
σ_4	-1.5	0.2	-0.2	-39.7	-9.1	0	0	-10.8	0.6	1.4	0.5	-2.8	-12.2	0.036
σ_3	-1.5	0.2	-0.1	-38.9	-9.1	0	0	-10.7	0.6	1.4	0.6	-2.5	-11.8	0.035
σ_2	-0.2	0.6	0.8	-26.7	-8.1	0	0	-7.5	0.6	1.4	1.6	3.4	-2.8	0.008
σ_1	0.6	1.4	1.7	-0.3	-7.1	0	0	-4.8	0.7	1.4	6.5	9	5.6	0.016
σ_0	0.7	1.4	1.7	0.8	-7.1	0	0	-4.7	0.7	1.4	6.7	9.3	6.1	0.018

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.036 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.39 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.75 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.38 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.89 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=73.889 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=49.841 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=3.91E+6 N**

Essendo:

$$\begin{aligned} a/h_w &= 3.759, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 5.623 \\ \text{contributo anima: } V_{bw,Rd} &= 3.617E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.932E+5 \text{ N} \\ \chi_w &= 0.811, \quad \lambda_w = 1.024, \quad \tau_{cr} = 195.7, \quad C = 1732.4 \\ M_{Ed} &= -2.723E+6 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -2.65E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.103 \end{aligned}$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=5.608E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=3.91E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\begin{aligned} \eta_3 &= V_{Ed}/V_{Rd} = 0.666, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA}) \\ \eta_3 &= V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.72, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.085 \end{aligned}$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

$$\eta_3 > 0.5, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} < 1 \\ \text{NON C'E' INTERAZIONE}$$

Verifica connessione trave soletta

Caratteristiche generali

Numero di pioli per unita' di lunghezza, n (m ⁻¹)	25
Diametro dei pioli, d (mm)	19
Altezza dei pioli, h (mm)	220
Resistenza ultima dei pioli, α	1
Coefficiente di sicurezza parziale, γ_v	1.25
Resistenza ultima dei pioli, f_u (N/mm ²)	450

RELAZIONE DI CALCOLO – Cavalcavia CV06

Coefficiente E_{cm} (N/mm ²)	33643
Resistenza caratteristica cilindrica, f_{ck} (N/mm ²)	33.2

Resistenza della connessione

Resistenza a taglio del piolo, $P_{Rd1} = 0.8 f_u \pi d^2 / 4 \gamma_v$, (N)	81656.28
Resistenza per schiacciamento del calcestruzzo, $P_{Rd2} = 0.29 \alpha d^2 (f_{ck} E_{cm})^{0.5} / \gamma_v$, (N)	88513.63
Resistenza di progetto del piolo $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (N)	81656.28

Verifica elastica allo SLU

Coefficiente di utilizzo (Comb. Vmax)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} \kappa_s$ (N/mm)	2041.4
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	1050.6
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.515
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmax)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4}$ (mm ³)	J_y (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	3.247E+5	3.676E+7	7.437E+10	160.5
Fase 2b	-1.135E+5	3.744E+7	7.505E+10	-56.6
Fase 2c	0E+00	3.312E+7	7.077E+10	0
Fase 3a	8.006E+4	5.793E+7	9.539E+10	48.6
Fase 3b	1.479E+6	5.793E+7	9.539E+10	898.1
Totale				1050.6

Verifica elastica allo SLE

Coefficiente di utilizzo (Comb. Vmax)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} \kappa_s$ (N/mm)	1224.8
Fattore di riduzione, κ_s	0.6
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	769.1
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.628
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmax)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4}$ (mm ³)	J_y (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	2.405E+5	3.676E+7	7.437E+10	118.9
Fase 2b	-9.462E+4	3.744E+7	7.505E+10	-47.2
Fase 2c	0E+00	3.312E+7	7.077E+10	0
Fase 3a	5.337E+4	5.793E+7	9.539E+10	32.4
Fase 3b	1.095E+6	5.793E+7	9.539E+10	665
Totale				769.1