

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. M. Abram
	Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. F. Pambianco
	Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. M. Briganti Botta
	Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. L. Gagliardini
	Dott. Ing. L. Nani	Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:

	Dott. Ing. G. Guiducci	Dott. Ing. G. Lucibello
	Dott. Ing. A. Signorelli	Dott. Arch. G. Guastella
	Dott. Ing. E. Moscatelli	Dott. Geol. M. Leonardi
	Dott. Ing. A. Bela	Dott. Ing. G. Parente
	Dott. Arch. E. A. E. Crimi	Dott. Ing. L. Ragnacci
	Dott. Ing. M. Panfilì	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
	Dott. Ing. D. Carlaccini	Dott. Ing. F. Aloe
	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. A. Salvemini
	Dott. Ing. C. Consorti	
	Dott. Ing. V. Rotisciani	Dott. Ing. G. Verini Supplizi
	Dott. Ing. G. Pulli	Dott. Ing. V. Piunno
	Dott. Ing. F. Macchioni	Geom. C. Sugaroni
	Dott. Ing. P. Agnello	

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

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



VIADOTTI
VIADOTTO SAN LEONARDO - CARR. DX
Relazione di calcolo dell'impalcato

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04VI07STRRE01B		
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04VI07STRRE01	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 Sottostrutture	7
1.1.3 Sistema di vincolo	11
1.2 MODALITÀ REALIZZATIVE	11
1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	13
1.3.1 Carpenteria metallica	13
1.3.2 Connettori trave-soletta	13
1.3.3 Giunzioni bullonate	13
1.3.4 Giunzioni saldate	14
1.3.5 Calcestruzzo	14
1.3.5.1 Soletta e Predalle.....	14
1.3.5.2 Parametri reologici calcestruzzo soletta.....	15
1.3.6 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata	18
1.4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO	18
1.4.1 Classe di esecuzione	19
1.4.1.1 Scelta della classe di conseguenza.....	19
1.4.1.2 Classe di rischio connessa all'utilizzo della struttura (categorie di servizio).....	19
1.4.1.3 Classe di rischio connessa alla difficoltà nell'esecuzione della struttura (categorie di produzione).....	19
1.4.1.4 Determinazione della classe di esecuzione.....	20
1.5 SOFTWARE DI CALCOLO	20
1.6 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI	21
2. IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE	22
2.1 ANALISI DELLA STRUTTURA COMPOSTA	22
2.1.1 Fasi	22

2.2 DATI GENERALI DELLE SEZIONI DI IMPALCATO	23
2.2.1 Larghezze collaboranti di soletta	23
2.2.2 Fessurazione della soletta	25
2.2.3 Caratteristiche sezioni di impalcato	25
2.2.3.1 Proprietà geometrico-statiche.....	28
2.2.3.2 Proprietà plastiche delle sezioni	39
2.2.4 Caratteristiche del sistema di irrigidimento (ribs e stiffeners)	40
3. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO	42
3.1 MODELLAZIONE E TIPO DI ANALISI	42
3.2 SISTEMA DI VINCOLO	44
4. ANALISI DEI CARICHI	45
4.1 CARICHI AGENTI IN FASE 1	45
4.1.1 Peso proprio acciaio (G_{k1}')	45
4.1.2 Peso proprio soletta (G_{k1}'')	46
4.2 CARICHI AGENTI IN FASE 2A - 2B	46
4.2.1 Cordoli e sovraccarichi permanenti (G_{k2}')	46
4.2.2 Ritiro ($G_{sh,k}$)	46
4.2.3 Cedimenti vincolari ($G_{k,sett}$)	47
4.3 CARICHI AGENTI IN FASE 3	47
4.3.1 Variazioni termiche (QT_k)	47
4.3.1.1 Variazioni termiche uniformi e lineari Δt_N e Δt_M	47
4.3.1.2 Combinazione degli effetti uniformi e lineari	48
4.3.2 Carichi mobili (Q_k)	48
4.3.2.1 Verifiche globali	48
4.3.2.2 Verifiche locali	50
4.3.2.3 Verifiche a fatica	50
4.3.3 Azioni di frenatura (Q_{fk})	51
4.3.4 Azione del vento ($F_{w,k}$)	51

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

4.3.5	Azione sismica (E)	53
4.3.6	Azioni sui traversi per stabilizzare la piattabanda inferiore	57
5.	COMBINAZIONI DI CARICO	58
6.	ANALISI STRUTTURALE IMPALCATO	61
6.1	SOLLECITAZIONI TRAVE	61
6.2	DEFORMAZIONI E CONTRO FRECCE	87
6.2.1	Verifica massime deformazioni impalcato	88
6.2.2	Calibrazione contromonte d'officina	88
7.	VERIFICA IMPALCATO METALLICO	89
7.1	VERIFICA TRAVI LONGITUDINALI	89
7.1.1	S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento	89
7.1.2	S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento	93
7.1.3	S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento	94
7.1.4	Verifiche a fatica – calcolo $\Delta\sigma_E$	94
7.1.5	Verifica connessione trave/soletta	98
7.1.5.1	Caratteristiche piolatura e detailing	98
7.1.5.2	Dettagli costruttivi	98
7.1.5.3	Riepilogo rapporti di sfruttamento verifica elastica S.L.U. - S.L.E. - fatica	99
7.1.5.4	Verifica dei pioli di estremità - influenza di ritiro e variazione termica - (SLU)	101
7.1.6	Stabilità laterale – torsionale delle travi principali	102
7.1.7	Verifica del sistema di irrigidimento	107
7.1.8	Verifica stabilizzazione della piattabanda inferiore	113
8.	VERIFICA TRAVERSI	118
8.1	TRAVERSI DI CAMPATA (CORRENTI)	118
8.1.1	Verifica di SLU	130
8.1.2	Stabilità laterale torsionale	132
8.1.3	Verifica del Giunto bullonato	135

8.2 VERIFICA TRAVERSI IN ASSE APPOGGI	138
8.2.1 Verifica di SLU	144
8.2.2 Stabilità laterale torsionale	146
8.2.3 Verifica del Giunto bullonato	150
9. VERIFICA A FESSURAZIONE IN DIREZIONE LONGITUDINALE	152
9.1 AREA MINIMA	152
9.2 CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI INDIRECTI	153
9.3 CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI DIRETTI	156
10. VERIFICA SOLETTA IN CALCESTRUZZO	158
10.1 VERIFICA DELLE PREDALLE	159
10.2 VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO	166
10.2.1 Analisi dei carichi	166
10.2.2 Sollecitazioni di calcolo allo SLU e allo SLE	170
10.2.3 Verifica campo "corrente" soletta	183
10.2.3.1 Verifica a flessione della sezione in campata fra le travi	183
10.2.3.2 Verifica a presso\tenso flessione della sezione in appoggio sulla trave	186
10.2.3.3 Verifica a taglio	189
10.2.4 Verifica zona di giunto	189
10.2.4.1 Verifica a presso\tenso flessione delle sezioni in appoggio ed in campata fra le travi	189
10.2.4.2 Verifica a taglio	193
10.3 RESISTENZA AL TAGLIO LONGITUDINALE	193
10.3.1 Verifica della sezione a-a	194
10.3.2 Verifica della sezione b-b	195
10.4 VERIFICA CORDOLO NEI CONFRONTI DELL'AZIONE D'URTO	195
11. VERIFICA FASE DI SOLLEVAMENTO	197
11.1 DIMENSIONAMENTO MARTINETTI DI SOLLEVAMENTO	197
11.2 VERIFICA SEMPLIFICATA DI STABILITÀ	199

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

11.3 STRESS ANALYSIS	200
12. CONTROLLI TRAMITE VALUTAZIONI INDIPENDENTI	206
13. ALLEGATO 1 – DETTAGLI VERIFICHE	211
13.1 SEZIONE C1_1	211
13.2 SEZIONE C2_6	222
13.3 SEZIONE C3_10	232
13.4 SEZIONE C4_13	245
13.5 SEZIONE C4_CRACKED_15	260
13.6 SEZIONE C5_CRACKED_17	275
13.7 SEZIONE C6_CRACKED_22	290
13.8 SEZIONE C6_24	305
13.9 SEZIONE C7_28	320
13.10 SEZIONE C8_30	330
13.11 SEZIONE C9_48	341
13.12 SEZIONE C10_CRACKED_44	356
13.13 SEZIONE C10_47	371
13.14 SEZIONE C11_CRACKED_42	386
13.15 SEZIONE C12_53	401

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali effettuate per la progettazione dell'impalcato del viadotto "San Leonardo" carreggiata destra, 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 48-66-66-66-48 m per la carreggiata destra e per la carreggiata sinistra. Pile e spalle presentano altezze molto simili fra le due carreggiate. Vista la somiglianza fra le due strutture si prevede di sviluppare le verifiche per la struttura in carreggiata destra e di estendere la validità delle stesse alla struttura in carreggiata sinistra.

La carreggiata sinistra sostituisce nella stessa sede un impalcato esistente in cap con 8 campate da 33 m, che verrà demolito interamente mantenendo solo i pali esistenti che non avranno più funzione strutturale, la posizione delle pile rimane in corrispondenza di alcune delle pile del viadotto esistente mentre le spalle vengono arretrate di 15 m.

In questo modo le fondazioni delle nuove spalle della carreggiata sinistra non interferiscono con le fondazioni delle spalle esistenti, le fondazioni profonde delle nuove pile 1 e 2 carreggiata sinistra invece interferiscono con le fondazioni profonde delle due pile esistenti posizionate alla stessa progressiva; si prevede quindi per le pile P1 e P2 una zattera di fondazione ampia in modo che i nuovi pali rimangano esterni rispetto a quelli esistenti.

La figura seguente mostra le sezioni longitudinali delle due carreggiate.

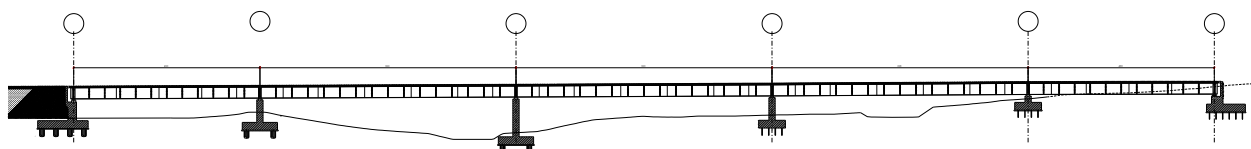


Figura 1.1: Sezione longitudinale carreggiata destra RG-CT

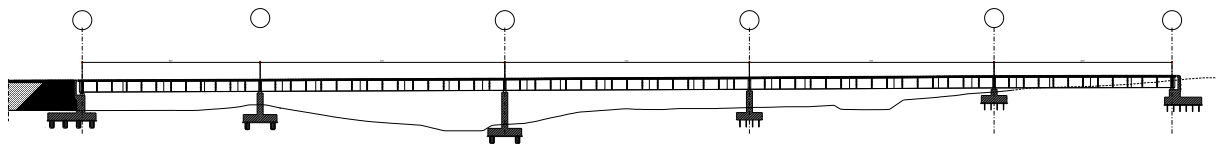


Figura 1.2: Sezione longitudinale carreggiata sinistra CT-RG

1.1.1 Impalcato

La sezione trasversale dell'impalcato prevede due travi metalliche con sezione a doppio T di altezza pari a 2900 mm disposte ad interasse trasversale di 6550 mm costante per le carreggiate destra e sinistra e traversi a trave posti a passo longitudinale variabile tra 4000 mm e 4125 mm. I traversi di testata sono realizzati mediante travi a doppio T, composte mediante saldatura, di altezza pari a 1900 mm, mentre i traversi intermedi sono costituiti da profilati tipo HEA800. Lo sviluppo longitudinale delle travi comprende diversi conci la cui anima non è provvista di irrigidimenti longitudinali, mentre gli irrigidimenti verticali sono realizzati in corrispondenza della giunzione coi traversi.

L'impalcato ha una larghezza di 11250 mm, salvo un minimo allargamento di 320 mm in corrispondenza della ultima campata in adiacenza alla spalla 2 carreggiata sinistra, con cordoli da 750 mm, banchina sul lato sinistro della carreggiata di 500 mm, banchina sul lato destro di 1750 mm e due corsie da 3750 mm. La soletta di impalcato, solidarizzata alle travi, è gettata in opera e presenta spessore complessivo di 300 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 $\varnothing 19$.

La geometria della sezione trasversale dell'impalcato è riportata nelle seguente figura:

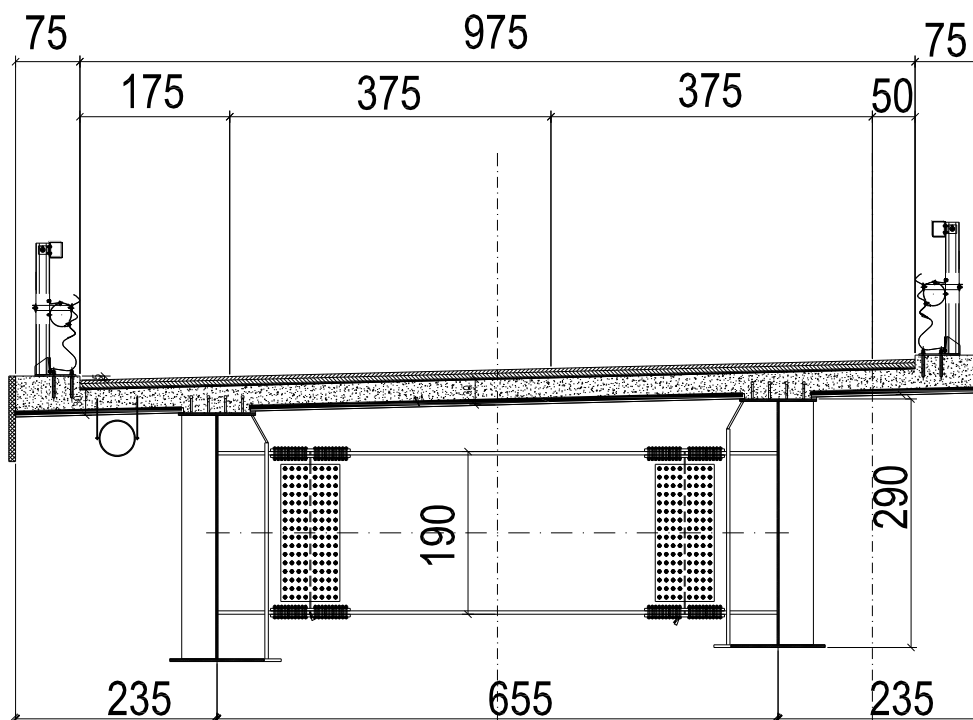


Figura 1.3: Sezione trasversale dell'impalcato

1.1.2 Sottostrutture

Le pile sono di tipo tradizionale in c.a. e sono costituite da fusti a sezione piena di massimo ingombro pari a 9,30 m x 1,60 m sia per la carreggiata destra che sinistra. La sezione si mantiene con dimensioni costanti per tutta l'estensione del fusto, l'altezza delle pile per le due carreggiate è compresa fra 1,6 e 10,2 m.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

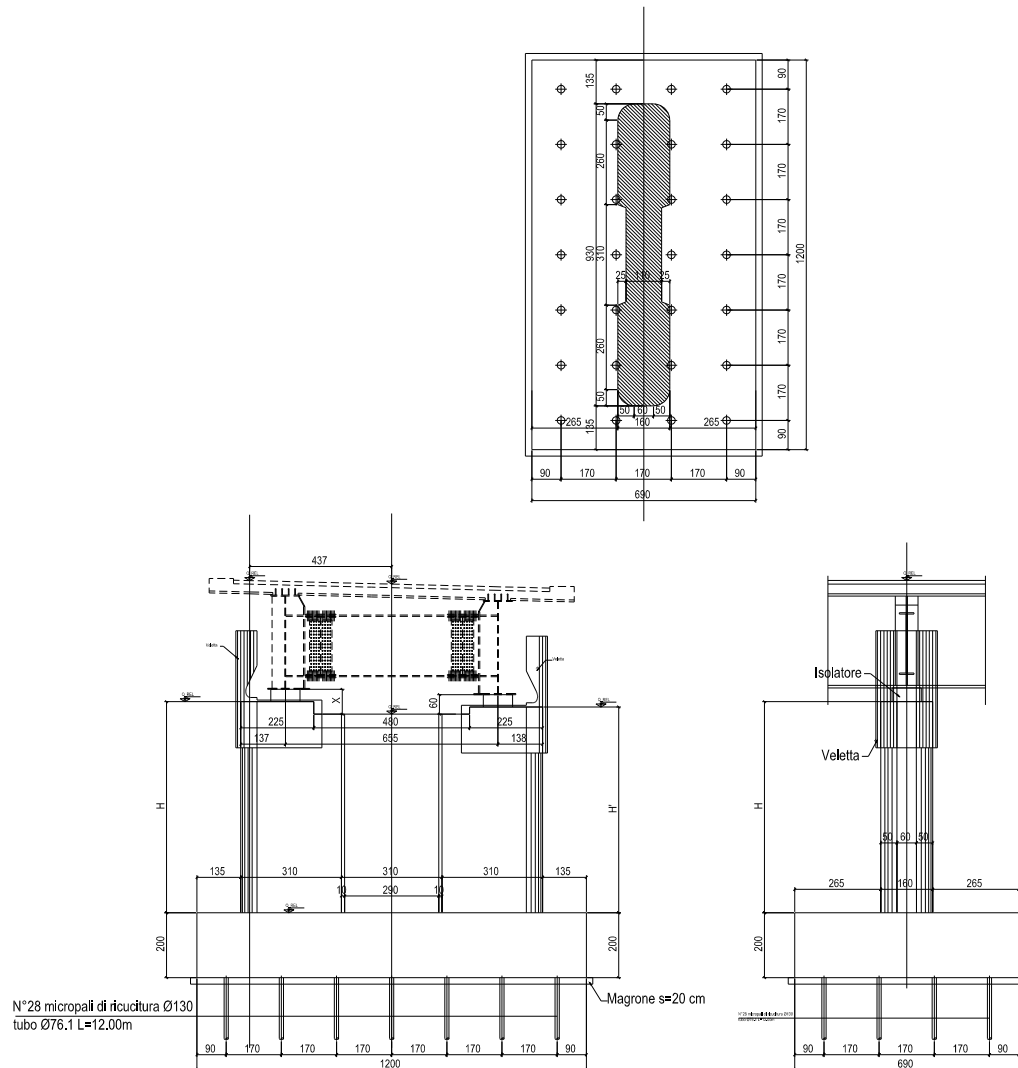


Figura 1.5: Sezione trasversale, vista trasversale e longitudinale delle pile 3 e 4

Nelle seguenti tabelle vengono riportati lo spessore della platea di fondazione, nonché il numero, il diametro e la lunghezza dei pali disposti.

VIADOTTO SAN LEONARDO - PILE				
Pila	N. Pali	L Pali (m)	Diam. Pali (m)	Spessore platea (m)
P1Sx – P2Sx	8	36	1,2	2
P1Dx – P2Dx	8	36	1,2	2
P3Sx – P4Sx				2
P3Dx – P4Dx				2

Tabella 1.6: Caratteristiche geometriche delle fondazioni delle pile

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Le spalle 1 delle due carreggiate sono di tipo tradizionale in c.a. e presentano un muro frontale di spessore 2.20 m ed un paraghiaia di spessore 0.60 m. Le fondazioni sono del tipo indiretto e sono costituite da plinti rettangolari su pali di dimensioni 13 m x 13 m, spessore 2 m.

Le spalle 2 delle due carreggiate sono in c.a. e presentano un muro frontale di spessore 2.95 m ed un paraghiaia di spessore 0.60 m. Le fondazioni sono del tipo diretto su roccia consolidata con un reticolo di micropali e sono costituite da plinti rettangolari di dimensioni 10,00 m x 12,0 m ed altezza 2 m.

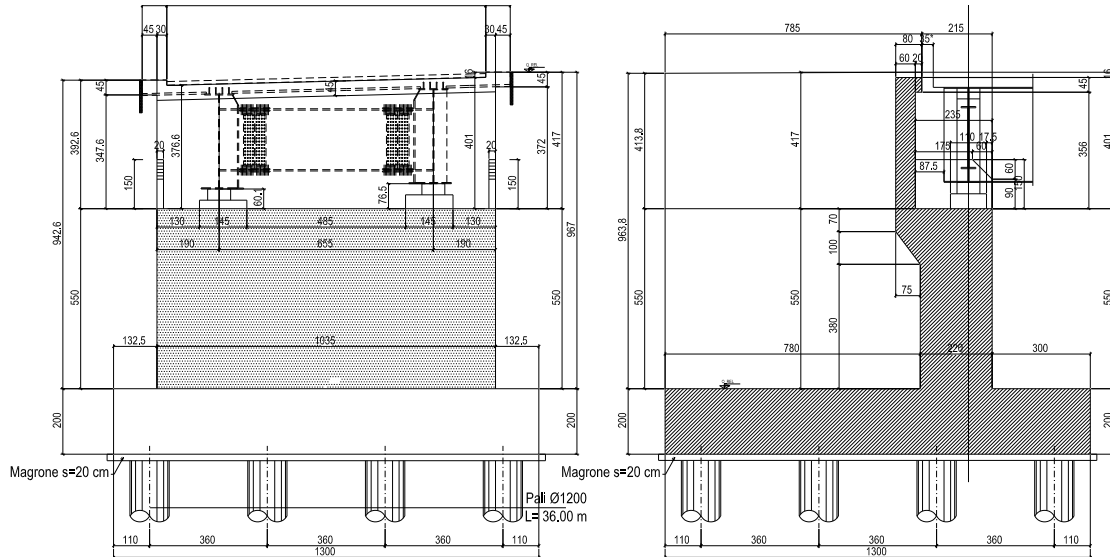


Figura 1.7: Vista frontale e sezione longitudinale spalle SP1

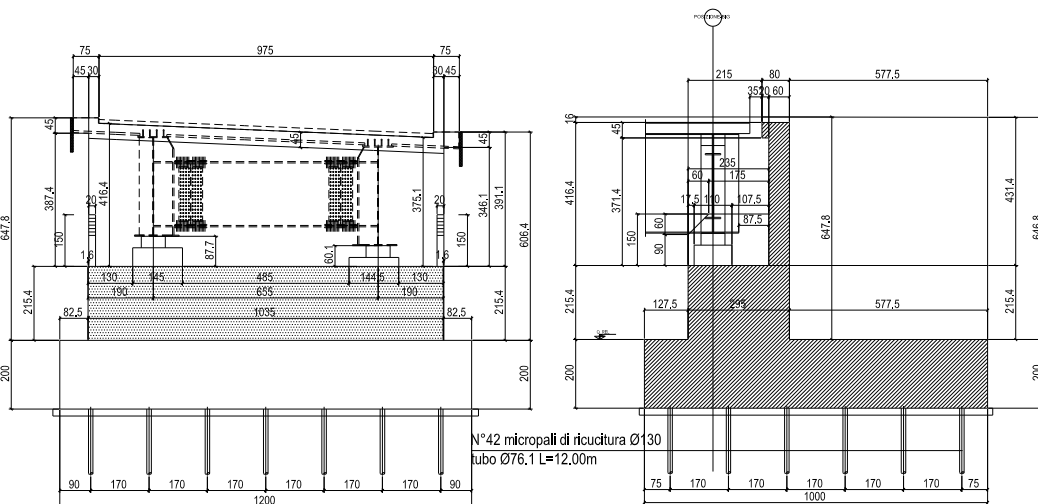


Figura 1.8: Vista frontale e sezione longitudinale spalla SP2

Nelle seguenti tabelle vengono riportati lo spessore della platea di fondazione, nonché il numero, il diametro e la lunghezza dei pali disposti.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

VIADOTTO SAN LEONARDO - SPALLE				
Spalla	N. Pali	L Pali (m)	Diam. Pali (m)	Spessore platea (m)
Sp1Sx	16	36	1,2	2
Sp2Sx	16	36	1,2	2
Sp1Dx				2
Sp2Dx				2

Tabella 1.9: Caratteristiche geometriche delle fondazioni delle spalle

1.1.3 Sistema di vincolo

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

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.

L'incremento del periodo di oscillazione della sovrastruttura, e la dissipazione di energia, consentono di ridurre drasticamente l'entità della domanda in termini di sollecitazione, che le sottostrutture sono chiamate a sopportare durante l'evento sismico.

Al fine di evitare uno spostamento eccessivo degli isolatori in prossimità delle spalle dovuto ad azioni termiche si prevede di montare gli isolatori sulle spalle in serie a degli appoggi unidirezionali che consentono la deformazione longitudinale.

Il predimensionamento dei dispositivi viene effettuato a partire dai dati di "portata" verticale in condizione di esercizio e sismica, unitamente al valore di rigidità che si intende conseguire, al fine di ottenere un periodo di oscillazione medio nelle due direzioni principali intorno ai 2 s.

In esito al processo di predimensionamento, e riferendosi al catalogo delle produzioni in serie di uno dei maggiori produttori nazionali, si sono selezionate le caratteristiche dei dispositivi indicate di seguito.

Dispositivi HDRB – mescola "H":

Diam = 850 mm / H=341 mm per le pile $K_e = 4.37 \text{ kN/mm}$

Diam = 850 mm / H=341 mm per le spalle $K_e = 3.91 \text{ kN/mm}$.

1.2 MODALITÀ REALIZZATIVE

Le fasi costruttive del viadotto sono le seguenti:

- Delimitazione aree di cantiere
- Realizzazione aree di cantiere, viabilità secondaria e piste di cantiere
- Realizzazione opere provvisoriale carreggiata destra

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- Realizzazione spalle e pile carreggiata destra
- Realizzazione impalcato e rilevato vicino a spalle carreggiata destra
- Completamento carreggiata destra in viadotto
- Deviazione del traffico nella carreggiata destra
- Realizzazione opere provvisionali carreggiata sinistra.
- Demolizione impalcato esistente in corrispondenza carreggiata sinistra
- Realizzazione spalle e pile carreggiata sinistra
- Realizzazione impalcato e rilevato vicino a spalle carreggiata sinistra
- Completamento carreggiata sinistra in viadotto
- Apertura del traffico su entrambe le carreggiate

Successivamente alla realizzazione di fondazioni di pile e spalle e alla realizzazione delle elevazioni di pile 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 delle pile. 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 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:

$$E_s = 210000 \text{ MPa} \quad \text{modulo elastico}$$

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

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

1.3.2 Connettori trave-soletta

La connessione trave soletta è concepita a 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 a serraggio controllato, di classe B (cfr. tab. 3.2 di EN 1993-1-8, 3.4(P)1 per le unioni principali, di classe A per i controventi di montaggio.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

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

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

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:

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	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 secondo come di seguito riportato, seguendo gli approcci contenuti in EN 1992-1-1.

Allo scopo, per la valutazione degli effetti della viscosità, si sono differenziate, tra le azioni di lungo termine, quelle di carattere costante nel tempo (es. carichi permanenti), e quelle a carattere evolutivo

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

(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	16.924	nG(t,t ₀) - Permanenti	15.622
nE(t,t ₀) - Ritiro	16.314	nG(t,t ₀) - Ritiro	15.059
nE(t,t ₀) - Def. imposte	20.809	nG(t,t ₀) - Def. imposte	19.208

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)	480
Sezione dell'elemento, A _c (mm ²)	2'700'000.00
Perimetro a contatto con l'atmosfera, u (mm)	11'250.00
Umidita' relativa percentuale, RH (%)	75

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

Coefficiente di viscosita' $\varphi(t,t_0) = \varphi_0 \beta_c(t,t_0) =$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.556
al momento dell'applicazione del ritiro	2.934
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.556
Coefficiente nominale di viscosita', $\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) =$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.569
al momento dell'applicazione del ritiro	2.959
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.569
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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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	0.991
al momento dell'applicazione del ritiro	0.991
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.991
Modulo elastico al tempo "t", $E_{cm}(t,t_0) = E_{cm}/[1+\psi^* \varphi(t,t_0)]$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	12'408
al momento dell'applicazione del ritiro	12'872
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	10'092
$\psi =$	
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', $\varphi_{RH} = 1 + [(1-RH/100)/(0.1h_0^{1/3})] \alpha_1$	1.244
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', $\beta_H = 1.5 [1+(0.012 RH)^{18}] h_0 + 250$ $\alpha_3 \leq 1500$ α_3	1'058
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 $\varepsilon_s(t,t_0)$

$$\varepsilon_s(t,t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000272$$

Dove:

Deformazione dovuta al ritiro per essiccamento, $\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t,t_s) k_h \varepsilon_{cd,0}$	0.000214
Coeff. per la variabilita' della deformazione nel tempo, $\beta_{ds}(t,t_s) = (t-t_s)/[(t-t_s)+0.04(h_0^3)^{0.5}] =$	0.989
Parametro che dipende da h_0 (vedi prospetto seguente), $k_h =$	0.71
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, α_{ds1}	4
Coefficiente per il tipo di cemento, α_{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 sovraresistenza
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 0.075$	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
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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

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

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

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

S.L.U. :

- preclassificazione e classificazione delle sezioni
- pressoflessione (interazione N/M): analisi e verifica plastica di ciascuna sezione, e deduzione del rapporto di sfruttamento plastico (sezioni classe 1 e 2)
- pressoflessione (interazione N/M): Analisi tensionale elastica su sezione lorda, con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico (sezioni di classe 3)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 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 Fx, Fz, My, dal momento che risultano non significativi i contributi Fy, Mx ed Mz.

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:

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

M (Mf) in luogo di M_y
V in luogo di F_z
T in luogo di M_x

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

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

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

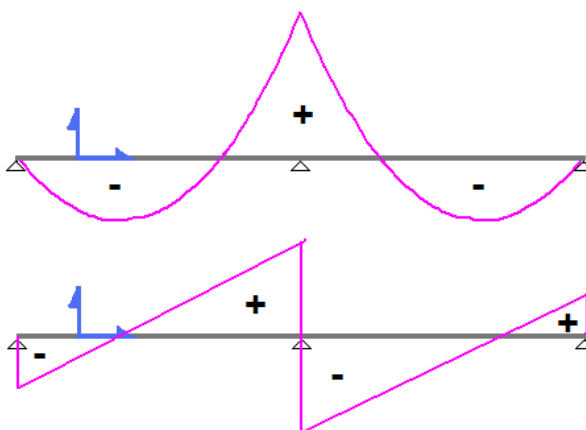


Figura 1.10: Convenzione sui segni

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:

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- fase 1: assenza soletta (fase iniziale);
- fase 2a: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante successivo al getto, e di intensità costante nel tempo (es. permanenti di finitura);
- fase 2b: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante t_1 immediatamente dopo il getto, ed aventi sviluppo nel tempo parallelo a quello dei fenomeni differiti (ritiro);
- fase 2c: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per coazioni e/o cedimenti vincolari imposti all'istante t_1 dal il getto, ed aventi sviluppo nel tempo costante.
- fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine
- fase "cracked" soletta fessurata schematizzata mediante il conteggio delle sole armature longitudinali presenti in soletta.

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

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

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

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 – Viadotto San Leonardo

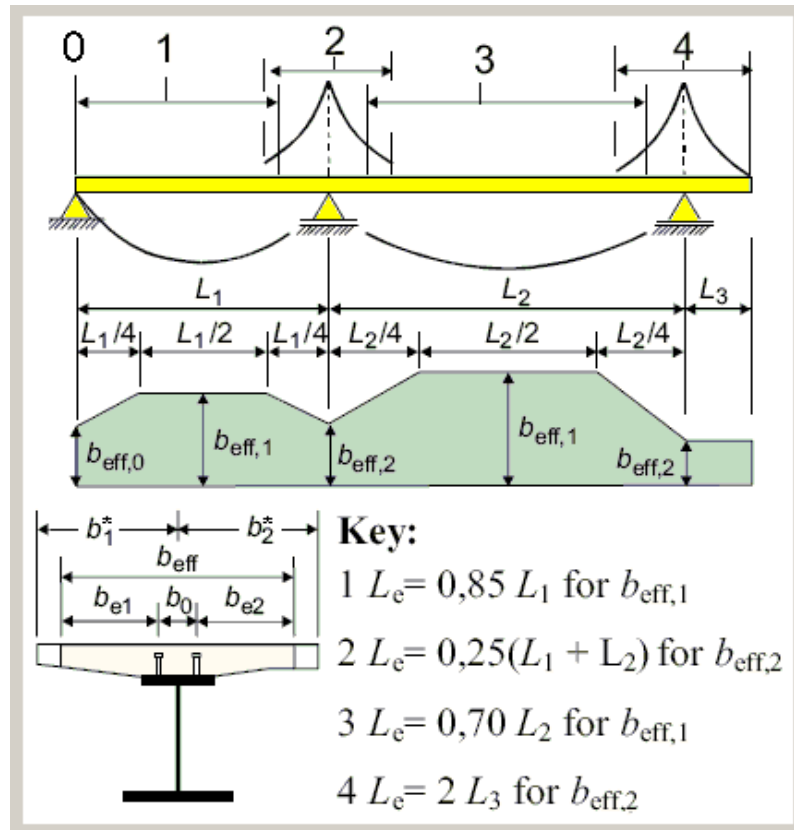


Figura 2.1: Criteri per la determinazione della larghezza collaborante di soletta

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	2'350	3'275	600	0	5'306	40.80	2'050	2'975	1.000	0.893
12	2'350	3'275	600	1	5'625	40.80	2'050	2'975	1.000	1.000
36	2'350	3'275	600	1	5'625	40.80	2'050	2'975	1.000	1.000
48	2'350	3'275	600	2	5'625	28.50	2'050	2'975	1.000	1.000
64.5	2'350	3'275	600	3	5'625	46.20	2'050	2'975	1.000	1.000
97.5	2'350	3'275	600	3	5'625	46.20	2'050	2'975	1.000	1.000
114	2'350	3'275	600	2	5'625	33.00	2'050	2'975	1.000	1.000
130.5	2'350	3'275	600	3	5'625	46.20	2'050	2'975	1.000	1.000
163.5	2'350	3'275	600	3	5'625	46.20	2'050	2'975	1.000	1.000
180	2'350	3'275	600	2	5'625	33.00	2'050	2'975	1.000	1.000
196.5	2'350	3'275	600	3	5'625	46.20	2'050	2'975	1.000	1.000
229.5	2'350	3'275	600	3	5'625	46.20	2'050	2'975	1.000	1.000
246	2'350	3'275	600	2	5'625	28.50	2'050	2'975	1.000	1.000
258	2'350	3'275	600	1	5'625	40.80	2'050	2'975	1.000	1.000
282	2'350	3'275	600	1	5'625	40.80	2'050	2'975	1.000	1.000
294	2'350	3'275	600	0	5'306	40.80	2'050	2'975	1.000	0.893

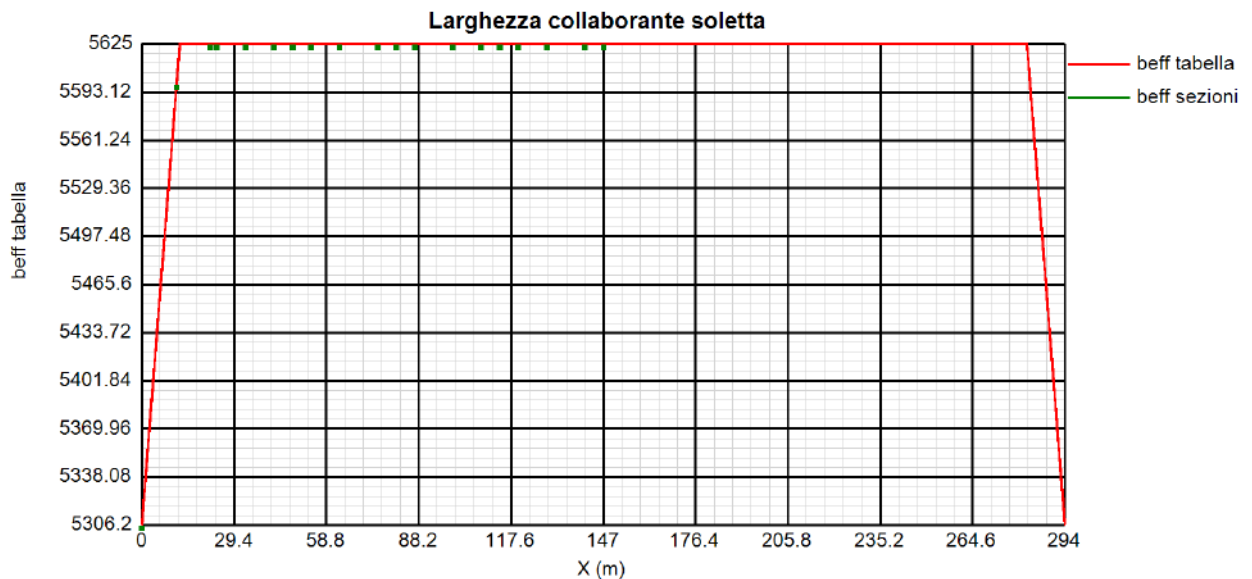


Figura 2.2: Larghezza collaborante della soletta lungo una trave longitudinale

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 17.1 m e 19.8 m rispettivamente per le due pile laterali e le due pile centrali (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. Essendo l'impalcato simmetrico longitudinalmente rispetto alla mezzeria della campata centrale, sono state analizzate le sezioni di inizio, centro e fine concio, per i soli conci di metà impalcato, dalla spalla 1 alla mezzeria della campata centrale. 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:	2900 mm
Diametro pioli:	19 mm
Altezza pioli:	220 mm
Altezza soletta:	60+240=300 mm

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Sections	X (m)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)	n pioli (/m)
C1_1	0.000	900	30	2'840	22	1'100	30	20
C1_2	5.500	900	30	2'840	22	1'100	30	20
C1_3	11.000	900	30	2'840	22	1'100	30	20
C2_4	11.000	900	40	2'810	18	1'100	50	15
C2_5	16.500	900	40	2'810	18	1'100	50	15
C2_6	22.000	900	40	2'810	18	1'100	50	15
C3_7	22.001	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C3_8	24.000	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C3_9	27.500	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C3_10	33.000	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C4_11	33.001	900	40	2'800	22	1'100	60	20
C4_12	37.500	900	40	2'800	22	1'100	60	20
C4_13	40.800	900	40	2'800	22	1'100	60	20
C4_cracked_14	40.801	900	40	2'800	22	1'100	60	20
C4_cracked_15	42.000	900	40	2'800	22	1'100	60	20
C5_cracked_16	42.001	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C5_cracked_17	47.970	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C5_cracked_18	48.000	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C5_cracked_19	48.000	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C5_cracked_20	48.030	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C5_cracked_21	54.000	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C6_cracked_22	54.001	900	40	2'800	22	1'100	60	20
C6_cracked_23	57.900	900	40	2'800	22	1'100	60	20
C6_24	57.900	900	40	2'800	22	1'100	60	20
C6_26	63.000	900	40	2'800	22	1'100	60	20
C7_25	63.001	900	35	2'825	20	1'100	40	15
C7_27	69.000	900	35	2'825	20	1'100	40	15
C7_28	75.000	900	35	2'825	20	1'100	40	15
C8_29	75.001	900	35	2'805	18	1'100	60	15
C8_30	81.000	900	35	2'805	18	1'100	60	15
C8_32	87.000	900	35	2'805	18	1'100	60	15
C9_31	87.001	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C9_33	93.000	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C9_35	99.000	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C9_48	129.001	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C9_50	135.000	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C9_51	141.000	900	40	2'810	20	1'100	50	15
C10_34	99.001	900	60	2'780	22	1'100	60	20
C10_36	104.100	900	60	2'780	22	1'100	60	20
C10_cracked_37	104.101	900	60	2'780	22	1'100	60	20
C10_cracked_39	108.000	900	60	2'780	22	1'100	60	20
C10_cracked_44	120.001	900	60	2'780	22	1'100	60	20
C10_cracked_46	123.900	900	60	2'780	22	1'100	60	20
C10_47	123.901	900	60	2'780	22	1'100	60	20
C10_49	129.000	900	60	2'780	22	1'100	60	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

C11_cracked_38	108.001	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C11_cracked_40	113.970	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C11_cracked_41	114.000	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C11_cracked_42	114.000	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C11_cracked_43	114.030	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C11_cracked_45	120.000	1'100	70	2'750	25	1'100	80	20
C12_52	141.001	900	30	2'810	18	1'100	60	15
C12_53	147.000	900	30	2'810	18	1'100	60	15

Sections	X (m)	beff (mm)	Fisup (mm)	pbsup (mm)	csup (mm)	Fiinf (mm)	pbinf (mm)	cinf (mm)
C1_1	0.000	5'306	20	200	70	20	200	30
C1_2	5.500	5'452	20	200	70	20	200	30
C1_3	11.000	5'598	20	200	70	20	200	30
C2_4	11.000	5'598	20	200	70	20	200	30
C2_5	16.500	5'625	20	200	70	20	200	30
C2_6	22.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C3_7	22.001	5'625	20	200	70	20	200	30
C3_8	24.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C3_9	27.500	5'625	20	200	70	20	200	30
C3_10	33.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C4_11	33.001	5'625	24	200	72	24	200	32
C4_12	37.500	5'625	24	200	72	24	200	32
C4_13	40.800	5'625	24	200	72	24	200	32
C4_cracked_14	40.801	5'625	24	200	72	24	200	32
C4_cracked_15	42.000	5'625	24	200	72	24	200	32
C5_cracked_16	42.001	5'625	24	100	72	24	100	32
C5_cracked_17	47.970	5'625	24	100	72	24	100	32
C5_cracked_18	48.000	5'625	24	100	72	24	100	32
C5_cracked_19	48.000	5'625	24	100	72	24	100	32
C5_cracked_20	48.030	5'625	24	100	72	24	100	32
C5_cracked_21	54.000	5'625	24	100	72	24	100	32
C6_cracked_22	54.001	5'625	24	200	72	24	200	32
C6_cracked_23	57.900	5'625	24	200	72	24	200	32
C6_24	57.900	5'625	24	200	72	24	200	32
C6_26	63.000	5'625	24	200	72	24	200	32
C7_25	63.001	5'625	20	200	70	20	200	30
C7_27	69.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C7_28	75.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C8_29	75.001	5'625	20	200	70	20	200	30
C8_30	81.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C8_32	87.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C9_31	87.001	5'625	20	200	70	20	200	30
C9_33	93.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C9_35	99.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C9_48	129.001	5'625	20	200	70	20	200	30
C9_50	135.000	5'625	20	200	70	20	200	30

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

C9_51	141.000	5'625	20	200	70	20	200	30
C10_34	99.001	5'625	24	200	72	24	200	32
C10_36	104.100	5'625	24	200	72	24	200	32
C10_cracked_37	104.101	5'625	24	200	72	24	200	32
C10_cracked_39	108.000	5'625	24	200	72	24	200	32
C10_cracked_44	120.001	5'625	24	200	72	24	200	32
C10_cracked_46	123.900	5'625	24	200	72	24	200	32
C10_47	123.901	5'625	24	200	72	24	200	32
C10_49	129.000	5'625	24	200	72	24	200	32
C11_cracked_38	108.001	5'625	24	100	72	24	100	32
C11_cracked_40	113.970	5'625	24	100	72	24	100	32
C11_cracked_41	114.000	5'625	24	100	72	24	100	32
C11_cracked_42	114.000	5'625	24	100	72	24	100	32
C11_cracked_43	114.030	5'625	24	100	72	24	100	32
C11_cracked_45	120.000	5'625	24	100	72	24	100	32
C12_52	141.001	5'625	20	200	70	20	200	30
C12_53	147.000	5'625	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.

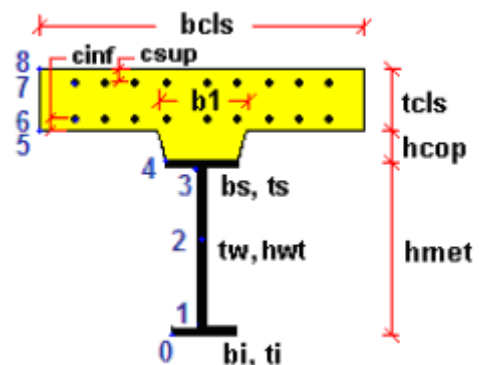
2.2.3.1 Proprietà geometrico-statiche

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



RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 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	2900 mm
Piattabanda superiore	900x30 mm
Piattabanda inferiore	1100x30 mm
Anima	22x2840 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5306x240 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	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.225E+5	2.144E+5	2.172E+5	2.004E+5	3.432E+5	1.391E+5
z _G (mm)	1379.703	2107.103	2119.706	2038.894	2472.175	1580.999
J _y (mm ⁴)	1.649E+11	3.166E+11	3.192E+11	3.023E+11	3.933E+11	2.065E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.196E+8	-1.502E+8	-1.506E+8	-1.482E+8	-1.591E+8	-1.306E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.222E+8	-1.524E+8	-1.527E+8	-1.505E+8	-1.611E+8	-1.331E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.107E+8	4.149E+8	4.254E+8	3.637E+8	9.887E+8	1.602E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.085E+8	3.992E+8	4.091E+8	3.51E+8	9.194E+8	1.565E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.712E+8	3.799E+8	3.281E+8	8.063E+8	1.497E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.585E+8	3.668E+8	3.178E+8	7.596E+8	1.465E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.095E+8	3.159E+8	2.77E+8	5.979E+8	1.333E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.896E+8	2.955E+8	2.603E+8	5.404E+8	1.275E+8
S _{y,1} (mm ³)	4.504E+7	6.904E+7	6.946E+7	6.679E+7	8.109E+7	5.168E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.507E+7	1.165E+8	1.175E+8	1.112E+8	1.467E+8	7.814E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.064E+7	1.101E+8	1.113E+8	1.036E+8	1.45E+8	5.986E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	8.909E+7	9.064E+7	8.074E+7	1.338E+8	2.465E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C2_4

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	18x2810 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5598x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 30 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 15/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.416E+5	2.386E+5	2.415E+5	2.237E+5	3.744E+5	1.592E+5
z _G (mm)	1261.823	1999.471	2012.751	1927.898	2391.551	1460.52
J _y (mm ⁴)	2.136E+11	4.036E+11	4.07E+11	3.85E+11	5.053E+11	2.643E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.693E+8	-2.018E+8	-2.022E+8	-1.997E+8	-2.113E+8	-1.809E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.763E+8	-2.07E+8	-2.074E+8	-2.05E+8	-2.158E+8	-1.873E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.336E+8	4.69E+8	4.804E+8	4.131E+8	1.079E+9	1.888E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.304E+8	4.481E+8	4.587E+8	3.961E+8	9.938E+8	1.836E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.201E+8	4.297E+8	3.731E+8	8.889E+8	1.762E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.074E+8	4.165E+8	3.625E+8	8.443E+8	1.728E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.57E+8	3.643E+8	3.203E+8	6.842E+8	1.583E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.362E+8	3.428E+8	3.027E+8	6.25E+8	1.519E+8
S _{y,1} (mm ³)	6.803E+7	1.086E+8	1.093E+8	1.047E+8	1.302E+8	7.895E+7
S _{y,2} (mm ³)	8.124E+7	1.428E+8	1.44E+8	1.364E+8	1.795E+8	9.686E+7
S _{y,3} (mm ³)	5.825E+7	1.361E+8	1.375E+8	1.286E+8	1.775E+8	7.923E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.044E+8	1.063E+8	9.43E+7	1.599E+8	2.813E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C3 7

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	20x2810 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.472E+5	2.446E+5	2.476E+5	2.297E+5	3.811E+5	1.649E+5
z _G (mm)	1269.198	1988.991	2002.133	1918.281	2379.735	1461.142
J _y (mm ⁴)	2.175E+11	4.094E+11	4.13E+11	3.905E+11	5.144E+11	2.682E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.714E+8	-2.059E+8	-2.063E+8	-2.036E+8	-2.162E+8	-1.835E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.784E+8	-2.112E+8	-2.115E+8	-2.09E+8	-2.208E+8	-1.9E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.367E+8	4.701E+8	4.814E+8	4.147E+8	1.071E+9	1.917E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.334E+8	4.494E+8	4.599E+8	3.978E+8	9.887E+8	1.864E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$W_{y,5}$ (mm ³)	1E+300	4.217E+8	4.311E+8	3.749E+8	8.865E+8	1.789E+8
$W_{y,6}$ (mm ³)	1E+300	4.09E+8	4.18E+8	3.644E+8	8.429E+8	1.754E+8
$W_{y,7}$ (mm ³)	1E+300	3.588E+8	3.661E+8	3.223E+8	6.856E+8	1.607E+8
$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	3.381E+8	3.447E+8	3.047E+8	6.271E+8	1.542E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	6.843E+7	1.08E+8	1.087E+8	1.041E+8	1.295E+8	7.899E+7
$S_{y,2}$ (mm ³)	8.33E+7	1.456E+8	1.469E+8	1.39E+8	1.838E+8	9.89E+7
$S_{y,3}$ (mm ³)	5.799E+7	1.38E+8	1.395E+8	1.302E+8	1.815E+8	7.933E+7
$S_{y,4}$ (mm ³)	1.49E-8	1.06E+8	1.079E+8	9.554E+7	1.635E+8	2.825E+7
nE	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C4 11

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2800 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.636E+5	2.688E+5	2.718E+5	2.539E+5	4.053E+5	1.89E+5
z_G (mm)	1195.575	1931.249	1943.855	1863.885	2318.134	1446.538
J_y (mm ⁴)	2.364E+11	4.631E+11	4.67E+11	4.422E+11	5.832E+11	3.131E+11
$W_{y,0}$ (mm ³)	-1.977E+8	-2.398E+8	-2.403E+8	-2.373E+8	-2.516E+8	-2.164E+8
$W_{y,1}$ (mm ³)	-2.082E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.452E+8	-2.583E+8	-2.258E+8
$W_{y,3}$ (mm ³)	1.42E+8	4.986E+8	5.098E+8	4.44E+8	1.076E+9	2.215E+8
$W_{y,4}$ (mm ³)	1.387E+8	4.781E+8	4.884E+8	4.268E+8	1.002E+9	2.154E+8
$W_{y,5}$ (mm ³)	1E+300	4.502E+8	4.596E+8	4.035E+8	9.087E+8	2.068E+8
$W_{y,6}$ (mm ³)	1E+300	4.366E+8	4.456E+8	3.92E+8	8.655E+8	2.026E+8
$W_{y,7}$ (mm ³)	1E+300	3.87E+8	3.944E+8	3.498E+8	7.202E+8	1.862E+8
$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	3.65E+8	3.718E+8	3.31E+8	6.614E+8	1.785E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	7.693E+7	1.255E+8	1.263E+8	1.21E+8	1.51E+8	9.349E+7
$S_{y,2}$ (mm ³)	9.111E+7	1.64E+8	1.654E+8	1.568E+8	2.071E+8	1.146E+8
$S_{y,3}$ (mm ³)	6.064E+7	1.545E+8	1.561E+8	1.459E+8	2.039E+8	9.266E+7
$S_{y,4}$ (mm ³)	1.49E-8	1.204E+8	1.224E+8	1.093E+8	1.837E+8	4.106E+7
nE	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C4 cracked 14

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Anima	22x2800 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.636E+5	2.688E+5	2.718E+5	2.539E+5	4.053E+5	1.89E+5
z _G (mm)	1195.575	1931.249	1943.855	1863.885	2318.134	1446.538
J _y (mm ⁴)	2.364E+11	4.631E+11	4.67E+11	4.422E+11	5.832E+11	3.131E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.977E+8	-2.398E+8	-2.403E+8	-2.373E+8	-2.516E+8	-2.164E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.082E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.452E+8	-2.583E+8	-2.258E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.42E+8	4.986E+8	5.098E+8	4.44E+8	1.076E+9	2.215E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.387E+8	4.781E+8	4.884E+8	4.268E+8	1.002E+9	2.154E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.502E+8	4.596E+8	4.035E+8	9.087E+8	2.068E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.366E+8	4.456E+8	3.92E+8	8.655E+8	2.026E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.87E+8	3.944E+8	3.498E+8	7.202E+8	1.862E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.65E+8	3.718E+8	3.31E+8	6.614E+8	1.785E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.693E+7	1.255E+8	1.263E+8	1.21E+8	1.51E+8	9.349E+7
S _{y,2} (mm ³)	9.111E+7	1.64E+8	1.654E+8	1.568E+8	2.071E+8	1.146E+8
S _{y,3} (mm ³)	6.064E+7	1.545E+8	1.561E+8	1.459E+8	2.039E+8	9.266E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E+8	1.204E+8	1.224E+8	1.093E+8	1.837E+8	4.106E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C5 cracked 16

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	1100x70 mm
Piattabanda inferiore	1100x80 mm
Anima	25x2750 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.338E+5	3.644E+5	3.674E+5	3.495E+5	5.009E+5	2.846E+5
z _G (mm)	1386.765	1991.089	1999.929	1944.699	2287.832	1685.936
J _y (mm ⁴)	3.716E+11	6.103E+11	6.138E+11	5.918E+11	7.287E+11	4.888E+11

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

W _{y,0} (mm ³)	-2.68E+8	-3.065E+8	-3.069E+8	-3.043E+8	-3.185E+8	-2.9E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.844E+8	-3.194E+8	-3.197E+8	-3.174E+8	-3.301E+8	-3.044E+8
W _{y,3} (mm ³)	2.575E+8	7.275E+8	7.395E+8	6.685E+8	1.344E+9	4.273E+8
W _{y,4} (mm ³)	2.456E+8	6.715E+8	6.82E+8	6.195E+8	1.19E+9	4.027E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	6.299E+8	6.394E+8	5.829E+8	1.084E+9	3.837E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	6.098E+8	6.187E+8	5.651E+8	1.035E+9	3.743E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	5.368E+8	5.441E+8	5.002E+8	8.674E+8	3.39E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	5.048E+8	5.115E+8	4.715E+8	7.989E+8	3.229E+8
S _{y,1} (mm ³)	1.185E+8	1.717E+8	1.725E+8	1.676E+8	1.978E+8	1.448E+8
S _{y,2} (mm ³)	1.399E+8	2.173E+8	2.186E+8	2.111E+8	2.587E+8	1.771E+8
S _{y,3} (mm ³)	1.138E+8	2.086E+8	2.099E+8	2.013E+8	2.551E+8	1.607E+8
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	1.413E+8	1.433E+8	1.304E+8	2.106E+8	6.993E+7
nE	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C6 cracked 22

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2800 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.636E+5	2.688E+5	2.718E+5	2.539E+5	4.053E+5	1.89E+5
z _G (mm)	1195.575	1931.249	1943.855	1863.885	2318.134	1446.538
J _y (mm ⁴)	2.364E+11	4.631E+11	4.67E+11	4.422E+11	5.832E+11	3.131E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.977E+8	-2.398E+8	-2.403E+8	-2.373E+8	-2.516E+8	-2.164E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.082E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.452E+8	-2.583E+8	-2.258E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.42E+8	4.986E+8	5.098E+8	4.44E+8	1.076E+9	2.215E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.387E+8	4.781E+8	4.884E+8	4.268E+8	1.002E+9	2.154E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.502E+8	4.596E+8	4.035E+8	9.087E+8	2.068E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.366E+8	4.456E+8	3.92E+8	8.655E+8	2.026E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.87E+8	3.944E+8	3.498E+8	7.202E+8	1.862E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.65E+8	3.718E+8	3.31E+8	6.614E+8	1.785E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.693E+7	1.255E+8	1.263E+8	1.21E+8	1.51E+8	9.349E+7
S _{y,2} (mm ³)	9.111E+7	1.64E+8	1.654E+8	1.568E+8	2.071E+8	1.146E+8
S _{y,3} (mm ³)	6.064E+7	1.545E+8	1.561E+8	1.459E+8	2.039E+8	9.266E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.204E+8	1.224E+8	1.093E+8	1.837E+8	4.106E+7
nE	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C6 24

Caratteristiche generali

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2800 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.636E+5	2.688E+5	2.718E+5	2.539E+5	4.053E+5	1.89E+5
z _G (mm)	1195.575	1931.249	1943.855	1863.885	2318.134	1446.538
J _y (mm ⁴)	2.364E+11	4.631E+11	4.67E+11	4.422E+11	5.832E+11	3.131E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.977E+8	-2.398E+8	-2.403E+8	-2.373E+8	-2.516E+8	-2.164E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.082E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.452E+8	-2.583E+8	-2.258E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.42E+8	4.986E+8	5.098E+8	4.44E+8	1.076E+9	2.215E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.387E+8	4.781E+8	4.884E+8	4.268E+8	1.002E+9	2.154E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.502E+8	4.596E+8	4.035E+8	9.087E+8	2.068E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.366E+8	4.456E+8	3.92E+8	8.655E+8	2.026E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.87E+8	3.944E+8	3.498E+8	7.202E+8	1.862E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.65E+8	3.718E+8	3.31E+8	6.614E+8	1.785E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.693E+7	1.255E+8	1.263E+8	1.21E+8	1.51E+8	9.349E+7
S _{y,2} (mm ³)	9.111E+7	1.64E+8	1.654E+8	1.568E+8	2.071E+8	1.146E+8
S _{y,3} (mm ³)	6.064E+7	1.545E+8	1.561E+8	1.459E+8	2.039E+8	9.266E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.204E+8	1.224E+8	1.093E+8	1.837E+8	4.106E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C7_25

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x35 mm
Piattabanda inferiore	1100x40 mm
Anima	20x2825 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.32E+5	2.294E+5	2.324E+5	2.145E+5	3.659E+5	1.497E+5
z _G (mm)	1316.25	2063.746	2076.788	1993.214	2442.835	1522.132
J _y (mm ⁴)	1.898E+11	3.64E+11	3.67E+11	3.475E+11	4.53E+11	2.373E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.442E+8	-1.764E+8	-1.767E+8	-1.743E+8	-1.855E+8	-1.559E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.487E+8	-1.799E+8	-1.802E+8	-1.779E+8	-1.885E+8	-1.601E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.226E+8	4.543E+8	4.657E+8	3.986E+8	1.073E+9	1.767E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.199E+8	4.353E+8	4.459E+8	3.832E+8	9.91E+8	1.722E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.061E+8	4.156E+8	3.594E+8	8.76E+8	1.65E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.93E+8	4.019E+8	3.486E+8	8.28E+8	1.617E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.414E+8	3.485E+8	3.057E+8	6.593E+8	1.476E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.203E+8	3.268E+8	2.879E+8	5.983E+8	1.414E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.704E+7	8.992E+7	9.05E+7	8.682E+7	1.066E+8	6.609E+7
S _{y,2} (mm ³)	7.332E+7	1.309E+8	1.32E+8	1.25E+8	1.643E+8	8.806E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.934E+7	1.245E+8	1.258E+8	1.174E+8	1.626E+8	7.003E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	9.867E+7	1.004E+8	8.936E+7	1.487E+8	2.718E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C8_29

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x35 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	18x2805 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.48E+5	2.454E+5	2.484E+5	2.305E+5	3.819E+5	1.657E+5
z _G (mm)	1125.889	1900.261	1914.426	1824.062	2321.91	1332.205
J _y (mm ⁴)	2.153E+11	4.393E+11	4.434E+11	4.172E+11	5.621E+11	2.745E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.912E+8	-2.312E+8	-2.316E+8	-2.287E+8	-2.421E+8	-2.06E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.02E+8	-2.387E+8	-2.391E+8	-2.365E+8	-2.485E+8	-2.157E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.238E+8	4.554E+8	4.665E+8	4.008E+8	1.035E+9	1.791E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.214E+8	4.394E+8	4.499E+8	3.877E+8	9.723E+8	1.751E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.145E+8	4.241E+8	3.673E+8	8.808E+8	1.686E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.031E+8	4.123E+8	3.578E+8	8.413E+8	1.656E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.572E+8	3.648E+8	3.194E+8	6.955E+8	1.527E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.38E+8	3.449E+8	3.032E+8	6.401E+8	1.469E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.233E+7	1.234E+8	1.244E+8	1.184E+8	1.513E+8	8.595E+7
S _{y,2} (mm ³)	8.255E+7	1.539E+8	1.553E+8	1.464E+8	1.973E+8	1.005E+8
S _{y,3} (mm ³)	5.533E+7	1.455E+8	1.472E+8	1.367E+8	1.947E+8	7.937E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.146E+8	1.167E+8	1.033E+8	1.77E+8	3.053E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C9 31

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	20x2810 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

Irrigidimenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.472E+5	2.446E+5	2.476E+5	2.297E+5	3.811E+5	1.649E+5
z _G (mm)	1269.198	1988.991	2002.133	1918.281	2379.735	1461.142
J _y (mm ⁴)	2.175E+11	4.094E+11	4.13E+11	3.905E+11	5.144E+11	2.682E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.714E+8	-2.059E+8	-2.063E+8	-2.036E+8	-2.162E+8	-1.835E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.784E+8	-2.112E+8	-2.115E+8	-2.09E+8	-2.208E+8	-1.9E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.367E+8	4.701E+8	4.814E+8	4.147E+8	1.071E+9	1.917E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.334E+8	4.494E+8	4.599E+8	3.978E+8	9.887E+8	1.864E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.217E+8	4.311E+8	3.749E+8	8.865E+8	1.789E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.09E+8	4.18E+8	3.644E+8	8.429E+8	1.754E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.588E+8	3.661E+8	3.223E+8	6.856E+8	1.607E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.381E+8	3.447E+8	3.047E+8	6.271E+8	1.542E+8
S _{y,1} (mm ³)	6.843E+7	1.08E+8	1.087E+8	1.041E+8	1.295E+8	7.899E+7
S _{y,2} (mm ³)	8.33E+7	1.456E+8	1.469E+8	1.39E+8	1.838E+8	9.89E+7
S _{y,3} (mm ³)	5.799E+7	1.38E+8	1.395E+8	1.302E+8	1.815E+8	7.933E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.06E+8	1.079E+8	9.554E+7	1.635E+8	2.825E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C10 34

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x60 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2780 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidimenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.812E+5	2.864E+5	2.894E+5	2.715E+5	4.229E+5	2.066E+5
z _G (mm)	1355.94	1987.585	1998.846	1927.668	2340.22	1565.821
J _y (mm ⁴)	2.798E+11	4.77E+11	4.806E+11	4.582E+11	5.88E+11	3.447E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.063E+8	-2.4E+8	-2.404E+8	-2.377E+8	-2.513E+8	-2.201E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.159E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.453E+8	-2.579E+8	-2.289E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.885E+8	5.596E+8	5.713E+8	5.022E+8	1.177E+9	2.705E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.812E+8	5.228E+8	5.333E+8	4.713E+8	1.05E+9	2.584E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.906E+8	5E+8	4.439E+8	9.487E+8	2.472E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.749E+8	4.839E+8	4.305E+8	9.021E+8	2.417E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	4.183E+8	4.256E+8	3.817E+8	7.464E+8	2.207E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.935E+8	4.001E+8	3.601E+8	6.839E+8	2.109E+8
S _{y,1} (mm ³)	8.751E+7	1.292E+8	1.299E+8	1.252E+8	1.525E+8	1.014E+8
S _{y,2} (mm ³)	1.06E+8	1.701E+8	1.713E+8	1.636E+8	2.097E+8	1.263E+8
S _{y,3} (mm ³)	8.176E+7	1.621E+8	1.635E+8	1.545E+8	2.069E+8	1.084E+8
S _{y,4} (mm ³)	-1.49E-8	1.144E+8	1.165E+8	1.036E+8	1.783E+8	3.802E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C10 cracked 37

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x60 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2780 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidimenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.812E+5	2.864E+5	2.894E+5	2.715E+5	4.229E+5	2.066E+5
z _G (mm)	1355.94	1987.585	1998.846	1927.668	2340.22	1565.821
J _y (mm ⁴)	2.798E+11	4.77E+11	4.806E+11	4.582E+11	5.88E+11	3.447E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.063E+8	-2.4E+8	-2.404E+8	-2.377E+8	-2.513E+8	-2.201E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.159E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.453E+8	-2.579E+8	-2.289E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.885E+8	5.596E+8	5.713E+8	5.022E+8	1.177E+9	2.705E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.812E+8	5.228E+8	5.333E+8	4.713E+8	1.05E+9	2.584E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.906E+8	5E+8	4.439E+8	9.487E+8	2.472E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.749E+8	4.839E+8	4.305E+8	9.021E+8	2.417E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	4.183E+8	4.256E+8	3.817E+8	7.464E+8	2.207E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.935E+8	4.001E+8	3.601E+8	6.839E+8	2.109E+8
S _{y,1} (mm ³)	8.751E+7	1.292E+8	1.299E+8	1.252E+8	1.525E+8	1.014E+8
S _{y,2} (mm ³)	1.06E+8	1.701E+8	1.713E+8	1.636E+8	2.097E+8	1.263E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

S _{y,3} (mm ³)	8.176E+7	1.621E+8	1.635E+8	1.545E+8	2.069E+8	1.084E+8
S _{y,4} (mm ³)	-1.49E-8	1.144E+8	1.165E+8	1.036E+8	1.783E+8	3.802E+7
nE	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C11 cracked 38

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	1100x70 mm
Piattabanda inferiore	1100x80 mm
Anima	25x2750 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.338E+5	3.644E+5	3.674E+5	3.495E+5	5.009E+5	2.846E+5
z _G (mm)	1386.765	1991.089	1999.929	1944.699	2287.832	1685.936
J _y (mm ⁴)	3.716E+11	6.103E+11	6.138E+11	5.918E+11	7.287E+11	4.888E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.68E+8	-3.065E+8	-3.069E+8	-3.043E+8	-3.185E+8	-2.9E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.844E+8	-3.194E+8	-3.197E+8	-3.174E+8	-3.301E+8	-3.044E+8
W _{y,3} (mm ³)	2.575E+8	7.275E+8	7.395E+8	6.685E+8	1.344E+9	4.273E+8
W _{y,4} (mm ³)	2.456E+8	6.715E+8	6.82E+8	6.195E+8	1.19E+9	4.027E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	6.299E+8	6.394E+8	5.829E+8	1.084E+9	3.837E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	6.098E+8	6.187E+8	5.651E+8	1.035E+9	3.743E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	5.368E+8	5.441E+8	5.002E+8	8.674E+8	3.39E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	5.048E+8	5.115E+8	4.715E+8	7.989E+8	3.229E+8
S _{y,1} (mm ³)	1.185E+8	1.717E+8	1.725E+8	1.676E+8	1.978E+8	1.448E+8
S _{y,2} (mm ³)	1.399E+8	2.173E+8	2.186E+8	2.111E+8	2.587E+8	1.771E+8
S _{y,3} (mm ³)	1.138E+8	2.086E+8	2.099E+8	2.013E+8	2.551E+8	1.607E+8
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	1.413E+8	1.433E+8	1.304E+8	2.106E+8	6.993E+7
nE	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

Sezione C12 52

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x30 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	18x2810 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.436E+5	2.41E+5	2.44E+5	2.261E+5	3.775E+5	1.613E+5
z _G (mm)	1072.397	1882.563	1897.201	1803.712	2315.537	1290.217
J _y (mm ⁴)	2.015E+11	4.351E+11	4.393E+11	4.123E+11	5.607E+11	2.638E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.879E+8	-2.311E+8	-2.316E+8	-2.286E+8	-2.422E+8	-2.044E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.991E+8	-2.387E+8	-2.391E+8	-2.364E+8	-2.486E+8	-2.144E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.121E+8	4.406E+8	4.516E+8	3.867E+8	1.011E+9	1.67E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.103E+8	4.277E+8	4.381E+8	3.761E+8	9.594E+8	1.639E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.038E+8	4.134E+8	3.566E+8	8.701E+8	1.58E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.929E+8	4.02E+8	3.475E+8	8.314E+8	1.552E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.488E+8	3.564E+8	3.109E+8	6.885E+8	1.434E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.303E+8	3.372E+8	2.953E+8	6.34E+8	1.381E+8
S _{y,1} (mm ³)	6.88E+7	1.223E+8	1.232E+8	1.171E+8	1.508E+8	8.317E+7
S _{y,2} (mm ³)	7.802E+7	1.522E+8	1.536E+8	1.444E+8	1.966E+8	9.68E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.894E+7	1.434E+8	1.451E+8	1.342E+8	1.939E+8	7.433E+7
S _{y,4} (mm ³)	2.235E+8	1.163E+8	1.184E+8	1.05E+8	1.785E+8	3.127E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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:

- $N_{abf} = t_{inf} \times b_{inf} \times f_{yinf} / \gamma_{m0}$ azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda inferiore;
- $N_{aweb} = t_{web} \times h_{web} \times f_{yweb} / \gamma_{m0}$ azione assiale plastica sviluppabile dalla anima;
- $N_{atf} = t_{sup} \times b_{sup} \times f_{ysup} / \gamma_{m0}$ azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda superiore;
- $N_{c1} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c1} / \gamma_c$ azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c1}) compreso tra il layer superiore di armatura e l'estradosso della soletta (agente solo a compressione);
- $N_{c2} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c2} / \gamma_c$ azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c2}) compreso tra i due layers di armatura (agente solo a compressione);

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$N_{c3} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c3} / \gamma_c$	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);
$N_{layer1} = A_{s1inf} \times f_{yk} / \gamma_s$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer inferiore di armatura (di area complessiva A_{s1inf});
$N_{layer2} = A_{s2sup} \times f_{yk} / \gamma_s$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer superiore di armatura (di area complessiva A_{s2sup});
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 solo compito di irrigidimento d'anima, sono posti ad interasse longitudinale compreso tra 4 e 4.125 m.

Il profilo di base di tali irrigidimenti, che ospitano anche il collegamento con i traversi trasversali, è un profilo composto a "T", di dimensioni correnti:

anima: 240 x 20 mm

ala: 200 x 16 mm

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Al fine di non penalizzare eccessivamente la resistenza a fatica della piattabanda inferiore, l'ala dell'irrigidente viene rastremata nella parte inferiore, portando la larghezza a 50 mm.

In figura si riporta lo schema dell'irrigidente.

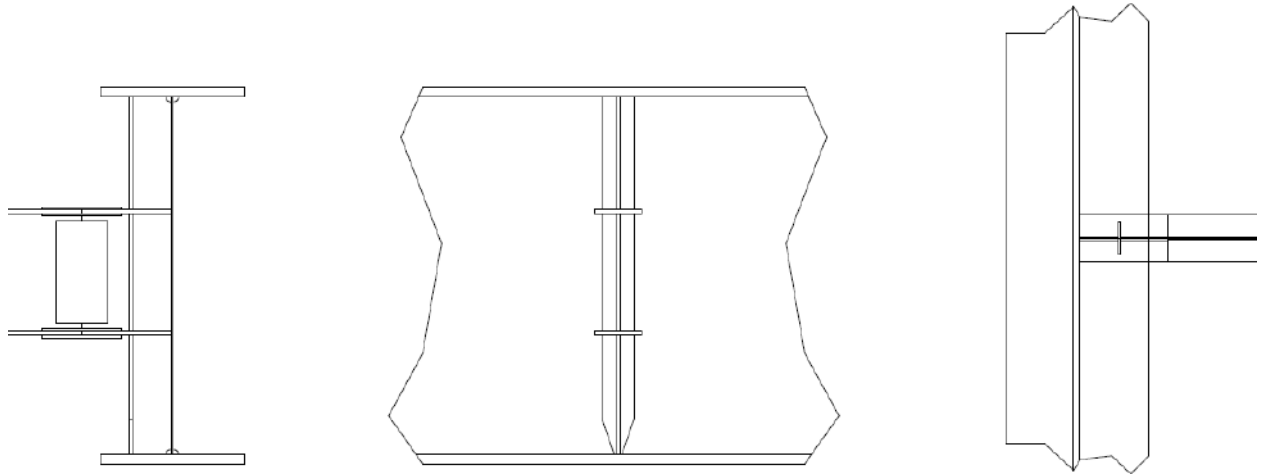


Figura 2.4 Schema irrigidenti di campata

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 di un piatto semplice, di spessore 35 mm e larghezza 400 mm, disposto ortogonalmente e simmetricamente rispetto all'anima.

Sul lato interno del manufatto è predisposta un'espansione laterale, atta ad ospitare il sistema di irrigidimento destinato al supporto temporaneo durante le fasi di calaggio e sollevamento del manufatto, oltre che i piatti che collegano i traversi intermedi.

Qui di seguito si riporta lo schema degli irrigidenti intermedi di pila.

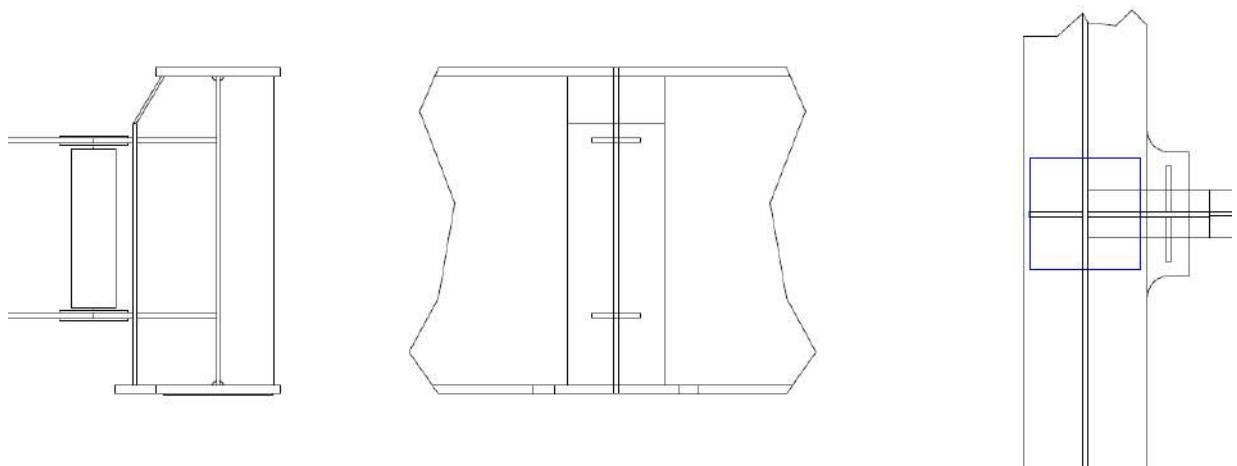


Figura 2.5 Schema irrigidenti di pila

Gli irrigidenti terminali posti in prossimità degli appoggi di spalla, verranno progettati come "rigid end post", ovvero rispondenti al criterio di EN 1993-1-5 5.2(2). Al sistema di base, formato anche in questo caso da un piatto semplice di dimensioni minime 450 x 35, disposto simmetricamente rispetto all'anima, si aggiunge un'ulteriore nervatura verticale, formata da un piatto 270 x 20, simmetrico rispetto all'anima, posto in corrispondenza della sezione di coda trave.

Qui di seguito si riporta lo schema dell'irrigidente posizionato sul traverso di spalla.

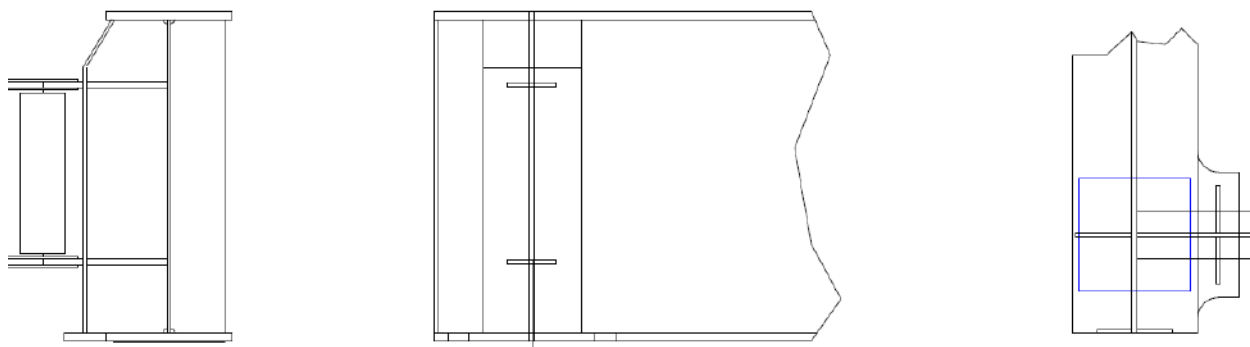


Figura 2.6 Schema irrigidenti di spalla

La verifica dei requisiti "end post" viene effettuata con riferimenti a EN 1993-1-5, 9.3.1.(2), e consiste nel confronto dell'area dei piatti verticali con il limite:

$$A_{\min} = 4 h_w t_w^2 / e$$

e = braccio tra i due piatti verticali

Si ottiene:

$$A_{\min} = 4 \times 2900 \times 22^2 / 700 = 8021 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{pres}} = 2 \times 270 \times 20 = 10800 \text{ mm}^2$$

area di irrigidente effettivamente presente > A_{\min}

3. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO

Per l'analisi della sovrastruttura e delle sottostrutture (queste ultime riportate in elaborato separato), 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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

E' stata modellata anche la pila ed il plinto di fondazione, mediante elementi trave tipo BMI21.

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

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

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

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

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

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

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

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 trasversi schematizzati con la loro geometria reale.

La soletta è considerata fessurata a ridosso di ogni 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 trasversi schematizzati con la loro geometria reale.

La soletta è considerata fessurata a ridosso di ogni 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 di ogni 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 ed il frenamento.

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

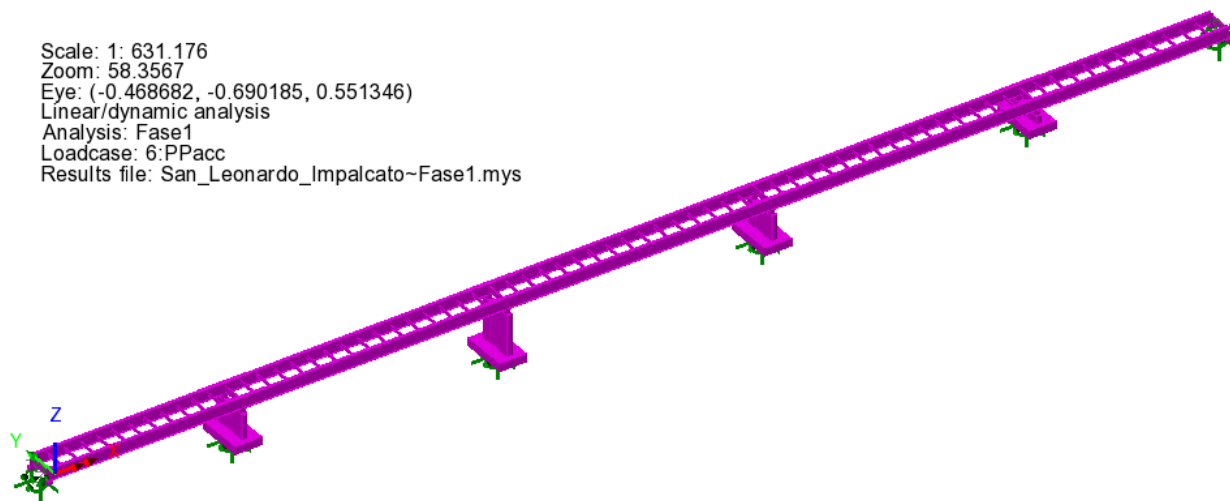


Figura 3.1: Modello fem in FASE 1

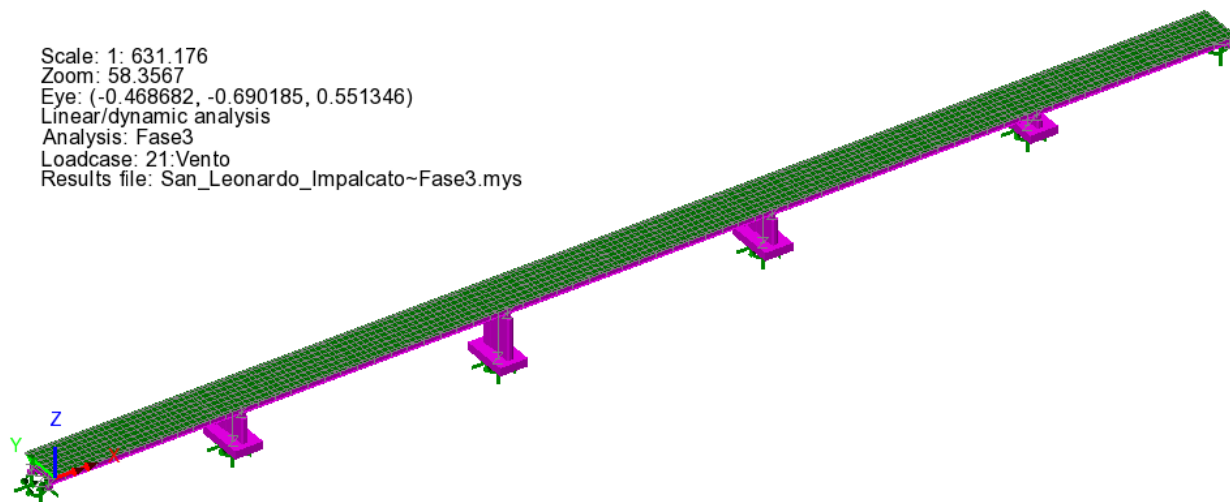


Figura 3.2: Modello FEM in fase 3

3.2 SISTEMA DI VINCOLO

I vincoli esterni sono degli "incastri" posti all'intradosso del plinto di fondazione delle pile e delle spalle.

I dispositivi di vincolo effettivi del solo impalcato, rappresentati dagli isolatori elastomerici, sono modellati con molle di rigidezza orizzontale $k_y=k_x=3910$ kN/m, e verticale $k_z=2710000$ kN/m in corrispondenza delle spalle, molle con rigidezza orizzontale $k_y=k_x=4370$ kN/m, e verticale $k_z=2921000$ kN/m in corrispondenza delle pile.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

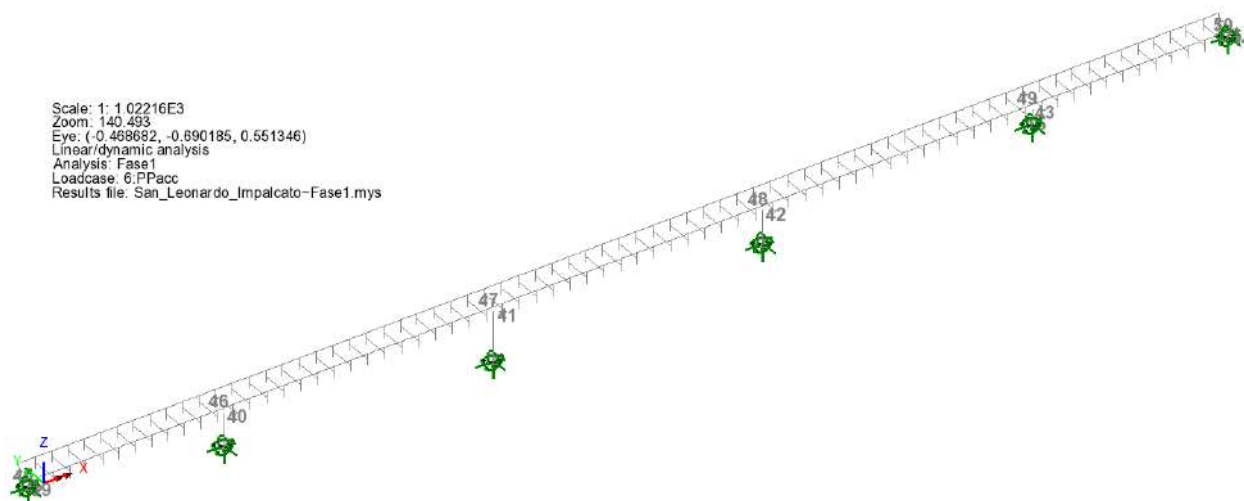


Figura 3.3: Vincoli esterni e numerazione degli elementi di molla concentrata presenti nel modello

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 isolamento 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 e dei traversi.

Si è inoltre considerato un sovraccarico aggiuntivo pari a 0.987 kN/m su ciascuna trave, per tenere in conto dei rimanenti contributi di “vestizione” della carpenteria metallica non modellati esplicitamente, quali:

- Piolature
- Piastrame di giunto

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- Irrigidenti
- Controventi di montaggio

4.1.2 Peso proprio soletta (G_{k1})

Il peso della soletta di impalcato e' pari a:

- soletta inclusa predalle $0.3 \text{ m} * 25 \text{ KN/m}^3 = 7.5 \text{ KN/m}^2$

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	
	$g_{k2, cordoli}$	4.00 kN/m ²	cordolo sx=cordolo dx, L=0.75 m
Pavimentazione	γ_{pav}	24 kN/m ³	larghezza carreggiata 9.5 m
	spessore	0.11 m	
	$g_{k2, pavim}$	2.640 kN/m ²	
Barriera	$g_{k2, barriera}$	2.00 kN/m	per lato barriera sx = barriera dx
Veletta prefabbricata	$g_{k2, veletta}$	1.75 kN/m	

Tabella 4.1 Sovraccarichi permanenti

Il carico denominato barriera si intende comprensivo anche del peso dei collettori di raccolta idraulica e di eventuali altri impianti.

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:

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

$$M_r = N_r * e$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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 $\Delta T_{uni} = \varepsilon_{r\infty} = - 27.17 \text{ }^\circ\text{C}$.

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_SpA	---	48.0	0.0096 m
DZ_Pila1	48.0	66.0	0.0114 m
DZ_Pila2	66.0	66.0	0.0132 m
DZ_Pila3	66.0	66.0	0.0132 m
DZ_Pila4	66.0	48.0	0.0114 m
DZ_SpB	48.0	---	0.0096 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 involuppi, 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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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]	
Te,min	1.0 [°C]		Spessore rivestimento	3	1: non rivestito / 2: impermeabilizz
Te,max	48.3 [°C]				
ΔT_N	47.3 [°C]		$k_{sur,heat}$	1.0 [-]	
T_0	15.0 [°C]		$k_{sur,cool}$	1.0 [-]	
$\Delta T_{N,con}$	-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	3.20	15.00	-18.00
		Intradosso soletta	2.90	13.59	-16.31
		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 pari a 9.75 m, è in grado di ospitare 3 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m. La parte rimanente ("remaining area") risulta pari a 0.750 m.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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.

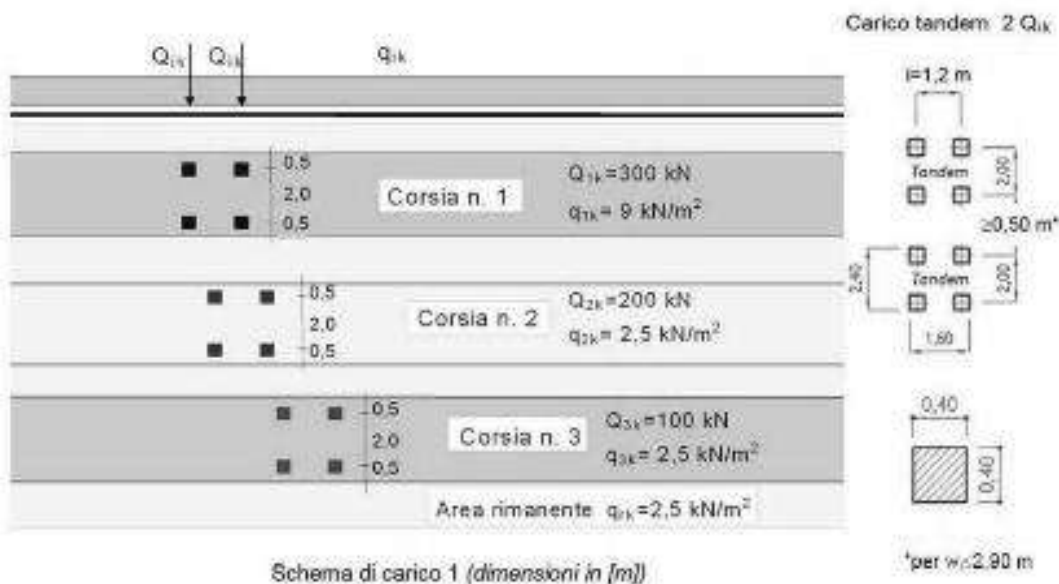


Figura 4.1: Schema di carico convenzionale 1

Le azioni da traffico sono state applicate ricorrendo alla funzione Vehicle Load Optimization (VLO), integrata nel codice di calcolo utilizzato, la quale dopo aver definito le sezioni nelle quali calcolare le linee/superfici di influenza e una caratteristica di sollecitazione, posiziona i carichi da traffico della

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

normativa in modo tale da minimizzare/massimizzare la sollecitazione scelta fornendo anche i valori delle sollecitazioni concomitanti.

Data la simmetria della struttura, le sollecitazioni sono state massimizzate/minimizzate sulla prima e seconda campata, e su metà della terza.

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.

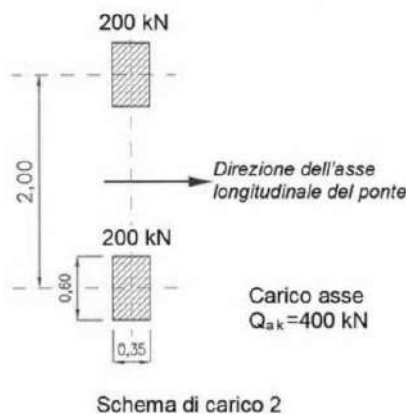


Figura 4.2: Schema di carico convenzionale 2

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.

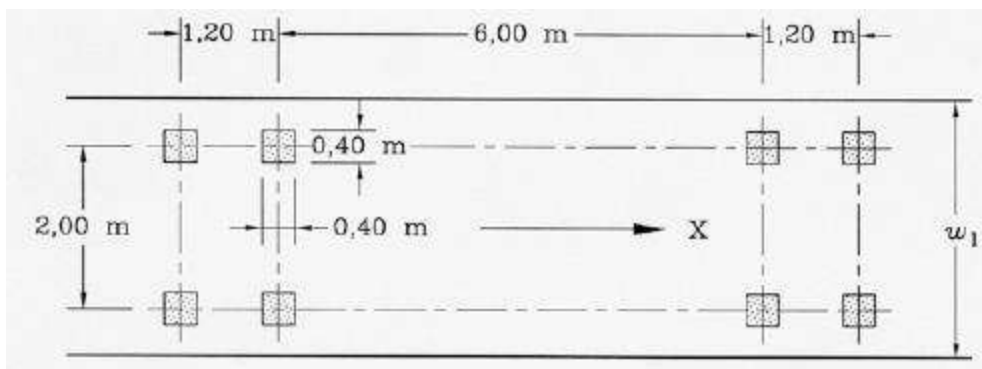


Figura 4.3: Carico convenzionale per verifiche a fatica

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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	294 m	
$2 \cdot Q_{1k}$	600 kN	
q_{1k}	9.0 kN/m ²	
w	3.0 m	
Q_{Lk}	1153.8 kN	<900 kN
Q_{Lk}	900.0 kN	
$q_{Lk \text{ tot}}$	3.061 kN/m	carico totale per unità di lunghezza
n travi	2	
$q_{Lk \text{ trave}}$	1.531 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 – Viadotto San Leonardo

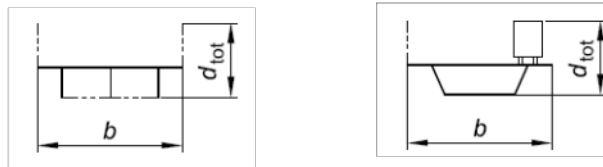
Calcolo parametri di base

Categoria sito	II HI-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	4 UNI EN 1991-1-4
a_s	55 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	1.06 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)
C_{scd}	1.00 fattore di struttura
k_1	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)
$v_m(z)$	29.6 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.)
$I_v(z)$	0.18 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$C_e(z)$	2.52 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p(z)$	1235.51 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)
v_b^*	25.20 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD
$v_m^*(z)$	26.62 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
$I_v^*(z)$	0.20 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$C_e^*(z)$	2.68 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p^*(z)$	1062.73 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Caratteristiche impalcato

b_{imp}	11.25 m (cfr. figura)
Z	13 m quota baricentro struttura da p.c.
d_{sagoma}	3 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
$d_{scarico}$	3.2 (m) d_{rit} A ponte scarico (cfr. figura)
d_{carico}	6.2 (m) d_{rit} a ponte carico (cfr. figura)
ψ_0	0.6 coefficiente di combinazione (EN 1990)
C_{fx} scarico	1.43 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
C_{fx} carico	1.90
$b/d_{scarico}$	3.52
b/d_{carico}	1.81
f_w scarico	1771 (N/m ²)
f_w carico	2349 (N/m ²)
f_w^*	1523 (N/m ²) pressione specifica nominale (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
F_w ,scarico	5666 (N/m) Risultante a ponte scarico, caratteristico
F_w ,carico	14562 (N/m) Ris. a ponte carico, caratteristico



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, la coppia viene applicata con due forze verticali uguali in modulo ed opposte in verso sulle due travi longitudinali.

$$C_{fz} = 0.9 \text{ EN 1991-1-4 §8.3.3 (1)}$$

Il vento verticale è pari a

$$f_{w, \text{vert}} = 0.5 * \rho * v_b^2 * C_{e(z)} * z_0 = 1111 \text{ N/m}^2$$

Il valore è molto inferiore a quello dei carichi permanenti di oltre 10000 N/m² e viene quindi trascurato nei calcoli come anche da indicazione di EN 1991-1-4 - §8.3.3 (1)

4.3.5 Azione sismica (E)

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale VN 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 $C_u = 2$.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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: 37.31000

Longitudine: 15.01000

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	0.076	2.603	0.273	0.746	0.969
SLD	50	2	100	101	0.105	2.383	0.308	1.030	1.042
SLV	50	2	100	949	0.370	2.350	0.468	3.630	1.930
SLC	50	2	100	1950	0.526	2.343	0.527	5.160	2.294

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, $V_R=C_u*V_N$; T_R è il periodo di ritorno associato alla probabilità di non superamento dello stato limite della salvaguardia della vita; a_g è la massima accelerazione riferita a quella di gravità attesa sul sito su suolo di riferimento; F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; F_v è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale; T_c^* è il periodo, espresso in secondi, corrispondente alla fine del tratto orizzontale dello spettro su suolo di riferimento.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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	C	T1	1.50	1.00	1.50	1.612	0.147	0.440	1.904
SLD	C	T1	1.50	1.00	1.50	1.549	0.159	0.477	2.020
SLV	C	T1	1.18	1.00	1.18	1.349	0.210	0.631	3.080
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.297	0.228	0.684	3.704

Tabella 4.5: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

In quest'ultima la tipologia di suolo presente in corrispondenza dell'opera, tipologia "C", determina i valori di S_S ed S_T, rispettivamente il fattore di amplificazione stratigrafica e di amplificazione topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione S=S_S*S_T; T_B è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale; C_C è il coefficiente che modifica il valore del periodo T_C^{*}, T_C = C_C*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 (15%) e quindi lo spettro è scalato di

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

$\eta=1$ fino a 0,8 del periodo dell'impalcato isolato T_i ed $\eta=0,71$ a partire da 0.8 del periodo dell'impalcato isolato.

Periodo dell'isolatore

Isolato	true
Tisol	2.050 s
csi	15.000 %
q	1.00
η	0.71

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Tabella 4.6: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

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

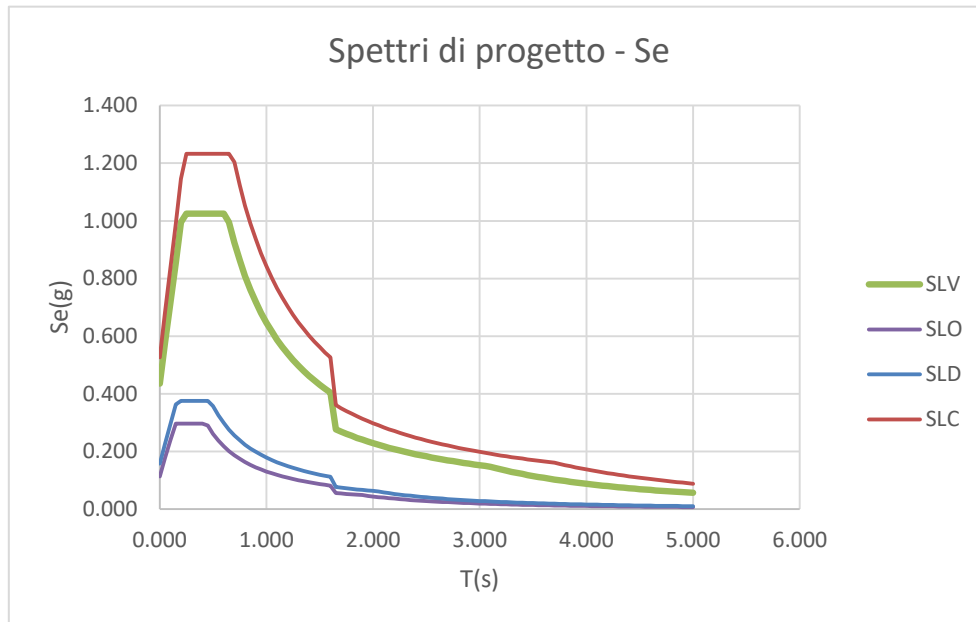


Figura 4.4: Spettro elastico per la componente orizzontale

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	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.612	0.050	0.150	1.000
SLD	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.549	0.050	0.150	1.000
SLV	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.349	0.050	0.150	1.000
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.297	0.050	0.150	1.000

Tabella 4.5: Parametri per la definizione dello spettro elastico verticale

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

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

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

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

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

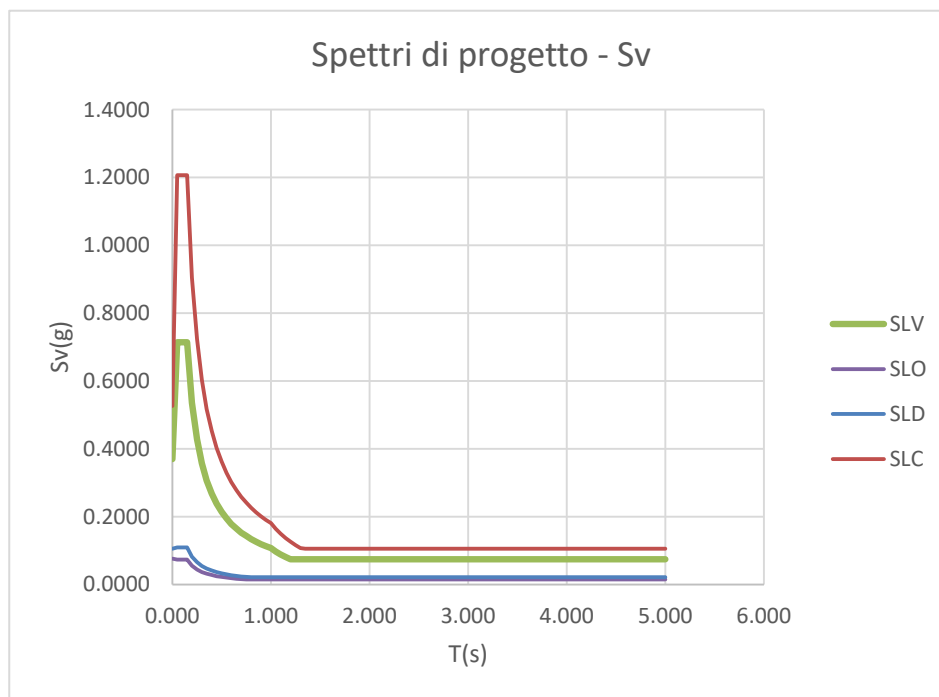


Figura 4.6: Spettro elastico per la componente verticale

Le azioni sismiche sono calcolate considerando come spettro di progetto lo spettro elastico, cioè considerando $q=1$ ma 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 – Viadotto San Leonardo

$\sigma_{min} =$	286	N/mm ²	
A Pinf =	88000	mm ²	=1100x80
NEd =	2.52E+07	N	
FE _d = 1/100 NE _d =	251680	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
$\gamma_{sett.}$	1.2 - 0	coefficiente moltiplicativo per i cedimenti vincolari
γ_{sh}	1.2 - 1.2	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro,
γ_{Q1}	1.35 - 0	coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
γ_{Q2}	1.2	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):

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

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:

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

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

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

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

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

- verifiche a fessurazione
- verifiche di deformabilità
- verifica "web breathing" per la struttura composta

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

S.L.E. - quasi permanente

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

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

S.L.U. – S.L.E. - sismica

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

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

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

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

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

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

S.L.U. - eccezionale

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

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

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

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

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

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

S.L.U. - fatica

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

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

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

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

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

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

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

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

6. ANALISI STRUTTURALE IMPALCATO

6.1 SOLLECITAZIONI TRAVE

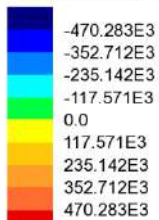
A valle dell'analisi strutturale, effettuate per le singole condizioni di carico, vengono eseguiti gli involuppi e le combinazioni pertinenti ai vari scopi, rispettivamente per max/min V e max/min M.

Nel seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni della travata SX organizzati per condizioni di carico elementari e per involuppi di progetto.

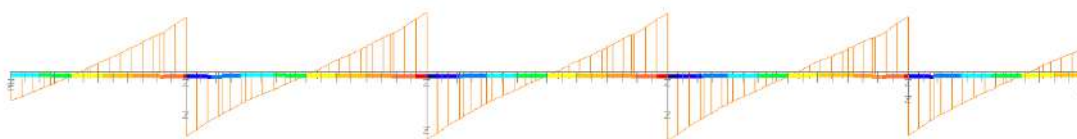
Data la simmetria della struttura, le sollecitazioni da traffico sono state massimizzate/minimizzate sulla prima e seconda campata, e su metà della terza.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase1
Loadcase: 6:PPacc
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

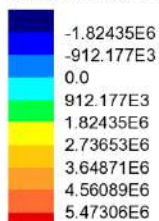


Maximum 529.064E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -529.073E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)

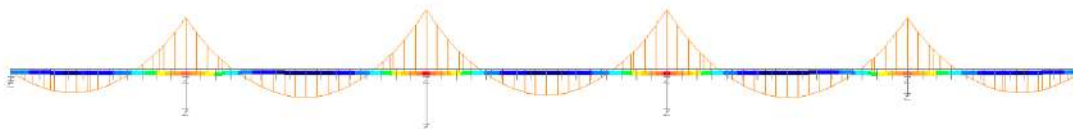


Gk1 - Peso proprio acciaio - Fz

Analysis: Fase1
Loadcase: 6:PPacc
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



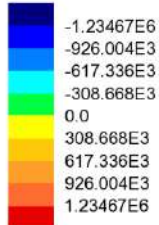
Maximum 5.92435E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)
Minimum -2.28524E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 33 (-X)



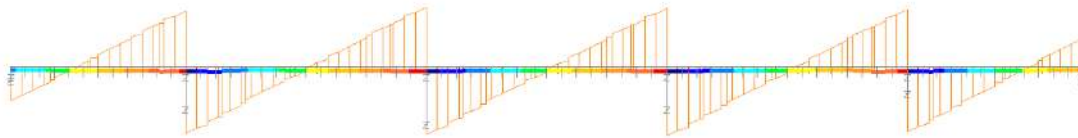
Gk1 - Peso proprio acciaio - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase1
Loadcase: 12:PPsoletta
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

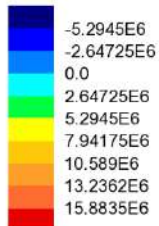


Maximum 1.389E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -1.38902E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)

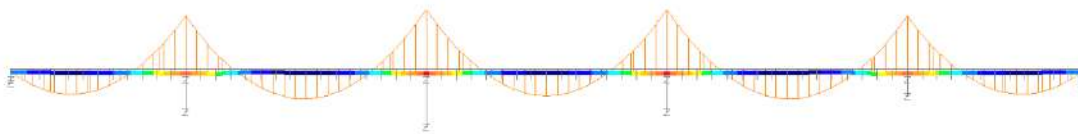


Gk1 - Peso proprio soletta - Fz

Analysis: Fase1
Loadcase: 12:PPsoletta
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase1.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



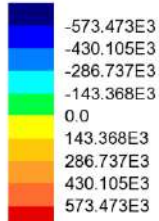
Maximum 16.9134E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)
Minimum -6.91181E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 33 (-X)



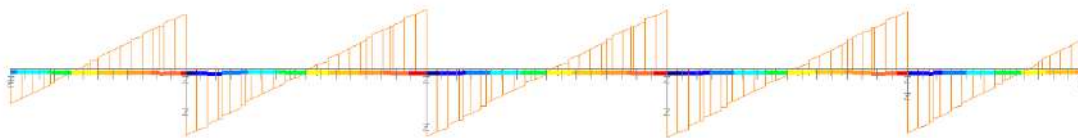
Gk1 - Peso proprio soletta - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase2a
Loadcase: 7:Permanenti
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1-Fase2a.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

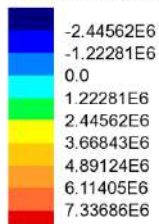


Maximum 645.151E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -645.164E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)

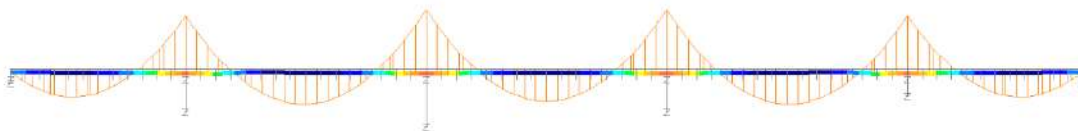


Gk2 - Permanenti non strutturali - Fz

Analysis: Fase2a
Loadcase: 7:Permanenti
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1-Fase2a.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



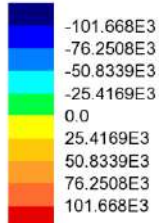
Maximum 7.35797E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (-X)
Minimum -3.64732E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 33 (-X)



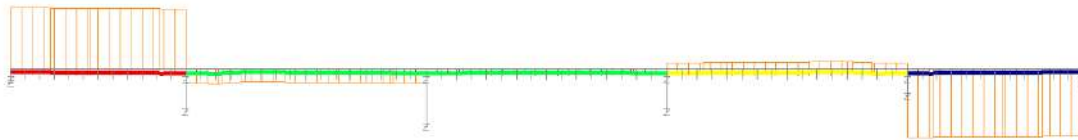
Gk2 - Permanenti non strutturali - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase2b
Loadcase: 8:Ritiro
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

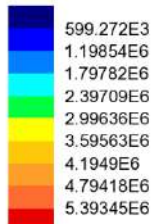


Maximum 114.373E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 2
Minimum -114.38E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)

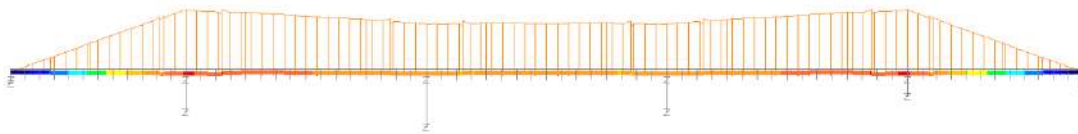


Gsh - Ritiro - Fz

Analysis: Fase2b
Loadcase: 8:Ritiro
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



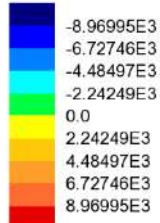
Maximum 5.48596E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)
Minimum 92.5114E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 1



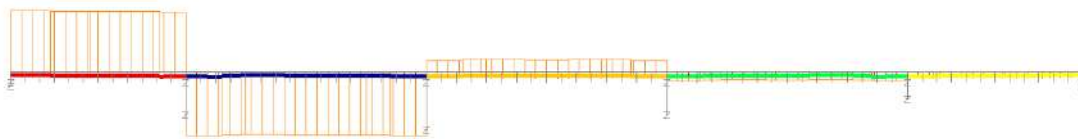
Gsh - Ritiro - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase2b
Loadcase: 9:Cedim_SpA
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

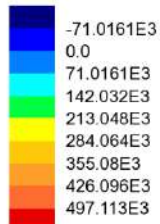


Maximum 10.4947E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 2
Minimum -9.6877E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (+X)

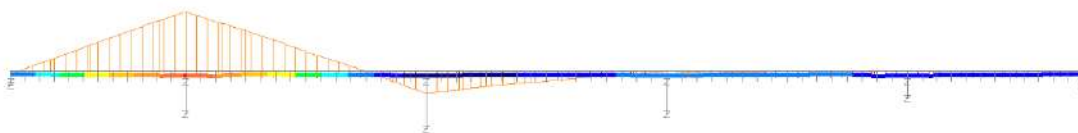


Gsett - Cedimento SPA - Fz

Analysis: Fase2b
Loadcase: 9:Cedim_SpA
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



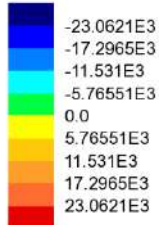
Maximum 503.008E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (-X)
Minimum -136.137E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)



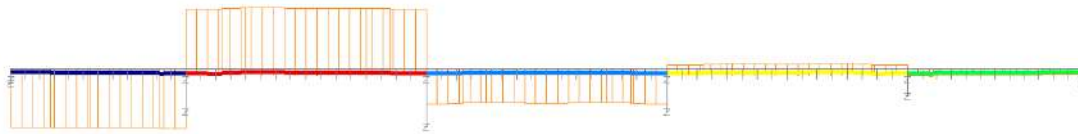
Gsett - Cedimento SPA - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase2b
Loadcase: 11:Cedim_P1
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

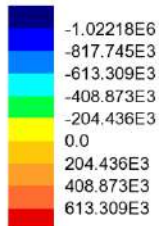


Maximum 27.923E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (+X)
Minimum -23.9666E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 2



Gsett - Cedimento P1 - Fz

Analysis: Fase2b
Loadcase: 11:Cedim_P1
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



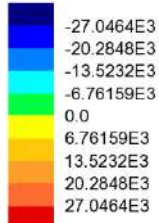
Maximum 691.216E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -1.14871E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (-X)



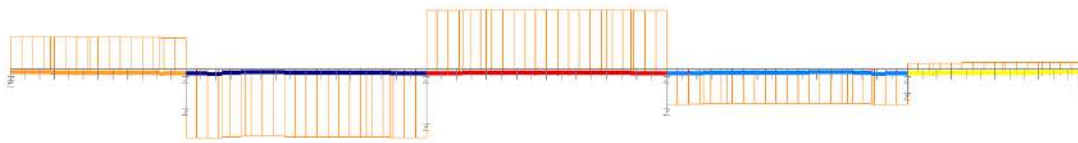
Gsett - Cedimento P1 - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase2b
Loadcase: 720:Cedim_P2
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

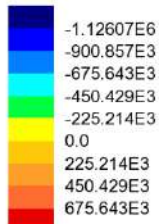


Maximum 30.0774E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (+X)
Minimum -30.7769E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (+X)

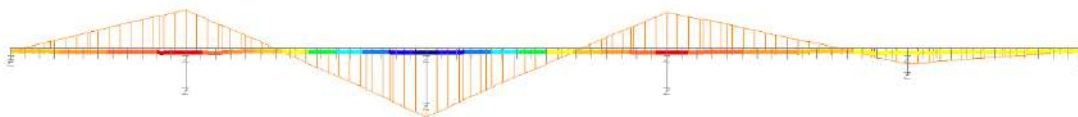


Gsett - Cedimento P2 - Fz

Analysis: Fase2b
Loadcase: 720:Cedim_P2
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



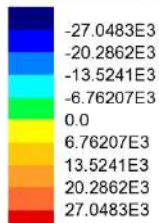
Maximum 811.277E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (+X)
Minimum -1.21565E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (+X)



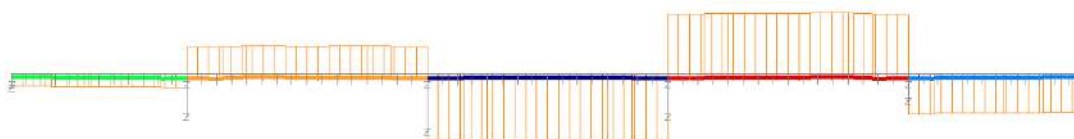
Gsett - Cedimento P2 - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase2b
Loadcase: 721:Cedim_P3
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

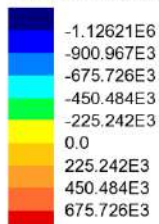


Maximum 30.7803E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)
Minimum -30.0783E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (+X)

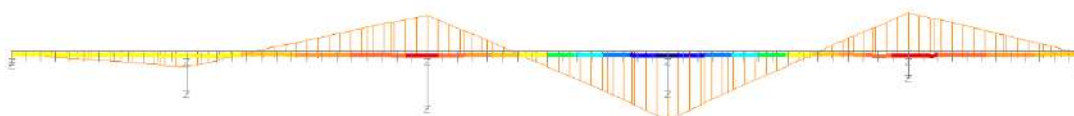


Gsett - Cedimento P3 - Fz

Analysis: Fase2b
Loadcase: 721:Cedim_P3
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



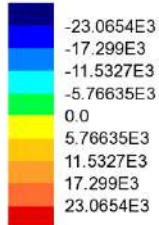
Maximum 811.418E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (-X)
Minimum -1.21576E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (-X)



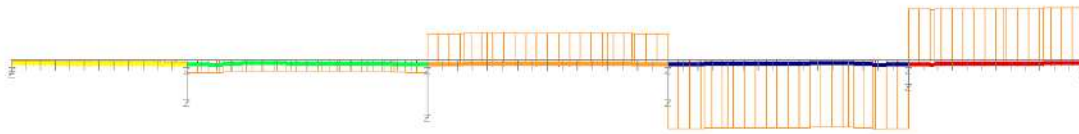
Gsett - Cedimento P3 - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase2b
Loadcase: 722:Cedim_P4
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

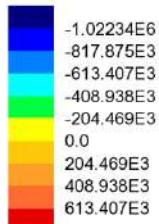


Maximum 23.9701E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)
Minimum -27.927E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)



Gsett - Cedimento P4 - Fz

Analysis: Fase2b
Loadcase: 722:Cedim_P4
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



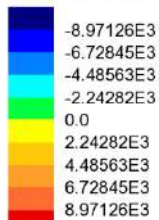
Maximum 691.341E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)
Minimum -1.14888E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)



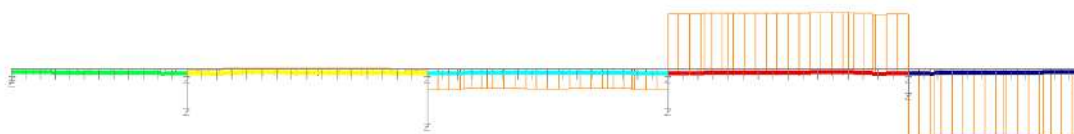
Gsett - Cedimento P4 - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase2b
Loadcase: 723:Cedim_SpB
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

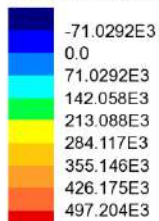


Maximum 9.68927E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)
Minimum -10.4961E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)

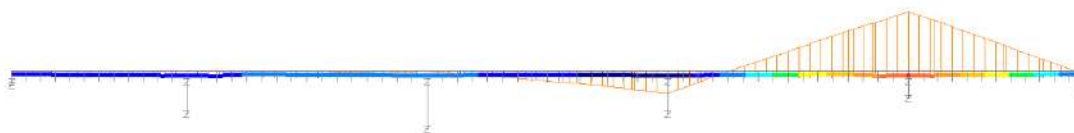


Gsett - Cedimento SPB - Fz

Analysis: Fase2b
Loadcase: 723:Cedim_SpB
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1-Fase2b.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



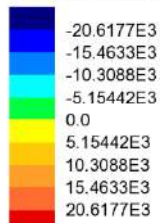
Maximum 503.074E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)
Minimum -136.189E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)



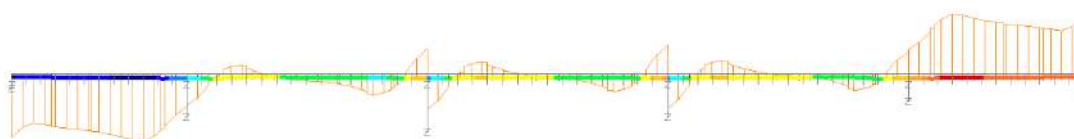
Gsett - Cedimento SPB - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase3
Loadcase: 21:Vento
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

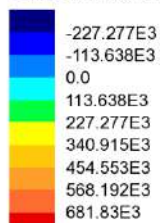


Maximum 23.145E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 103 (-X)
Minimum -23.2447E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 15 (+X)

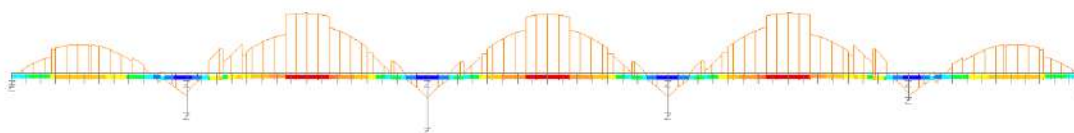


Qkv - Vento - Fz

Analysis: Fase3
Loadcase: 21:Vento
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



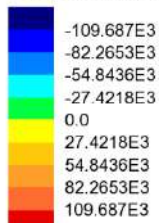
Maximum 782.904E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 85 (+X)
Minimum -239.84E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)



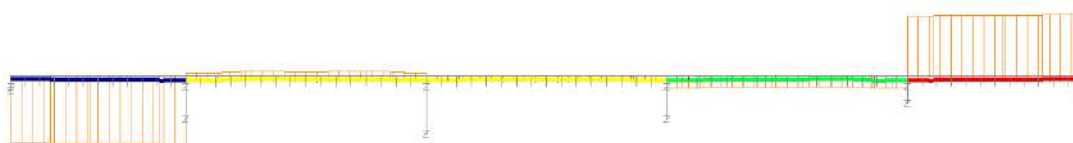
Qkv - Vento - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase3
Loadcase: 24:DT_M_Heat
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

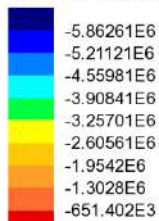


Maximum 123.402E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)
Minimum -123.394E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 2

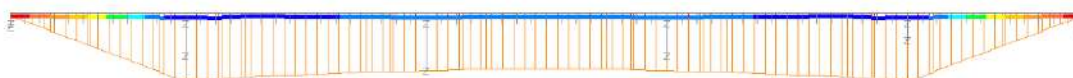


QKT - Gradiente positivo - Fz

Analysis: Fase3
Loadcase: 24:DT_M_Heat
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



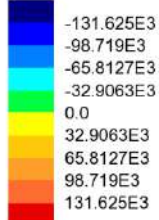
Maximum -55.9892E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 1
Minimum -5.9186E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)



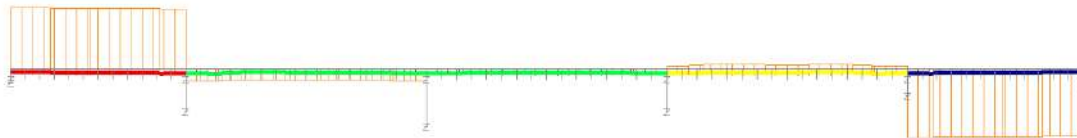
QKT - Gradiente positivo - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase3
Loadcase: 25:DT_M_Cool
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: Fz (Units: N)

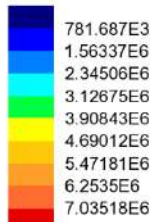


Maximum 148.074E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 2
Minimum -148.084E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)

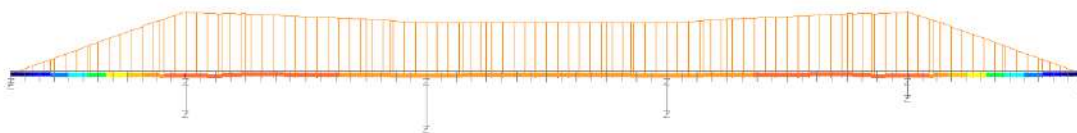


QkT - Gradiente negativo - Fz

Analysis: Fase3
Loadcase: 25:DT_M_Cool
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase3.mys
Entity: Beam/Shell Slice Resultants
Component: My (Units: N.m)



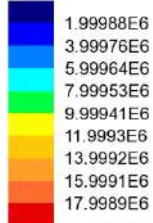
Maximum 7.10237E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X)
Minimum 67.1867E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 1



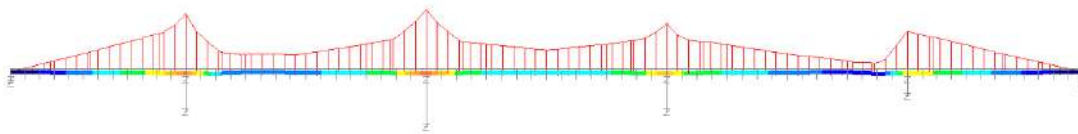
QkT - Gradiente negativo - My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

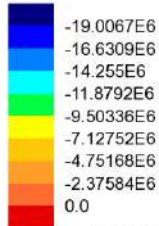


Maximum 18.0676E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum 68.7101E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 117

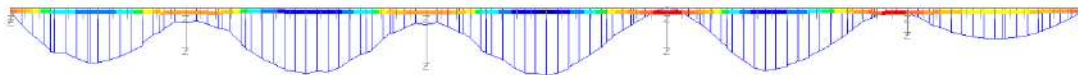


Qk - Traffico caratteristico My max

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



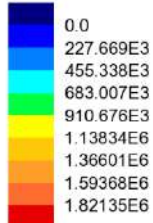
Maximum 1.68798E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (-X)
Minimum -19.6946E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 59 (+X)



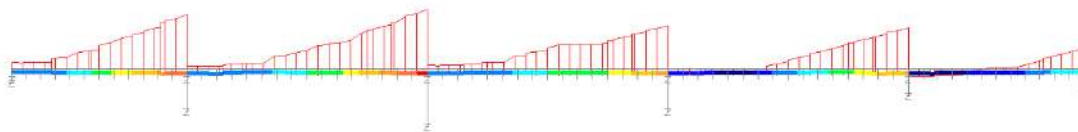
Qk - Traffico caratteristico My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

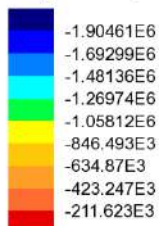


Maximum 1.9574E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -91.6194E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 102

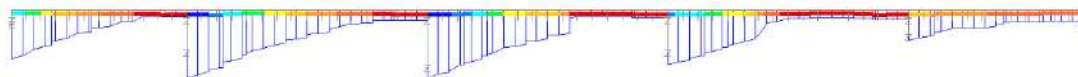


Qk - Traffico caratteristico Fz max

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



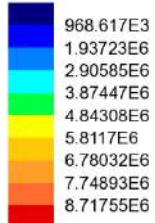
Maximum -69.5234E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 15 (-X)
Minimum -1.97413E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (+X)



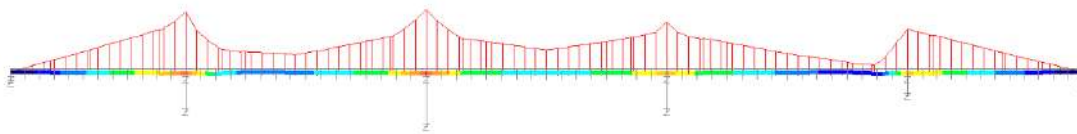
Qk - Traffico caratteristico Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

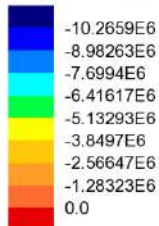


Maximum 8.75271E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum 35.1586E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 117

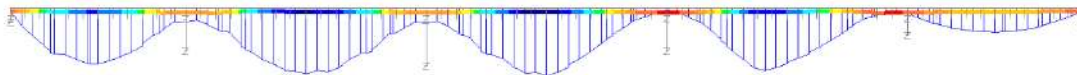


Qk - Traffico frequente My max

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



Maximum 475.531E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (-X)
Minimum -11.0736E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 59 (+X)



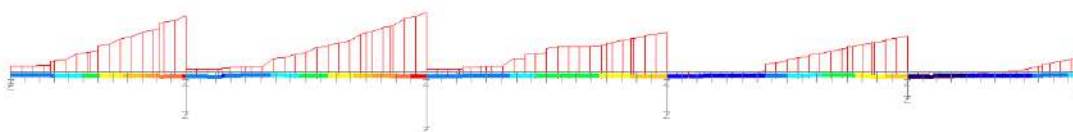
Qk - Traffico frequente My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

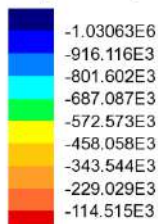


Maximum 1.06282E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -37.5145E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 102

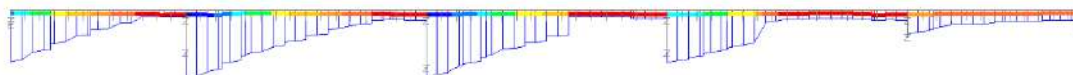


Qk - Traffico frequente Fz max

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



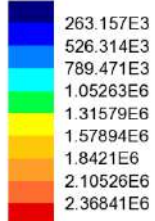
Maximum -36.6157E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 15 (+X)
Minimum -1.06725E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (+X)



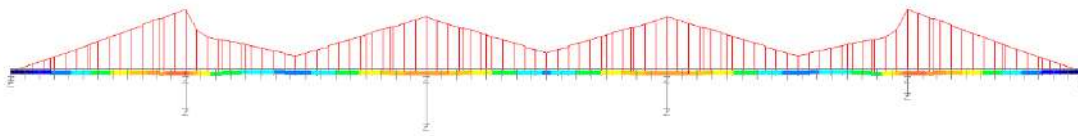
Qk - Traffico frequente Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

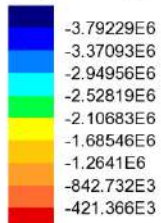


Maximum 2.38209E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (+X) (946:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=222)
Minimum 13.6717E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 1 (798:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=74)

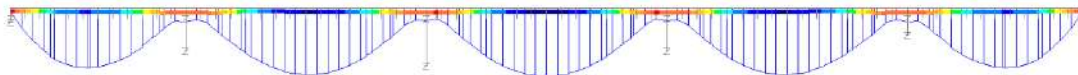


FLM3 - Fatica My max

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



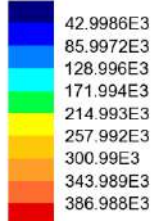
Maximum -106.475E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 117 (1013:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=289)
Minimum -3.89877E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 59 (+X) (870:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=146)



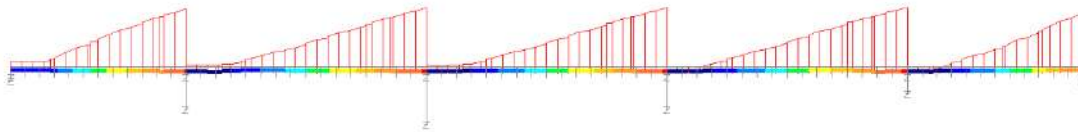
FLM3 - Fatica My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

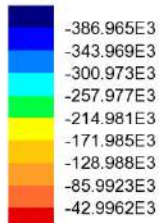


Maximum 398.677E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 98 (-X) (965:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=241)
Minimum 11.6895E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 100 (+X) (880:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=156)



FLM3 - Fatica Fz max

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



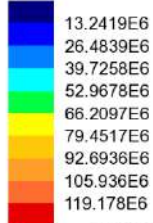
Maximum -11.6741E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 17 (+X) (864:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=140)
Minimum -398.64E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (+X) (779:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=55)



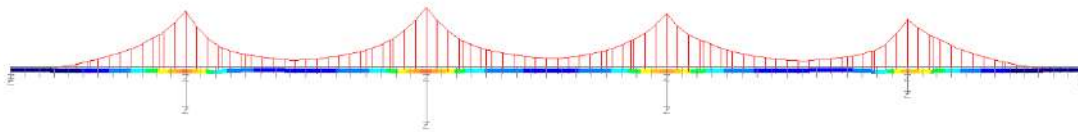
FLM3 - Fatica Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

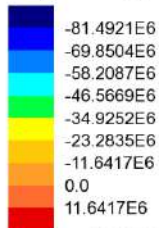


Maximum 119.361E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (+X)
Minimum 183.487E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 116



SLU fondamentale My max

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



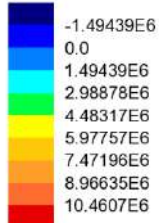
Maximum 16.9841E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (-X)
Minimum -87.7915E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 33 (+X)



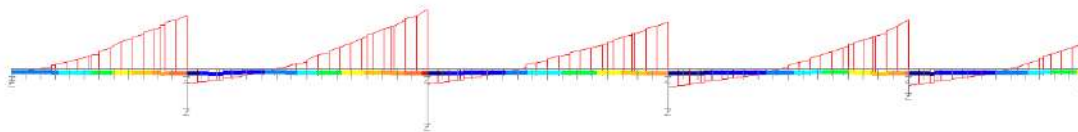
SLU fondamentale My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

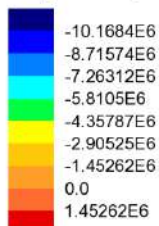


Maximum 11.1074E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -2.34209E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)

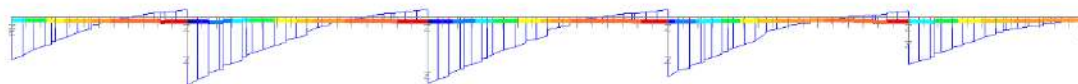


SLU fondamentale Fz max

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



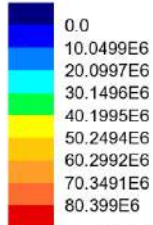
Maximum 2.08286E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -10.9908E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (+X)



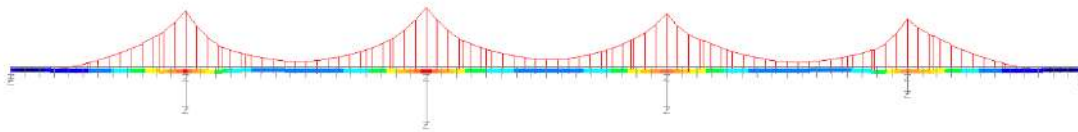
SLU fondamentale Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

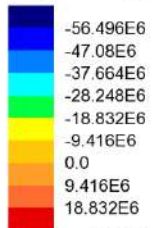


Maximum 89.5865E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (+X)
Minimum -862.372E3 at CDM_Inst_Piatt_Inf 115

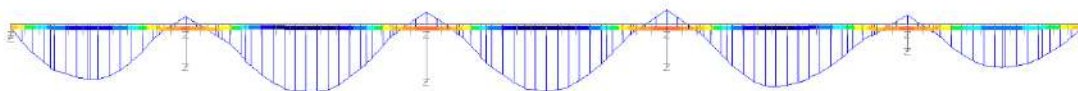


SLE caratteristica My max

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



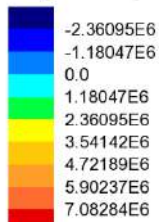
Maximum 19.2848E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (-X)
Minimum -65.4591E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 33 (+X)



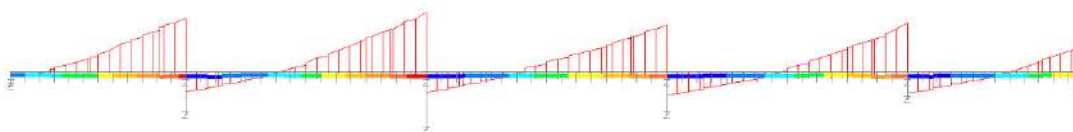
SLE caratteristica My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

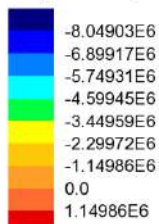


Maximum 8.23284E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -2.39142E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)



SLE caratteristica Fz max

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



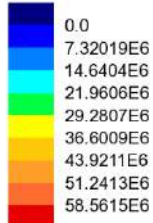
Maximum 2.19937E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -8.14939E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (+X)



SLE caratteristica Fz min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

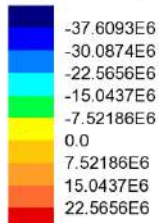


Maximum 62.4666E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (+X)
Minimum -3.41505E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 113 (+X)

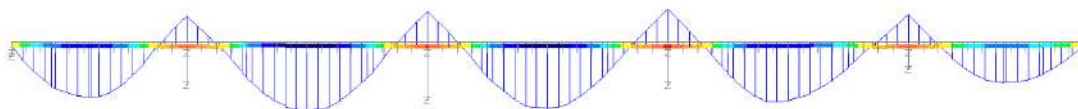


SLE frequente My max

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



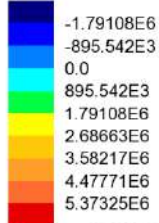
Maximum 25.1174E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (-X)
Minimum -42.5794E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 33 (+X)



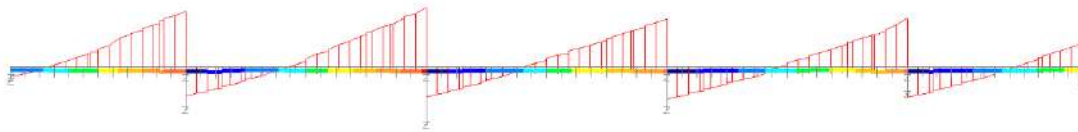
SLE frequente My min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

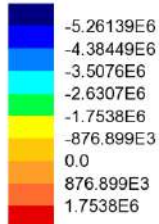


Maximum 5.62372E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -2.43616E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 72 (+X)

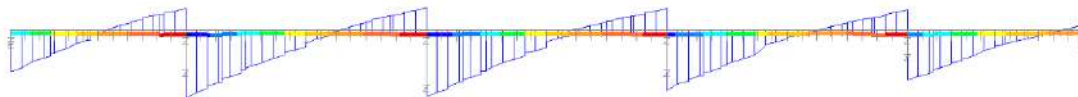


SLE frequente Fz max

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



Maximum 2.33574E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 46 (-X)
Minimum -5.55634E6 at CDM_Inst_Piatt_Inf 20 (+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: 937.599
Zoom: 88.2608
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
PPacc+sol
Maximum displacement 0.0628726 at node 2362
Deformation exaggeration: 89.4761
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 0.0 at node 2
Peak/value minimum -0.0628633 at node 2362

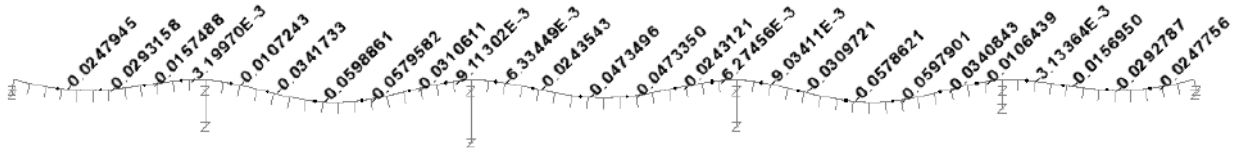


Figura 6.1: Deformata verticale peso proprio (Fase 1)

Scale: 1: 937.599
Zoom: 88.2608
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Linear/dynamic analysis
Analysis: Fase2a
Loadcase: 7:Permanenti
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev1~Fase2a.mys
Maximum displacement 0.0161736 at node 1502
Deformation exaggeration: 347.825
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 0.0 at node 2
Peak/value minimum -0.0161723 at node 1502

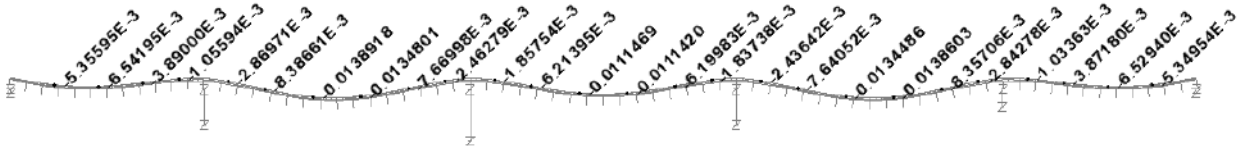


Figura 6.2: Deformata verticale carico permanente (Fase 2a)

Scale: 1: 937.599
Zoom: 88.2608
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Combining on: DZ
Traffico_k (Min)
Maximum displacement 0.0819292 at node 3271
Deformation exaggeration: 68.664
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 0.0 at node 2
Peak/value minimum -0.0818577 at node 3271

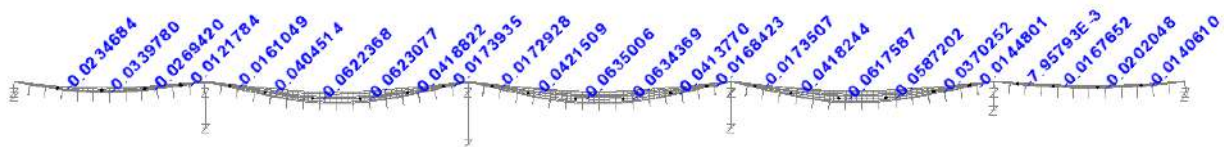


Figura 6.3: Deformata verticale carico da traffico (Fase 3b)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

6.2.1 Verifica massime deformazioni impalcato

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

$$L/\delta_{\max} = 1039 \quad \text{per effetto dei soli carichi mobili (campata centrale)}$$

6.2.2 Calibrazione contromonte d'officina

Si prevedono opportune contromonte d'officina per compensare le frecce dovute ai carichi permanenti e ad una parte dei carichi da traffico (20%).

La calibrazione di tali contromonte avviene sulla base delle frecce dovute ai carichi di peso proprio, permanente, ad un'aliquota dei carichi accidentali fissata nel 20 %.

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

		PP	PERM	TRAFFICO K	PP+PERM+20% TRAFFICO K	CONTROFRECCIA
Node	X [m]	DZ[m]	DZ[m]	DZ[m]	DZ[m]	DZ[m]
2734	0	-	-	-	-	-
2742	11	-0.025	-0.005	-0.023	-0.035	-0.040
2750	22	-0.029	-0.007	-0.034	-0.043	-0.050
2758	33	-0.016	-0.004	-0.027	-0.025	-0.030
2765	42	-0.003	-0.001	-0.012	-0.007	-
2769	48	-	-	-	-	-
2773	54	-0.011	-0.003	-0.016	-0.017	-
2780	63	-0.034	-0.008	-0.040	-0.051	-0.055
2789	75	-0.060	-0.014	-0.062	-0.086	-0.090
2797	87	-0.058	-0.013	-0.062	-0.084	-0.090
2806	99	-0.031	-0.008	-0.042	-0.047	-0.055
2813	108	-0.009	-0.002	-0.017	-0.015	-
2817	114	-	-	-	-	-
2821	120	-0.006	-0.002	-0.017	-0.012	-
2828	129	-0.024	-0.006	-0.042	-0.039	-0.045
2837	141	-0.047	-0.011	-0.064	-0.071	-0.080
2845	153	-0.047	-0.011	-0.063	-0.071	-0.080
2854	165	-0.024	-0.006	-0.041	-0.039	-0.045
2861	174	-0.006	-0.002	-0.017	-0.011	-
2865	180	-	-	-	-	-
2869	186	-0.009	-0.002	-0.017	-0.015	-
2876	195	-0.031	-0.008	-0.042	-0.047	-0.055
2885	207	-0.058	-0.013	-0.062	-0.083	-0.090
2893	219	-0.060	-0.014	-0.059	-0.086	-0.090
2902	231	-0.034	-0.008	-0.037	-0.049	-0.055
2909	240	-0.011	-0.003	-0.014	-0.016	-
2913	246	-	-	-	-	-
2917	252	-0.003	-0.001	-0.008	-0.006	-
2924	261	-0.016	-0.004	-0.017	-0.023	-0.030
2932	272	-0.029	-0.007	-0.020	-0.040	-0.050
2940	283	-0.025	-0.005	-0.015	-0.033	-0.040
2948	294	-	-	-	-	-

Tabella 6.1 Tabella contromonte

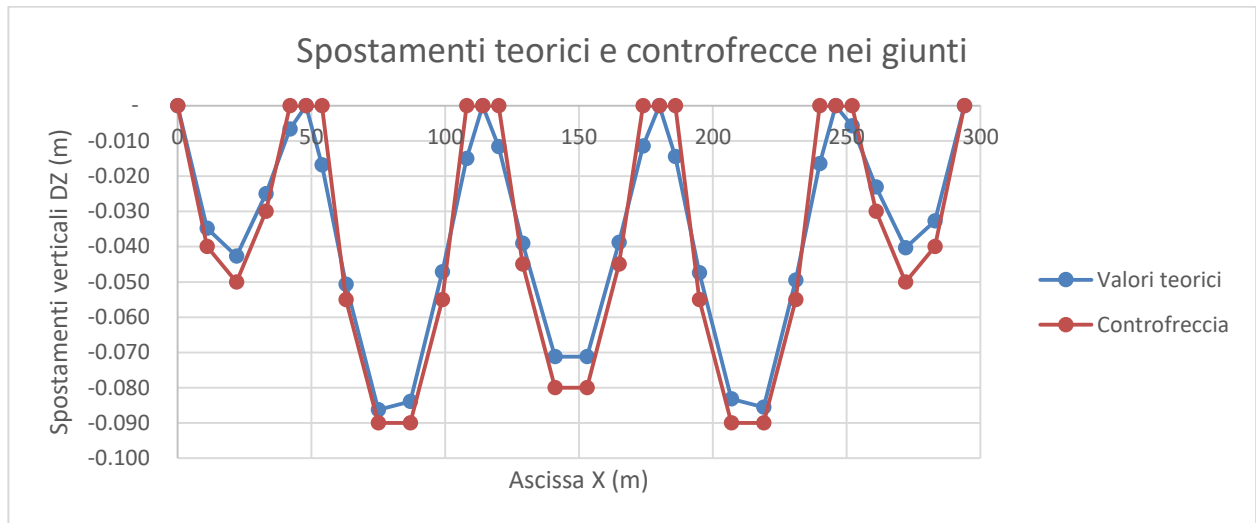


Figura 6.4: Freccie teoriche e controfreccie dovute a peso proprio, permanente ed aliquota di traffico

7. 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.

7.1 VERIFICA TRAVI LONGITUDINALI

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

Data la configurazione planimetrica dell'opera, che presenta asse rettilineo, l'attenzione viene focalizzata indifferentemente su una delle due travi longitudinali.

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

Si riportano di seguito i diagrammi, per metà impalcato, 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_1

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

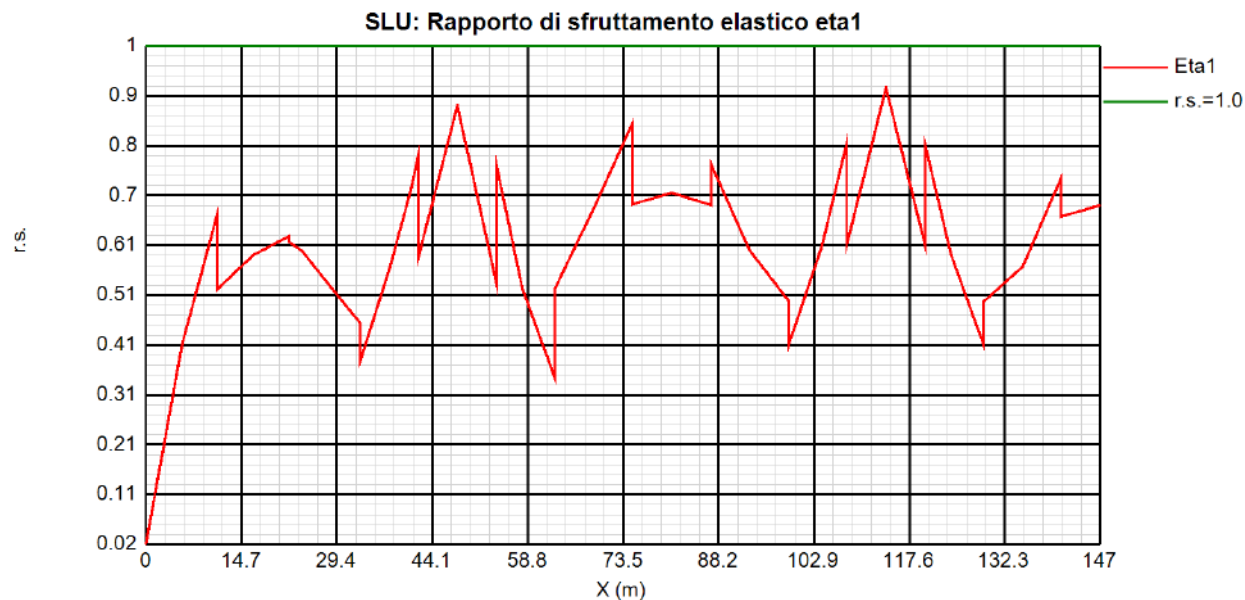
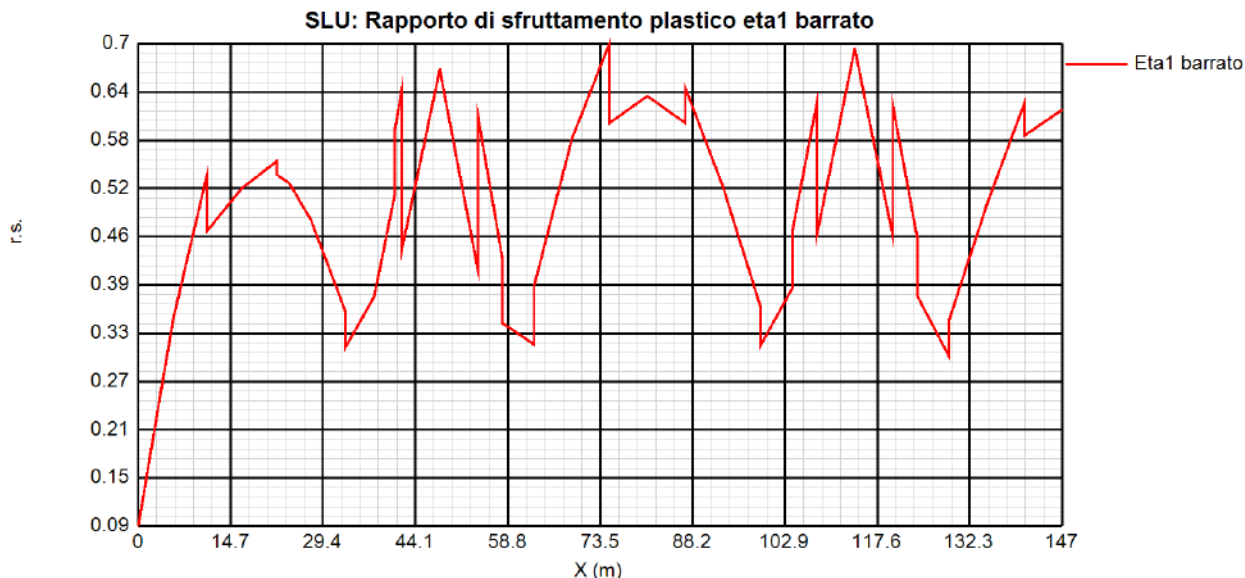
RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

di sfruttamento assoluto considera di volta in volta il rapp. elastico/plastico in funzione degli effettivi limiti di applicabilità.

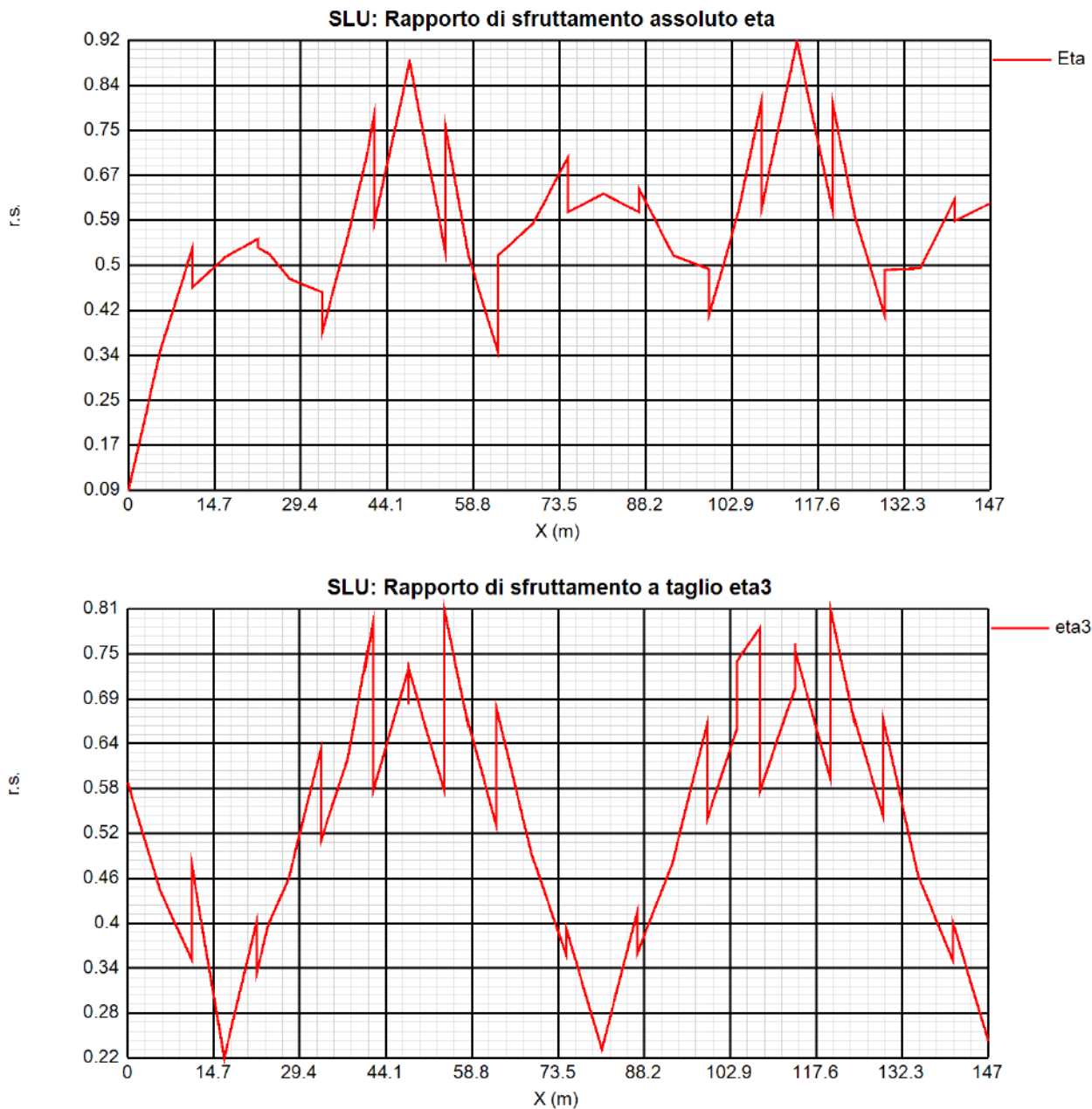
max η_3 (*)

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

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



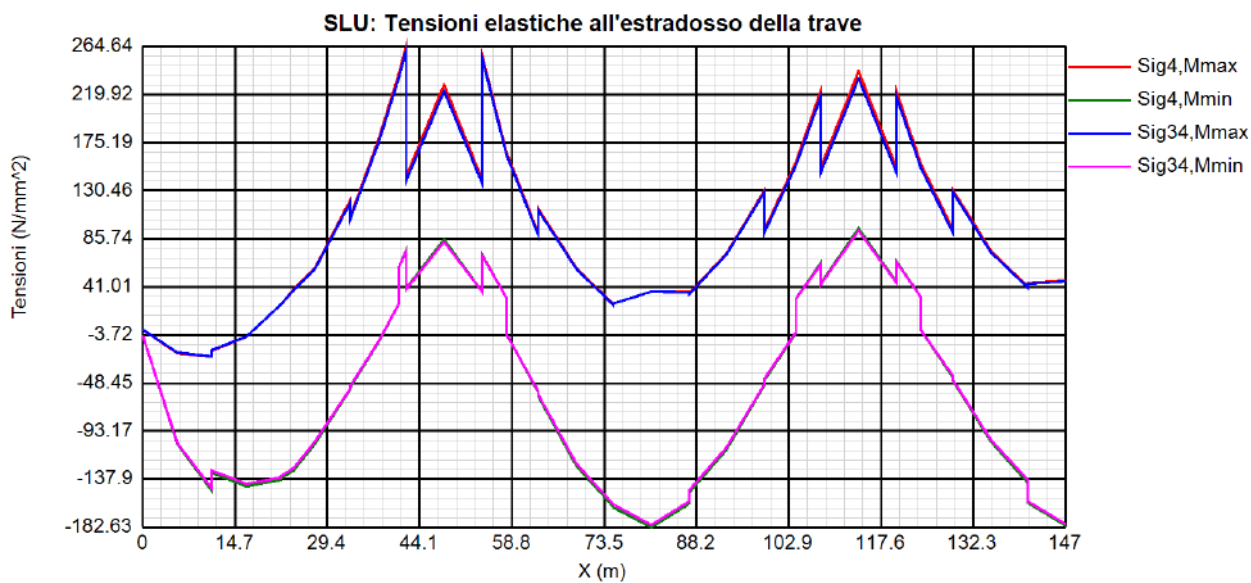
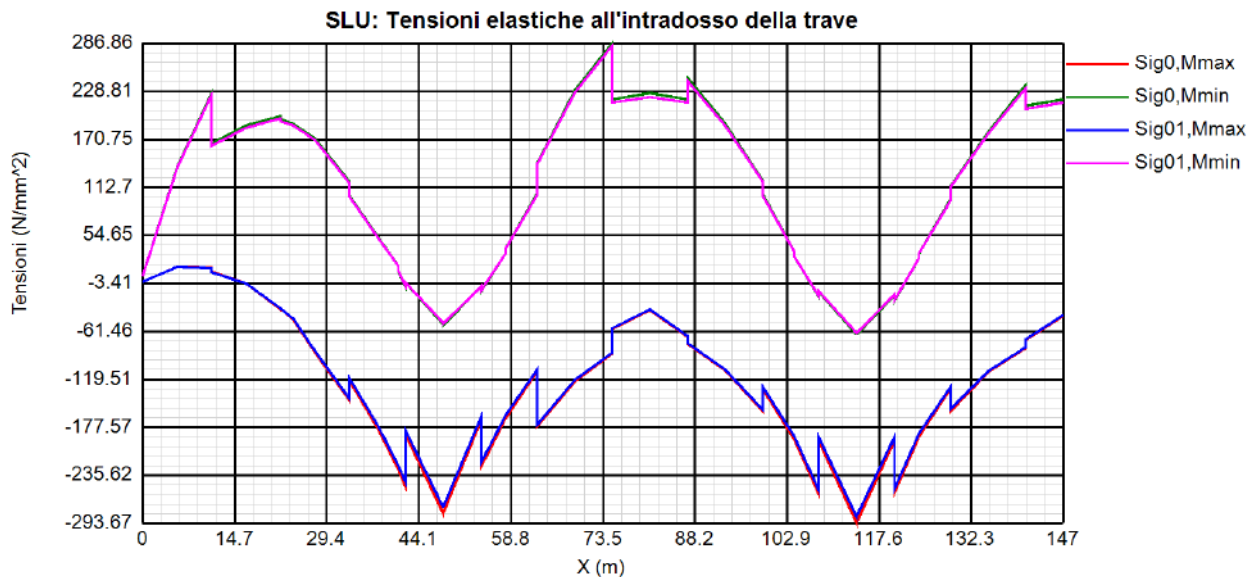
RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo



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

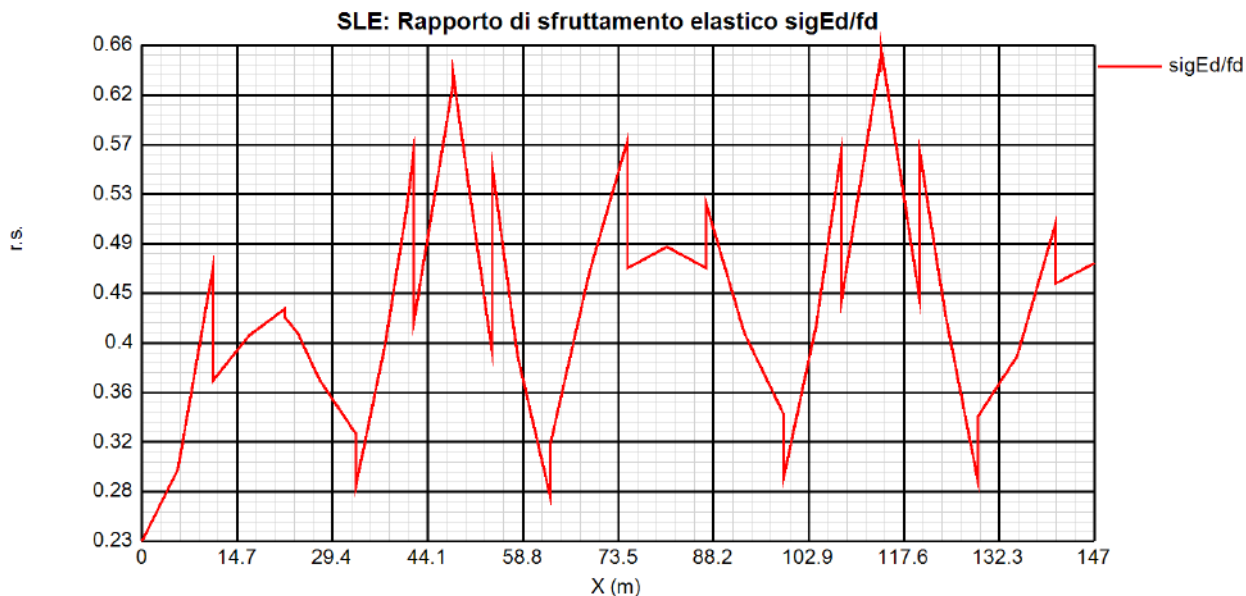
Si riportano anche i diagrammi relativi alle tensioni S.L.U. rilevate sulla piattabanda inferiore e superiore della trave (valori in MPa).

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo



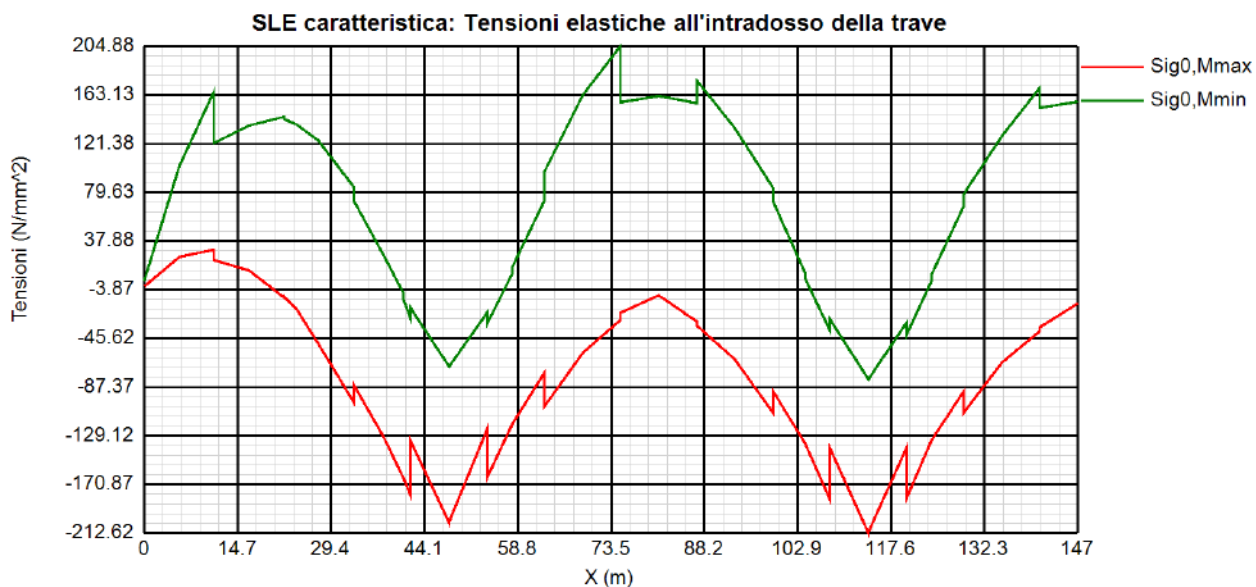
7.1.2 S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento

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

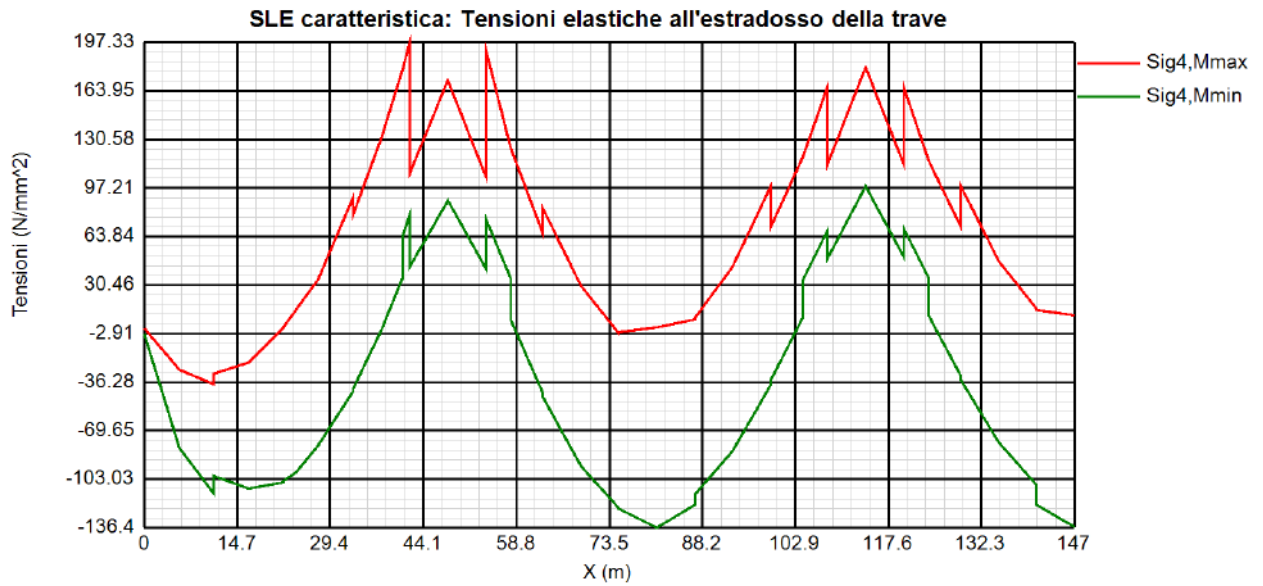


Come si può notare dall'esame del diagramma, i rapporti di sfruttamento S.L.E. appaiono soddisfacentemente al di sotto dell'unità.

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

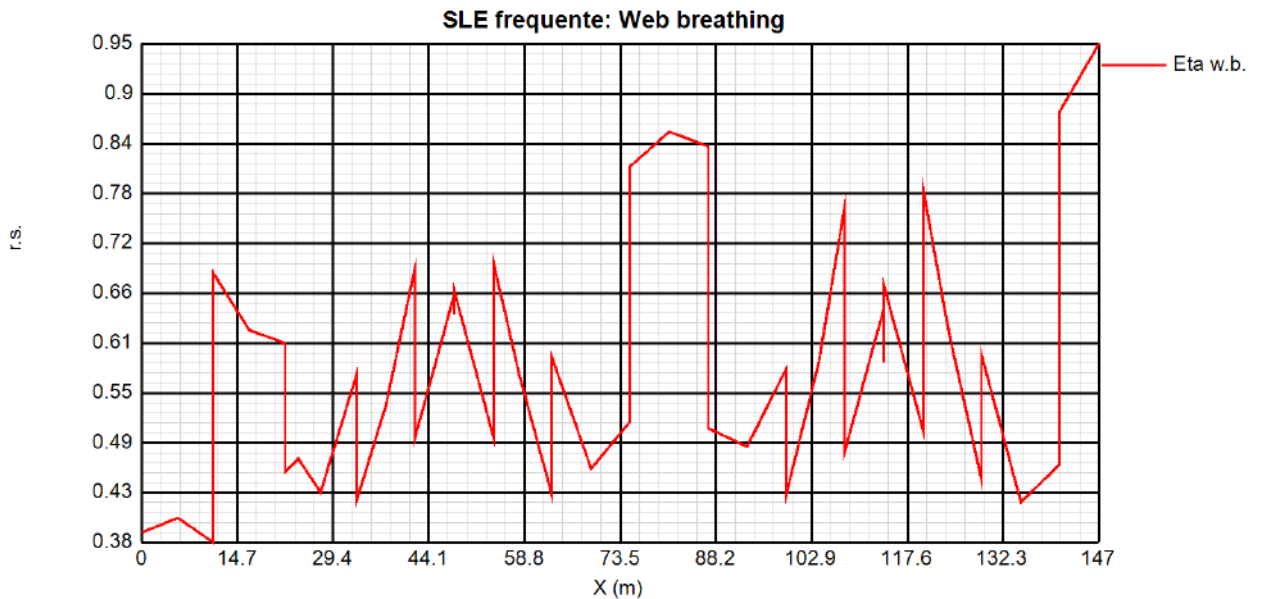


RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo



7.1.3 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.



7.1.4 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.

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:
--

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Metodo di verifica:	Safe life
Conseguenza del danno:	High consequence
γ_{Fd}	1
γ_{Mf}	1.35
Fattore equivalente di danno per flessione e taglio:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4$
Dati per il calcolo di λ_1	
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
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	
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
Dati per il calcolo di λ_3, λ_{v3}	
Vita di progetto in anni:	100
λ_3	1.00
Fattore equivalente di danno per i pioli:	
$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4}$	
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	
γ_{Fd}	1
γ_{Mf}	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

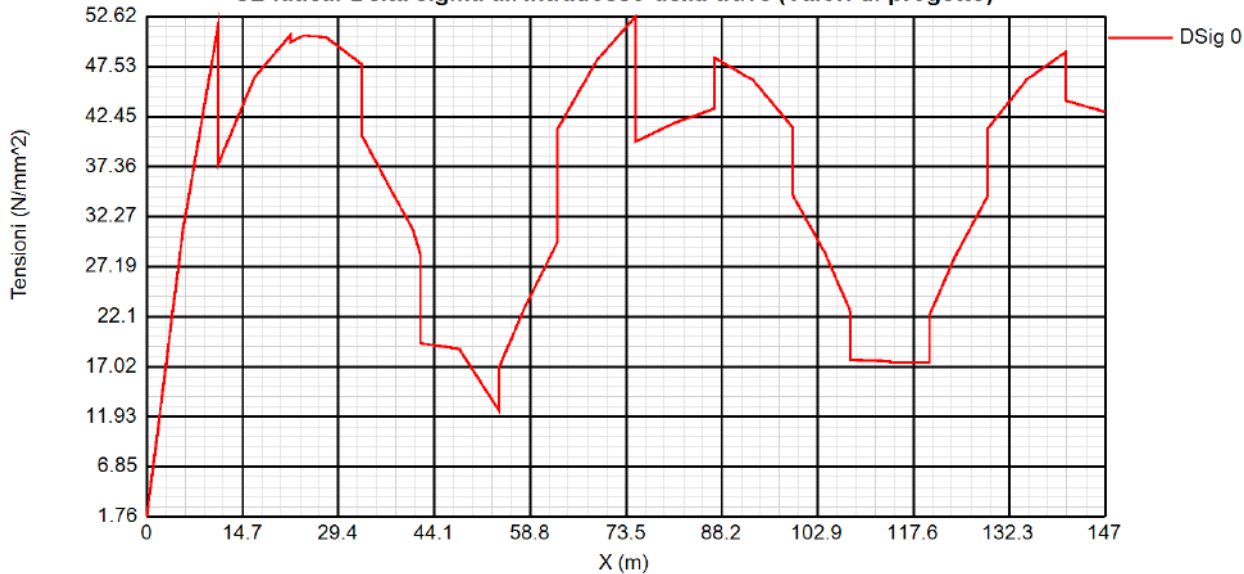
(*) si conteggia il size effect $k_s = (25/t)^{0.2}$

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

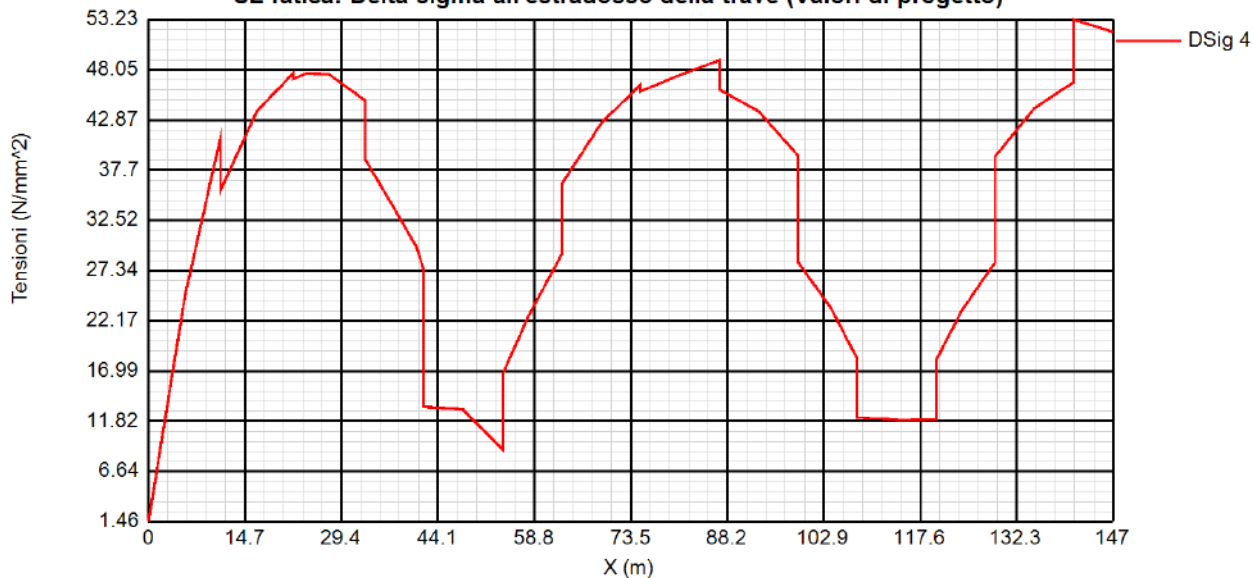
Di seguito si riporta l'ampiezza di $\Delta\sigma_E$ rilevati in corrispondenza della piattabanda inferiore e superiore e dell'attacco anima/piattabanda inferiore e superiore di ciascun concio.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

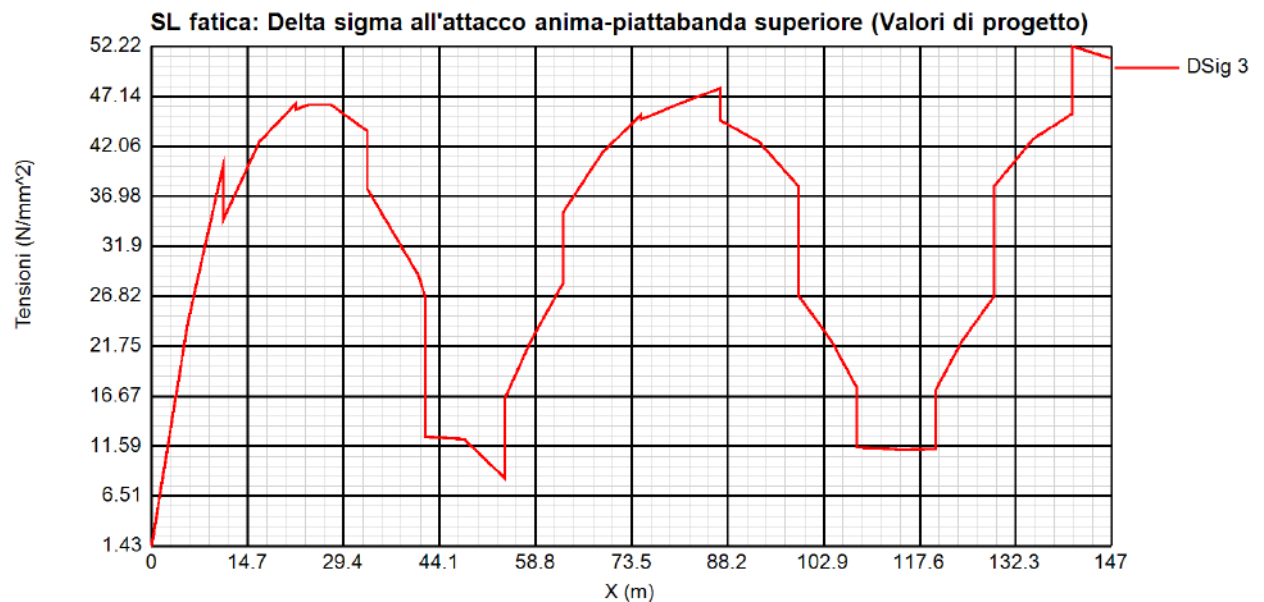
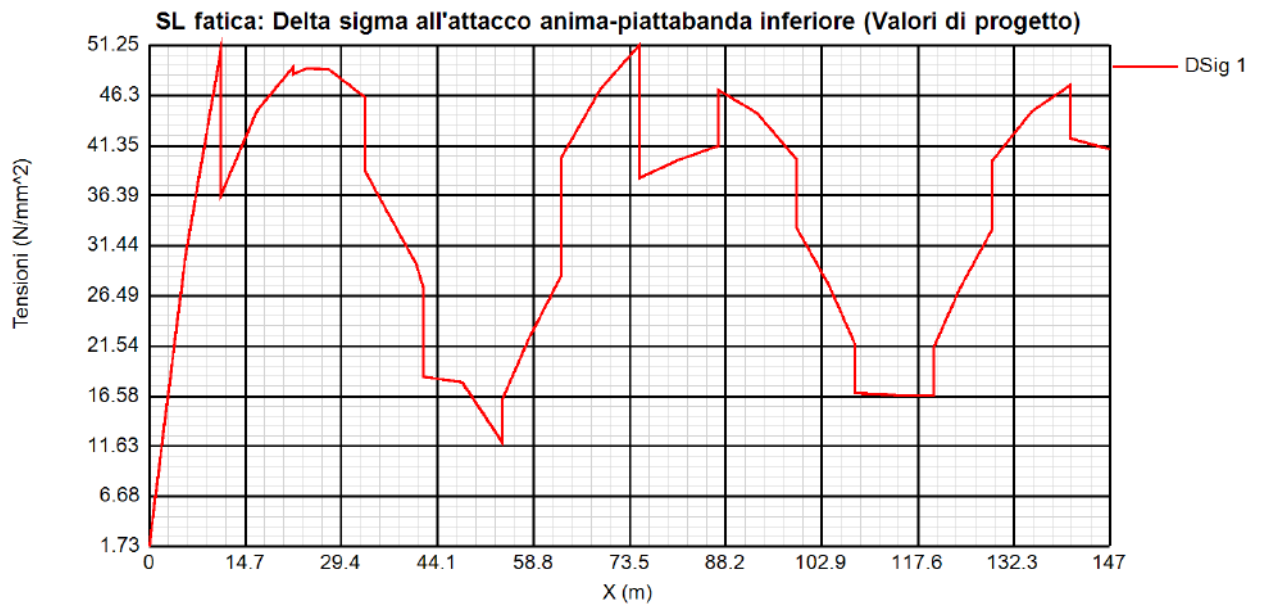
SL fatica: Delta sigma all'intradosso della trave (Valori di progetto)



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



RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo



Si esplicita pertanto, a titolo di esempio, la verifica del dettaglio più critico, rappresentato dalla saldatura piattabanda/irrigidente (cat. 80), sulla sezione maggiormente critica, caratterizzata da $\gamma_f \Delta \sigma_E = 52.22$ MPa (concio 12, Sez. 52).

$\gamma_f \Delta \sigma_E$ 53.23 MPa su piattabanda superiore

$\gamma_f \Delta \sigma_E = 52.22$ MPa su attacco anima piattabanda superiore

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

Le verifiche risultano pertanto positive.

7.1.5 Verifica connessione trave/soletta

7.1.5.1 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.

Concio	Pioli					
	n pioli (l/m)					
C1	20*	4 ϕ 19/20, h=220 mm				
C2	15	3 ϕ 19/20, h=220 mm				
C3	15	3 ϕ 19/20, h=220 mm				
C4	20	4 ϕ 19/20, h=220 mm				
C5	20	4 ϕ 19/20, h=220 mm				
C6	20	4 ϕ 19/20, h=220 mm				
C7	15	3 ϕ 19/20, h=220 mm				
C8	15	3 ϕ 19/20, h=220 mm				
C9	15	3 ϕ 19/20, h=220 mm				
C10	20	4 ϕ 19/20, h=220 mm				
C11	20	4 ϕ 19/20, h=220 mm				
C12	15	3 ϕ 19/20, h=220 mm				

(*) Pioli di estremità, da retrotrave x 6 m, 35 pioli/m (4 ϕ 19/20+3 ϕ 19/20, h=220 mm)

Tabella 7.1 Organizzazione piolature

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

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

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

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

7.1.5.2 Dettagli costruttivi

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

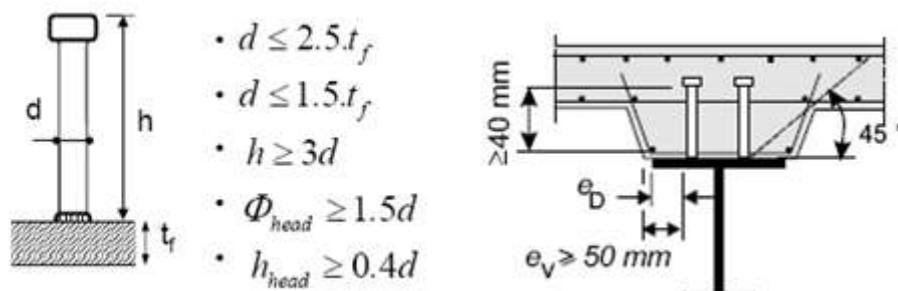


Figura 7.1: Dettagli dei pioli

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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 min})		EN 1994-2 6.6.5.7 (3)
Spaziatura longitudinale e			
$e_{\text{ long}} \leq$	535 mm (= 22 * t _{f min} * ε)		EN1994-2 6.6.5.5 (2)
$e_{\text{ long}} \leq$	800 mm (= min { 4*t _{slab} , 800 mm })		EN1994-2 6.6.5.5 (3)
$e_{\text{ long}} \geq$	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 min} * ε)		EN1994-2 6.6.5.5 (2)

Tabella 7.2 Dettagli dei pioli

7.1.5.3 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 $V_{\text{max/min}}$).

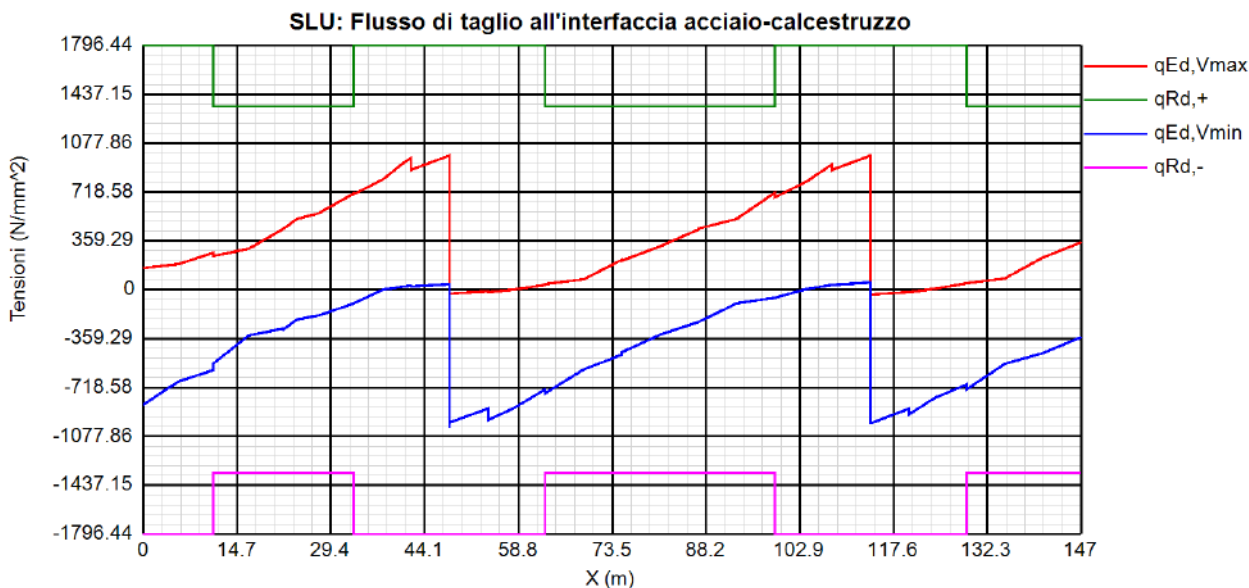
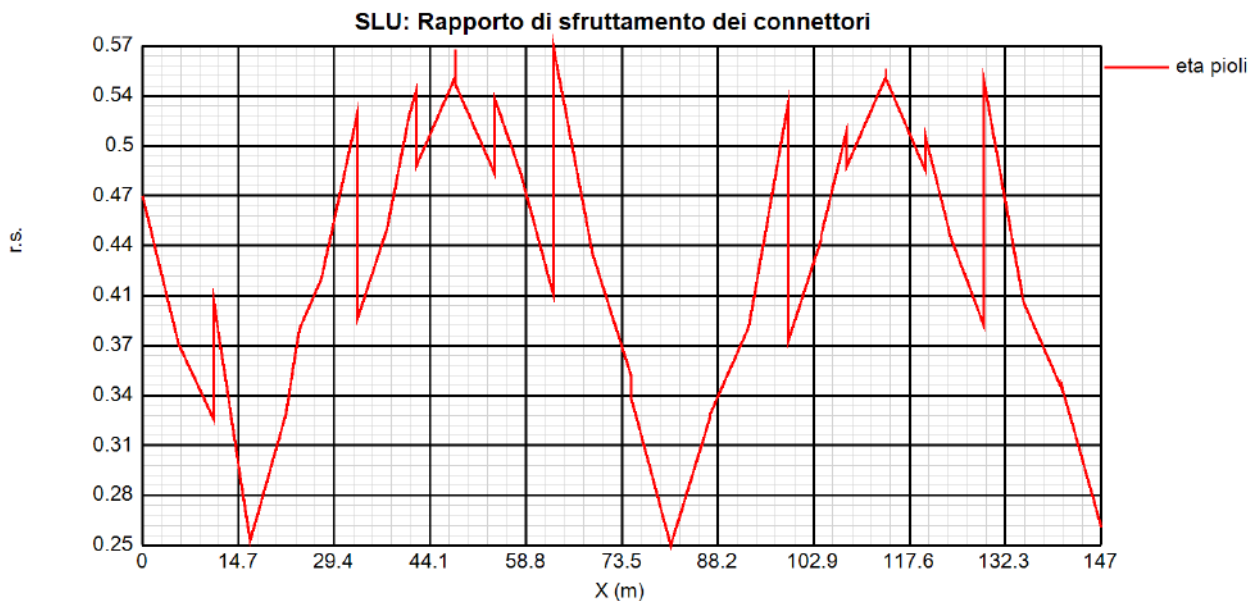
I diagrammi seguenti riportano, oltre alla copertura S.L.U. del flusso di taglio acciaio calcestruzzo, l'andamento del rapporto di sfruttamento dei connettori allo S.L.U., S.L.E. e S.L.F.; in quest'ultimo caso, il rapporto di sfruttamento indicato è il maggiore relativo alle varie modalità di collasso.

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

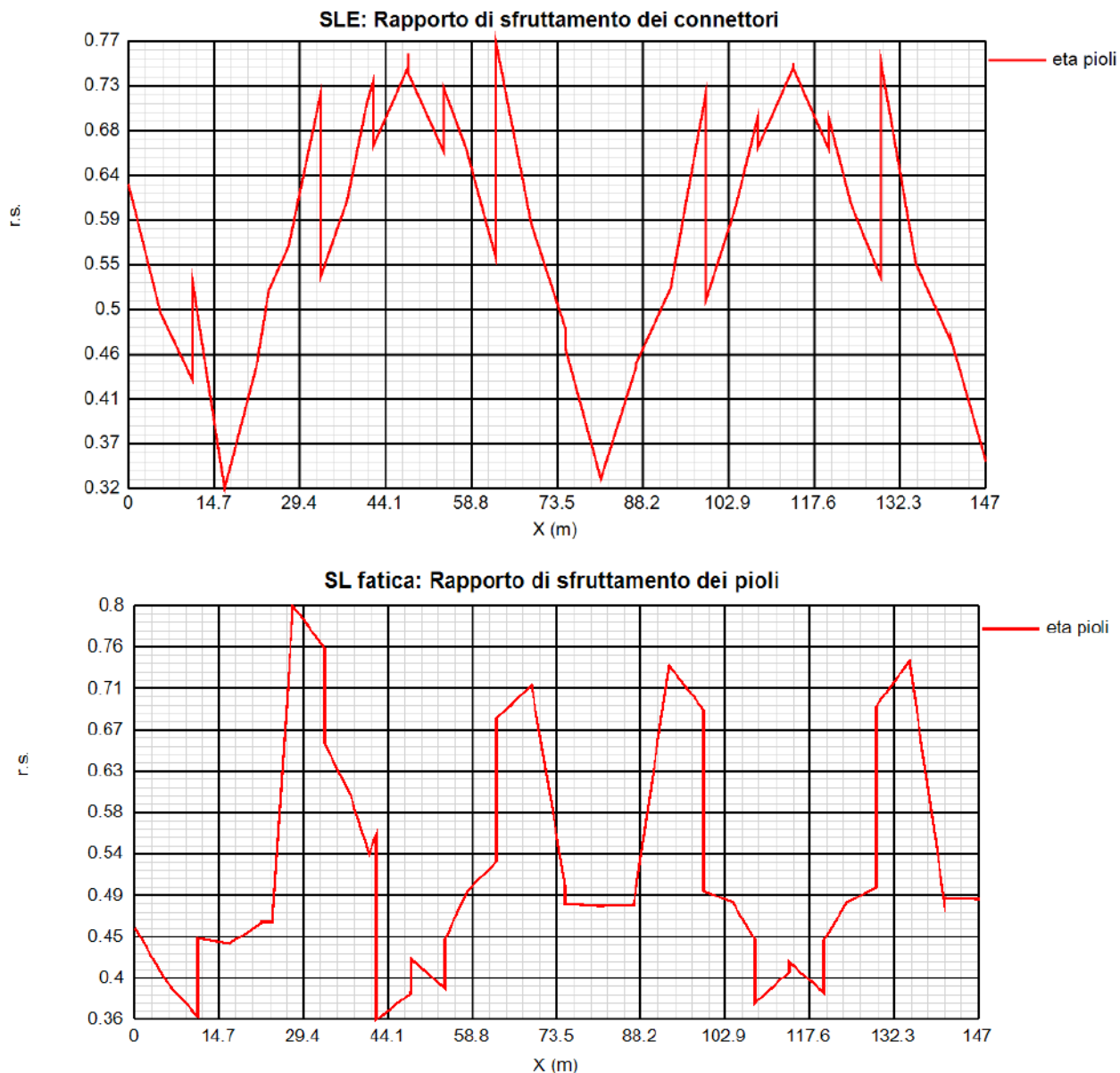
<i>Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:</i>	
<i>Fattore equivalente di danno per i pioli:</i>	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4}$
λ_{v1}	1.55
<i>Dati per il calcolo di λ_{v2}, λ_{v2}</i>	
Q_0 (kN)	480
N_0	500000
N_{obs}	500000
Q_{ml} (kN)	457.37
Categoria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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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_{v3}, 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



RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo



7.1.5.4 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 $b_{eff} = 5.4$ 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
Flusso caratteristico per Ritiro: $v_{L,k}$ (N/mm)	839

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Flusso caratteristico per Variazione termica (-): $v_{L,k}$ (N/mm)	807
Flusso di progetto totale: $v_{L,Ed}$ (N/mm)	$1.2 \cdot 839 + 1.5 \cdot 807 = 2218$
Numero minimo di pioli in testata: n_{min} (m ⁻¹)	$2218 \cdot 1000 / 81656.28 = 27.17$

7.1.6 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.

Inoltre 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.

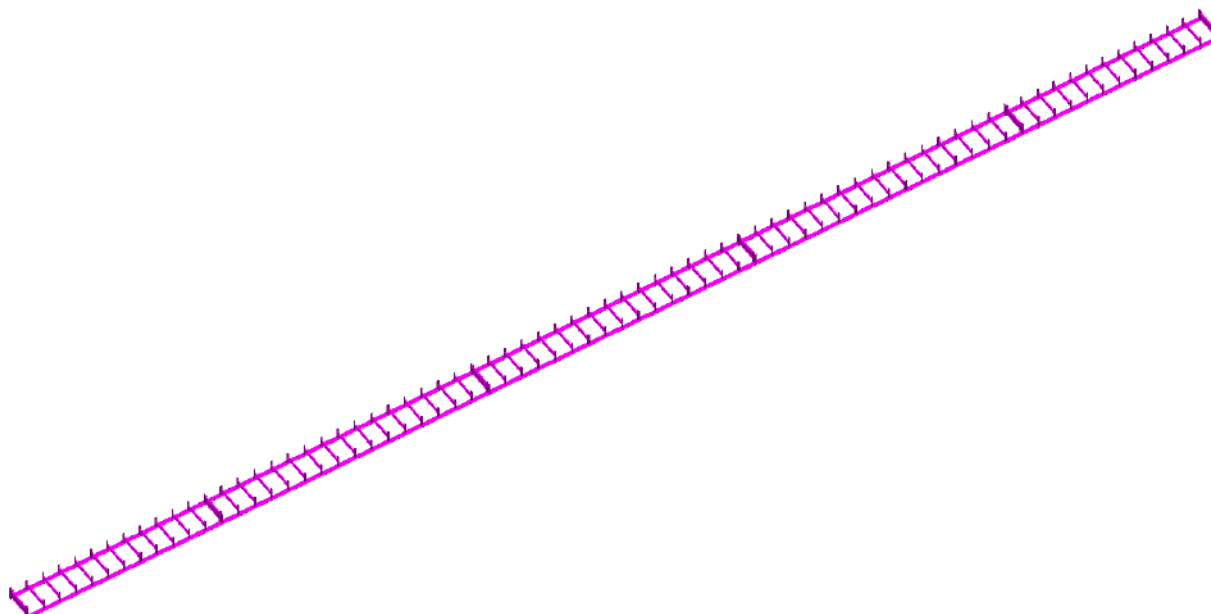

















Figura 7.2: Rendering del modello fem

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Geometric Key
Analysis: Fase3

	C10_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.06)
	C7_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.04)
	C12_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.06)
	C9_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.05)
	C11_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.08)
	C8_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.06)
	C6_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.06)
	C5_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.08)
	C4_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.06)
	C3_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.05)
	C2_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.05)
	C1_BotFlange (RSS D=1.1 B=0.03)
	Traversi_Campata (HE 800 A)
	Ritti_Traversi (I D=0.274 Bt=0.46 Bb=0.2 tft=0.018 tfb=0.016 tw=0.02 r=0)
	Traversi_Pila_Spalle (I D=1.9 B=0.4 tf=0.04 tw=0.035 r=0)
	Ritti_Appoggi (Ritti_Traversi_Appoggi R180)

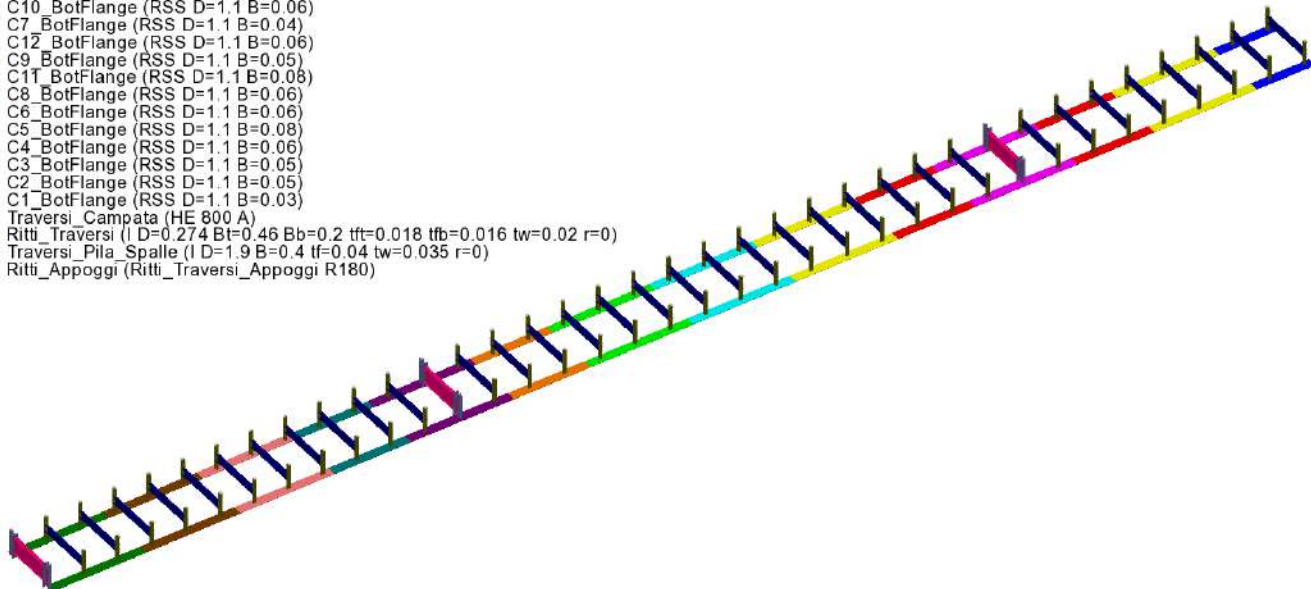


Figura 7.3: Caratteristiche geometriche del modello di metà impalcato

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 inviluppo), che fornisce le massime tensioni di compressione in corrispondenza della piattabanda inferiore. Si è presa come riferimento la sezione C11 cracked (X=114 m) in asse alla pila 2 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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

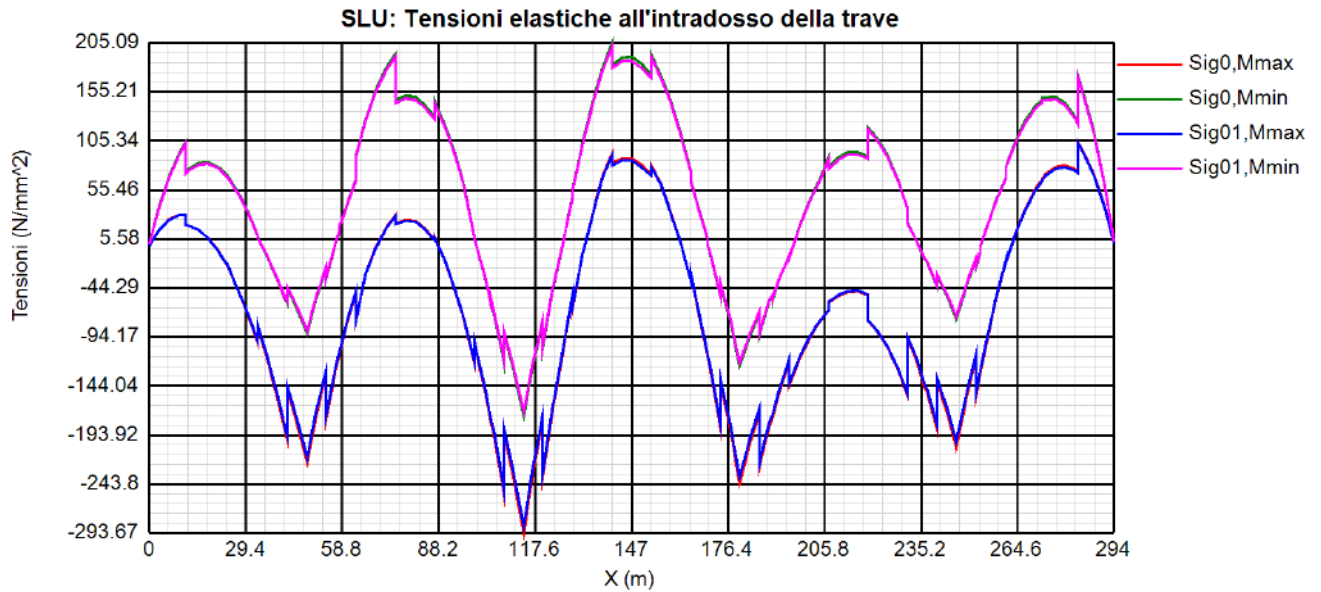


Figura 7.4: Tensioni minima e massima nella piattabanda inferiore, all'intradosso e nella fibra media della piattabanda inferiore .

Calcolo P_{cr} piattabanda inferiore

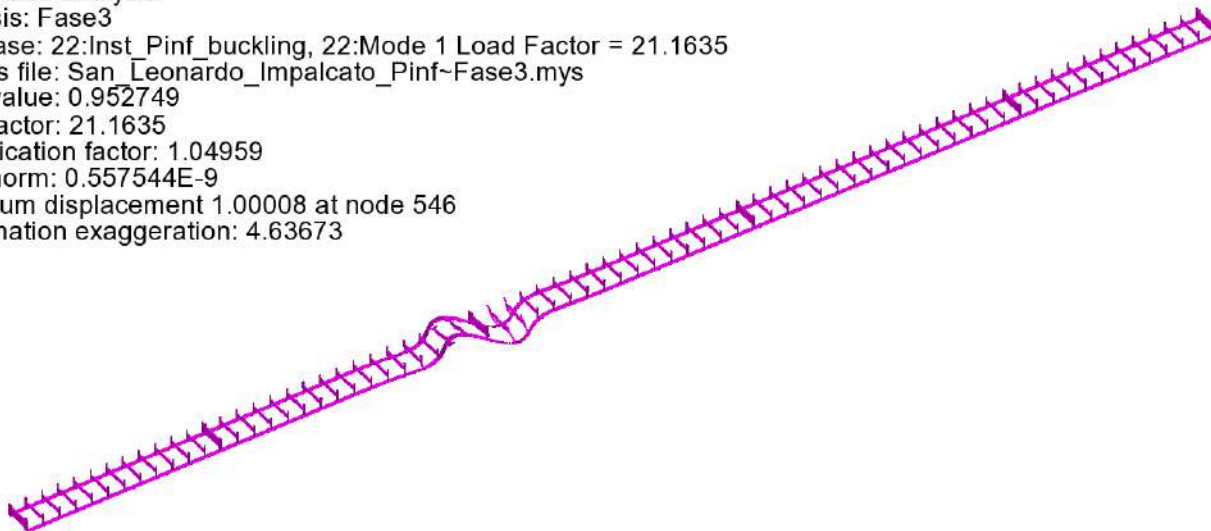
Viene effettuata una analisi di buckling mediante un modello E.F. che riproduce il filo della piattabanda inferiore. La mesh adottata rispecchia quella adottata per le travi principali del modello globale.

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

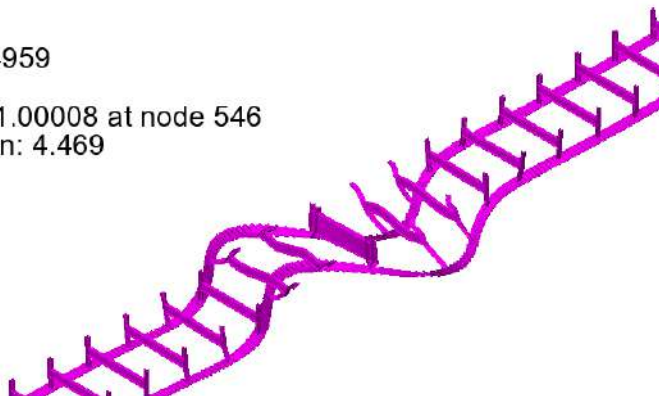
	Mode ▲	Eigenvalue	Load Factor	Error norm
1	1	0.952749	21.1635	0.557544E-9
2	2	0.961157	25.7446	0.401785E-9
3	3	0.963328	27.2688	5.04021E-9
4	4	0.963495	27.3935	6.25668E-9
5	5	0.967323	30.6028	6.81186E-6

Tabella 7.3 Parametri stabilità colonna equivalente

Eigenvalue analysis
Analysis: Fase3
Loadcase: 22:Inst_Pinf_buckling, 22:Mode 1 Load Factor = 21.1635
Results file: San_Leonardo_Impalcato_Pinf-Fase3.mys
Eigenvalue: 0.952749
Load factor: 21.1635
Amplification factor: 1.04959
Error norm: 0.557544E-9
Maximum displacement 1.00008 at node 546
Deformation exaggeration: 4.63673



Eigenvalue analysis
Analysis: Fase3
Loadcase: 22:Inst_Pinf_buckling, 22:Mode 1 Load Factor = 21.1635
Results file: San_Leonardo_Impalcato_Pinf-Fase3.mys
Eigenvalue: 0.952749
Load factor: 21.1635
Amplification factor: 1.04959
Error norm: 0.557544E-9
Maximum displacement 1.00008 at node 546
Deformation exaggeration: 4.469



Eigenvalue analysis
Analysis: Fase3
Loadcase: 22:Inst_Pinf_buckling, 22:Mode 1 Load Factor = 21.1635
Results file: San_Leonardo_Impalcato_Pinf-Fase3.mys
Eigenvalue: 0.952749
Load factor: 21.1635
Amplification factor: 1.04959
Error norm: 0.557544E-9
Maximum displacement 1.00008 at node 546
Deformation exaggeration: 5.50776

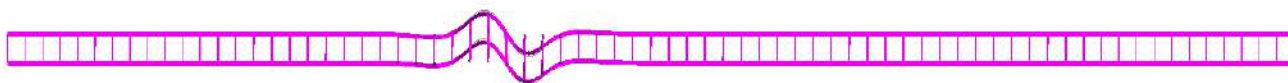


Figura 7.5: Deformata critica di Buckling – coeff. Moltiplicativo del carico 21.16

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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:

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

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.

η	0.895	Coeff. di utilizzo nella fibra media			
$\alpha_{ult,k}/\gamma_{M0}$	1.12	=1/ η			
γ_{M0}	1.05				
$\alpha_{ult,k}$	1.173				
γ_{M1}	1.10				
$\alpha_{cr,op}$	21.16	fattore di buckling dedotto dal modello FEM della piattabanda inferiore			
λ_{op}	0.235	= $(\alpha_{ult,k}/\alpha_{cr,op})^{0.5}$			
χ_{op}	0.972	=min[χ ; χ_{LT}]			
χ	0.972	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$		EN1993-1-1, 6.3.1.2	
α	0.76	dalla Tabella 6.1 e 6.2 di EN 1993-1-1, profili saldati con $t_f > 40$			
Φ	0.541	$\Phi = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$			
χ_{LT}	0.972	$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{op}^2}} \leq 1.0$		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 $h_w/b_f > 2$			
Φ_{LT}	0.541	$\Phi_{LT} = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{op} - 0.2) + \bar{\lambda}_{op}^2]$			
$\chi_{op} * \alpha_{ult,k} / \gamma_{M1}$	1.037	>	1	Verifica soddisfatta	EN1993-1-1, 6.3.4(2)

Tabella 7.4 Verifica di stabilità laterale torsionale

7.1.7 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 a "T", formati da piatti 240x20 + 200x16.

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

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

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

$$I_{st} = 2.157E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 2.287E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4000 \text{ mm} \quad h_W = 2840 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.408$$

$$t_W = 22 \text{ mm} \quad b_W = 557 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 20253.7 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 72 \text{ mm}^2$$

Conci "C2"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{st} = 1.868E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 1.229E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4000 \text{ mm} \quad h_W = 2810 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.423$$

$$t_W = 18 \text{ mm} \quad b_W = 459.4 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 16268.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 88.6 \text{ mm}^2$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Conci "C3"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 2.019E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 1.686E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4000 \text{ mm} \quad h_W = 2810 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.423$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 508.2 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 18163.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 79.8 \text{ mm}^2$$

Conci "C4"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 2.157E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 2.236E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4000 \text{ mm} \quad h_W = 2800 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.429$$

$$t_W = 22 \text{ mm} \quad b_W = 557 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 20253.7 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 72 \text{ mm}^2$$

Conci "C5"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 2.344E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 3.223E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4125 \text{ mm} \quad h_W = 2750 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.5$$

$$t_W = 25 \text{ mm} \quad b_W = 630.2 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 23755.3 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 61.9 \text{ mm}^2$$

Conci "C6"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 2.157E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 2.236E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4125 \text{ mm} \quad h_W = 2800 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.473$$

$$t_W = 22 \text{ mm} \quad b_W = 557 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 20253.7 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 72 \text{ mm}^2$$

Conci "C7"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 2.019E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 1.695E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4125 \text{ mm} \quad h_W = 2825 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.46$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 508.2 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 18163.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 79.8 \text{ mm}^2$$

Conci "C8"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{ST} = 1.868E+8 \text{ mm}^4 > I_{ST \text{ min}} = 1.227E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4125 \text{ mm} \quad h_W = 2805 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.471$$

$$t_W = 18 \text{ mm} \quad b_W = 459.4 \text{ mm}$$

$$A_{ST} = 16268.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 88.6 \text{ mm}^2$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Conci "C9"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{st} = 2.019E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 1.686E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4125 \text{ mm} \quad h_W = 2810 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.468$$

$$t_W = 20 \text{ mm} \quad b_W = 508.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 18163.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 79.8 \text{ mm}^2$$

Conci "C10"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{st} = 2.157E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 2.22E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4125 \text{ mm} \quad h_W = 2780 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.484$$

$$t_W = 22 \text{ mm} \quad b_W = 557 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 20253.7 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 72 \text{ mm}^2$$

Conci "C11"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{st} = 2.344E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 3.223E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4125 \text{ mm} \quad h_W = 2750 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.5$$

$$t_W = 25 \text{ mm} \quad b_W = 630.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 23755.3 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 61.9 \text{ mm}^2$$

Conci "C12"

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

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

$$I_{st} = 1.868E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 1.229E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4125 \text{ mm} \quad h_W = 2810 \text{ mm} \quad a/h_W = 1.468$$

$$t_W = 18 \text{ mm} \quad b_W = 459.4 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 16268.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 88.6 \text{ mm}^2$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Verifica resistenza

Si riporta l'esito della verifica effettuata per lo stiffener maggiormente impegnato, posto in corrispondenza della sezione C10-39 (combinazione Vmax).

Requisiti minimi per gli stiffeners trasversali

Tensione massima	Spostamento massimo
$\sigma_{max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$	$w \leq \frac{h_w}{300}$
$\sigma_{max} = 52.1 < 322.7 \text{ N/mm}^2$	$w = 1.2 < 9.3 \text{ mm}$

VERIFICA SODDISFATTA

$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 6.53E+5 + 9.531E+4 = 7.483E+5 \text{ N}$

$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 6.53E+5 + 0E+00 = 6.53E+5 \text{ N}$

$\sigma_m = 0.122 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{cr}(C)/\sigma_{cr}(P) = 0.018 \Rightarrow 0.5$

$\sigma_{cr}(P) = 307.19 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{cr}(C) = 5.4 \text{ N/mm}^2$

$N_{Ed} = 1.396E+6 \text{ N}$ $\lambda_w = 1.552$ $N_{cr,st} = 5.786E+7 \text{ N}$

$e_1 = 72 \text{ mm}$ $e_{max} = 195 \text{ mm}$ $w_0 = 9.27 \text{ mm}$

$\delta_m = 6.777$

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 piatti 400x35 disposti simmetricamente rispetto all'anima della trave.

Per quanto riguarda le azioni esterne sollecitanti, si fa riferimento alle reazioni S.L.U. trasmesse agli appoggi per le quali, per ulteriori dettagli, si rimanda alla relazione di calcolo delle sottostrutture.

Si farà quindi riferimento ai seguenti valori:

$N_{Ed,S.L.U.,spalla} = -4180 \text{ kN}$

$N_{Ed,S.L.U.,pila} = -11920 \text{ kN}$

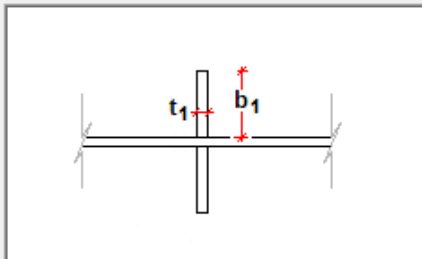
Di seguito l'output della verifica, relativo alla sezione d'appoggio lato spalla (concio C1) e pila (concio C5 e C11).

Irrigidenti di spalla

Caratteristiche

Si prevede l'adozione di un irrigidente simmetrico rettangolare formato da due piatti 400x40.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo



Simmetrico

No stiffeners R L T

	b (mm)	t (mm)
Piatto 1	400	40
Piatto 2	200	16

Forza di compr. esterna

Requisiti di rigidezza

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

$$I_{ST} \geq 0.75 h_w t_w^3 \quad a / h_w \geq \sqrt{2}$$

$$I_{st} = 1.852E+9 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 2.287E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4000 \text{ mm} \quad h_w = 2840 \text{ mm} \quad a/h_w = 1.408$$

$$t_w = 22 \text{ mm} \quad b_w = 577 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 44693.7 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Requisiti di resistenza

Requisiti minimi per gli stiffeners trasversali

Tensione massima

Spostamento massimo

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

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

$$\sigma_{\max} = 102.4 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 0.1 < 9.5 \text{ mm}$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.18E+6 + 4.026E+3 = 4.184E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.18E+6 = 4.18E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.005 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C)/\sigma_{cr}(P) = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$\sigma_{cr}(P) = 1E+300 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C) = 5.74 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} = 5.597E+4 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.564 \quad N_{cr,st} = 4.759E+8 \text{ N}$$

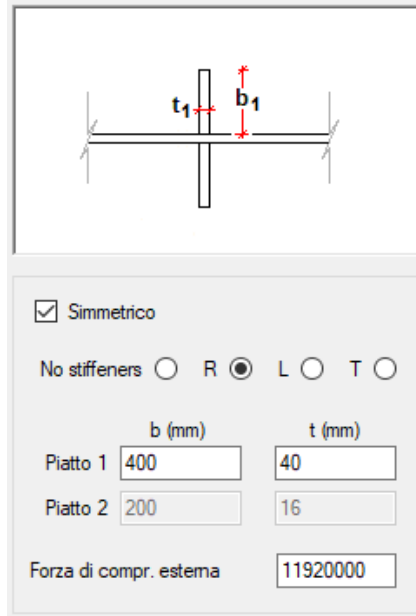
$$e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\max} = 411 \text{ mm} \quad w_0 = 9.47 \text{ mm}$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Irrigidenti di pila

Caratteristiche

Si prevede l'adozione di un irrigidente simmetrico rettangolare formato da due piatti 400x40.



Requisiti di rigidezza

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido

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

$$I_{ST} \geq 0.75 h_w^3 t_w^3 \quad a / h_w \geq \sqrt{2}$$

$$I_{st} = 1.873E+9 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 3.223E+7 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4125 \text{ mm} \quad h_w = 2750 \text{ mm} \quad a/h_w = 1.5$$

$$t_w = 25 \text{ mm} \quad b_w = 650.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 48255.3 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

Requisiti di resistenza

Requisiti minimi per gli stiffeners trasversali

Tensione massima

Spostamento massimo

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

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

$$\sigma_{\max} = 272.3 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 0.2 < 9.2 \text{ mm}$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 1.192E+7 + 2.94E+5 = 1.221E+7 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 1.192E+7 = 1.192E+7 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.384 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C)/\sigma_{cr}(P) = 0.022 > 0.5$$

$$\sigma_{cr}(P) = 316.99 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C) = 6.97 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} = 4.353E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.354 \quad N_{cr,st} = 5.132E+8 \text{ N}$$

$$e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\max} = 412.5 \text{ mm} \quad w_0 = 9.17 \text{ mm}$$

7.1.8 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.

Come meglio dettagliato ai cap. 7.1.6. e 4.3.6., le azioni di stabilizzazione sono implementate nel modello FEM come forze concentrate agenti in corrispondenza dell'estremo inferiore del montante, come mostrato nello screenshot seguente.

Scale: 1: 1.23593E3
Zoom: 885.352
Eye: (-0.78453, 0.455106, -0.421178)
Linear/dynamic analysis
Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 707:InstPiatt_Conc1
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev2-Fase3_Altro.mys

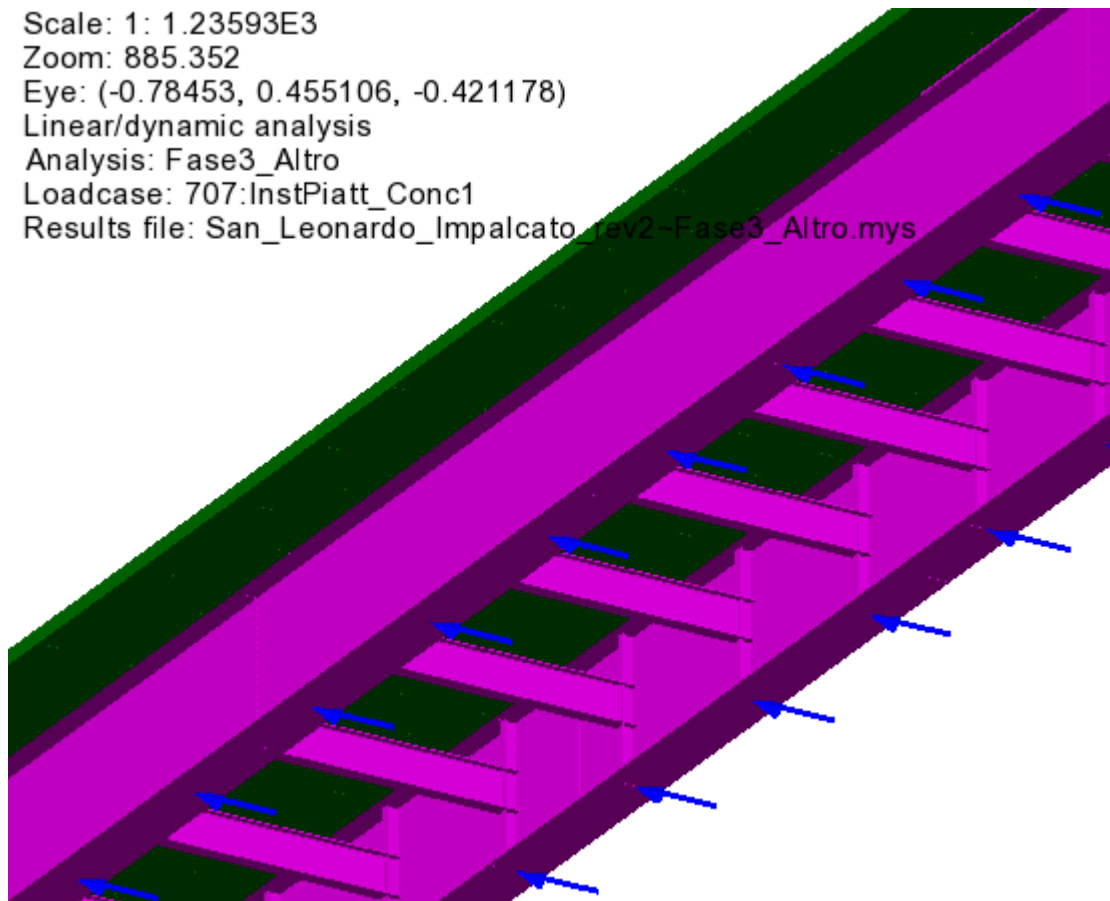


Figura 7.6 Azioni eq. stabilizzazione piattabanda

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

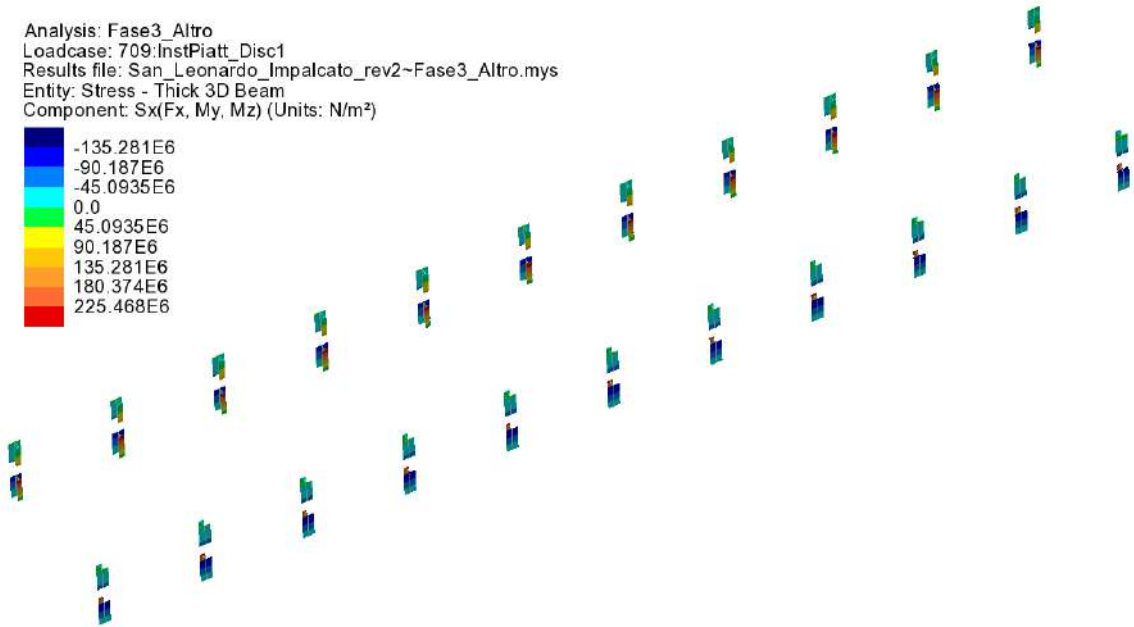
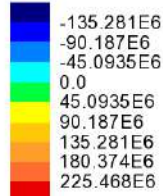
Per una visualizzazione qualitativa dei livelli tensionali presenti negli elementi di irrigidimento per effetto della stabilizzazione della piattabanda, di seguito vengono riportati i diagrammi "contour" delle tensioni normali rilevate sugli elementi di montante, rispettivamente per lo scenario di stabilizzazione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

Essendo lo stato di sollecitazione sostanzialmente costante in tutti gli elementi, si riportano i risultati per la sola campata 1.

Sono stati esclusi dalla visualizzazione gli elementi di nodo.

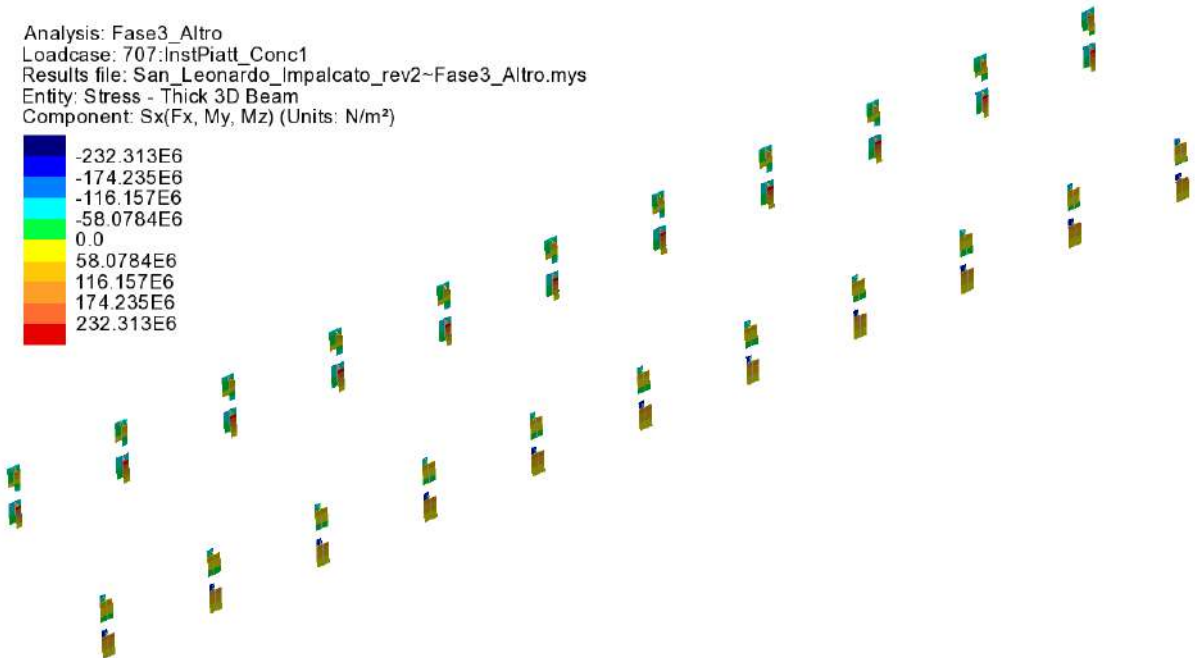
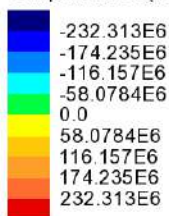
Scenario di stabilizzazione "simmetrico"

Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 709:InstPiatt_Disc1
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev2~Fase3_Altro.mys
Entity: Stress - Thick 3D Beam
Component: Sx(Fx, My, Mz) (Units: N/m²)



Scenario di stabilizzazione "antisimmetrico"

Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 707:InstPiatt_Conc1
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev2~Fase3_Altro.mys
Entity: Stress - Thick 3D Beam
Component: Sx(Fx, My, Mz) (Units: N/m²)

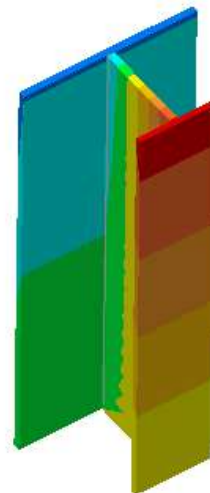
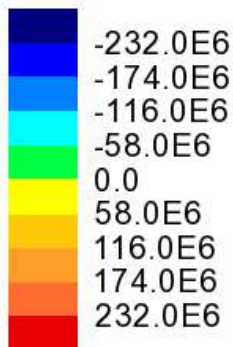


Si riportano i risultati in dettaglio per il montante prossimo alla spalla 1.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Qui di seguito si riportano le tensioni normali e tangenziali per la condizione di carico antisimmetrica rilevate sugli elementi del montante (modellato considerando l'appropriata porzione di anima collaborante, pari a $15 \varepsilon_{tw}$).

Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 707:InstPiatt_Conc1
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev2~Fase3_Altro.mys
Entity: Stress - Thick 3D Beam
Component: Sx(Fx, My, Mz) (Units: N/m²)



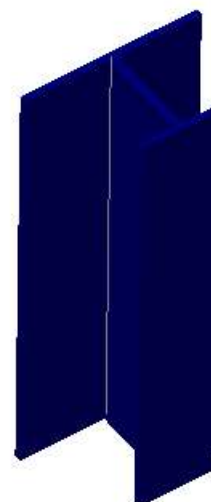
RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 707:InstPiatt_Conc1
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev2~Fase3_Altro.m
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Tauz

■ -57.3231E6

Maximum -57.3231E6 at node 126 of element 130

Minimum -57.3231E6 at node 126 of element 130



Si ottiene $\sigma = \sqrt{(\sigma_x^2 + 3\tau_z^2)} = 252 \text{ N/mm}^2 < 355/1.05 = 338 \text{ N/mm}^2$

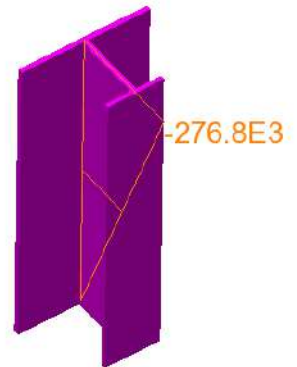
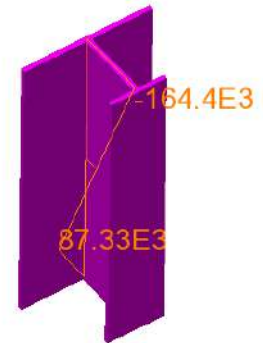
La verifica risulta soddisfatta con ampio margine.

Qui di seguito le azioni interne "di trave" V_{Ed} e M_{Ed} (valori in N e Nm)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

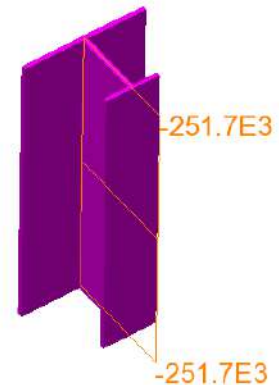
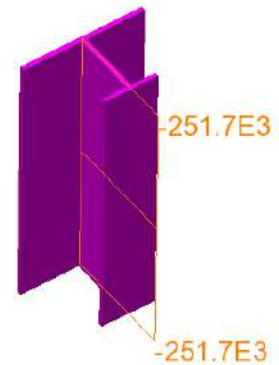
Scale: 1: 13.5773
Zoom: 100.0
Eye: (-0.405759, -0.566414, 0.717311)
Linear/dynamic analysis
Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 707:InstPiatt_Conc1
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev2~Fase3_Altro.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 87.3263E3 at node 1214 of element 1286
Diagram minimum -276.848E3 at node 435 of element 276
Diagram scale: 1: 72.2418E-6



Scale: 1: 13.5773
Zoom: 100.0
Eye: (-0.405759, -0.566414, 0.717311)
Linear/dynamic analysis
Analysis: Fase3_Altro
Loadcase: 707:InstPiatt_Conc1
Results file: San_Leonardo_Impalcato_rev2~Fase3_Altro.mys

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum -251.68E3 at node 126 of element 130
Diagram minimum -251.68E3 at node 126 of element 130
Diagram scale: 1: 0.119199E-3



Sono stati esclusi dalla visualizzazione gli elementi di nodo.

8. VERIFICA TRAVERSI

8.1 TRAVERSI DI CAMPATA (CORRENTI)

I traverzi correnti sono costituiti da un profilo tipo HEA800.

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

S.L.U.

S.L.E. caratteristico

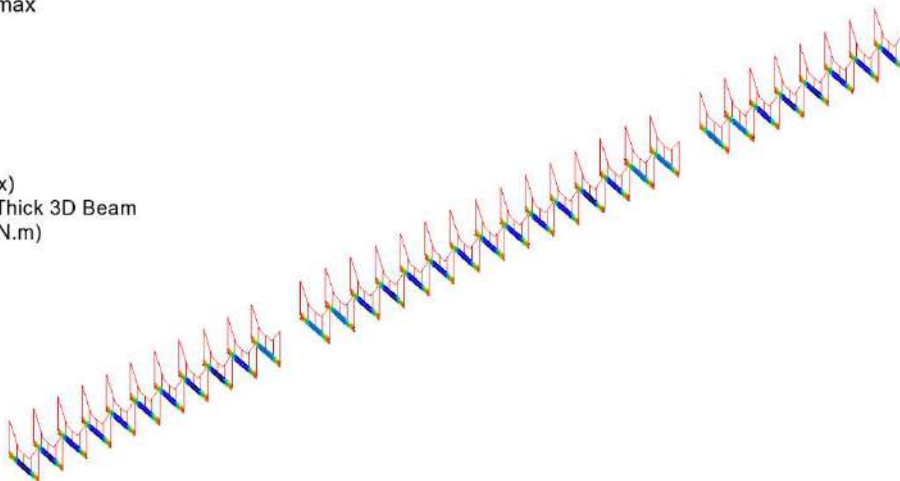
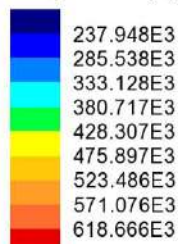
S.L.Fatica

Negli involuppi S.L.U. , si includono anche gli effetti inerenti la stabilizzazione della piattabanda inferiore, valutati secondo le modalità espote in 4.3.6.

Si riportano i diagrammi.

SLU fondamentale My max

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

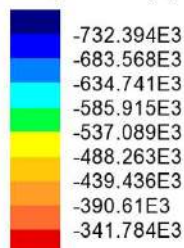


Maximum 661.492E3 at node 947 of element 868
Minimum 233.185E3 at Gauss point 5 of element 709

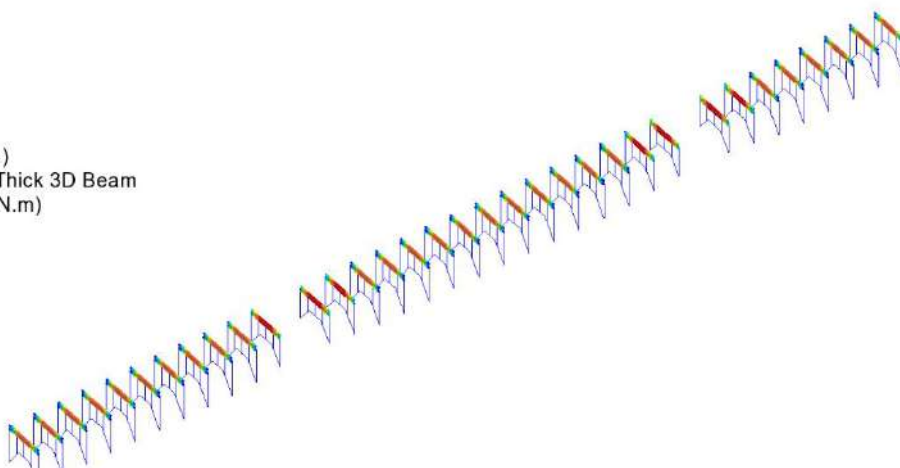
RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

SLU fondamentale My min

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

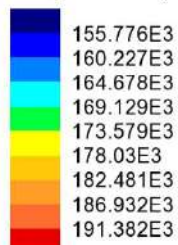


Maximum -304.139E3 at Gauss point 4 of element 794
Minimum -743.575E3 at node 957 of element 878

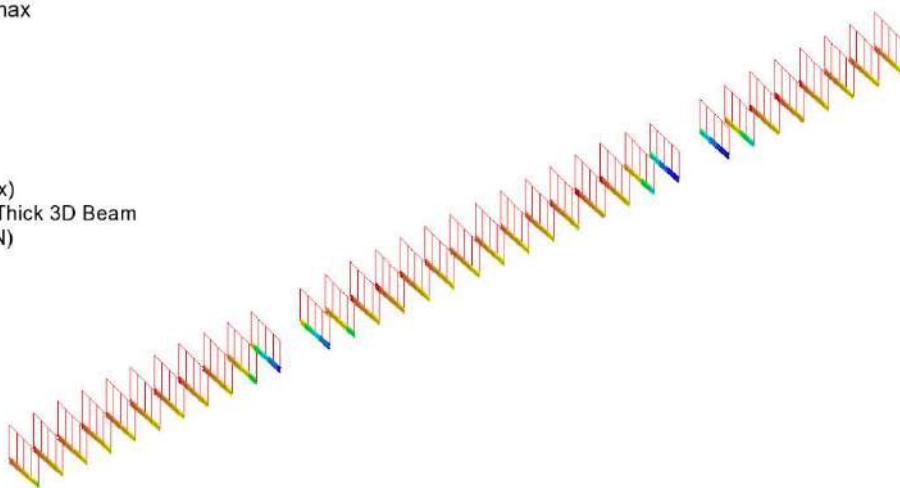


SLU fondamentale Fz max

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



Maximum 194.495E3 at node 965 of element 886
Minimum 154.438E3 at node 668 of element 662



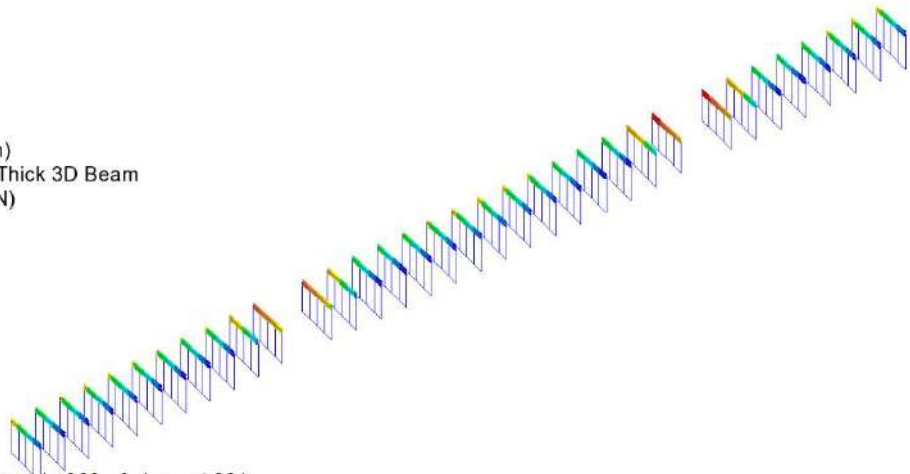
RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

SLU fondamentale Fz min

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

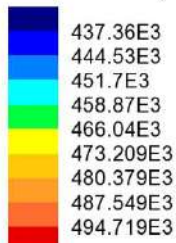


Maximum -153.669E3 at node 960 of element 881
Minimum -194.266E3 at node 673 of element 667

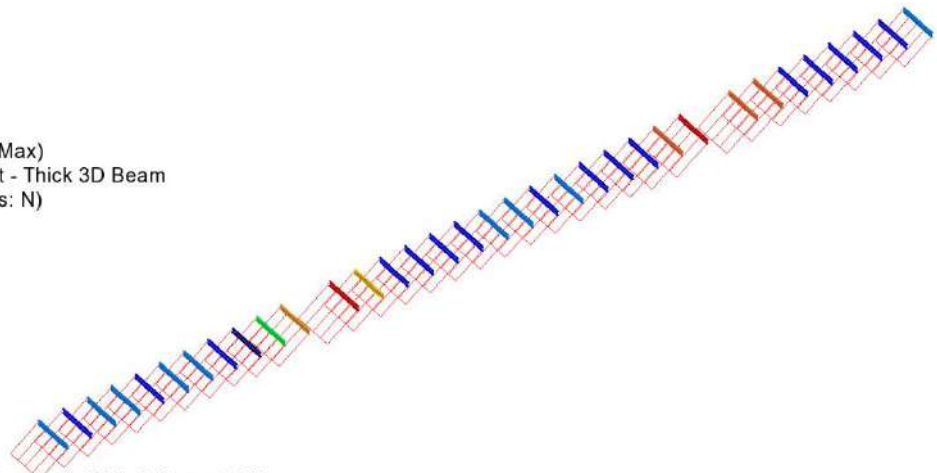


SLU fondamentale Fx max

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



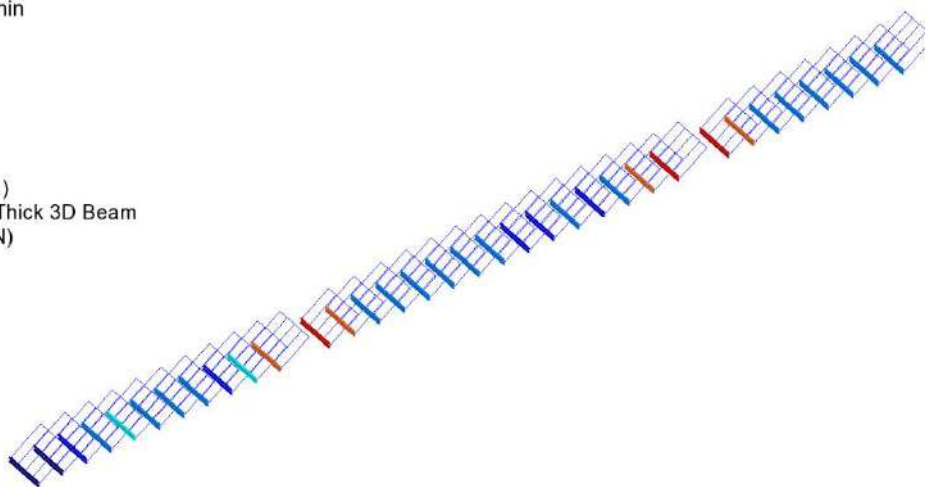
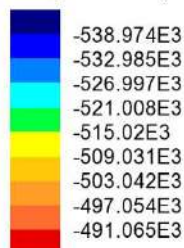
Maximum 497.968E3 at node 654 of element 648
Minimum 433.439E3 at node 650 of element 644



RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

SLU fondamentale Fx min

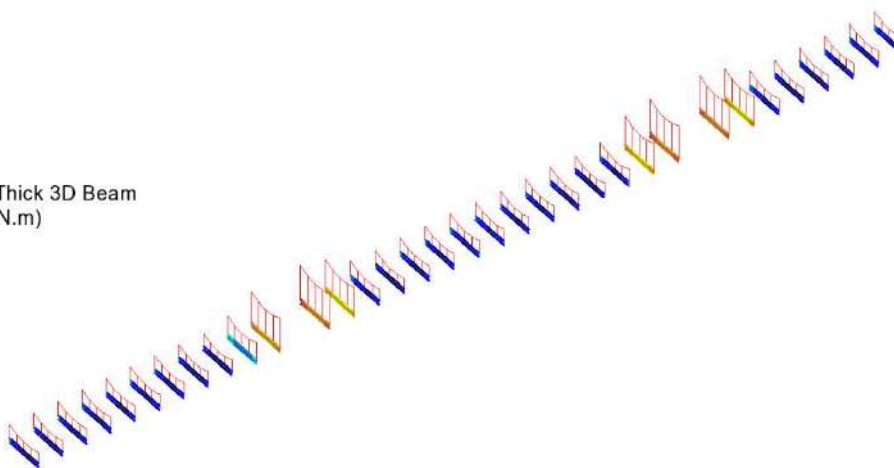
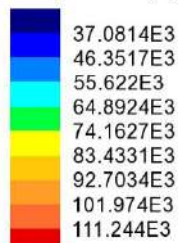
Combining on: Fx
SLU_Fond_traversi (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum -487.788E3 at node 654 of element 648
Minimum -541.685E3 at node 642 of element 636

SLE caratteristica My max

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

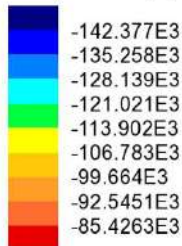


Maximum 114.51E3 at node 946 of element 867
Minimum 31.0771E3 at Gauss point 8 of element 717

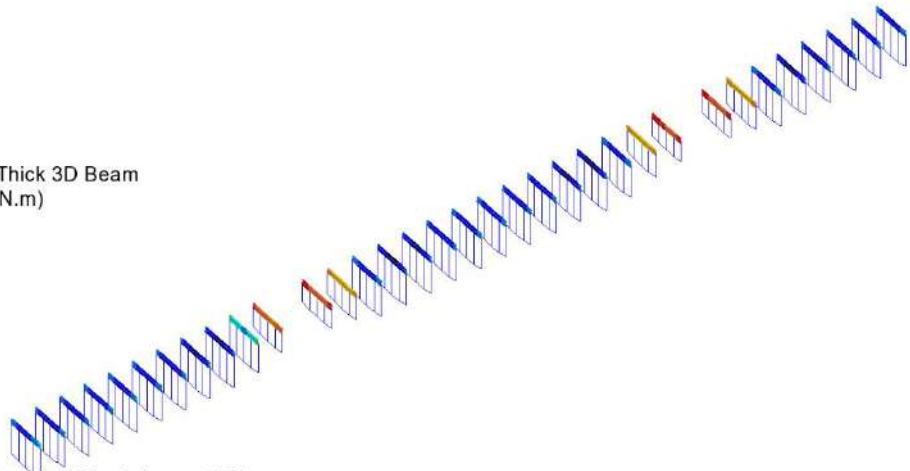
RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

SLE caratteristica My min

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

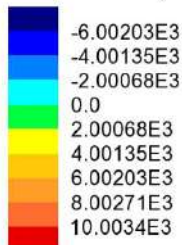


Maximum -80.2164E3 at node 960 of element 881
Minimum -144.286E3 at Gauss point 3 of element 805

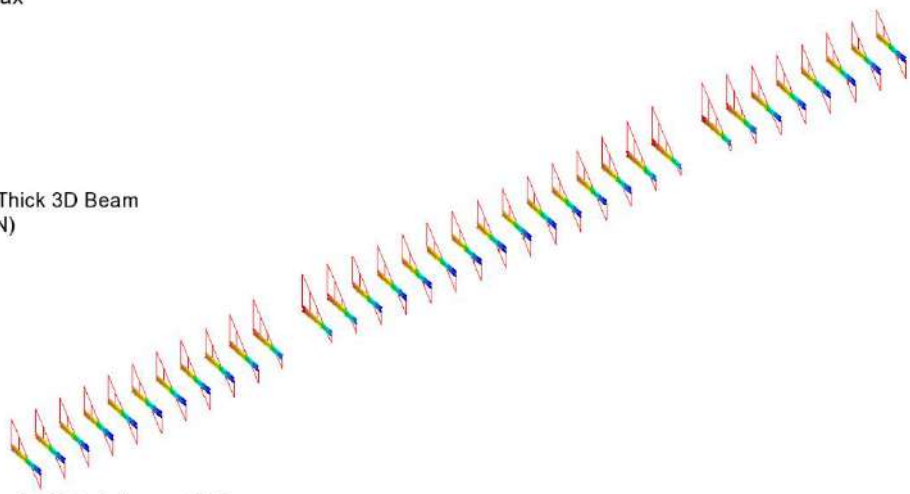


SLE caratteristica Fz max

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



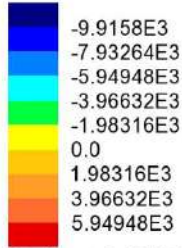
Maximum 11.827E3 at node 962 of element 883
Minimum -6.17908E3 at node 662 of element 656



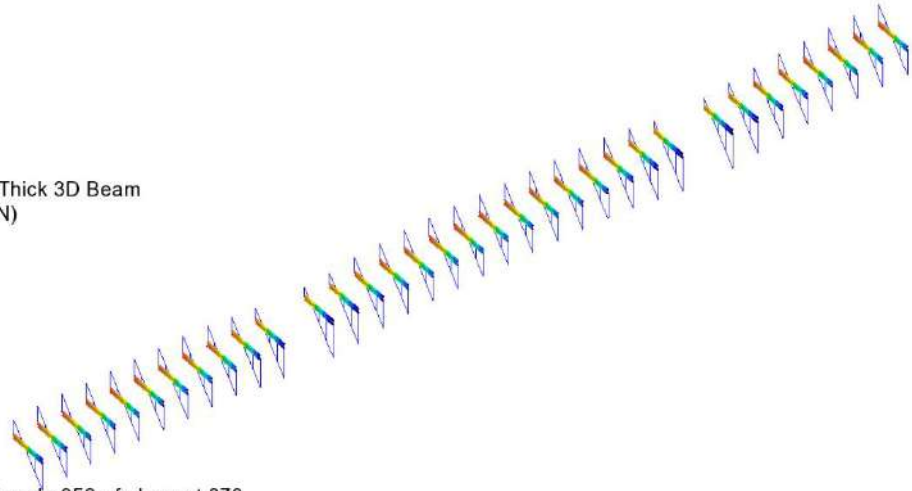
RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

SLE caratteristica Fz min

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



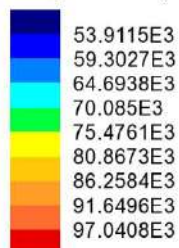
Maximum 6.38188E3 at node 952 of element 873
Minimum -11.4666E3 at node 670 of element 664



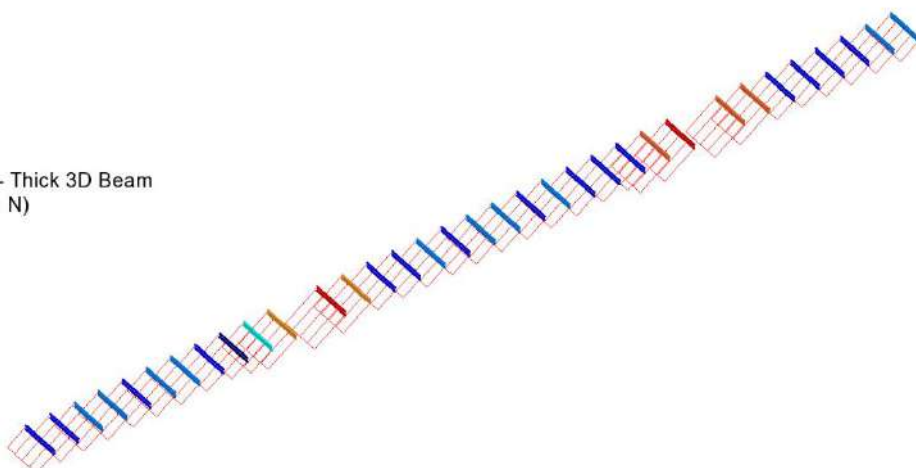
RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

SLE caratteristica Fx max

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

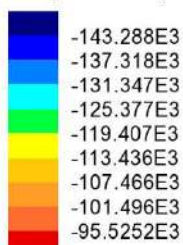


Maximum 100.569E3 at node 654 of element 648
Minimum 52.0488E3 at node 650 of element 644

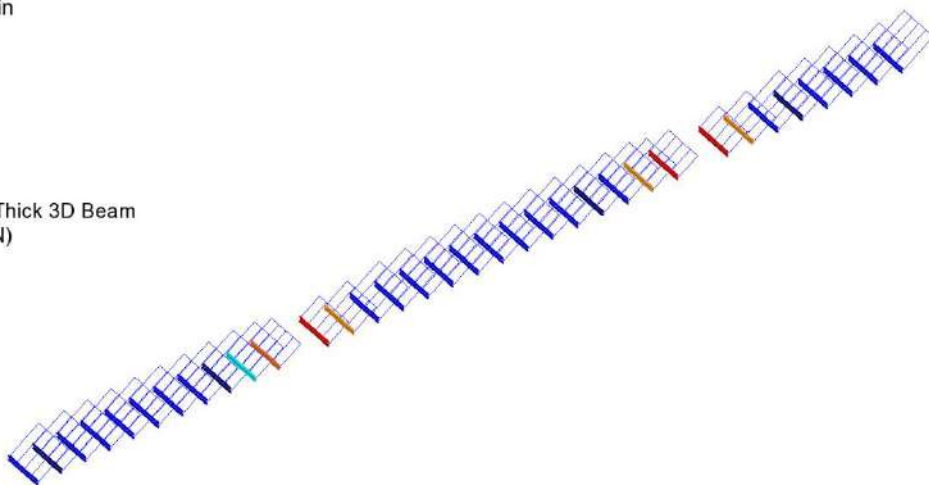


SLE caratteristica Fx min

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



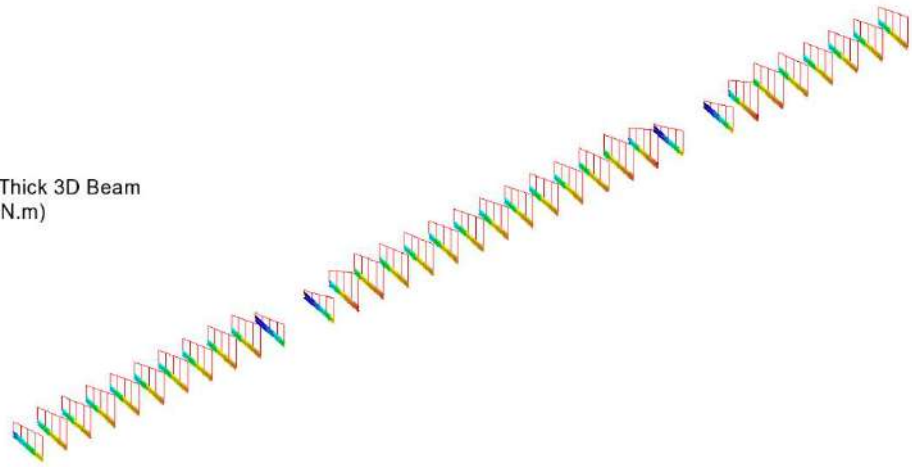
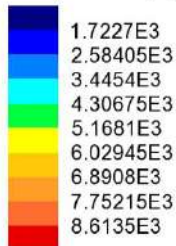
Maximum -90.8776E3 at node 668 of element 662
Minimum -144.611E3 at node 643 of element 637



RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

FATICA My max

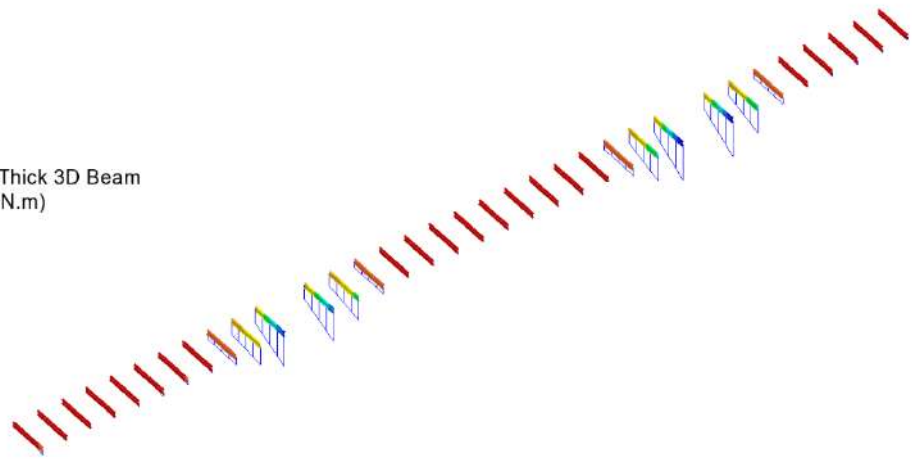
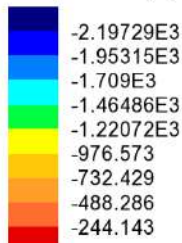
Enveloping on: My
FLM3 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 8.92002E3 at node 667 of element 661 (830:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=106)
Minimum 1.16787E3 at node 962 of element 883 (850:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=126)

FATICA My min

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

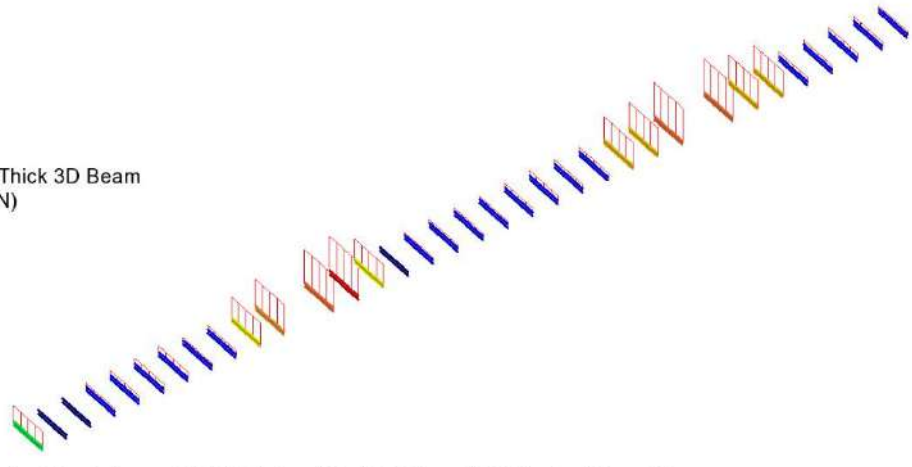


Maximum -8.96894 at Gauss point 7 of element 871 (817:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=93)
Minimum -2.20626E3 at node 668 of element 662 (848:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=124)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

FATICA Fz max

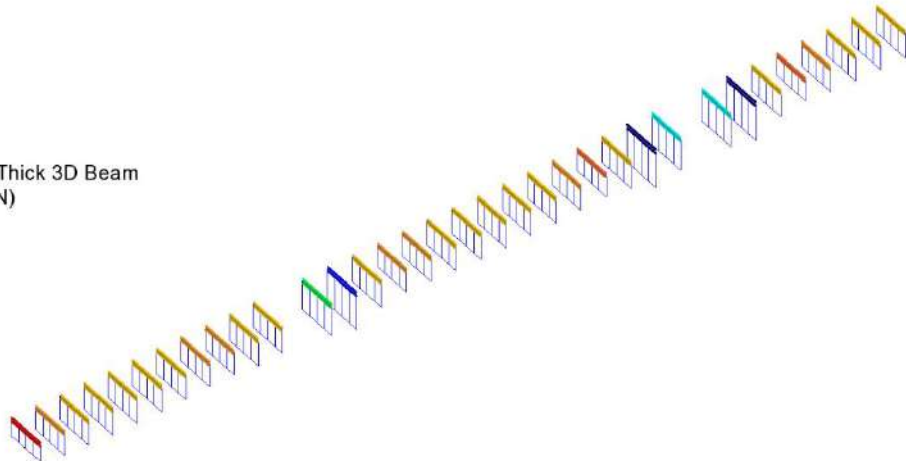
Enveloping on: Fz
FLM3 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 212.915 at node 655 of element 649 (804:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=80)
Minimum 1.1682 at node 643 of element 637 (751:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=27)

FATICA Fz min

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

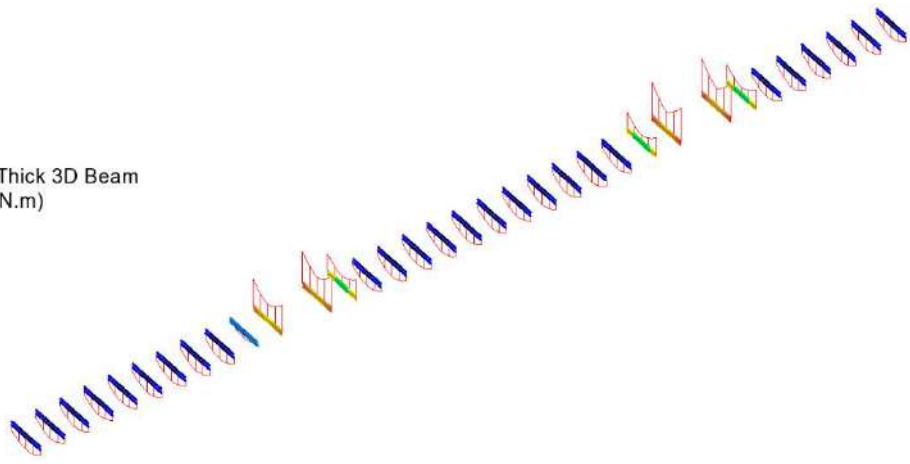
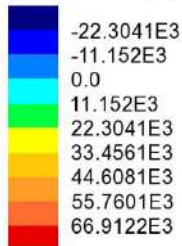


Maximum -422.423 at node 642 of element 636 (732:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=8)
Minimum -897.351 at node 671 of element 665 (849:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=125)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

SLV SISMA My max

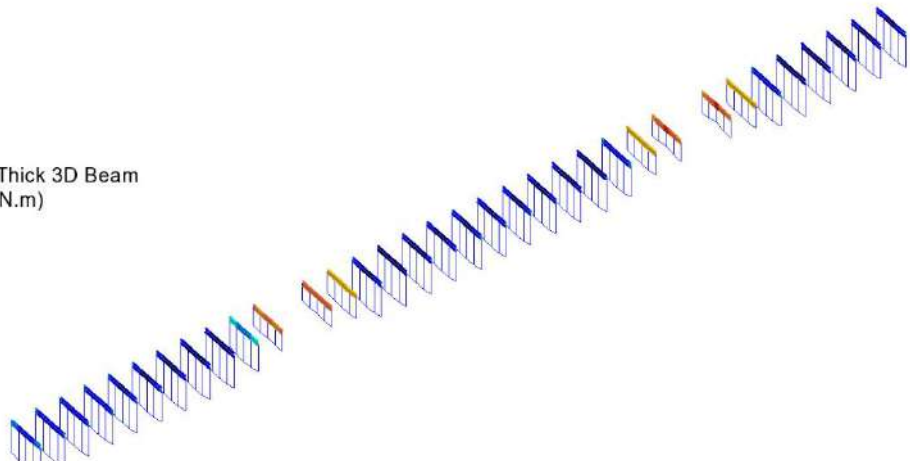
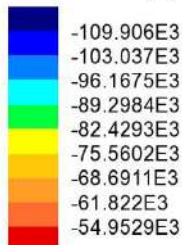
Combining on: My
Ed_SLV (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 69.2049E3 at node 670 of element 664
Minimum -31.1634E3 at node 811 of element 732

SLV SISMA My min

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

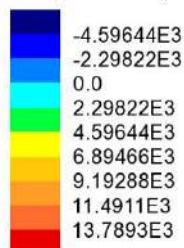


Maximum -53.5242E3 at node 814 of element 735
Minimum -115.346E3 at Gauss point 7 of element 724

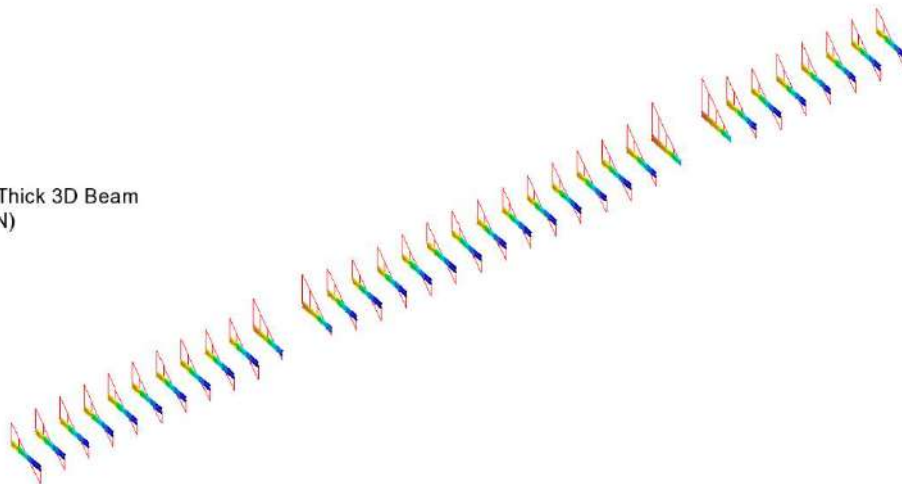
RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

SLV SISMA Fz max

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

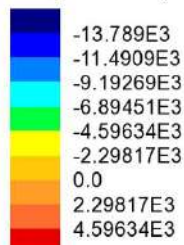


Maximum 14.3416E3 at node 962 of element 883
Minimum -6.34237E3 at node 642 of element 636

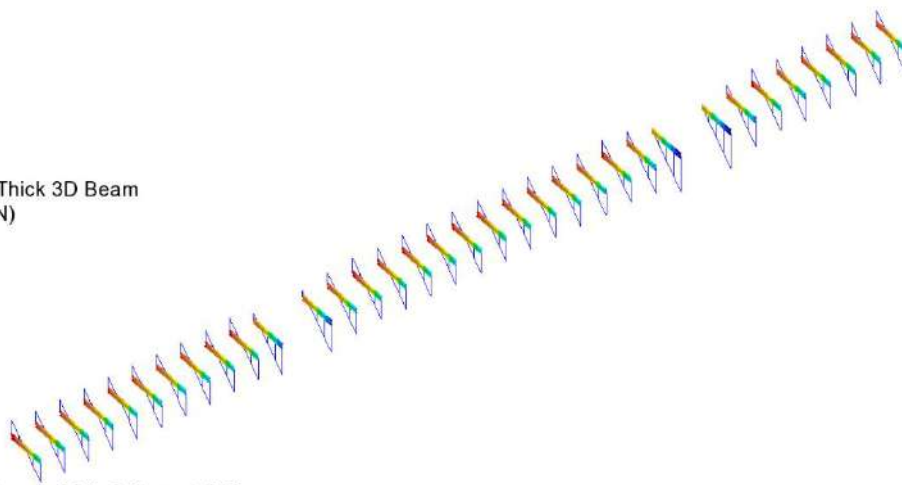


SLV SISMA Fz min

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



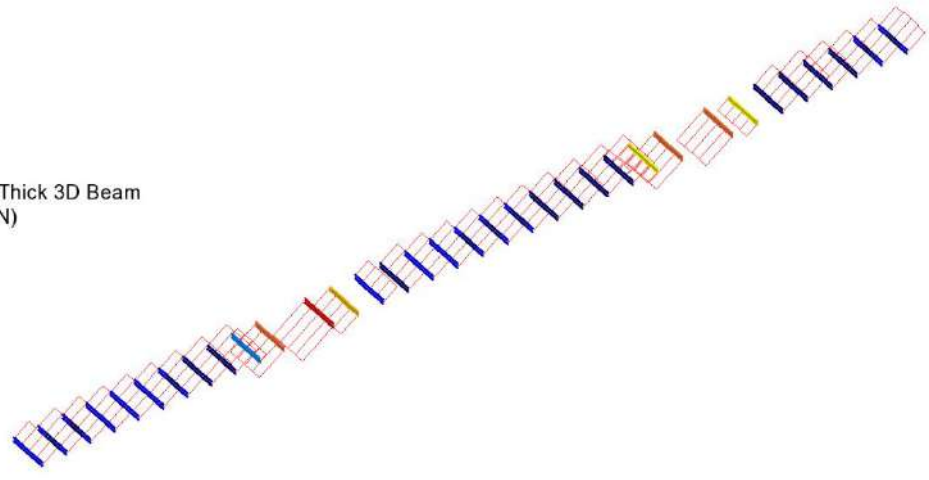
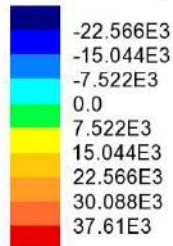
Maximum 6.34236E3 at node 934 of element 855
Minimum -14.3412E3 at node 670 of element 664



RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

SLV SISMA Fx max

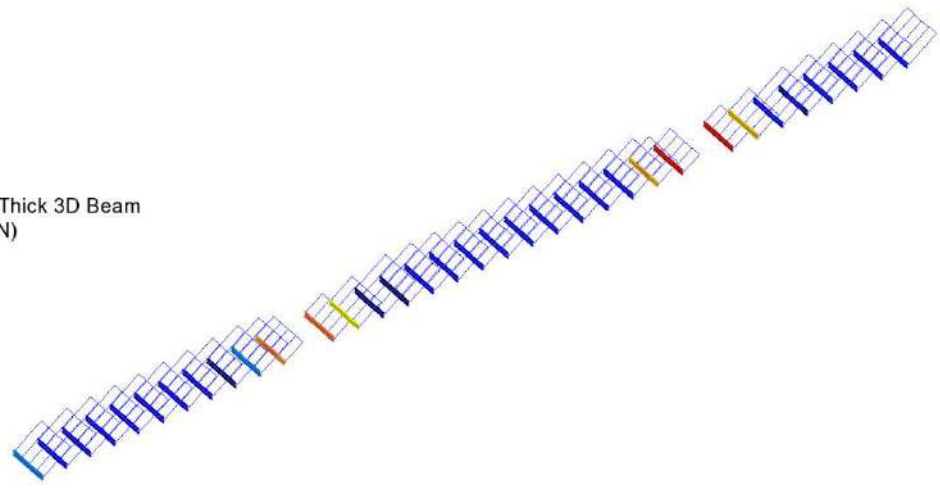
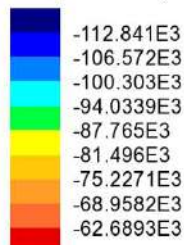
Combining on: Fx
Ed_SLV (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 39.3648E3 at node 873 of element 867
Minimum -28.3332E3 at node 738 of element 732

SLV SISMA Fx min

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



Maximum -61.084E3 at node 741 of element 735
Minimum -117.504E3 at node 876 of element 870

La tabella seguente riepiloga le sollecitazioni di progetto.

Combinazione	Fx(kN)	Fz(kN)	My(kNm)
SLU Fondamentale	+498/-542	195	-744
SLE Caratteristica	100/-145	12	-144
Fatica max My			8.92
Fatica min My			-8.97

Tabella 7.5 Sollecitazioni di progetto trasverso intermedio

Le verifiche delle membrature vengono effettuate, previa classificazione del profilo, allo S.L.U. elastico e per la sola combinazione SLU Fondamentale in quanto la combinazione sismica allo SLV induce nei traversi di campata sollecitazioni inferiori rispetto alla precedente.

Le verifiche S.L.E. – tensioni non verranno effettuate perché automaticamente soddisfatte una volta soddisfatte le verifiche allo S.L.U. elastico.

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

La verifica a fatica non viene effettuata in quanto non dimensionante per l'esiguità dell'escursione dei momenti $M_y \max - M_y \min$.

8.1.1 Verifica di SLU

Sezione Traverso S1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	790 mm
Piattabanda superiore	300x28 mm
Piattabanda inferiore	300x28 mm
Anima	15x734 mm, Inclinazione: 0

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 3
A (mm ²)	2.781E+4
z _G (mm)	395
J _y (mm ⁴)	2.934E+9
W _{y,0} (mm ³)	-7.428E+6
W _{y,1} (mm ³)	-7.995E+6
W _{y,3} (mm ³)	7.995E+6
W _{y,4} (mm ³)	7.428E+6

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	5.49E+5	1.95E+5	7.44E+5	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	48.93	340.87	0.57	-0.65	1
Piattabanda superiore	5.09				1
Piattabanda inferiore	5.09				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)	-5.49E+5	M _{Ed} (Nm)	-7.44E+5	N _{Ed} (N)	-5.49E+5

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

N_{Rd} (N)	-9.402E+6	M_{Rd} (Nm)	-2.847E+6	M_{Ed} (Nm)	-7.44E+5
				M_{Rd} (Nm)	-2.832E+6
N_{Ed}/N_{Rd}	0.058	M_{Ed}/M_{Rd}	0.261	M_{Ed}/M_{Rd}	0.263
VERIFICA SODDISFATTA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	$F. 3 \text{ tot}$	η_1
σ_4	-119.9	0.355
σ_3	-112.8	0.334
σ_2	-19.7	0.058
σ_1	73.3	0.217
σ_0	80.4	0.238

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.355 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 48.933 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 48.798 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 2.462E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 8.924, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 5.39$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 2.459E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 3.346E+4 \text{ N}$$

$$\chi_w = 1.199, \quad \lambda_w = 0.692, \quad \tau_{cr} = 427.7, \quad C = 1942.5$$

$$M_{Ed} = -7.44E+5 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -1.962E+6 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.379$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 2.579E+6$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 2.462E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.079, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.079, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.263$$

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

8.1.2 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 alle estremità del profilo il massimo momento di progetto S.L.U. .

Per una valutazione qualitativa completa del comportamento nei confronti della stabilità laterale torsionale, la valutazione viene effettuata considerando sia una situazione di carico ai nodi "antisimmetrica", in cui le coppie agiscono con identico verso, sia una situazione "simmetrica", con coppie di estremità agenti con verso opposto. La prima situazione è quella che maggiormente rispecchia la condizione di carico tipica del traverso.

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

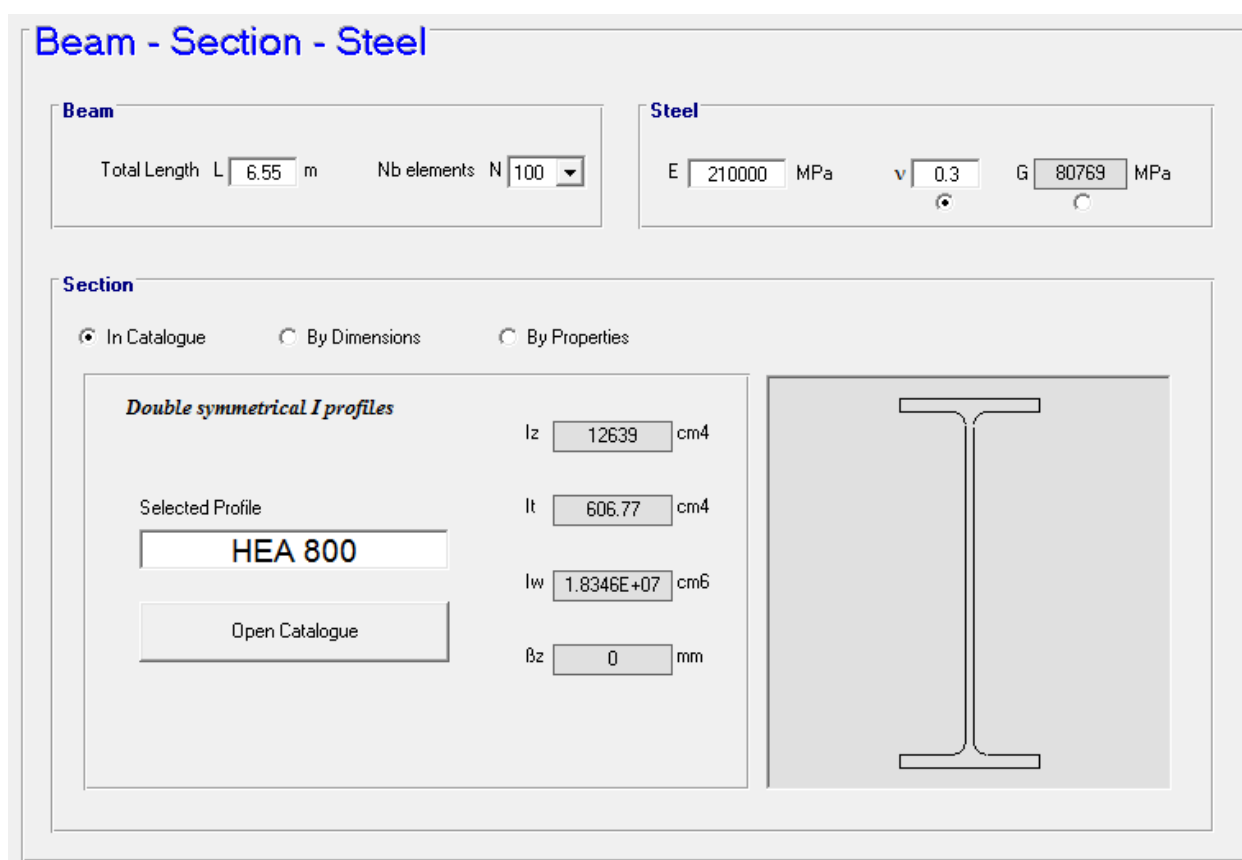


Tabella 7.6 Caratteristiche profilo

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

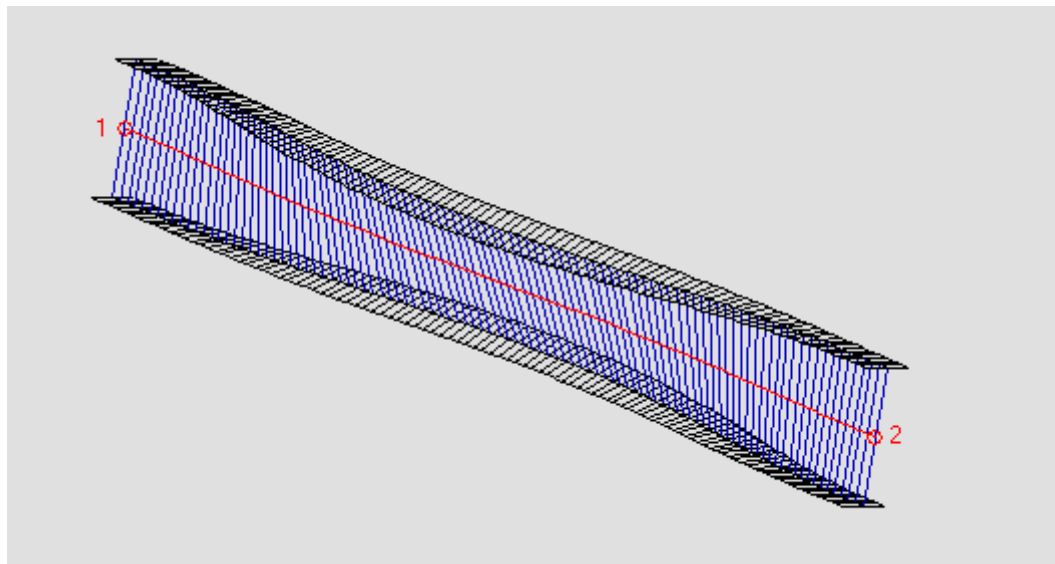
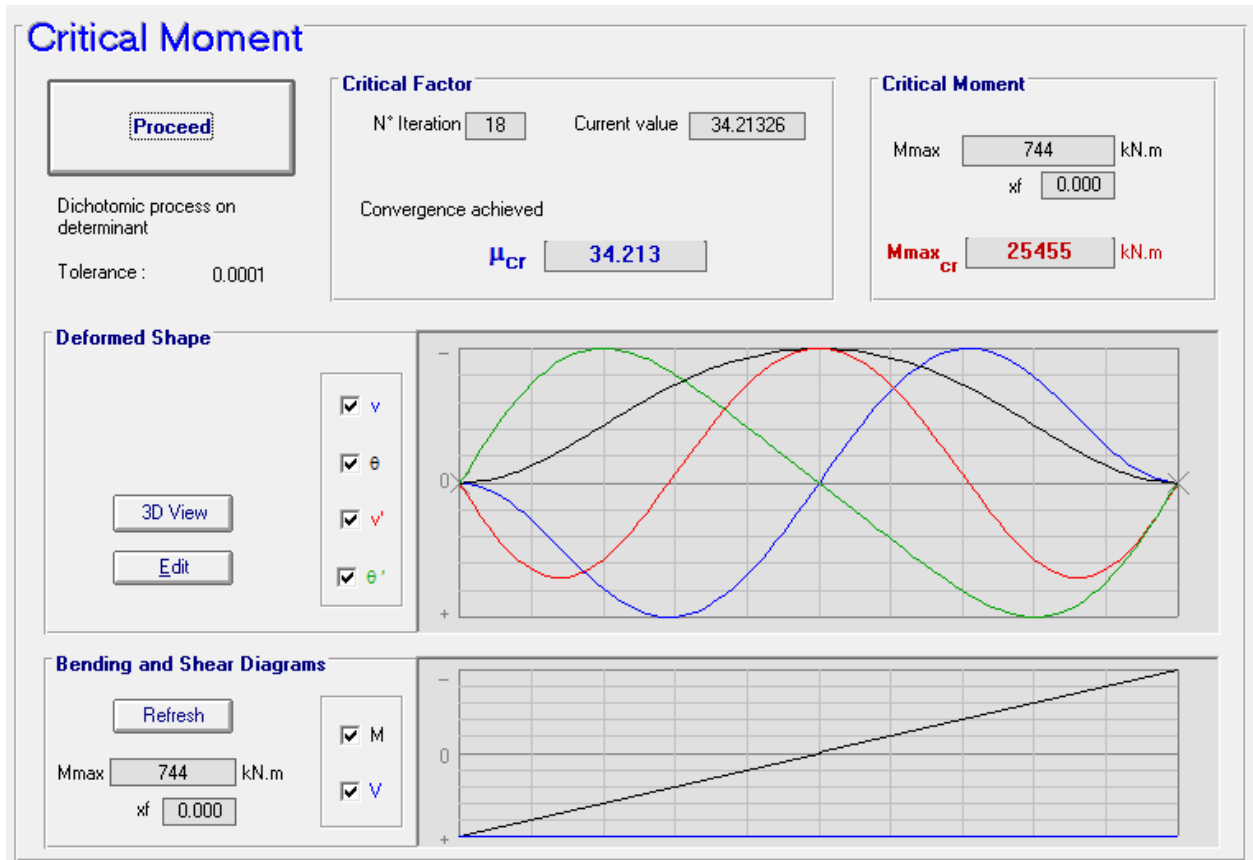


Figura 7.7 Stabilità torsionale - caso antisimmetrico

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

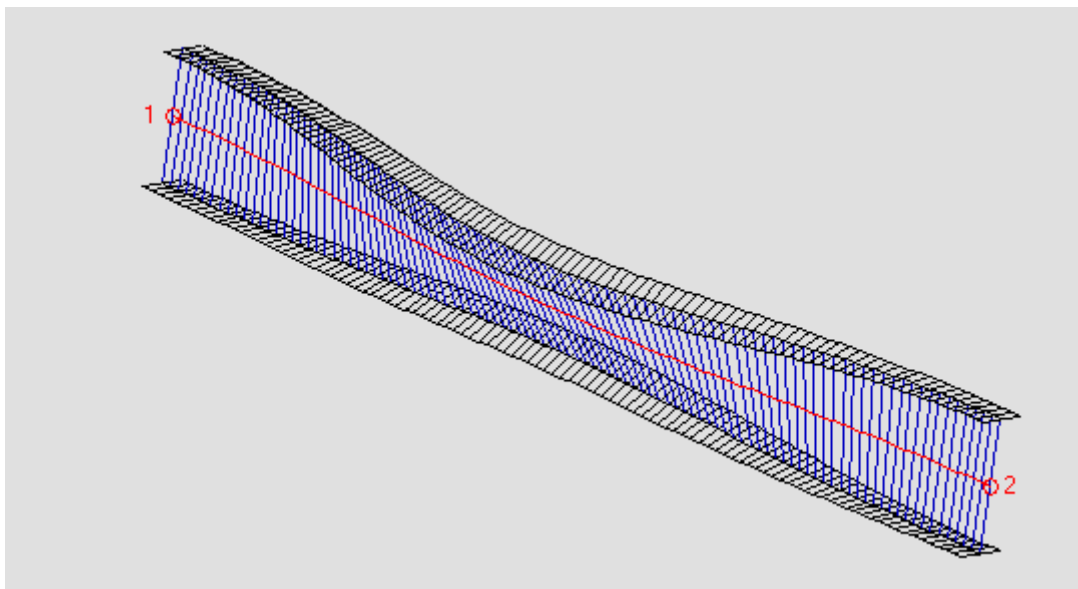
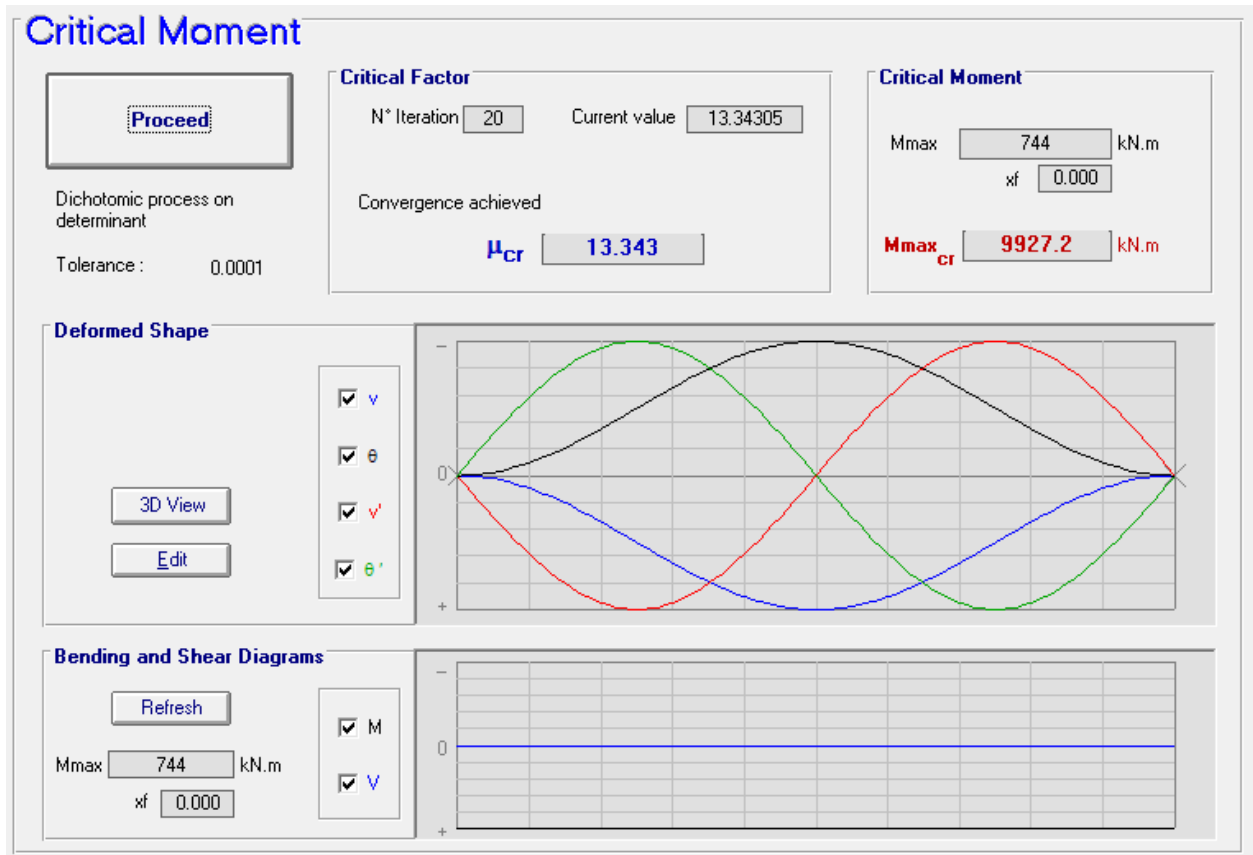


Figura 7.8 Stabilità torsionale - caso simmetrico - def. critica associata

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Traversi correnti				
f_y	355	Mpa	$M_{cr,LT,min}$	9927.00 kNm
W	7.43E+06	mm ³	M_{Ed}	744.00 kNm
			$M_{Ed}/M_{cr,LT}$	0.07
Curva imperf. (tab. 6.3)				
α_{LT}	0.49		λ_{LT}	0.52
			λ_{LTO}	0.4
			λ_{LTO}^2	0.16

Risultando $M_{Ed}/M_{cr,LT,min} = 0.07 \ll \lambda_{LTO}^2$, si può concludere che è possibile ignorare gli effetti dell'instabilità torsionale nelle verifiche del profilo (EN1993-1-1 6.3.2.2(4)).

8.1.3 Verifica del Giunto bullonato

Materiali

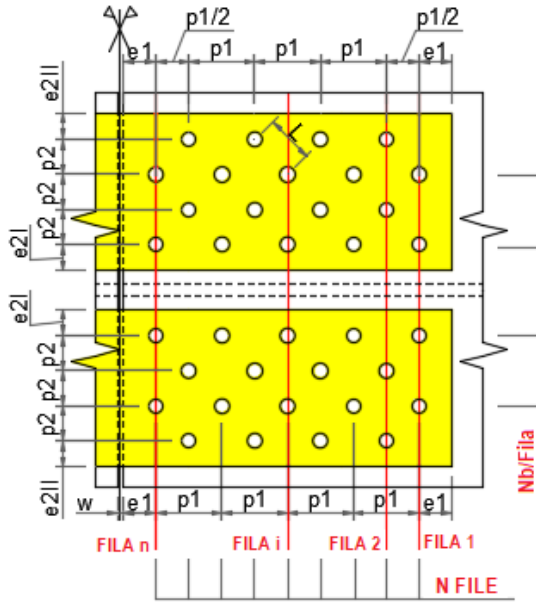
Bulloni		Piatti	
		t ≤ 40 mm	t > 40 mm
Classe	10.9	f_u (N/mm ²)	510 / 470
<input checked="" type="radio"/> Taglio su parte filettata		f_y (N/mm ²)	355 / 335
<input type="radio"/> Taglio su parte non filettata			

Resistenza allo scorcimento		Coefficienti di sicurezza	
k_s	1	γ_{M2}	1.25
μ	0.3	$\gamma_{M3,SLU}$	1.25
		$\gamma_{M3,SLE}$	1.1

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Geometria del giunto

FLANGIA SUPERIORE ED INFERIORE



Bulloni

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

Distanze Interassi

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

Piatti d'imbottitura

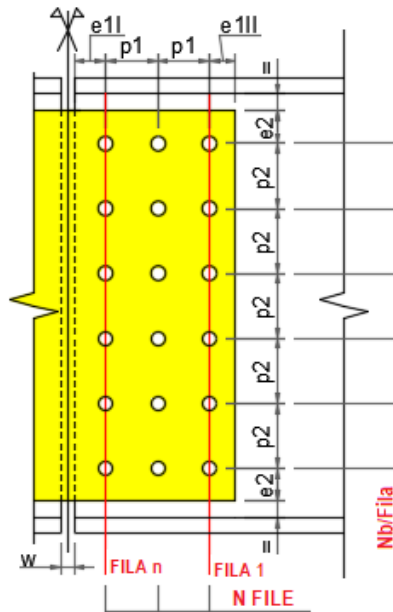
t SX (mm)	0
t DX (mm)	0

Piatti interni/esterni

t (mm)	22
--------	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

ANIMA



Bulloni

N file	2
Nb/fila	9
d (mm)	24
d0 (mm)	24.5

Distanze Interassi

e1I (mm)	50
e1II (mm)	50
p1 (mm)	70
e2 (mm)	50
p2 (mm)	65
w (mm)	10

Piatti d'imbottitura

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

Piatti interni/esterni

t (mm)	10
--------	----

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, Mmin	Ali sup.	0.281	0.212	-	0.344	-	0.286
	Anima	0.293	0.329	0.136	0.423	0.125	0.501
	Ali inf.	0.186	0.14	-	0.252	-	0.223

Comb.	Comp.	FvEd/FsRd
SLE c., Mmin	Ali sup.	0.106
	Anima	0.101
	Ali inf.	0.053

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 o SLU, Cat. C)
N-MEd/N-MRD	coefficiente di utilizzo a trazione su area netta profilo (SLU, Cat. C)

8.2 VERIFICA TRAVERSI IN ASSE APPOGGI

I traverzi di pile e di spalle sono realizzati con profili a composizione saldata a doppio T, con le seguenti caratteristiche:

Lamiere (Pila/Spalla)	
bs (mm)	400
ts (mm)	40
hmet (mm)	1900
twr (mm)	40
alfa	0
bi (mm)	400
ti (mm)	40

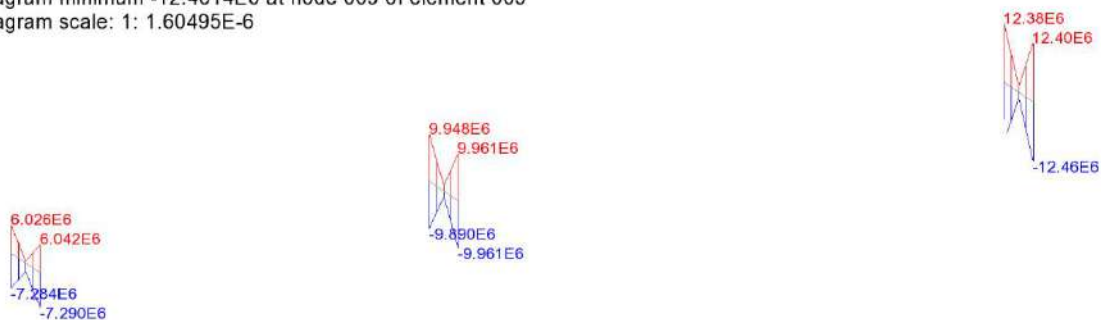
Le verifiche saranno svolte solo per il traverso in asse pila, essendo la geometria dei traverzi identica, ed essendo le sollecitazioni in asse pila più elevate.

Le sollecitazioni di stato limite ultimo sono comprensive dell'effetto indotto dalle forze di stabilizzazione della piattabanda inferiore compressa delle travate principali. Si riportano inoltre le sollecitazioni per l'SLV sismico, e per la Combinazione caratteristica.

I diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione sono riportati per metà opera ma comunque rappresentativi dell'intero ponte vista la simmetria di quest'ultimo.

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Combining on: My
SLU_Fond_traversi (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 12.4001E6 at node 669 of element 663
Diagram minimum -12.4614E6 at node 669 of element 663
Diagram scale: 1: 1.60495E-6

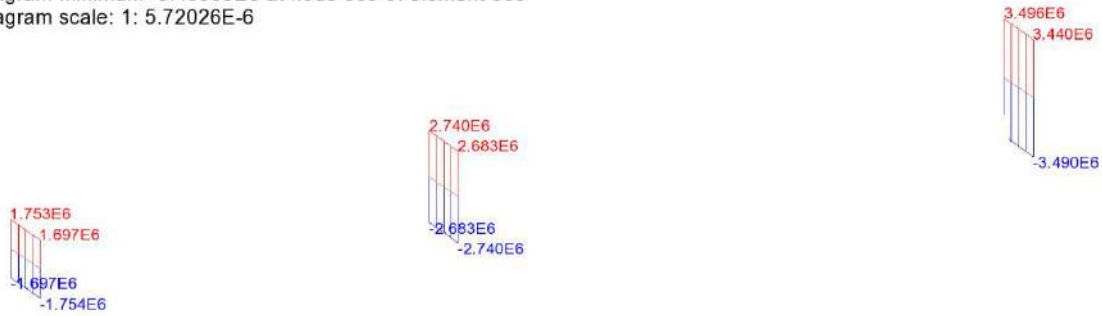


SLU fondamentale My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Combining on: Fz
SLU_Fond_traversi (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.49634E6 at node 961 of element 882
Diagram minimum -3.48985E6 at node 669 of element 663
Diagram scale: 1: 5.72026E-6



SLU fondamentale Fz

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Combining on: Fx
SLU_Fond_traversi (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 1.14126E6 at node 653 of element 647
Diagram minimum -1.43937E6 at node 641 of element 635
Diagram scale: 1: 13.8949E-6

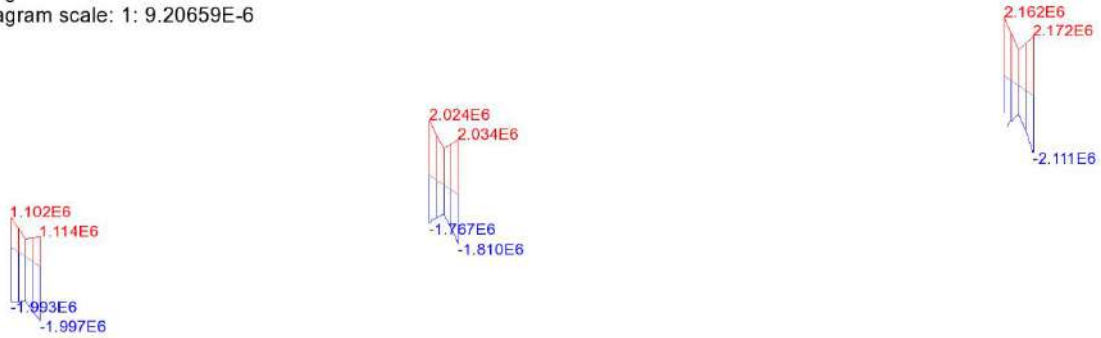


SLU fondamentale Fx

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

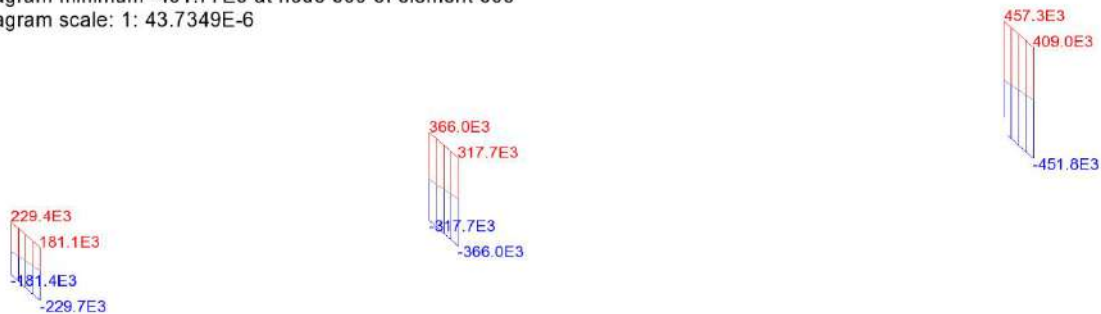
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 2.17236E6 at node 669 of element 663
Diagram minimum -2.11088E6 at node 669 of element 663
Diagram scale: 1: 9.20659E-6



SLE caratteristica My

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Combining on: Fz
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 457.301E3 at node 961 of element 882
Diagram minimum -451.77E3 at node 669 of element 663
Diagram scale: 1: 43.7349E-6

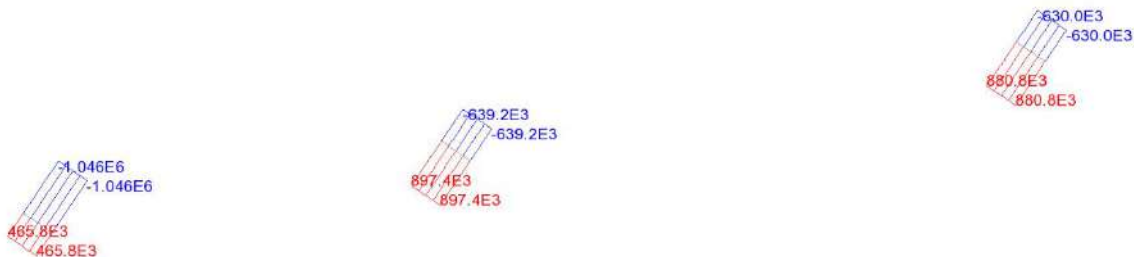


SLE caratteristica Fz

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

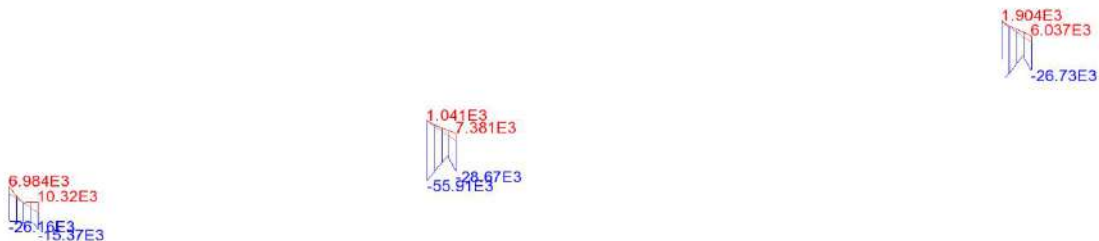
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 897.367E3 at node 653 of element 647
Diagram minimum -1.04627E6 at node 641 of element 635
Diagram scale: 1: 19.1156E-6



SLE caratteristica Fx

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Enveloping on: My
FLM3 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 10.318E3 at node 641 of element 635 (802:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=78)
Diagram minimum -55.9913E3 at node 961 of element 882 (842:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=118)
Diagram scale: 1: 0.357198E-3

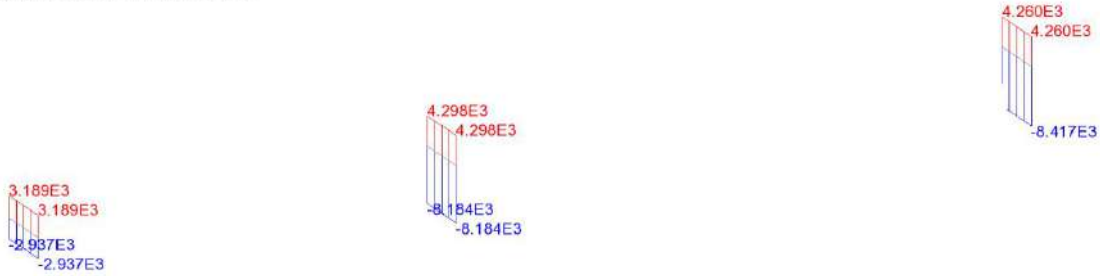


FATICA My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Enveloping on: Fz
FLM3 (Max)

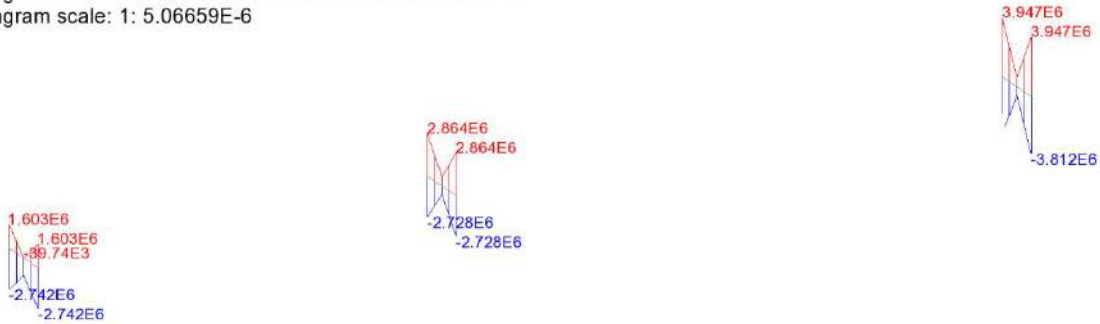
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.29785E3 at node 653 of element 647 (796:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=72)
Diagram minimum -8.41726E3 at node 669 of element 663 (839:LoadID=1656 Line=2136 Dir=Fwd Pos=115)
Diagram scale: 1: 2.37607E-3



FATICA Fz

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Combining on: My
Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 3.94743E6 at node 669 of element 663
Diagram minimum -3.81208E6 at node 669 of element 663
Diagram scale: 1: 5.06659E-6

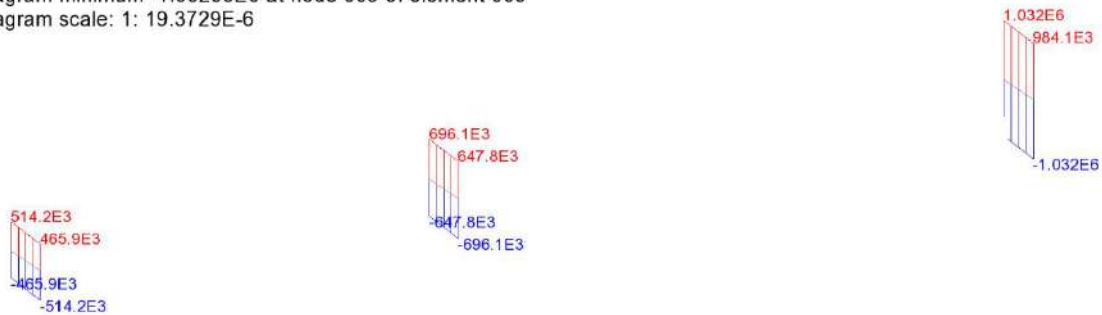


SLV SISMA My

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Combining on: Fz
Ed_SLV (Max)

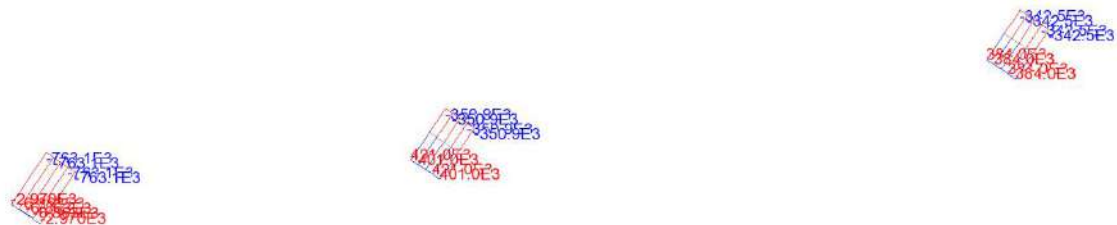
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 1.03237E6 at node 961 of element 882
Diagram minimum -1.03236E6 at node 669 of element 663
Diagram scale: 1: 19.3729E-6



SLV SISMA Fz

Scale: 1: 280.634
Zoom: 87.3134
Eye: (-0.424135, -0.839147, 0.340502)
Combining on: Fx
Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 400.969E3 at node 653 of element 647
Diagram minimum -763.124E3 at node 641 of element 635
Diagram scale: 1: 26.2081E-6



SLV SISMA Fx

In sintesi si ha:

Combinazione	Fx(kN)	Fz(kN)	My(kNm)
SLU Fondamentale	1141/-1494	3496	-12461
SLE Caratteristica	897/-1046	457	2172
Fatica max My			10
Fatica min My			-56
ENV SISMA SLV	401/-763	1032	3947

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

La verifica a fatica non viene effettuata in quanto non dimensionante per l'esiguità dell'escursione dei momenti $M_y \max - M_y \min$.

Le verifiche della membratura vengono effettuate, previa classificazione del profilo, allo S.L.U. elastico e per la sola combinazione SLU Fondamentale in quanto più gravosa della combinazione ENV SISMA SLV. Pertanto le verifiche S.L.E. – tensioni non verranno effettuate perché automaticamente soddisfatte.

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

A favore di sicurezza, si sono utilizzate le sollecitazioni massime di Flessione, Taglio e Sforzo normale, anche se non concomitanti.

8.2.1 Verifica di SLU

Sezione PilaSpalla S1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	1900 mm
Piattabanda superiore	400x40 mm
Piattabanda inferiore	400x40 mm
Anima	40x1820 mm, Inclinazione: 0

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 3
A (mm ²)	1.048E+5
z _G (mm)	950
J _y (mm ⁴)	4.778E+10
W _{y,0} (mm ³)	-5.029E+7
W _{y,1} (mm ³)	-5.25E+7
W _{y,3} (mm ³)	5.25E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.029E+7

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
Totale	-1.49E+6	3.5E+6	-1.25E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	45.5	894.76	0.53	-0.89	1
Piattabanda superiore	4.5				1
Piattabanda inferiore	4.5				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-1.494E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.246E+7	N _{Ed} (N)	-1.494E+6
N _{Rd} (N)	-3.543E+7	M _{Rd} (Nm)	-2.126E+7	M _{Ed} (Nm)	-1.246E+7
				M _{Rd} (Nm)	-2.122E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.042	M _{Ed} /M _{Rd}	0.586	M _{Ed} /M _{Rd}	0.587
VERIFICA SODDISFATTA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 3 tot	η_1
σ_4	-262	0.775
σ_3	-251.6	0.744
σ_2	-14.3	0.042
σ_1	223.1	0.66
σ_0	233.5	0.691

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.775 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=45.5 < 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=49.955 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NON NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 1.628E+7 N**

Essendo:

$$a/h_w=3.599, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=5.649$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=1.628E+7 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=0E+00 \text{ N}$$

$$\chi_w=1.2, \quad \lambda_w=0.629, \quad \tau_{cr}=518.4, \quad C=1688.1$$

$$M_{Ed}=-1.246E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=-8.698E+6 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=1.433$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.705E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = V_{pl,Rd} = 1.705E+7 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.205, \quad (=) \text{ VERIFICA SODDISFATTA}$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.215, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.587$$

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

8.2.2 Stabilità laterale torsionale

Si effettua la valutazione del momento critico per stabilità laterale torsionale del profilo, seguendo i medesimi criteri generali adottati per la verifica dei travi di campata.

Qui di seguito si riporta il calcolo di $M_{cr,LT}$ e la deformata critica per stabilità laterale torsionale per il caso antisimmetrico e risp. caso antisimmetrico.

Beam - Section - Steel

Beam

Total Length L m Nb elements N

Steel

E MPa ν G MPa

Section

In Catalogue
 By Dimensions
 By Properties

h mm

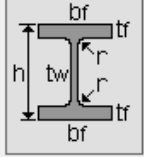
tw mm

bf mm

tf mm

r mm

OK



Iz cm⁴

It cm⁴

Iw cm⁶

β_z mm

More...

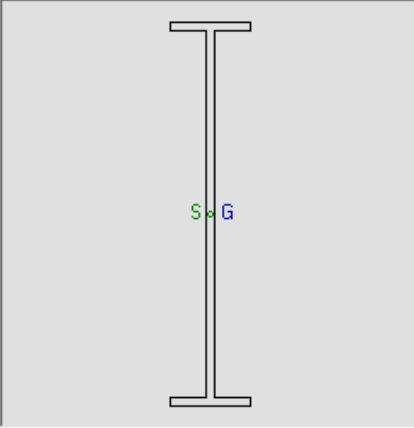


Tabella 7.7 Caratteristiche profilo

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Critical Moment

Proceed

Dichotomic process on determinant

Tolerance : 0.0001

Critical Factor

N° Iteration Current value

Convergence achieved

μ_{Cr}

Critical Moment

Mmax kN.m
xf

Mmax_{cr} kN.m

Deformed Shape

v

e

v'

e''

3D View Edit

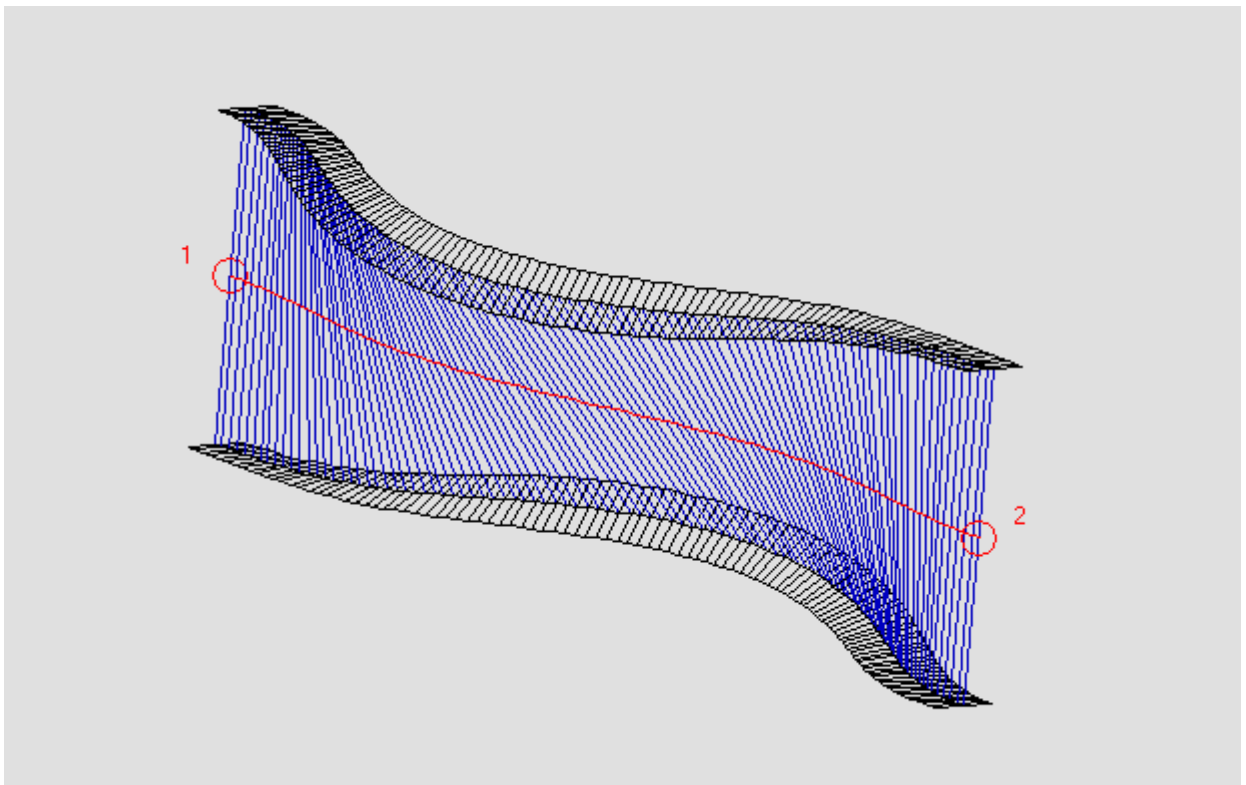
Bending and Shear Diagrams

Refresh

Mmax kN.m
xf

M

V



RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Figura 7.9 Stabilità torsionale - caso antisimmetrico

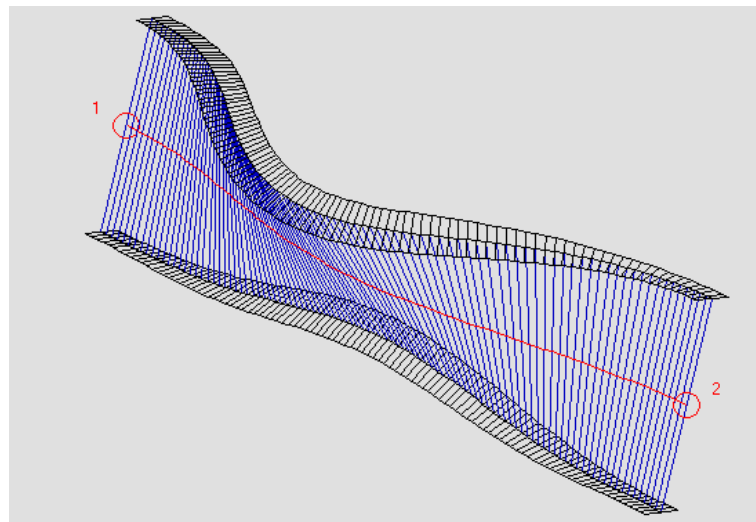
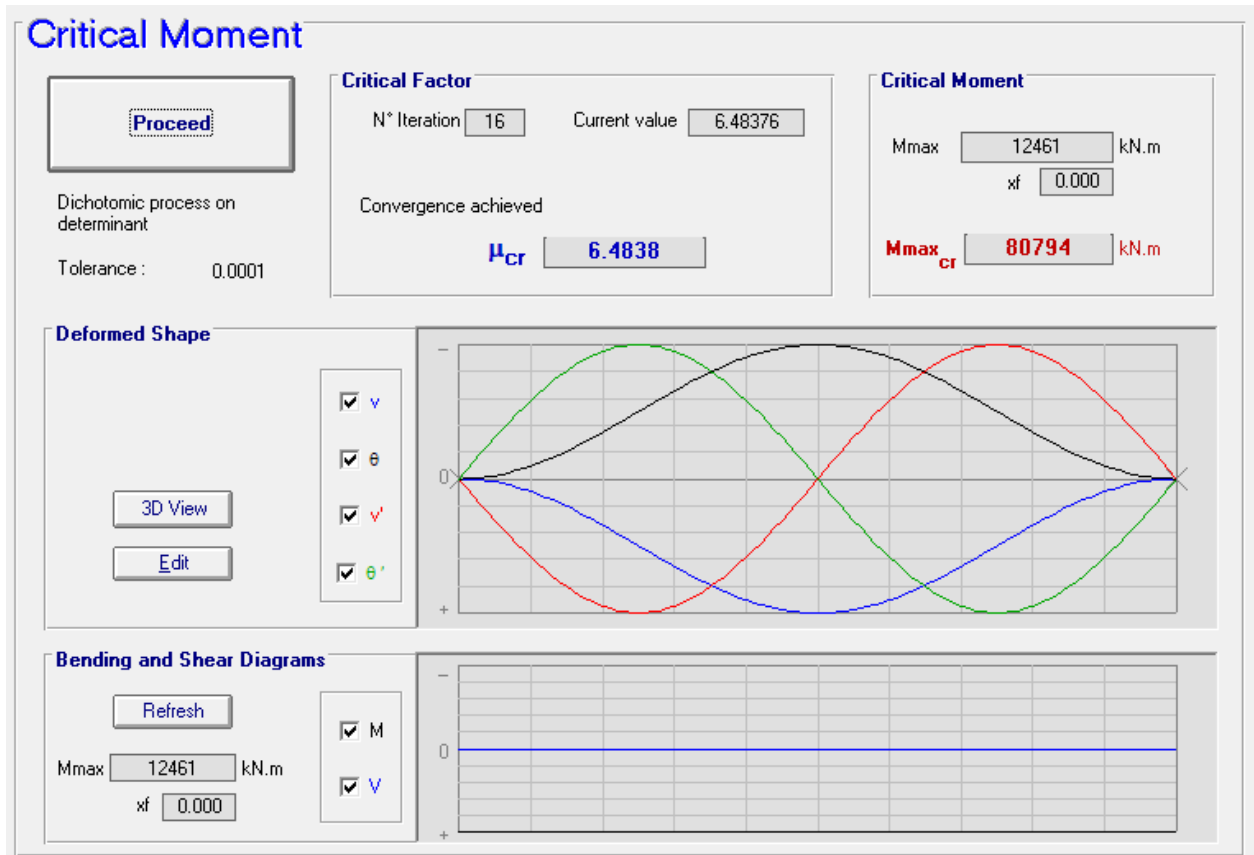


Figura 7.10 Stabilità torsionale - caso simmetrico - def. critica associata

La valutazione preliminare degli effetti della stabilità laterale torsionale viene effettuata con riferimento ai criteri contenuti in EN 1993-1-1 cap. 6.3.2.2.(1)), valutando la snellezza adimensionalizzata,

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

effettiva λ_{LT} e di base $\lambda_{LT,0}$. Per le verifiche si fa riferimento, a favore di sicurezza, alla curva di stabilità "d" (welded "I" sections, $h/b > 2$)

Traversi Pila-Spalla			
f_y	355 Mpa	$M_{cr,LT,min}$	80794 kNm
W	5.03E+07 mm ³	M_{Ed}	12461 kNm
		$M_{Ed}/M_{cr,LT}$	0.15
Curva imperf. (tab. 6.3)			
α_{LT}	0.76	λ_{LT}	0.47
		λ_{LTO}	0.4
		λ_{LTO}^2	0.16

Risultando $M_{Ed}/M_{cr,LT,min} < \lambda_{LTO}^2$, si può concludere che è possibile ignorare gli effetti dell'instabilità torsionale nelle verifiche del profilo (EN1993-1-1 6.3.2.2(4)).

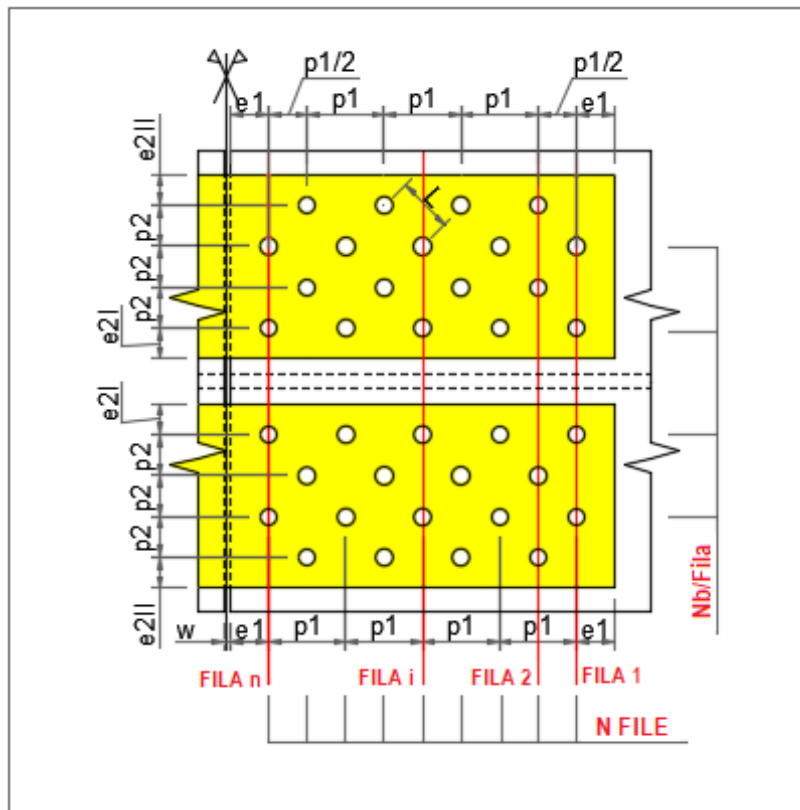
8.2.3 Verifica del Giunto bullonato

Materiali

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

Geometria del giunto

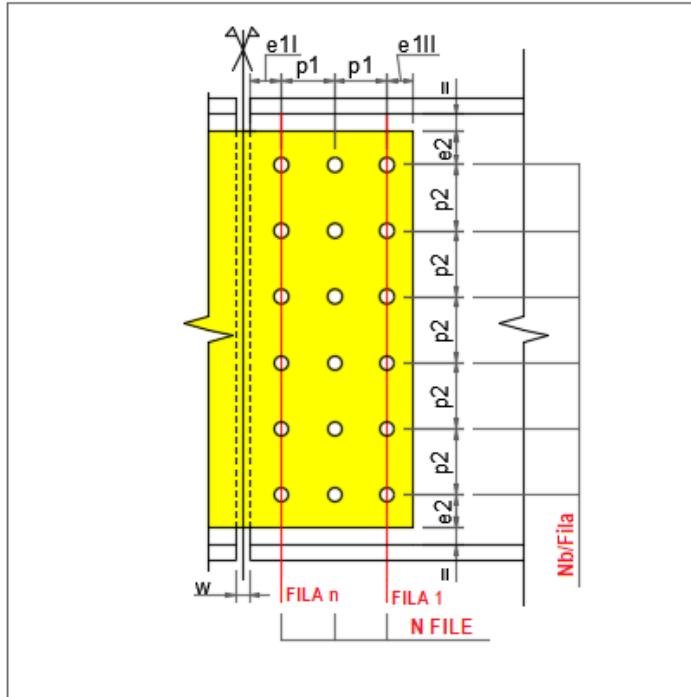
FLANGIA SUPERIORE ED INFERIORE



Bulloni	
N file	10
Nb/fila	2
d (mm)	24
d0 (mm)	25.5
Distanze \ Interassi	
e1 (mm)	50
p1 (mm)	80
e2I (mm)	40
e2II (mm)	40
p2 (mm)	70
Piatti d'imbottitura	
t SX (mm)	0
t DX (mm)	0
Piatti interni \ esterni	
t (mm)	30

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

ANIMA



Bulloni

N file	4
Nb/fila	16
d (mm)	27
d0 (mm)	29

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)	30
--------	----

L'esito delle verifiche è riassunto nella tabella seguente.

Comb.	Comp.	FvEd/FvRd	FbEd/FbRd	VEd/VpIRd	N-MEd/N-MRd	VED/VpIpRd	N-MEd/N-MpRd
SLU, Mmin	Ali sup.	0.71	0.321	-	0.76	-	0.675
	Anima	0.937	0.517	0.347	0.93	0.263	0.897
	Ali inf.	0.631	0.333	-	0.713	-	0.694

Comb.	Comp.	FvEd/FsRd
SLE c., Mmin	Ali sup.	0.187
	Anima	0.378
	Ali inf.	0.303

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_{pIRd} 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 o SLU, Cat. C)
 $N-M_{Ed}/N-M_{RD}$ coefficiente di utilizzo a trazione su area netta profilo (SLU, Cat. C)

9. 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).

9.1 AREA MINIMA

Ai fini del controllo della fessurazione, si calcola l'area minima di armatura prevista da EN 1994-2 7.4.2. (1).

$$A_s = k_s k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$$

In cui si pone

$$k_s = 0.9$$

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

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_{smin} ed il relativo confronto con A_{sreale} viene effettuato in automatico, con riferimento alle armature effettivamente presenti entro la larghezza efficace di volta in volta prevista per le varie sezioni; il risultato è riportato nella tabella seguente.

Sezione	z0 fase3 (mm)	kc	Act (mm^2)	As,min (mm^2)	As,reale (mm^2)	Verifica (As min)
C1_1	608	1	1273488	6314	16670	SI
C1_2	597	1	1308552	6488	17129	SI
C1_3	587	1	1343616	6662	17588	SI
C2_4	688	1	1343616	6662	17588	SI
C2_5	686	1	1350000	6694	17671	SI
C2_6	686	1	1350000	6694	17671	SI
C3_7	700	1	1350000	6694	17671	SI
C3_8	700	1	1350000	6694	17671	SI
C3_9	700	1	1350000	6694	17671	SI
C3_10	700	1	1350000	6694	17671	SI
C4_11	762	1	1350000	6694	25447	SI
C4_12	762	1	1350000	6694	25447	SI
C4_13	762	1	1350000	6694	25447	SI
C4_cracked_14	762	1	1350000	6694	25447	SI
C4_cracked_15	762	1	1350000	6694	25447	SI
C5_cracked_16	792	1	1350000	6694	50894	SI
C5_cracked_17	792	1	1350000	6694	50894	SI

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

C5_cracked_18	792	1	1350000	6694	50894	SI
C5_cracked_19	792	1	1350000	6694	50894	SI
C5_cracked_20	792	1	1350000	6694	50894	SI
C5_cracked_21	792	1	1350000	6694	50894	SI
C6_cracked_22	762	1	1350000	6694	25447	SI
C6_cracked_23	762	1	1350000	6694	25447	SI
C6_24	762	1	1350000	6694	25447	SI
C6_26	762	1	1350000	6694	25447	SI
C7_25	637	1	1350000	6694	17671	SI
C7_27	637	1	1350000	6694	17671	SI
C7_28	637	1	1350000	6694	17671	SI
C8_29	758	1	1350000	6694	17671	SI
C8_30	758	1	1350000	6694	17671	SI
C8_32	758	1	1350000	6694	17671	SI
C9_31	700	1	1350000	6694	17671	SI
C9_33	700	1	1350000	6694	17671	SI
C9_35	700	1	1350000	6694	17671	SI
C9_48	700	1	1350000	6694	17671	SI
C9_50	700	1	1350000	6694	17671	SI
C9_51	700	1	1350000	6694	17671	SI
C10_34	740	1	1350000	6694	25447	SI
C10_36	740	1	1350000	6694	25447	SI
C10_cracked_37	740	1	1350000	6694	25447	SI
C10_cracked_39	740	1	1350000	6694	25447	SI
C10_cracked_44	740	1	1350000	6694	25447	SI
C10_cracked_46	740	1	1350000	6694	25447	SI
C10_47	740	1	1350000	6694	25447	SI
C10_49	740	1	1350000	6694	25447	SI
C11_cracked_38	792	1	1350000	6694	50894	SI
C11_cracked_40	792	1	1350000	6694	50894	SI
C11_cracked_41	792	1	1350000	6694	50894	SI
C11_cracked_42	792	1	1350000	6694	50894	SI
C11_cracked_43	792	1	1350000	6694	50894	SI
C11_cracked_45	792	1	1350000	6694	50894	SI
C12_52	764	1	1350000	6694	17671	SI
C12_53	764	1	1350000	6694	17671	SI

9.2 CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI INDIRETTI

La verifica a fessurazione, per carichi indiretti, è eseguita secondo il seguente schema, ricavando la tensione nell'armatura σ_s a partire dalla formula inversa utilizzata per determinare l'area minima di armatura. Quindi in funzione del diametro equivalente e della ampiezza caratteristica ammessa delle fessure (ϕ^* , w_k), ed in funzione del passo e dell'ampiezza (p , w_k) si ricava la massima tensione ammissibile nell'armatura σ_{amm} confrontata con σ_s .

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

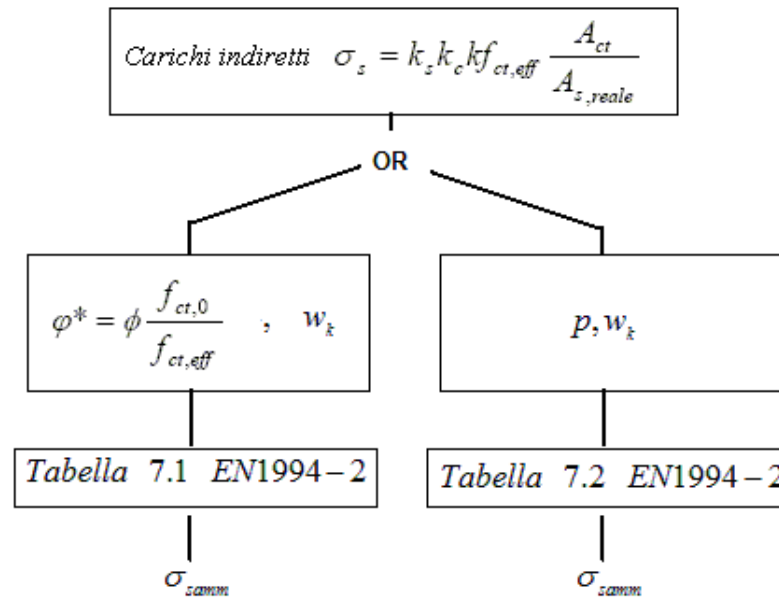


Tabella 9.1: Schema per la verifica a fessurazione per carichi indiretti

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

- fimax/pmax** diametro massimo/passo 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*
- 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
- 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	1.39	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C1_2	20\200	1.91	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C1_3	20\200	2.53	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C2_4	20\200	2.5	Non Fess.	----	18.72	188	160	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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)
C2_5	20\200	3.14	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C2_6	20\200	3.92	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C3_7	20\200	3.94	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C3_8	20\200	4.21	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C3_9	20\200	4.33	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C3_10	20\200	5.33	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C4_11	24\200	5.24	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C4_12	24\200	6.1	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C4_13	24\200	6.75	Fess.	118	22.46	171	160	SI (0.69)
C4_cracked_14	24\200	5.2	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C4_cracked_15	24\200	5.49	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C5_cracked_16	24\100	4.39	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C5_cracked_17	24\100	6.03	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C5_cracked_18	24\100	6.05	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C5_cracked_19	24\100	6.05	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C5_cracked_20	24\100	6.01	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C5_cracked_21	24\100	4.28	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C6_cracked_22	24\200	5.37	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C6_cracked_23	24\200	3.94	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C6_24	24\200	5.49	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C6_26	24\200	4.77	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C7_25	20\200	4.96	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C7_27	20\200	4.5	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C7_28	20\200	4.2	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C8_29	20\200	4	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C8_30	20\200	4.75	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C8_32	20\200	4.25	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C9_31	20\200	4.38	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C9_33	20\200	4.8	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C9_35	20\200	5.42	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C9_48	20\200	5.29	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C9_50	20\200	4.74	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C9_51	20\200	4.37	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C10_34	24\200	5.34	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C10_36	24\200	6	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C10_cracked_37	24\200	4.28	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C10_cracked_39	24\200	5.15	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C10_cracked_44	24\200	5.08	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C10_cracked_46	24\200	4.06	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C10_47	24\200	5.78	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C10_49	24\200	5.21	Non Fess.	----	22.46	171	160	----
C11_cracked_38	24\100	4.31	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C11_cracked_40	24\100	5.98	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C11_cracked_41	24\100	5.99	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C11_cracked_42	24\100	5.99	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C11_cracked_43	24\100	5.97	Non Fess.	----	22.46	171	240	----
C11_cracked_45	24\100	4.24	Non Fess.	----	22.46	171	240	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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)
C12_52	20\200	4.21	Non Fess.	----	18.72	188	160	----
C12_53	20\200	4.77	Non Fess.	----	18.72	188	160	----

9.3 CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE PER CARICHI DIRETTI

La verifica a fessurazione, per carichi diretti, è eseguita secondo il seguente schema, calcolando la tensione nelle armature per la combinazione frequente delle azioni:

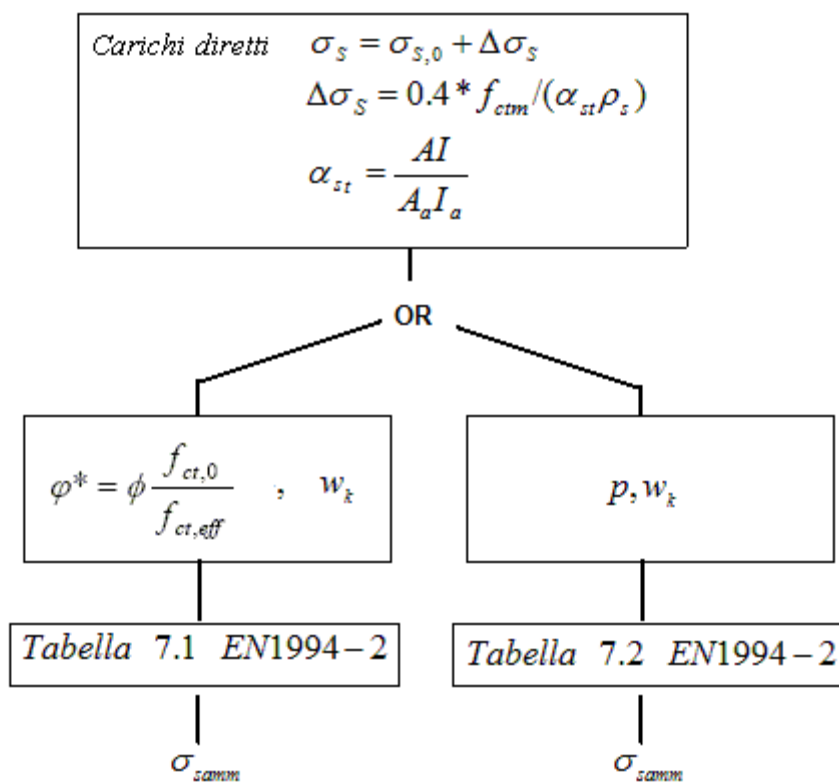


Tabella 9.2: Schema per la verifica a fessurazione per carichi diretti

Nella tabella in seguente si riportano i relativi risultati, 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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 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
- 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	1	67	67	SI (0.36)
C1_2	20\200	18.72	188	160	6	66	72	SI (0.38)
C1_3	20\200	18.72	188	160	15	66	81	SI (0.43)
C2_4	20\200	18.72	188	160	13	68	81	SI (0.43)
C2_5	20\200	18.72	188	160	25	68	93	SI (0.49)
C2_6	20\200	18.72	188	160	41	68	109	SI (0.58)
C3_7	20\200	18.72	188	160	41	69	109	SI (0.58)
C3_8	20\200	18.72	188	160	47	69	116	SI (0.62)
C3_9	20\200	18.72	188	160	59	69	128	SI (0.68)
C3_10	20\200	18.72	188	160	83	69	152	SI (0.81)
C4_11	24\200	22.46	171	160	72	43	115	SI (0.67)
C4_12	24\200	22.46	171	160	91	43	134	SI (0.78)
C4_13	24\200	22.46	171	160	106	43	149	SI (0.87)
C4_cracked_14	24\200	22.46	171	160	106	43	149	SI (0.87)
C4_cracked_15	24\200	22.46	171	160	113	43	156	SI (0.91)
C5_cracked_16	24\100	22.46	171	240	62	21	83	SI (0.34)
C5_cracked_17	24\100	22.46	171	240	82	21	103	SI (0.43)
C5_cracked_18	24\100	22.46	171	240	83	21	103	SI (0.43)
C5_cracked_19	24\100	22.46	171	240	83	21	103	SI (0.43)
C5_cracked_20	24\100	22.46	171	240	82	21	103	SI (0.43)
C5_cracked_21	24\100	22.46	171	240	60	21	80	SI (0.33)
C6_cracked_22	24\200	22.46	171	160	109	43	152	SI (0.89)
C6_cracked_23	24\200	22.46	171	160	90	43	133	SI (0.78)
C6_24	24\200	22.46	171	160	90	43	133	SI (0.78)
C6_26	24\200	22.46	171	160	74	43	117	SI (0.68)
C7_25	20\200	18.72	188	160	93	67	160	SI (0.85)
C7_27	20\200	18.72	188	160	79	67	145	SI (0.77)
C7_28	20\200	18.72	188	160	69	67	136	SI (0.72)
C8_29	20\200	18.72	188	160	66	66	133	SI (0.71)
C8_30	20\200	18.72	188	160	65	66	131	SI (0.7)
C8_32	20\200	18.72	188	160	70	66	136	SI (0.72)
C9_31	20\200	18.72	188	160	66	69	135	SI (0.72)
C9_33	20\200	18.72	188	160	76	69	144	SI (0.77)
C9_35	20\200	18.72	188	160	91	69	159	SI (0.85)
C9_48	20\200	18.72	188	160	88	69	156	SI (0.83)
C9_50	20\200	18.72	188	160	73	69	142	SI (0.75)
C9_51	20\200	18.72	188	160	63	69	132	SI (0.7)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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)
C10_34	24\200	22.46	171	160	66	47	113	SI (0.66)
C10_36	24\200	22.46	171	160	79	47	126	SI (0.74)
C10_cracked_37	24\200	22.46	171	160	79	47	126	SI (0.74)
C10_cracked_39	24\200	22.46	171	160	93	47	140	SI (0.82)
C10_cracked_44	24\200	22.46	171	160	92	47	139	SI (0.81)
C10_cracked_46	24\200	22.46	171	160	77	47	123	SI (0.72)
C10_47	24\200	22.46	171	160	77	47	123	SI (0.72)
C10_49	24\200	22.46	171	160	64	47	111	SI (0.65)
C11_cracked_38	24\100	22.46	171	240	61	21	81	SI (0.34)
C11_cracked_40	24\100	22.46	171	240	79	21	99	SI (0.41)
C11_cracked_41	24\100	22.46	171	240	79	21	99	SI (0.41)
C11_cracked_42	24\100	22.46	171	240	79	21	99	SI (0.41)
C11_cracked_43	24\100	22.46	171	240	79	21	99	SI (0.41)
C11_cracked_45	24\100	22.46	171	240	60	21	80	SI (0.33)
C12_52	20\200	18.72	188	160	71	64	136	SI (0.72)
C12_53	20\200	18.72	188	160	66	64	131	SI (0.7)

10.VERIFICA SOLETTA IN CALCESTRUZZO

La soletta in calcestruzzo ha la primaria funzione di elemento di ripartizione delle azioni trasmesse dagli elementi giacenti sul piano stradale sugli elementi principali dell'ossatura metallica. Essa collabora inoltre alla statica longitudinale dell'impalcato, costituendo, tramite l'azione degli elementi di connessione, parte integrante della sezione resistente; questo comportamento è stato analizzato ai capitoli precedenti.

Nel presente capitolo si studia il comportamento della soletta nella sua funzione di elemento ripartitore, con particolare riferimento alla statica trasversale, ed al dimensionamento delle relative armature.

La soletta in calcestruzzo viene posta in opera con l'ausilio di "predalles" prefabbricate, formate da elementi al lastra in calcestruzzo, armati mediante tralicci elettrosaldati, destinati a sostenere il getto del calcestruzzo.

Ai fini delle verifiche, si effettua il dimensionamento delle predalles, calibrando opportune fasi di getto allo scopo di limitare il quadro tensionali negli elementi resistenti della predalla, e di contenere le deformazioni permanenti indotte dal getto del calcestruzzo fresco.

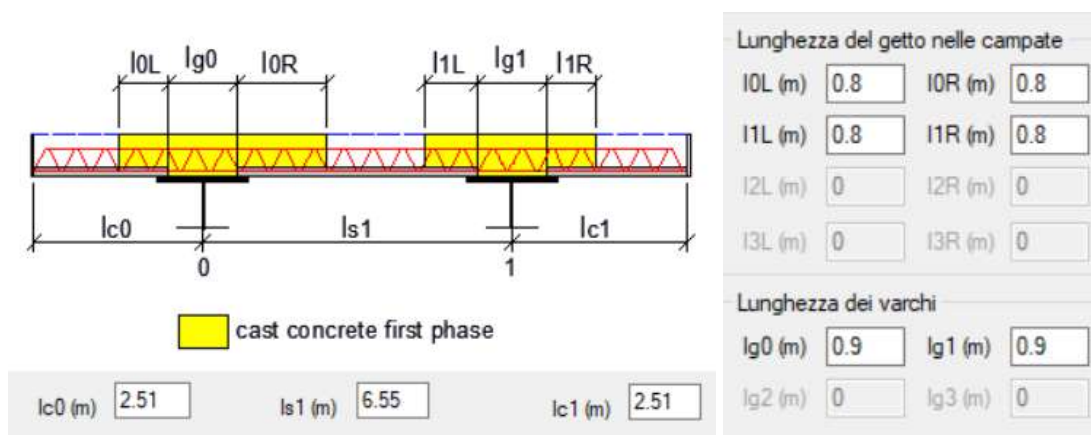
La verifica in esercizio della soletta verrà effettuata considerando lo spessore complessivo del getto + predalla, per un totale di 30 cm, trascurando cautelativamente la collaborazione degli elementi di armatura della predalla nelle verifiche a flessione, ed ipotizzando l'azione del peso proprio direttamente sull'elemento finale.

Nei capitoli a seguire, si studia la statica della soletta con particolare riferimento alla statica trasversale.

10.1 VERIFICA DELLE PREDALLE

La soletta poggia su due travi principali ad interasse 6,55 m, si prevede di utilizzare delle predalle con uno sbalzo costante di 2,35 m per la carreggiata destra e variabile da 2,51 m a 2,35 m per la carreggiata sinistra, si effettua la verifica per la sola carreggiata sinistra con la luce massima dello sbalzo e si estendono i risultati a quella destra.

- fase 1: viene gettata la zona fra travi principali secondo lo schema che segue.



- fase 2: viene gettata la parte residua degli sbalzi della soletta.
- Fase 3 viene gettato il cordolo

Il varco sopra le travi viene considerato con la sua lunghezza massima di 900 mm in corrispondenza delle pile.

Oltre al peso del getto, per uno spessore di 240 mm, ed al peso della predalle, si tiene conto dei seguenti ulteriori carichi:

Carichi permanenti e di servizio	
Incremento spessore calcestruzzo (mm)	0
Carico estremità sbalzo (Fase 1) (kN/m)	0
Carico estremità sbalzo (Fase 2) (kN/m)	1,75
Carico di servizio durante il getto (kN/mq)	1,5

La sezione trasversale delle predalle prefabbricate è riportata di seguito.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

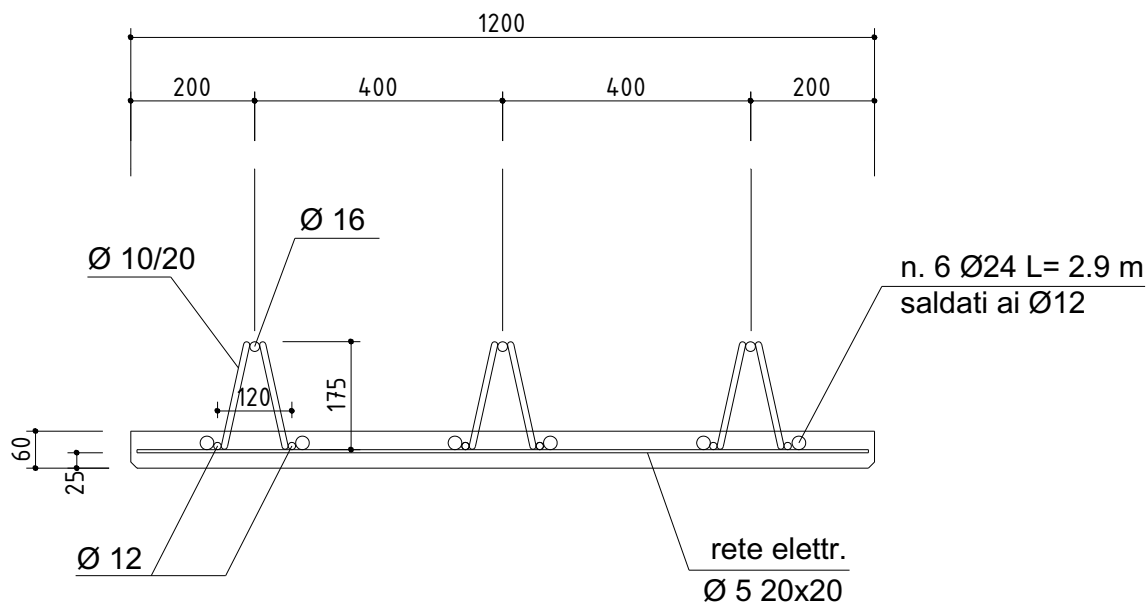


Figura 10.1: Sezione trasversale predalle

Appoggio minimo predalle su ala superiore trave in carpenteria .100 mm

Il comportamento della predalle in fase 1 è stato schematizzato come trave semplicemente appoggiata, mentre in fase 2 si è ipotizzato un vincolo di incastro agli appoggi.

Nelle figure seguenti si riportano le sollecitazioni mediante diagrammi ed i coefficienti di utilizzo (u.r.) per le sezioni analizzate.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

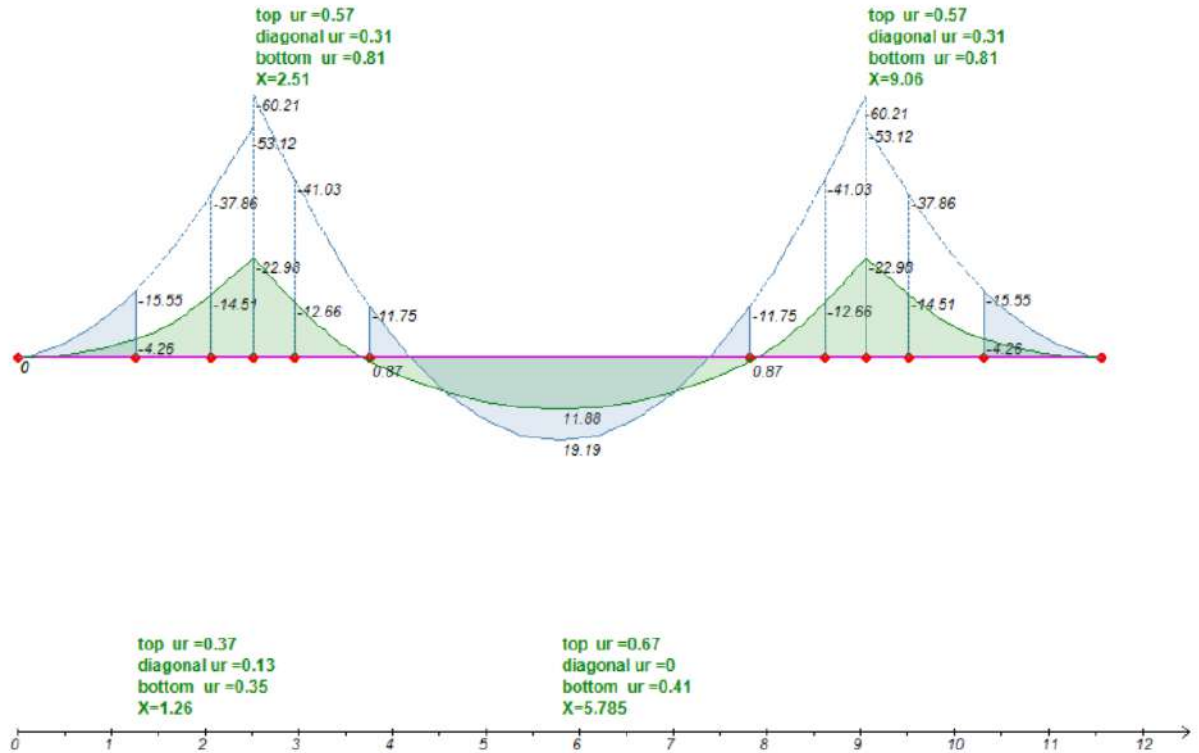


Figura 10.2: Diagrammi dei momenti flettenti nelle varie fasi ed esito verifiche

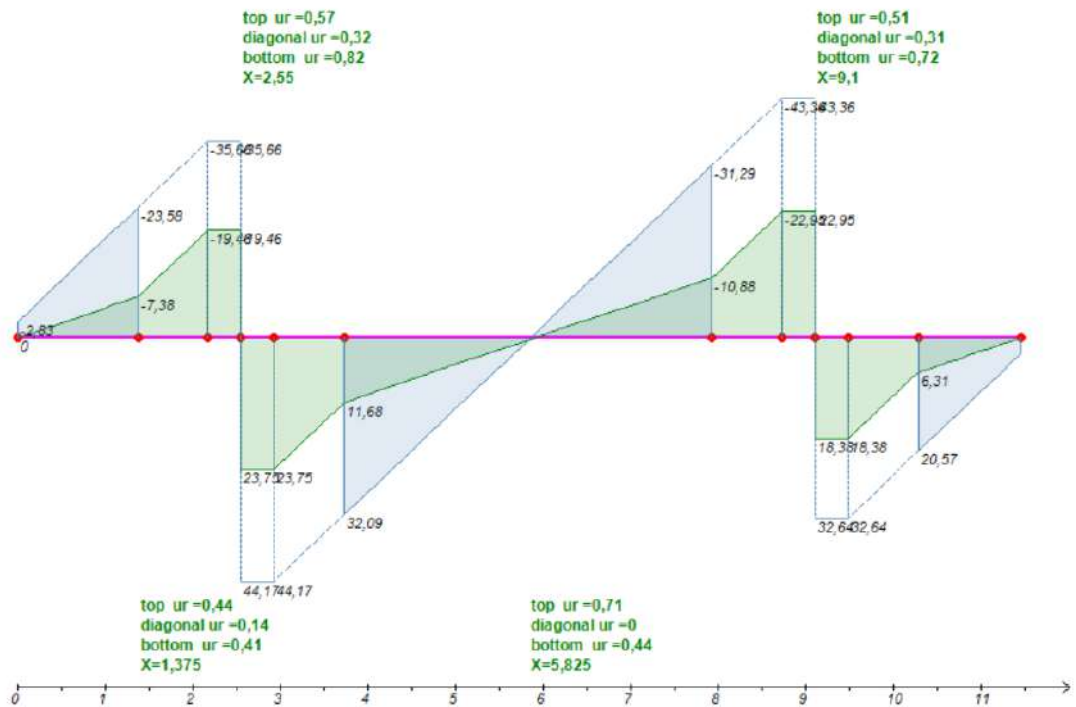
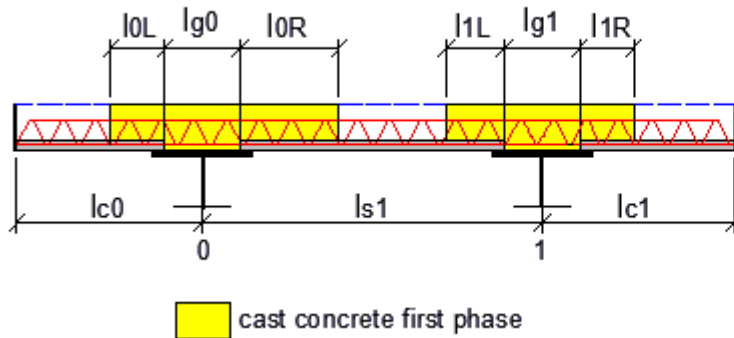


Figura 10.3: Diagrammi del taglio nelle varie fasi ed esito verifiche

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Seguono i tabulati con i dettagli del calcolo.

GEOMETRIA



Numero di sbalzi: 2
 Numero di campate: 1
 Luce della campata 1: $ls1=6.55$ m
 Lunghezza dello sbalzo di sinistra: $lc0=2.51$ m
 Lunghezza dello sbalzo di destra: $lc1=2.51$ m
 Varco tra le predalle su appoggio 0: $lg0=0.9$ m
 Varco tra le predalle su appoggio 1: $lg1=0.9$ m
 Tipologia di getto in 1^ fase: Getto del calcestruzzo in corrispondenza degli appoggi
 Lunghezza del getto a SX dell'appoggio 0: $I0L=0.8$ m
 Lunghezza del getto a DX dell'appoggio 0: $I0R=0.8$ m
 Lunghezza del getto a SX dell'appoggio 1: $I1L=0.8$ m
 Lunghezza del getto a DX dell'appoggio 1: $I1R=0.8$ m

PREDALLE

Spessore della predalle: $hcf=60$ mm
 Larghezza della predalle: $wpred=1200$ mm
 Numero di tralicci: $Nt=3$
 Altezza fuori tutto del traliccio: $htot=175$ mm
 Diametro delle barre del corrente superiore: $dtop=16$ mm
 Diametro delle barre del corrente inferiore: $dbot=12$ mm
 Diametro delle barre diagonali: $ddiag=10$ mm
 Passo degli elementi diagonali: $sdiag=200$ mm
 Interasse fra le barre del corrente inferiore: $sdbot=120$ mm
 Lunghezza delle saldature sul corrente superiore: $lwt=10$ mm
 Lunghezza delle saldature sul corrente inferiore: $lwb=10$ mm
 Copriferro: $c=25$ mm
 Numero di barre aggiuntive agli appoggi (intera predalle): $Nab=6$
 Diametro delle barre aggiuntive: $dab=24$ mm
 Momento di inerzia flessionale delle predalle: $Jypred=1.157E+8$ mm⁴ ($yG=37.68$ mm)
 Momento di inerzia flessionale della soletta: $Jyslab=2.7E+9$ mm⁴

MATERIALI

ACCIAIO
 Tensione di snervamento caratteristica: $fyk=450$ N/mm²
 Coefficiente di sicurezza per la resistenza: $\gamma_{M0}=1.05$
 Coefficiente di sicurezza per la stabilita': $\gamma_{M1}=1.1$

CARICHI CARATTERISTICI

Peso predalle: 1.978 kN/m
 Spessore del getto: $hcc=240$ mm
 Sovrappessore del getto: $Dhcc=0$ mm
 Peso totale del getto: 7.2 kN/m
 Carico di estremità sbalzo in fase 1: 0 kN/m
 Carico di estremità sbalzo in fase 2: 1.75 kN/m
 Sovraccarico accidentale in esecuzione: 1.5 kN/m² => 1.8 kN/m

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Deduzione del peso del getto dai varchi: SI

COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE

Coeff. per carichi permanenti: 1.35 (SLU)

Coeff. per carichi di servizio: 1.5 (SLU)

Coeff. per carichi permanenti: 1 (SLS)

Coeff. per carichi di servizio: 1 (SLS)

VERIFICA SLU PER SEZIONE APPOGGIO 0

Coefficiente di utilizzo del corrente superiore: 0.574

Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.308

Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.81

SOLLECITAZIONI

Momento flettente ME_d = -22.984 kNm (Intera predalle)

Taglio VE_d = 22.949 kN (Intera predalle)

Ascissa X = 2.51 m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente NE_d = 49.429 kN

Sforzo normale resistente a trazione NtR_d=NpIR_d= 86.169 kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di compressione agente NE_d = -4.593 kN

Sforzo normale resistente a compressione NbR_d = 14.895 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)

Coefficiente chi = 0.464

Coefficiente fi = 1.38 rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)

Lunghezza libera di inflessione l₀ = 193.352 mm

Snellezza adimensionale lambda_{dasgn} = 1.14

Fattore di imperfezione (curva c) alfa = 0.49 rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1

Carico critico elastico N_{cr} = 27.214 kN

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di trazione agente NE_d = 49.429 kN

Sforzo di compressione agente NE_d = -24.714 kN

Sforzo normale resistente a compressione NbR_d = 30.516 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)

Coefficiente chi = 0.165

Coefficiente fi = 3.435 rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)

Lunghezza libera di inflessione l₀ = 900 mm

Snellezza adimensionale lambda_{dasgn} = 2.21

Fattore di imperfezione (curva c) alfa = 0.49 rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1

Carico critico elastico N_{cr} = 41.672 kN

VERIFICA SLU PER SEZIONE APPOGGIO 1

Coefficiente di utilizzo del corrente superiore: 0.574

Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.308

Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.81

SOLLECITAZIONI

Momento flettente ME_d = -22.984 kNm (Intera predalle)

Taglio VE_d = 22.949 kN (Intera predalle)

Ascissa X = 9.06 m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente NE_d = 49.429 kN

Sforzo normale resistente a trazione NtR_d=NpIR_d= 86.169 kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di compressione agente NE_d = -4.593 kN

Sforzo normale resistente a compressione NbR_d = 14.895 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)

Coefficiente chi = 0.464

Coefficiente fi = 1.38 rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)

Lunghezza libera di inflessione l₀ = 193.352 mm

Snellezza adimensionale lambda_{dasgn} = 1.14

Fattore di imperfezione (curva c) alfa = 0.49 rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1

Carico critico elastico N_{cr} = 27.214 kN

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di armature efficaci: Barre aggiuntive
Sforzo di compressione agente NEd = -24.714 kN
Sforzo normale resistente a compressione NbRd = 30.516 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente $\chi_i = 0.165$
Coefficiente $\eta_i = 3.435$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 900$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{\text{dasgn}} = 2.21$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico Ncr = 41.672 kN

VERIFICA SLU PER SEZIONE CAMPATA (MEd max)

Coefficiente di utilizzo del corrente superiore: 0.666
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.41

SOLLECITAZIONI

Momento flettente MEd = 19.187 kNm (Intera predalle)
Taglio VEd = 0 kN (Intera predalle)
Ascissa X = 5.785 m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di compressione agente NEd = -39.724 kN
Sforzo normale resistente a compressione NbRd = 59.612 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente $\chi_i = 0.725$
Coefficiente $\eta_i = 0.867$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 190$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{\text{dasgn}} = 0.7$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1
Carico critico elastico Ncr = 184.698 kN

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di trazione agente NEd = 0 kN
Sforzo normale resistente a trazione NtRd=NpIRd= 33.66 kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di trazione agente NEd = 19.862 kN
Sforzo normale resistente a trazione NtRd=NpIRd= 48.47 kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

VERIFICA SLU PER SEZIONE CAMPATA (MEd min)

Coefficiente di utilizzo del corrente superiore: 0.374
Coefficiente di utilizzo dei diagonali: 0.13
Coefficiente di utilizzo del corrente inferiore: 0.348

SOLLECITAZIONI

Momento flettente MEd = -15.551 kNm (Intera predalle)
Taglio VEd = -21.849 kN (Intera predalle)
Ascissa X = 1.26 m

DETTAGLI CORRENTE SUPERIORE

Sforzo di trazione agente NEd = 32.197 kN
Sforzo normale resistente a trazione NtRd=NpIRd= 86.169 kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI DIAGONALE

Sforzo di trazione agente NEd = 4.373 kN
Sforzo normale resistente a trazione NtRd=NpIRd= 33.66 kN rif. EN 1993-1-1 6.2.3 (6.6)

DETTAGLI CORRENTE INFERIORE

Sforzo di compressione agente NEd = -16.099 kN
Sforzo normale resistente a compressione NbRd = 46.267 kN rif. EN 1993-1-1 6.3.1.1 (6.47)
Coefficiente $\chi_i = 1$
Coefficiente $\eta_i = 0.451$ rif. EN 1993-1-1 6.3.1.2(4)
Lunghezza libera di inflessione $l_0 = 0$ mm
Snellezza adimensionale $\lambda_{\text{dasgn}} = 0$
Fattore di imperfezione (curva c) $\alpha = 0.49$ rif. EN 1993-1-1 Tabella 6.1

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Carico critico elastico Ncr = +Infinito kN

SPOSTAMENTI (SLS)

FASE 1

Spostamento minimo = -0.1 mm, X=2.285 m

Spostamento massimo = 6.7 mm, X=5.785 m

FASE 1 + FASE 2 (Rotazione agli appoggi bloccata)

Spostamento minimo = 0 mm, X=0 m

Spostamento massimo = 0 mm, X=0 m

10.2 VERIFICA IN FASE DI ESERCIZIO

Per il calcolo statico della soletta è stato sviluppato un modello locale con elementi shell, considerandone una porzione di lunghezza 20 m.

All'interfaccia soletta-travi principali 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 dove si prevede il "massimo" momento flettente positivo
- in campata fra le due travi longitudinali dove si prevede il "minimo" momento flettente negativo

Di seguito si riporta una figura della geometria del modello.

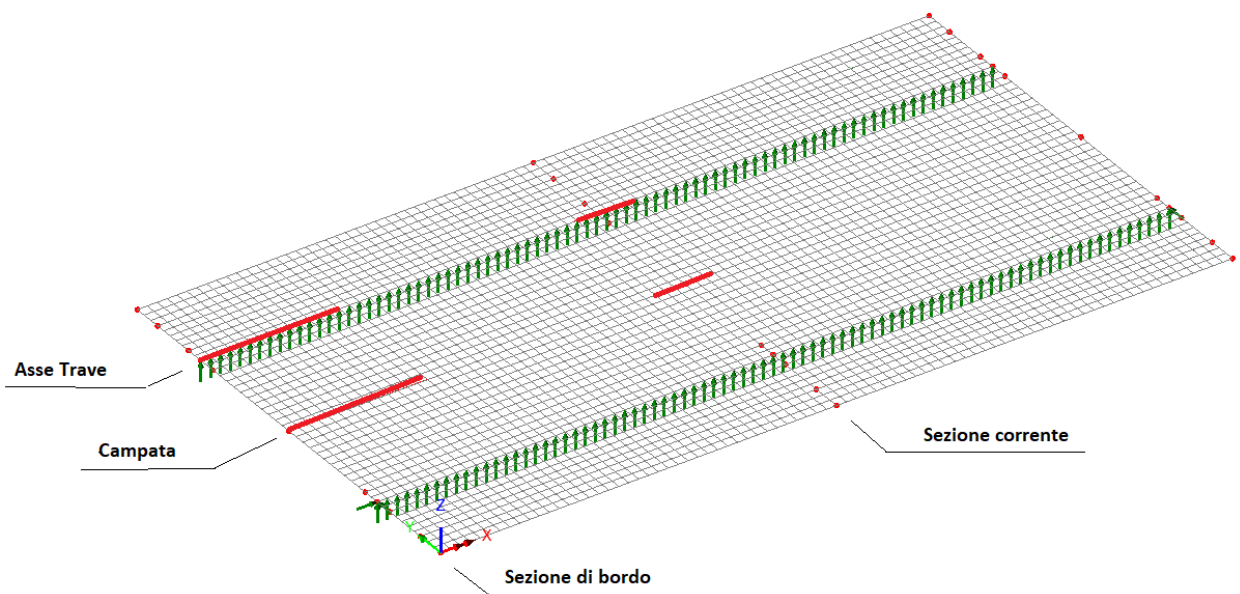


Figura 10.4: Geometria del modello con i vincoli ed evidenziati i punti oggetto di analisi

10.2.1 Analisi dei carichi

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni locali, si è tenuto conto dei seguenti contributi di carico

Pesi propri

Si è tenuto conto del peso proprio della soletta in calcestruzzo, di spesso pari a 30 cm.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Ai fini delle verifiche locali, si considera il peso proprio della soletta agire direttamente sull'elemento, inteso monolitico, di spessore complessivo di 30 cm, trascurando a favore di sicurezza la fasizzazione.

Sovraccarichi permanenti

Si sono considerati i medesimi contributi di carico assunti per la verifica globale dell'impalcato, rimandando, per ulteriori dettagli al capitolo specifico.

Azioni variabili da traffico

Si sono considerati i modelli di carico previsti dalla vigente normativa, ovvero i carichi dello schema LM1 ed LM2 posizionati in modo da determinare i momenti flettenti minimi in campata ed il momento flettente massimo in asse trave longitudinale, sia nella zona di bordo che nella zona corrente della soletta. Per l'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:

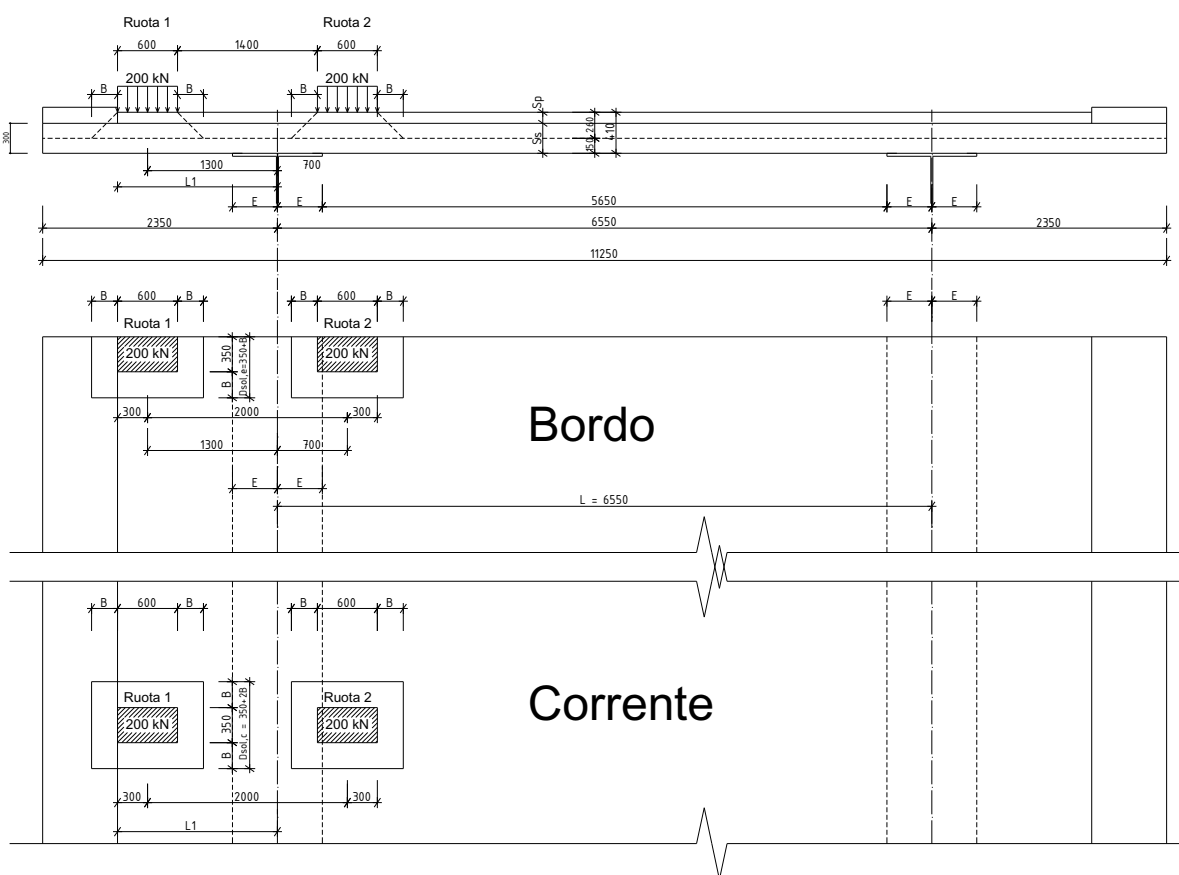


Figura 10.5: Pos. 1 carico da traffico LM2 per calcolo azioni flettenti

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

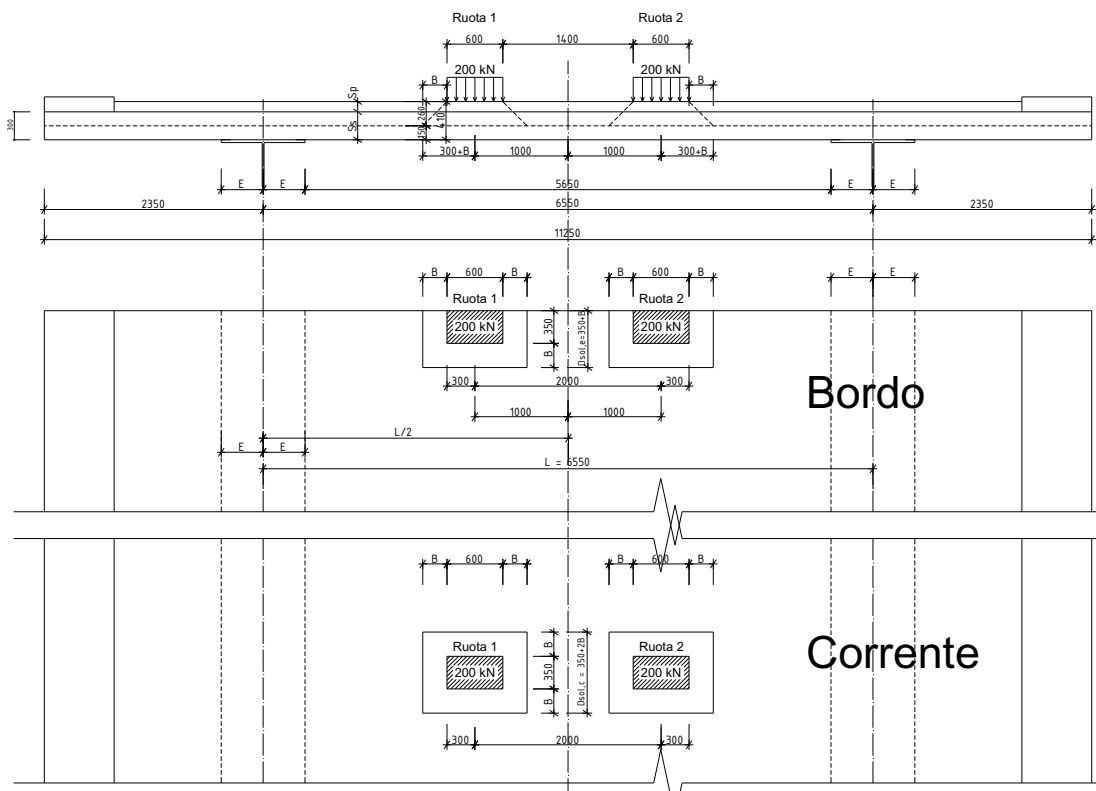


Figura 10.6: Pos. 2 carico da traffico LM2 per calcolo azioni flettenti

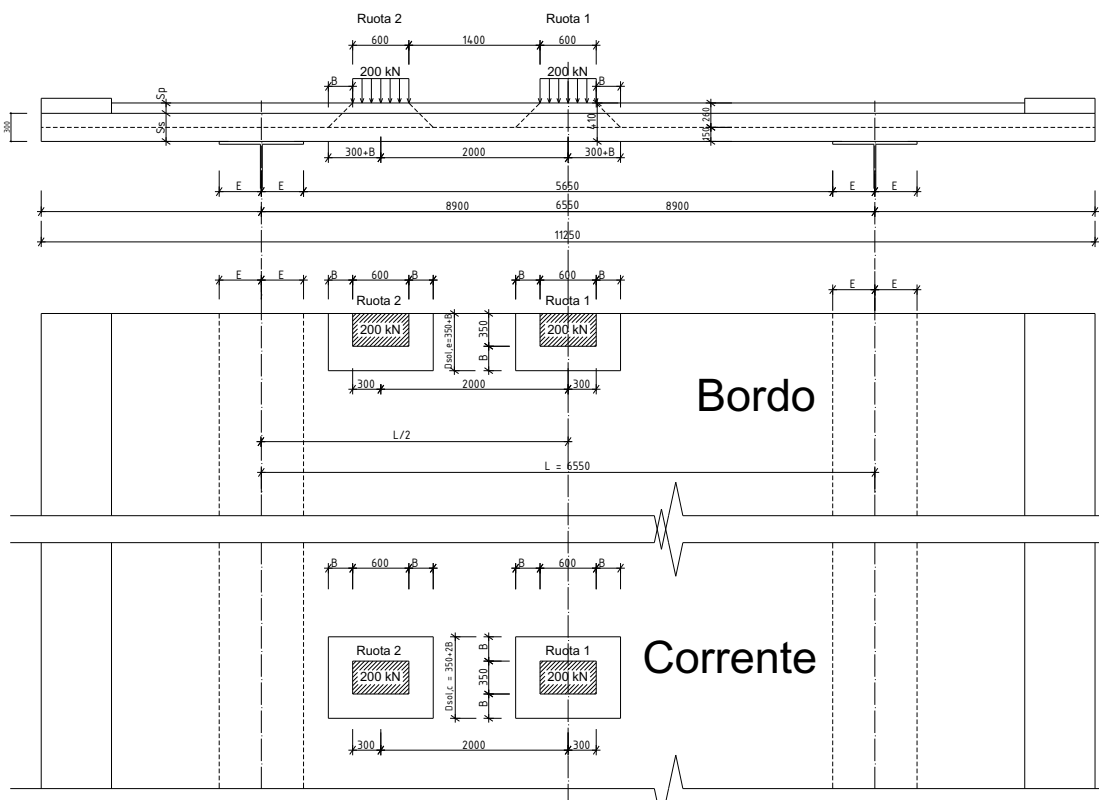


Figura 10.7: Pos. 3 carico da traffico LM2 per calcolo azioni flettenti

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:

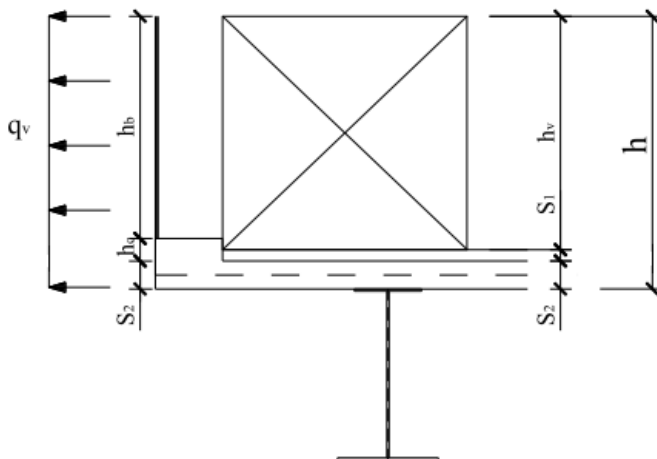


Figura 10.8: Altezze di calcolo per il vento

Nel presente caso l'altezza della sagoma del veicolo è dominante per cui il vento, avente una intensità di 2.13 kN/m^2 , viene applicato su una altezza $h = h_v + S_1 + S_2 = 3 + 0.11 + 0.3 = 3.41 \text{ m}$; 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:

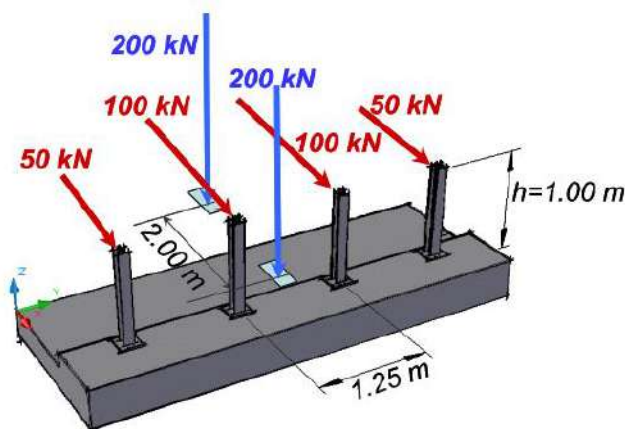


Figura 10.9: Schema di azioni per l'urto dei veicoli

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.

10.2.2 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 350 cm, pari alla larghezza lorda del carico LM1 ($A=160$ cm) + la larghezza di diffusione del carico fino alla mezzeria della soletta ($B=11$ pavim. + 15 metà soletta= 26 cm) + $\frac{1}{4}$ della luce L fra le travi longitudinali ($C=655/4=164$ cm).

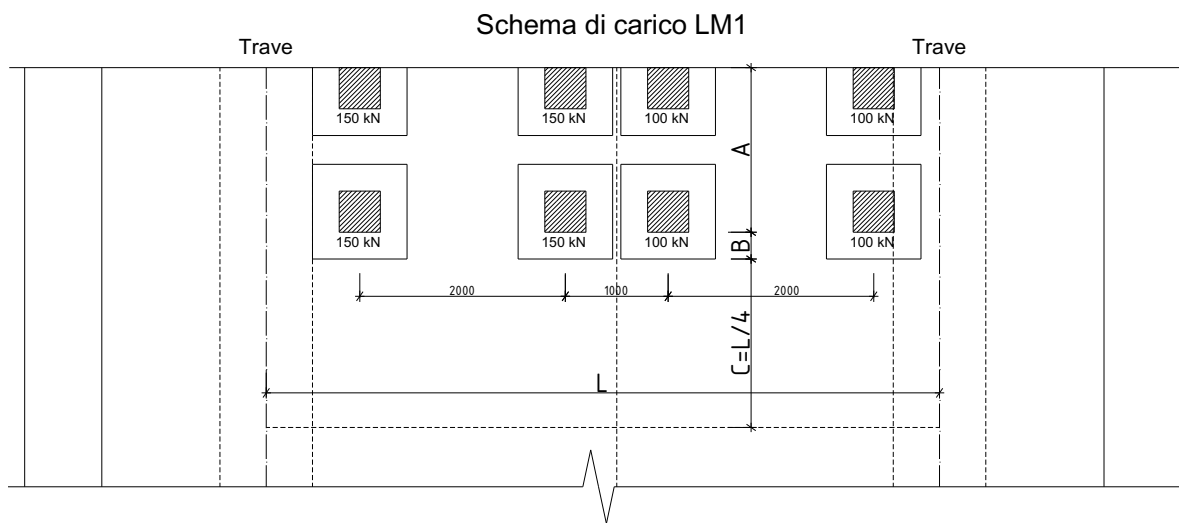


Figura 10.10: Schema per individuare la larghezza di integrazione, per la verifica a flessione delle sezioni di "bordo"

Le massime sollecitazioni di taglio lato sbalzo e lato campata, 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 "corrente" 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 $E=45$ cm dall'asse della trave, verso lo sbalzo o la campata; la verifica viene effettuata nella sezione più sollecitata fra le due.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Nel presente caso la sezione più sollecitata è quella di destra, lato campata, con carico LM1 posizionato con due corsie fra le travi, con l'asse 1 della corsia 1 posizionato a filo ala, lato campata.

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 ridistribuisce, è pari a $F1=232$ cm, pari alla larghezza lorda del carico LM1 ($A=160$ cm) + la larghezza di diffusione del carico fino alla mezzeria della soletta ($B=11$ pavim. + 15 metà soletta=26 cm) + distanza dell'asse del tandem dalla sezione di verifica ($D=46$ cm), analogamente si ricavano le lunghezze F_i su cui si ridistribuisce l'azione di taglio.

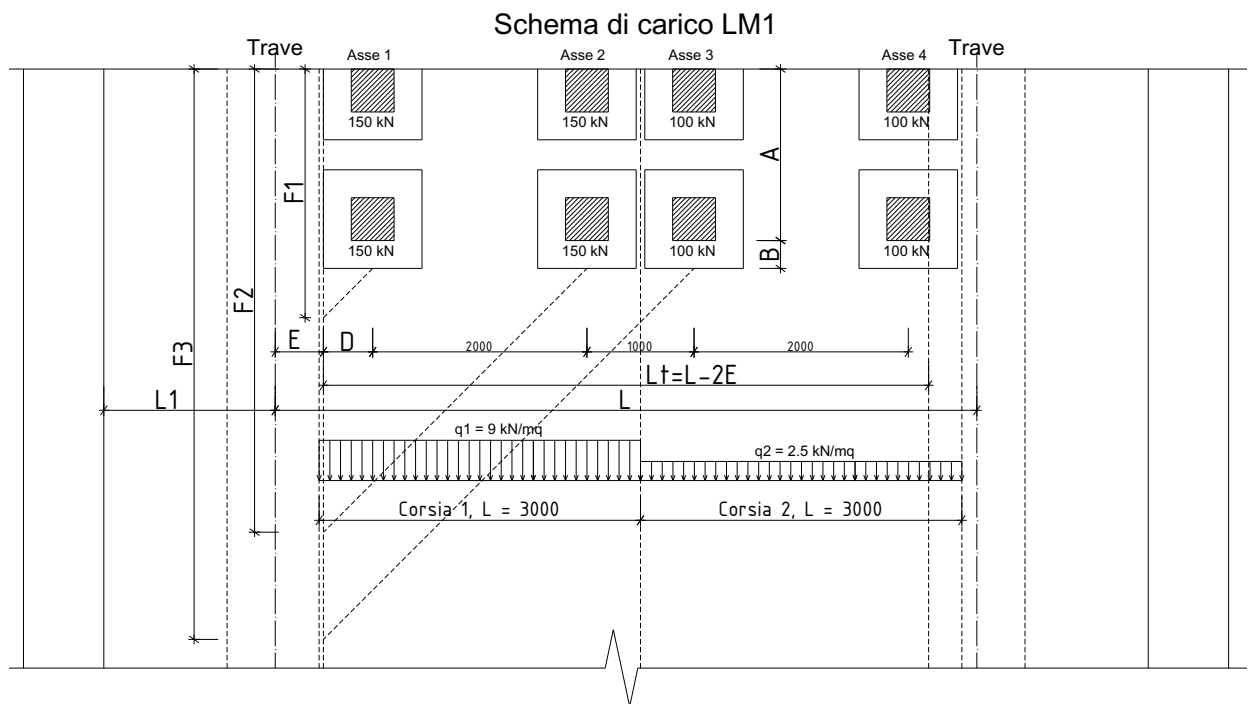


Figura 10.11: Schema per individuare la larghezza di distribuzione della azioni, per la verifica a taglio delle sezioni di "bordo"

Di seguito il calcolo del taglio sollecitante massimo $F_z (=V_{Ed})$ in appoggio, lato campata, derivante dal carico LM1 in campata, per la sezione di "bordo" e per la sezione "corrente" (il contributo dell'asse 4 risulta trascurabile).

Luce di taglio $L_t =$												
	Q_{ik} (kN)	Dist. da app. d (m)	A (m)	B (m)	D (m)	F_i (m)	$Q_{ik} * (L-d) / L / F_i$	cd	γ SLU	SLU	T SLU (kN/m)	
Tandem asse 1	300	0.46	1.6	0.26	0.46	2.32	118.78 kN/m	1.3	1.35	160.36	208.46	
Tandem asse 2	300	2.46	1.6	0.26	2.46	4.32	39.21 kN/m	1.3	1.35	52.93	68.81	
Tandem asse 3	200	3.46	1.6	0.26	3.46	5.32	14.57 kN/m	1.3	1.35	19.67	25.57	
UDL 1	26.6	1.48					19.66 kN/m	1.3	1.35	26.54	34.51	
UDL 2	6.7	4.305					1.60 kN/m	1.3	1.35	2.16	2.81	
T perm							28.65 kN/m	1	1.35	38.67	38.67	
T totale										300.34	378.83	

Tabella 10.1: Calcolo taglio massimo sezione di bordo

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Luce di taglio Lt=		5.65 m										
	Q_{ik} (kN)	Dist. da app. d (m)	A (m)	2B (m)	2D (m)	F_i (m)	$Q_{ik}*(L-d)/L/F_i$	cd	γ SLU	SLU	T SLU (kN/m)	
Tandem asse 1	300	0.46	1.6	0.52	0.92	3.04	90.65 kN/m	1	1.35	122.38	122.38	
Tandem asse 2	300	2.46	1.6	0.52	4.92	7.04	24.06 kN/m	1	1.35	32.48	32.48	
Tandem asse 3	200	3.46	1.6	0.52	6.92	9.04	8.58 kN/m	1	1.35	11.58	11.58	
UDL 1	26.6	1.48					19.66 kN/m	1	1.35	26.54	26.54	
UDL 2	6.7	4.305					1.60 kN/m	1	1.35	2.16	2.16	
T perm							28.65 kN/m	1	1.35	38.67	38.67	
T totale										233.81	233.81	

Tabella 10.2: Calcolo taglio massimo sezione corrente

I carichi da traffico LM2 posizionati sullo sbalzo determinano un taglio inferiore rispetto al carico LM1 posizionato in campata.

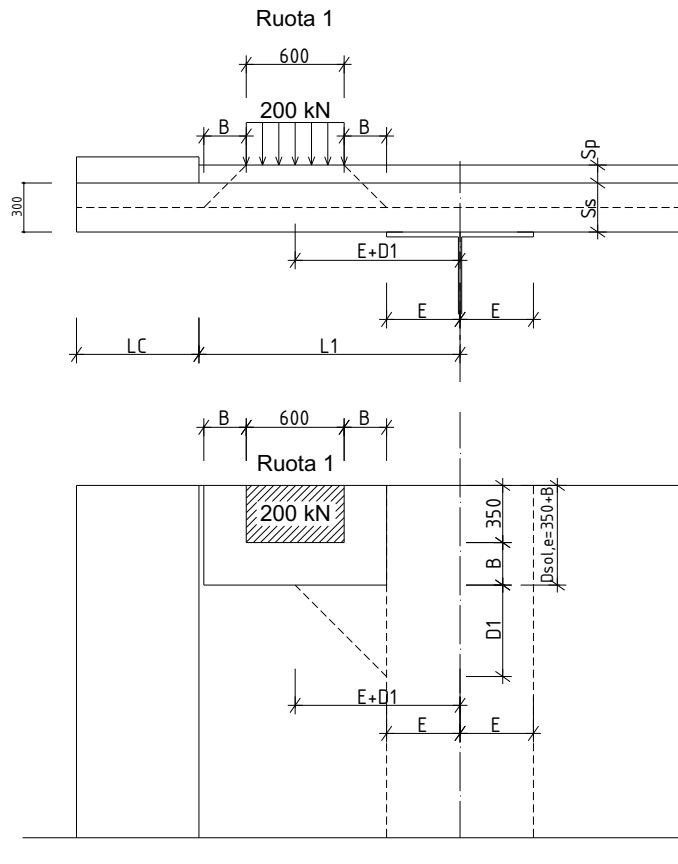


Figura 10.12: Schema di carico per il calcolo del taglio massimo in appoggio, lato sbalzo

Si ha in questo caso un taglio massimo pari a 332.45 kN/m (< 378.83 kN/m) nella zona di bordo (considerando nell'ordine carico ruota, soletta, pavimentazione, cordolo, barriera, veletta):

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$$V_{Ed} = [(Q_k * cd / (D1 + B + 0.35)) + (p_{sol} * (Lc + L1 - E)) + (p_{pav} * (L1 - E)) + (p_{cord} * Lc) + p_{barr} + p_{vel}] * \gamma_{SLU}$$

B [m]	D1 [m]	Lc [m]	L1 [m]	E [m]	cd
0.26	0.56	0.75	1.60	0.45	1.3
Q _k [kN]	p _{sol} [kN/m ²]	p _{pav} [kN/m ²]	p _{cord} [kN/m ²]	p _{barr} [kN/m]	p _{vel} [kN/m]
200.00	7.50	2.64	4.00	2.00	1.75
Tk (kN/m)	γ SLU	V _{Ed,SLU} (kN/m)			
246.26	1.35	332.45			

Nella zona corrente si ha invece:

$$V_{Ed} = [(Q_k / (2 * D1 + 2 * B + 0.35)) + (p_{sol} * (Lc + L1 - E)) + (p_{pav} * (L1 - E)) + (p_{cord} * Lc) + p_{barr} + p_{vel}] * \gamma_{SLU}$$

2B [m]	2D1 [m]	Lc [m]	L1 [m]	E [m]	cd
0.52	1.12	0.75	1.60	0.45	1
Q _k [kN]	p _{sol} [kN/m ²]	p _{pav} [kN/m ²]	p _{cord} [kN/m ²]	p _{barr} [kN/m]	p _{vel} [kN/m]
200.00	7.50	2.64	4.00	2.00	1.75
Tk (kN/m)	γ SLU	V _{Ed,SLU} (kN/m)			
124.54	1.35	168.13			

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 massimo fra la sezione in appoggio trave lato sbalzo e lato campata.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Sezione \ fascia		Sforzo normale Fx [kN] (+ traz.)	Taglio Fz [kN]	Momento My [kN*m]	Soll. ricavate integrando sez. di larghezza (m)
SLU fond.	Appoggio \ corrente	-	233.81	186.79	1.25 (solo momento)
	Appoggio \ bordo	-	378.83	248.20	3.5 (solo momento)
	Campata \ corrente	-	-	-202.42	1.25
	Campata \ bordo	-	-	-358.00	3.5
SLU eccez..	Appoggio \ corrente	54.62	-	213.17	1.25
	Appoggio \ bordo	71.34	-	217.98	3.5
SLE caratt.	Appoggio \ corrente	-	-	137.54	1.25
	Appoggio \ bordo	-	-	183.03	3.5
	Campata \ corrente	-	-	-148.67	1.25
	Campata \ bordo	-	-	-263.77	3.5
SLE freq.	Appoggio \ corrente	-	-	102.47	1.25
	Appoggio \ bordo	-	-	135.60	3.5
	Campata \ corrente	-	-	-100.14	1.25
	Campata \ bordo	-	-	-182.54	3.5

Tabella 10.3: 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.

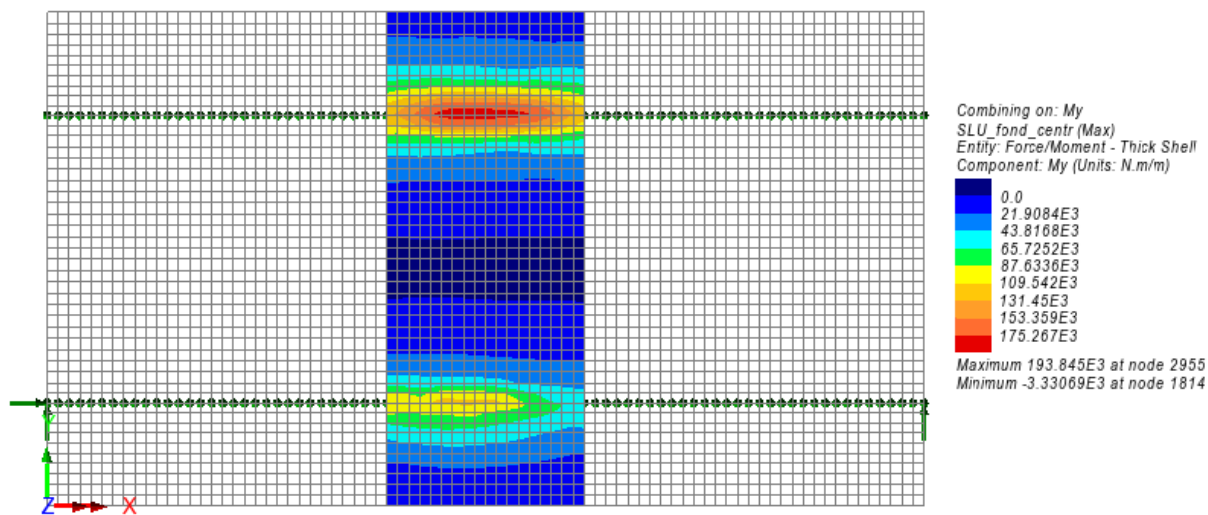


Figura 10.13: SLU fondamentale – Momento My (max)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

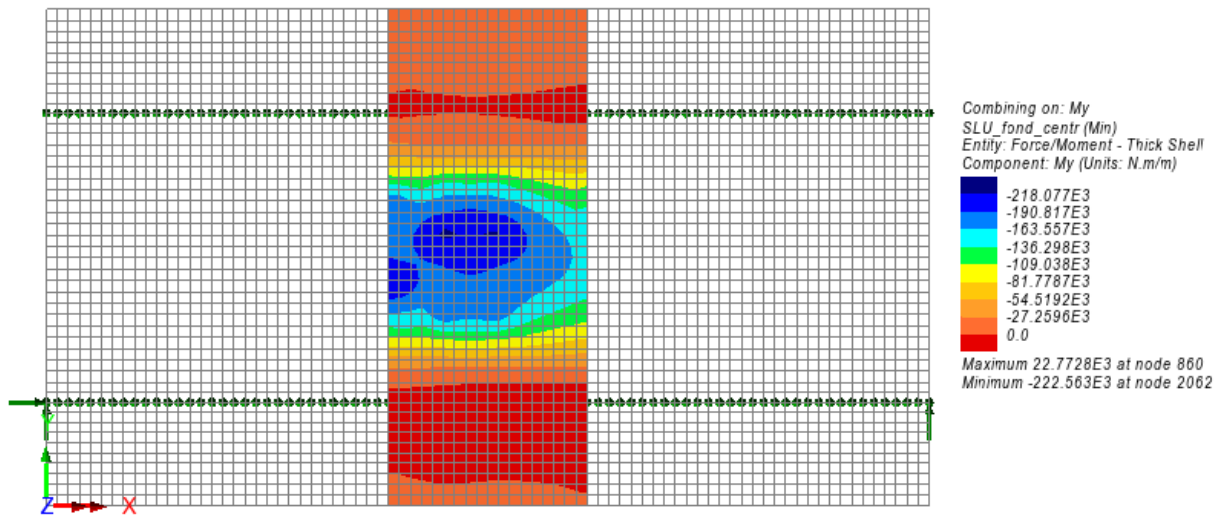


Figura 10.14: SLU fondamentale – Momento My (min)

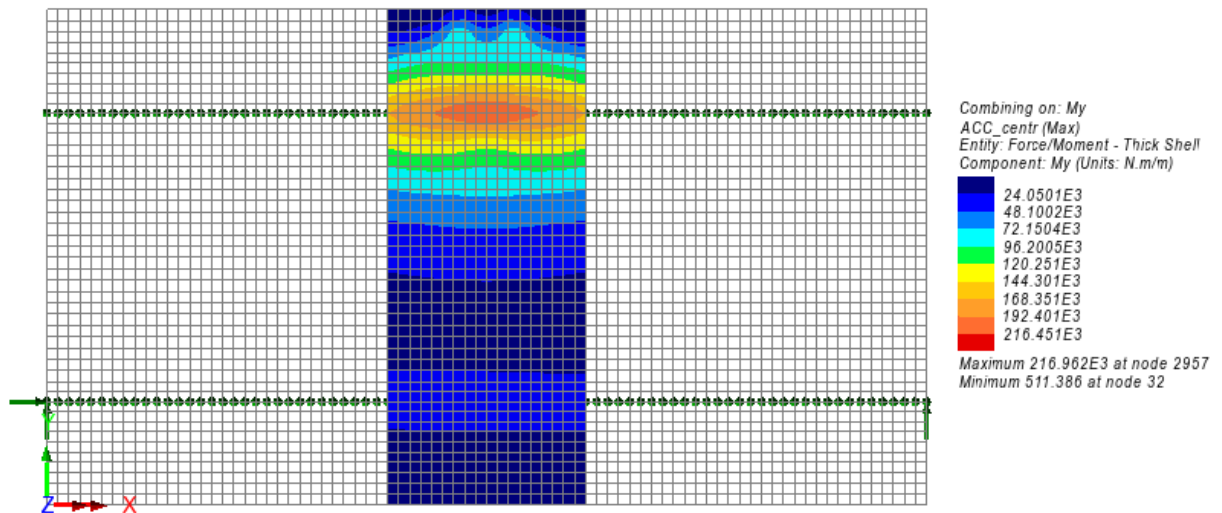


Figura 10.15: SLU eccezionale – Momento My (max)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

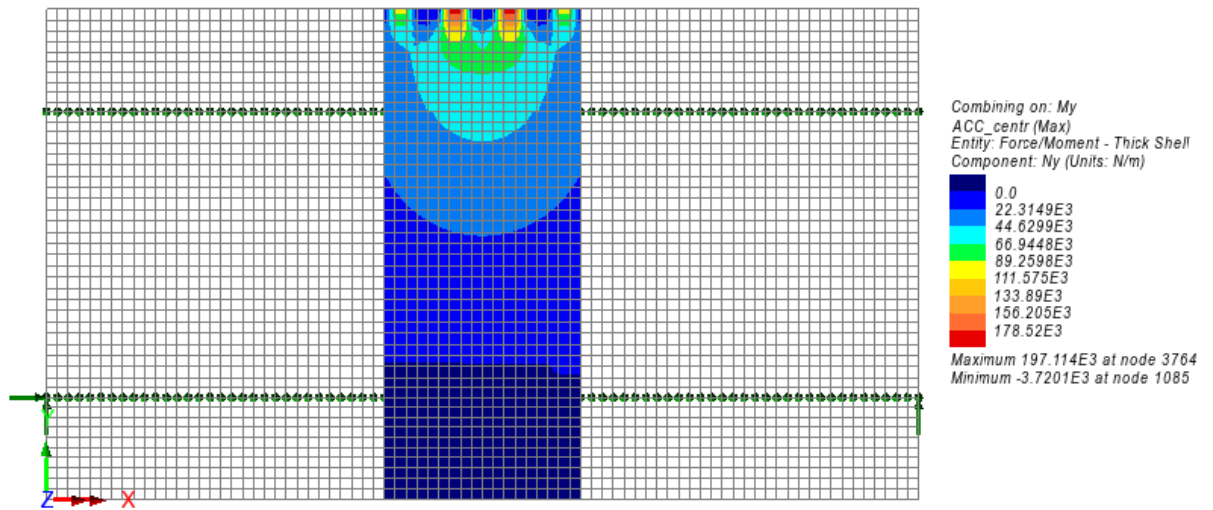


Figura 10.16: SLU eccezionale – Sforzo assiale Ny (max)

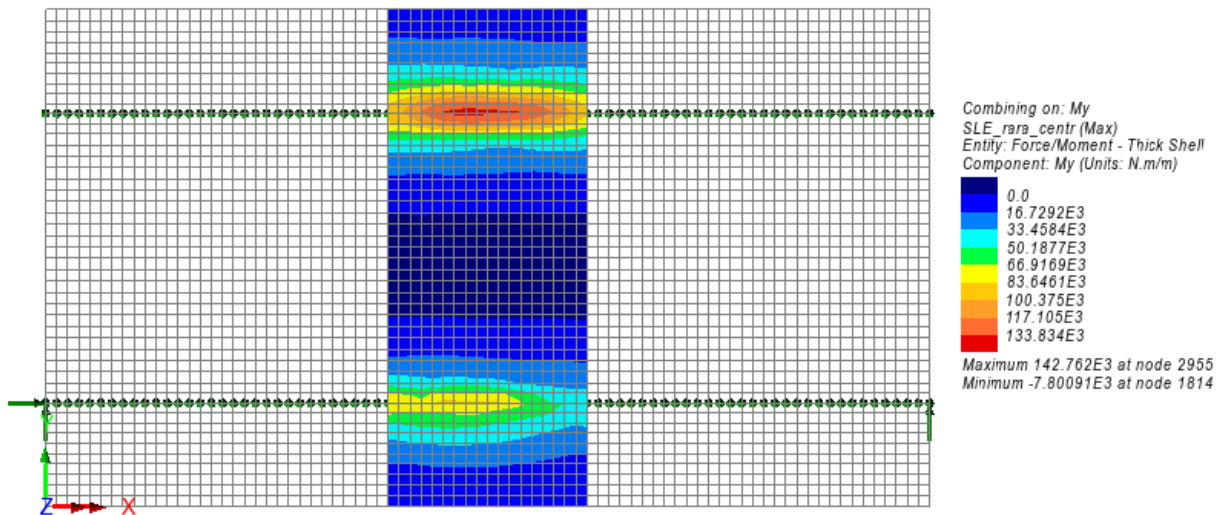


Figura 10.17: SLE rara – Momento My (max)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

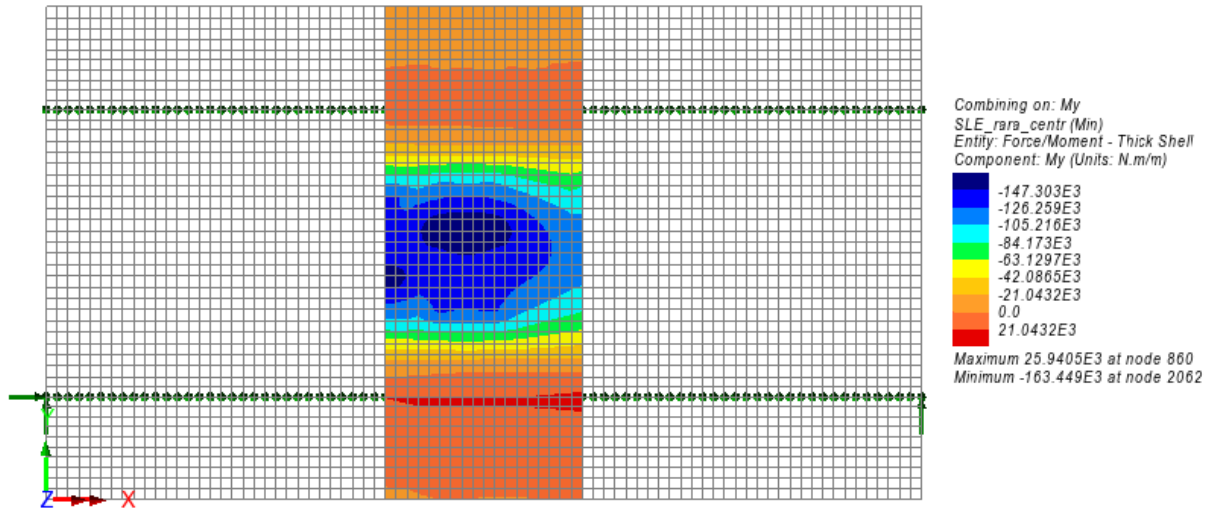


Figura 10.18: SLE rara – Momento My (min)

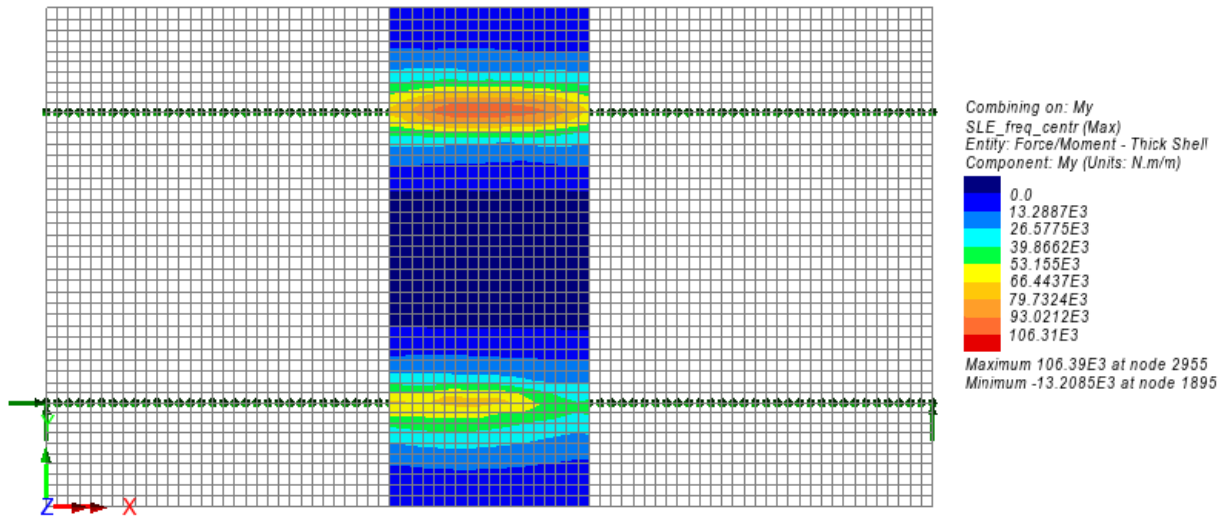


Figura 10.19: SLE frequente – Momento My (max)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

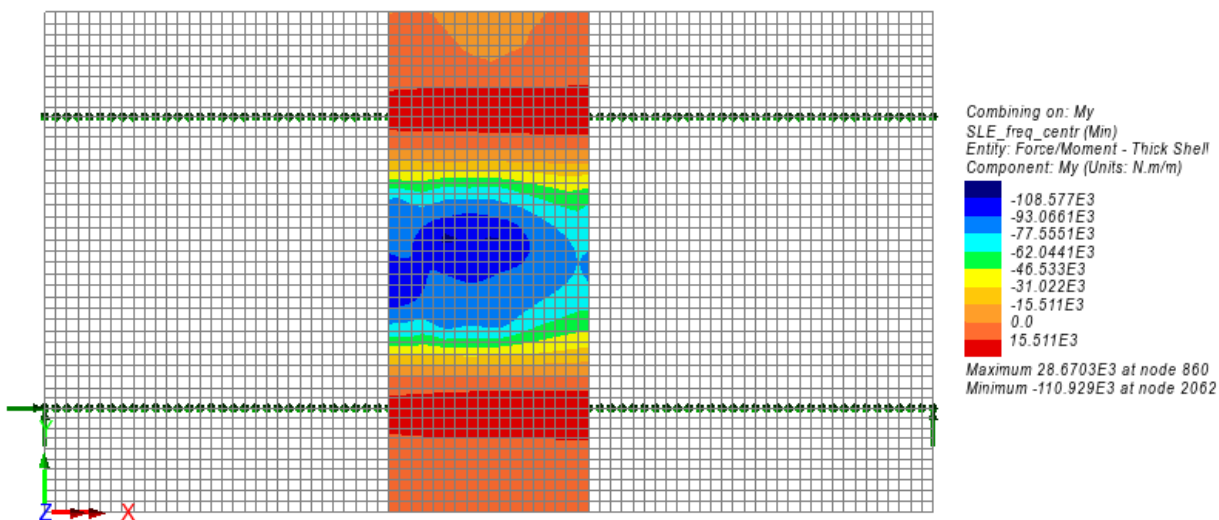


Figura 10.20: SLE frequente – Momento My (min)

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.



Figura 10.21: SLU fondamentale – Momento My integrato su 1.25 m (max)



Figura 10.22: SLU fondamentale – Momento My integrato su 1.25 m (min)

Nelle immagini di seguito, si riportano le mappature delle sollecitazioni per unità di lunghezza (momenti in N*m/m, sforzi assiali in N/m) per una fascia di soletta in corrispondenza del bordo.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

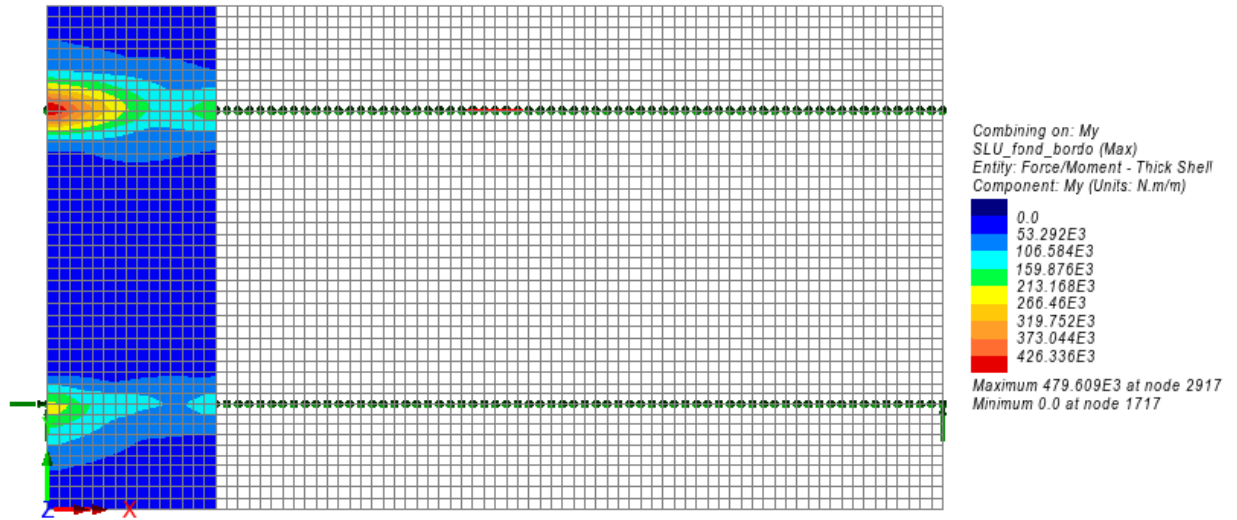


Figura 10.23: SLU fondamentale – Momento My (max)

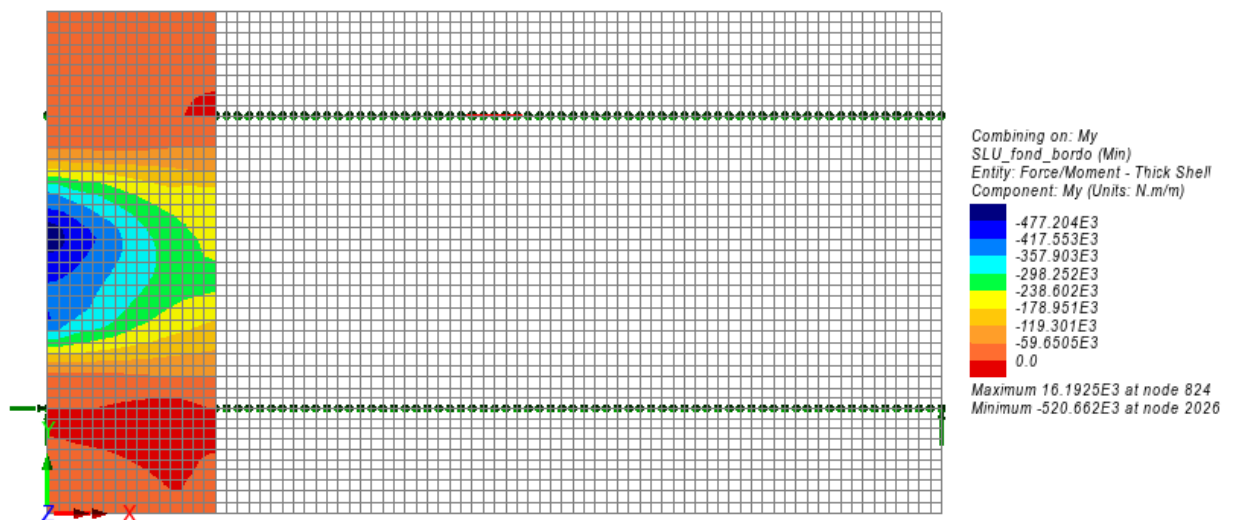


Figura 10.24: SLU fondamentale – Momento My (min)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

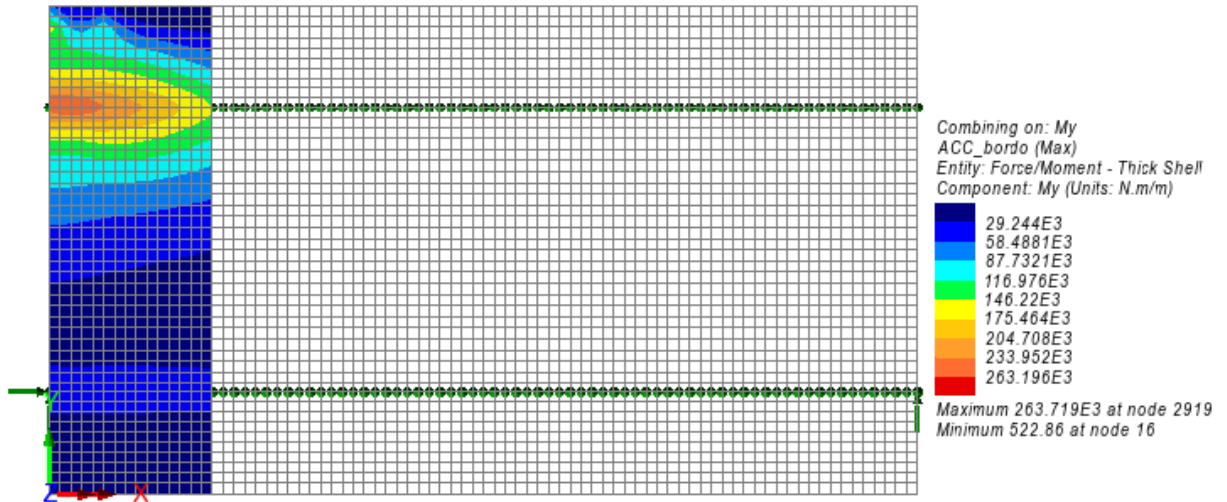


Figura 10.25: SLU eccezionale – Momento My (max)

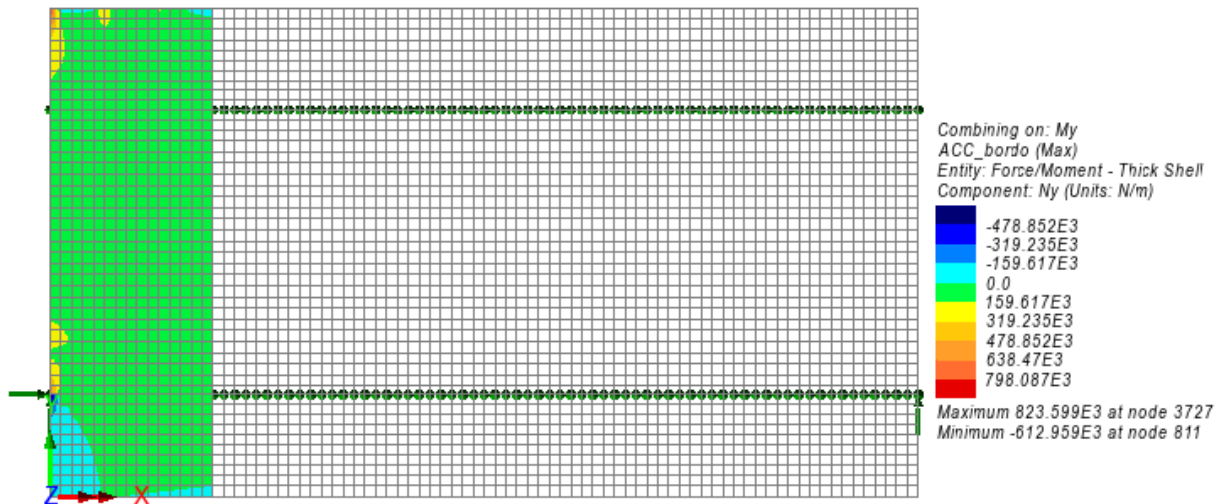


Figura 10.26: SLU eccezionale – Sforzo assiale Ny (max)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

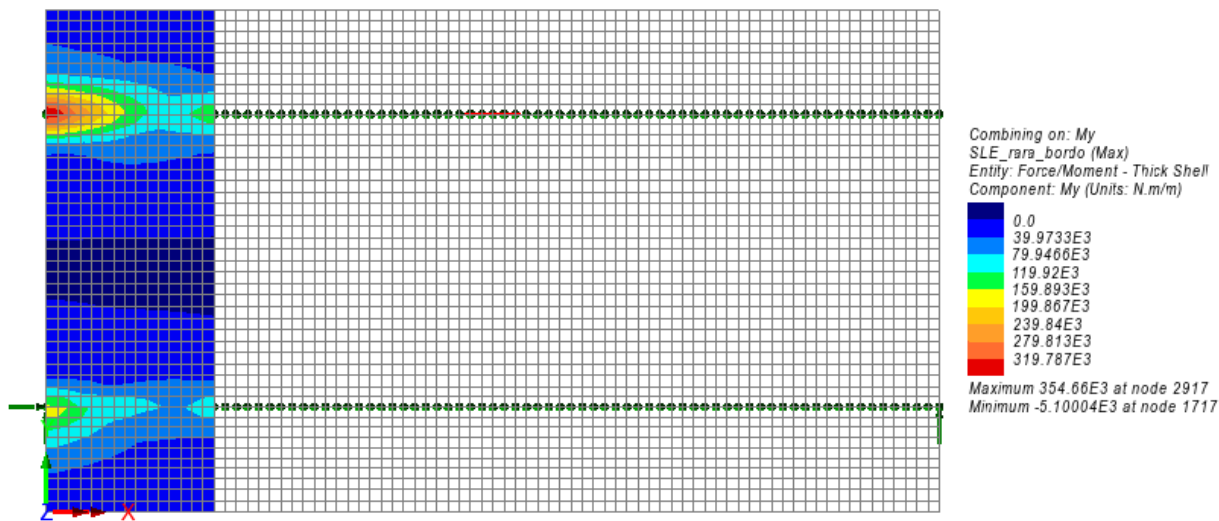


Figura 10.27: SLE rara – Momento My (max)

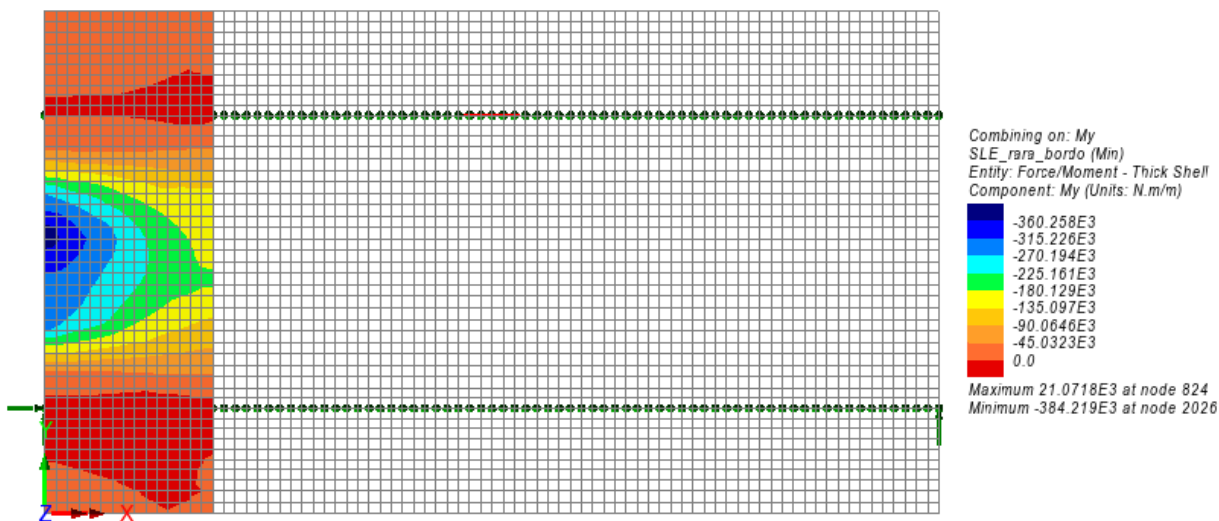


Figura 10.28: SLE rara – Momento My (min)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

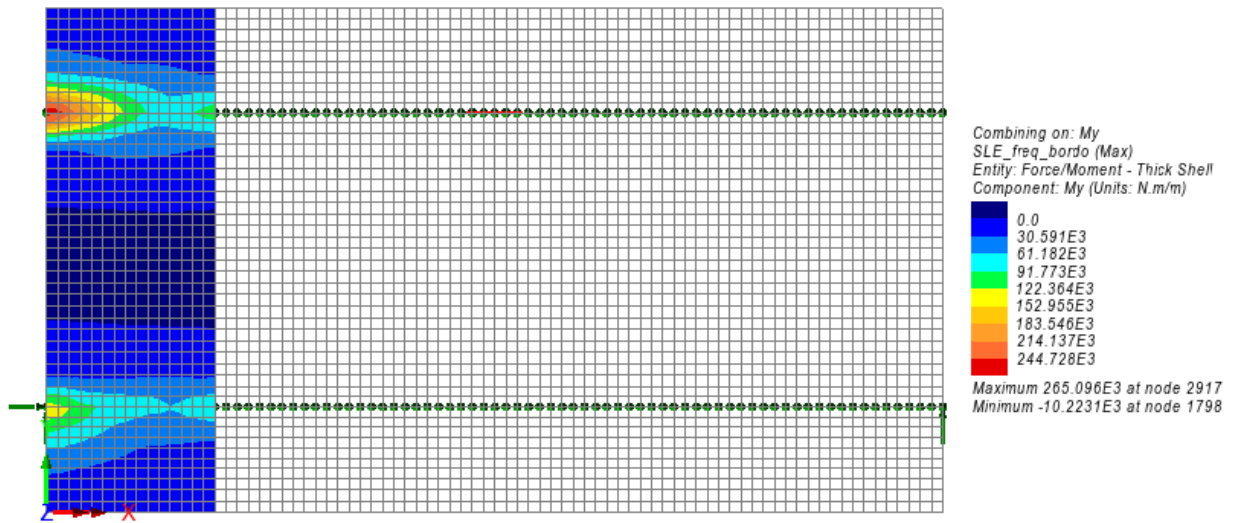


Figura 10.29: SLE frequente – Momento My (max)

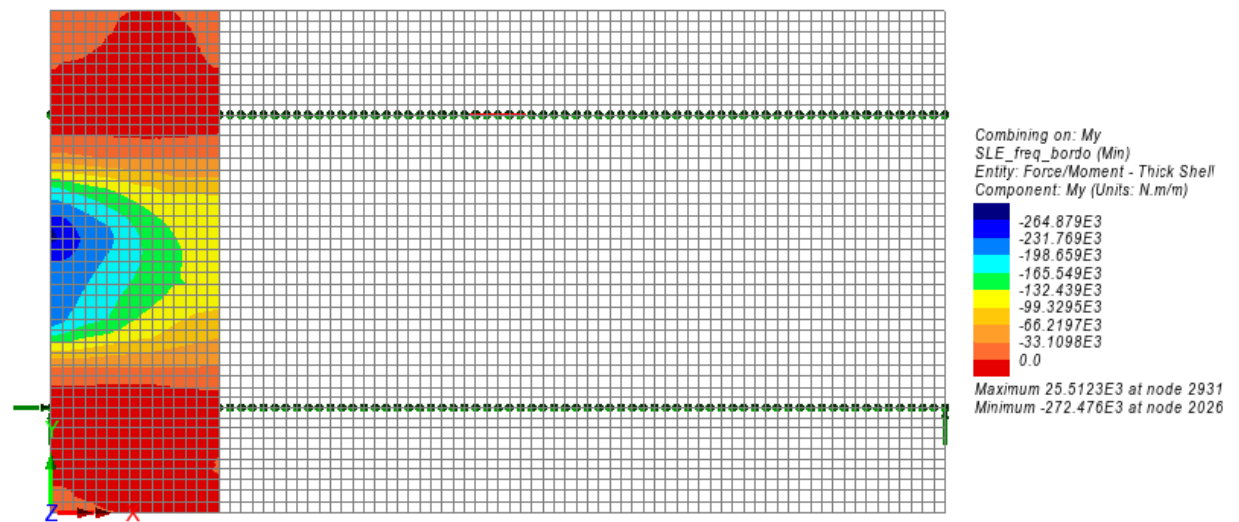


Figura 10.30: SLE frequente – Momento My (min)

Nelle immagini di seguito, si riportano i momenti My massimi e minimi in N*m allo SLU fondamentale, integrati su 3.5 m a "bordo" soletta.



Figura 10.31: SLU fondamentale – Momento My integrato su 3.5 m (max)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

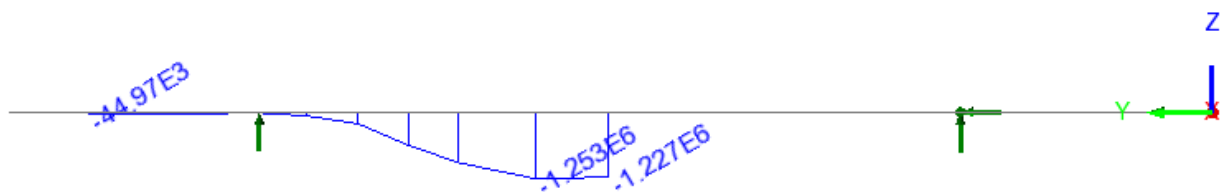


Figura 10.32: SLU fondamentale – Momento My integrato su 3.5 m (min)

10.2.3 Verifica campo "corrente" soletta

10.2.3.1 Verifica a flessione della sezione in campata fra le travi

La sezione considerata ha dimensioni 100x30 cm ed è armata superiormente con $\phi 20/20$ cm ed inferiormente con $\phi 20/10$; 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_campata

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:	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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Comb.Rare - Sf Limite: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	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	202.42	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	148.67

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	100.14 (57.47)

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]

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	202.42	0.20	243.12	1.201	23.4	0.29	0.80	31.4 (4.0)

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	30.0	0.00084	25.0	-0.00874	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+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min
1	S	12.47	30.0	0.00	20.0
Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
-244.5	25.0	6.7	668	31.4	9.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min
1	S	8.41	30.0	0.00	20.0
Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
-164.7	25.0	6.7	668	31.4	9.6

COMBINAZIONI FREQUENTI 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.

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00127	0.00063	0.50	0.60	0.000576 (0.000494)	276	0.159 (0.20)	57.47

10.2.3.2 Verifica a presso\tenso flessione della sezione in appoggio sulla trave

Si considera la sezione in appoggio in asse trave in acciaio, di dimensioni 100x30 cm, armata superiormente con $\phi 20/10$ cm ed inferiormente con $\phi 20/20$; si trascura in favore di sicurezza l'armatura della predalle. Vengono effettuate le verifiche allo SLU in combinazione fondamentale, allo SLU in combinazione eccezionale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente. Per la verifica allo SLU in combinazione eccezionale vengono utilizzati in via cautelativa gli stessi coefficienti γ dei materiali utilizzati per la verifica allo SLU fondamentale.

Di seguito si indica con:

Comb. 1: SLU fondamentale\SLE rara\SLE freq.

Comb. 2: SLU eccezionale

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Sezione_corrente_appoggio

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 sismicit�:	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. $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20	(15.7 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	-186.79	0.00	0.00
2	-54.62	-213.17	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	-137.54

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	-102.47 (-60.46)

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	-186.79	-0.26	-264.15	1.414	7.7	0.31	0.82	31.4 (4.4)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

2 S -54.62 -213.17 -54.62 -259.59 1.220 7.5 0.30 0.81 31.4 (4.4)

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	0.00032	7.0	-0.00786	25.0
2	0.00350	0.0	0.00023	7.0	-0.00817	25.0

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. [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
1	S	10.57	0.0	0.00	10.8

Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
-208.9	7.0	6.4	641	31.4	9.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min
1	S	7.87	0.0	0.00	10.8

Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
-155.7	7.0	6.4	641	31.4	9.6

COMBINAZIONI FREQUENTI 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	-0.00105	0.00059	0.50	0.60	0.000539 (0.000467)	205	0.111 (0.20)	-60.46

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

10.2.3.3 Verifica a taglio

La verifica a taglio viene effettuata sulla sezione di dimensioni 100x30 cm a filo ala superiore della trave in acciaio, a distanza 45 cm dall'asse, lato interno campata, considerando come armatura a taglio le armature dei tralicci delle predalles, costituiti da ferri $\phi 10$ a 5 braccia / 20 cm sulla larghezza considerata di 100 cm, per la zona corrente (1 traliccio ogni 40 cm).

Come altezza utile in via cautelativa, si considera l'altezza del traliccio stesso pari a 175 mm. La verifica è di seguito riportata.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SOLETTA CONSIDERANDO LE ARMATURE SPECIFICHE A TAGLIO					
d	175 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				
$\cot \theta$	2.50				
ϕ_w	10 mm			$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$	
α	60 °				
n bracci	5				
s	200 mm				
A_{sw}	393 mm ²				
α_c	1	membrature non compresse			
$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) =$	627.65 kN				
$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw} / s f_{yd} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha =$	322.70 kN				
$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) =$	322.70 kN				
$V_{Ed} =$	233.81 kN				
c. sic. = $V_{Rd}/V_{Ed} =$	1.38 > 1			Verifica soddisfatta	

10.2.4 Verifica zona di giunto

10.2.4.1 Verifica a presso\tenso flessione delle sezioni in appoggio ed in campata fra le travi

Vengono verificate di seguito le sezioni in appoggio in asse trave, ed in campata; la sezione ha dimensioni 100x30 cm ed è armata sia superiormente che inferiormente con $\phi 26/10$ cm; si trascura in favore di sicurezza l'armatura della predalle. Vengono effettuate le verifiche allo SLU in combinazione fondamentale, allo SLU in combinazione eccezionale, allo SLE in combinazione rara ed allo SLE in combinazione frequente. Per la verifica allo SLU in combinazione eccezionale vengono utilizzati in via cautelativa gli stessi coefficienti γ dei materiali utilizzati per la verifica allo SLU fondamentale.

Di seguito si indica con:

- Comb. 1: SLU fondamentale\SLE rara\SLE freq., verifica in campata
- Comb. 2: SLU fondamentale\SLE rara\SLE freq., verifica all'appoggio
- Comb. 3: SLU eccezionale, verifica all'appoggio

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Sezione_bordo

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	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:	30.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.3	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	358.00	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

2	0.00	-248.20	0.00	0.00
3	-71.34	-217.98	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	263.77
2	0.00	-183.03

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	182.54 (68.20)
2	0.00	-135.60 (-71.43)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.3 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
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	358.00	0.07	385.77	1.078	22.7	0.32	0.84	53.1 (4.0)
2	S	0.00	-248.20	-0.21	-408.39	1.645	9.1	0.37	0.90	53.1 (4.3)
3	S	-71.34	-217.98	-71.28	-402.95	1.851	9.0	0.36	0.89	53.1 (4.3)

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
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

1	0.00350	30.0	0.00095	24.7	-0.00741	7.3
2	0.00350	0.0	0.00070	7.3	-0.00599	24.7
3	0.00350	0.0	0.00065	7.3	-0.00614	24.7

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+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	15.54	30.0	0.00	19.5	-269.7	24.7	6.5	649	53.1	9.5
2	S	10.53	0.0	0.00	11.7	-175.5	7.3	6.1	610	53.1	9.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00216	0.00117	0.50	0.60	0.001183 (0.000809)	258	0.305 (990.00)	68.20
2	S	-0.00123	0.00079	0.50	0.60	0.000719 (0.000526)	187	0.134 (990.00)	-71.43

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	10.75	30.0	0.00	19.5	-186.6	24.7	6.5	649	53.1	9.5
2	S	7.80	0.0	0.00	11.7	-130.0	7.3	6.1	610	53.1	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	-0.00149	0.00081	0.50	0.60	0.000768 (0.000560)	258	0.198 (0.20)	68.20
2	S	-0.00091	0.00059	0.50	0.60	0.000492 (0.000390)	187	0.092 (0.20)	-71.43

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

10.2.4.2 Verifica a taglio

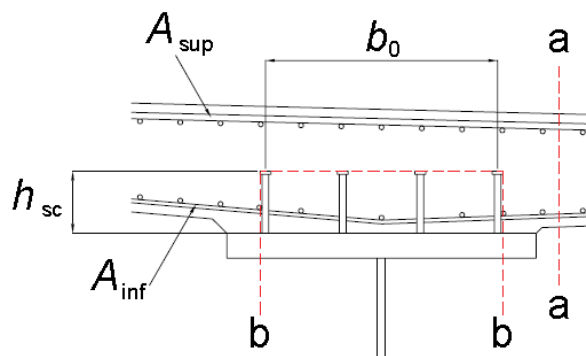
La verifica a taglio viene effettuata sulla sezione di dimensioni 100x30 cm a filo ala superiore della trave in acciaio, a distanza 45 cm dall'asse, lato interno campata, considerando come armatura a taglio le armature dei tralicci delle predalles, costituiti da ferri $\phi 10$ a 10 braccia / 20 cm sulla larghezza considerata di 100 cm, per la zona di bordo (1 traliccio ogni 20 cm);

Come altezza utile in via cautelativa, si considera l'altezza del traliccio stesso pari a 175 mm. La verifica è di seguito riportata.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SOLETTA CONSIDERANDO LE ARMATURE SPECIFICHE A TAGLIO					
d	175 mm				
b_w	1000 mm				
$f_{y,d}$	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			$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$	
α	60°				
n bracci	10				
s	200 mm				
A_{sw}	785 mm ²				
α_c	1	membrature non compresse			
$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) =$	627.65 kN				
$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw} / s f_{y,d} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha =$	645.40 kN				
$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) =$	627.65 kN				
$V_{Ed} =$	378.83 kN				
c. sic. = $V_{Rd}/V_{Ed} =$	1.66 > 1			Verifica soddisfatta	

10.3 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.



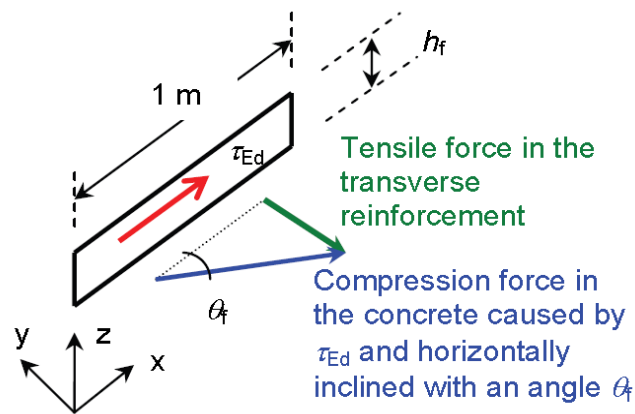
Nella tabella seguente si riportano i dati necessari alla verifica:

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$A_{f_{sup}}$	3142.0	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}	1015	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.

10.3.1 Verifica della sezione a-a



$V_{Ed,a}$	507.5	N/mm	azione di taglio longitudinale agente sulla sezione di verifica a-a
h_f	300	mm	altezza sezione di soletta reagente
τ_{Ed}	1.692	N/mmq	tensione media di taglio longitudinale sulla soletta
A_s	4713.0	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
f_{Ed}	86.14	N/mmq	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/mmq	resistenza caratteristica a compressione
γ_c	1.5		coefficiente parziale calcestruzzo
v	0.52032		fattore di riduzione della resistenza a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

f_{cd}	18.37	N/mm ²	resistenza di calcolo del calcestruzzo
f_{Ed}	6.66	N/mm ²	tensione di sollecitazione delle barre per taglio longitudinale

f_{cd}	>	f_{Ed}	VERIFICA SODDISFATTA
----------	---	----------	-----------------------------

10.3.2 Verifica della sezione b-b

Nella tabella di seguito si riportano i dati geometrici d'interesse utilizzati nella verifica della sezione b-b.

$V_{Ed,b}$	1015	N/mm	azione di taglio longitudinale agente sulla sezione di verifica b-b
bo	600	mm	distanza massima trasversale tra i connettori
ϕ_{conn}	19	mm	diametro connettori
h_{conn}	220	mm	altezza connettori
hf	1059	mm	lunghezza della superficie di taglio
τ_{Ed}	0.958	Mpa	tensione media di taglio longitudinale sulla soletta
As	3142	mm ² /m	area resistente delle armature

Verifica dell'armatura trasversale

cotan(θ_f)	1.25		
θ_f	0.67	rad	
f_{sd}	391.3	Mpa	resistenza delle barre
f_{Ed}	258.43	Mpa	tensione di sollecitazione delle barre per taglio longitudinale

f_{sd}	>	f_{Ed}	VERIFICA SODDISFATTA
----------	---	----------	-----------------------------

10.4 VERIFICA CORDOLO NEI CONFRONTI DELL'AZIONE D'URTO

Le caratteristiche dimensionali e di resistenza dell'ancoraggio della barriera dipendono dal modello prescelto per l'installazione, la cui scelta dovrà ovviamente essere effettuata rispettando i requisiti richiesti dal dispositivo in termini di larghezza minima del cordolo di installazione e resistenza minima del calcestruzzo di base.

Si rimanda pertanto alla documentazione d'omologazione del dispositivo, che dovrà essere prodotta in fase di installazione, per tutti gli approfondimenti inerenti caratteristiche e resistenza dei tirafondo, oltre che per la valutazione di sicurezza dell'ancoraggio della piastra di base.

Si effettua in questa fase una verifica locale dell'oggetto del cordolo, di altezza pari a 150 mm, nei confronti dell'azione orizzontale nominale indotta dall'urto.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Data l'altezza limitata dell'aggetto, il meccanismo resistente è del tipo "shear friction", caratteristico delle mensole "molto tozze", ed impegna la sezione A-A indicata in figura.

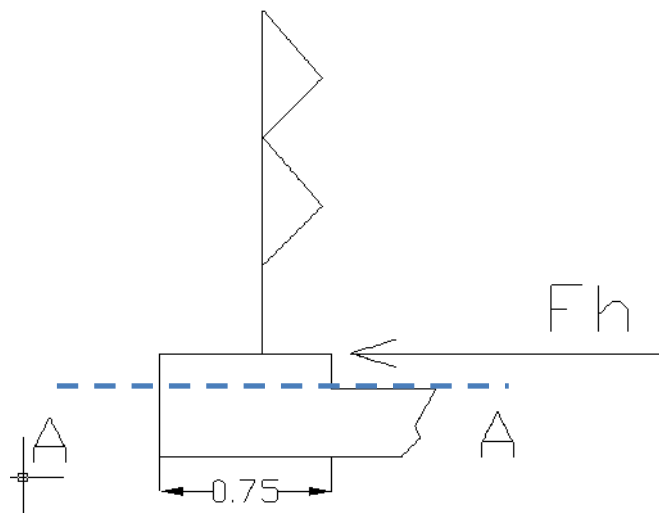


Figura 10.33 Sezione di verifica shear friction

Per l'individuazione e la valutazione dei meccanismi resistenti tipo "shear friction" si rimanda a EN 1992-1-1, cap. 6.2.5.

Con riferimento alla formula 6.25 del par. 6.2.5.(1), la resistenza unitaria di progetto è data in generale dalla somma dei tre contributi indotti da:

- Coesione
- Attrito indotto dalle azioni verticali
- Armature passanti

Risultando:

$$v_{Rd} = c f_{ctd} + \mu \sigma_N + \rho f_{yd} \mu < 0.5 v f_{cd}$$

Per il caso in esame, a favore di sicurezza, si considera esclusivamente il contributo della staffatura passante attraverso la sezione di interfaccia. Infatti risultano teoricamente pressochè nulle le azioni esterne normali alla superficie, mentre si ritiene cautelativo trascurare il contributo della "coesione", dato che la sezione risulta teoricamente impegnata anche da azioni normali di trazione.

Si assume pertanto:

$$\mu = 0.6$$

$$\rho = 2 \times 154 / (200 \times 750) = 2.05 \text{ e-}3 \quad \text{staffe a due braccia } \varnothing 14/20$$

$$v_{Rd,max} = 0.5 \times 0.5 \times 32 / 1.5 = 5.33 \text{ MPa} \quad (v = 0.5 \text{ e } f_{ck} = 32 \text{ MPa})$$

$$f_{ctd} = 2.12 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd} = 0.6 \times 2.05 \text{ e-}3 \times 450 / 1 = 0.55 \text{ MPa} \quad (*)$$

(*) Trattandosi di una verifica in condizione eccezionale, si considera $g_M = 1$ per il calcolo del contributo dell'acciaio.

L'azione orizzontale di progetto, coincide con l'azione nominale massima trasmessa dal singolo paletto più caricato, in fase di urto.

Ipotizzando cautelativamente una diffusione a 45° a partire dall'asse paletto, si considera un'impiezza di diffusione media pari a $b_{max} = 0.75 \text{ m}$.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

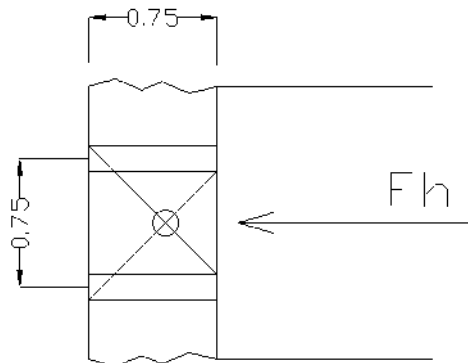


Figura 10.34 Diffusione orizzontale azione trasmessa dal paletto

Si ottiene:

$$v_{Ed} = 100000 / (750 \times 750) = 0.18 \text{ MPa}$$

$$\eta = v_{Ed} / v_{Rd} = 0.18 / 0.55 = 0.33$$

La verifica risulta soddisfatta

11. VERIFICA FASE DI SOLLEVAMENTO

11.1 DIMENSIONAMENTO MARTINETTI DI SOLLEVAMENTO

Per consentire le operazioni di sollevamento impalcato necessarie alla manutenzione dei dispositivi di vincolo, l'impalcato verrà sollevato predisponendo una batteria di martinetti idraulici in corrispondenza delle apposite riserve predisposte a fianco delle travi principali.

Tali riserve sono state specificatamente progettate, predisponendo gli opportuni piatti di irrigidimento necessari per convogliare l'azione dei martinetti lungo gli elementi principali.

In condizione di sollevamento, la batteria di martinetti dovrà garantire una portata atta a vincere la reazione verticale complessiva indotta dai pesi propri e sovraccarichi permanenti, oltre alla coazione indotta dall'iperstaticità della struttura per effetto dello spostamento imposto in corrispondenza dei vincoli.

Il dimensionamento terrà inoltre conto dell'eventuale possibilità di mantenere il flusso veicolare, considerando la reazione dei carichi da traffico in condizione frequente.

A favore di sicurezza, la portata del martinetto verrà dimensionata sulla base del complesso di questi carichi (ipotizzando quindi di operare il sollevamento in contemporanea alla presenza del traffico).

Il sollevamento del manufatto verrà effettuato posizionando i martinetti in corrispondenza di opportuni irrigidimenti previsti lateralmente rispetto agli appoggi.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

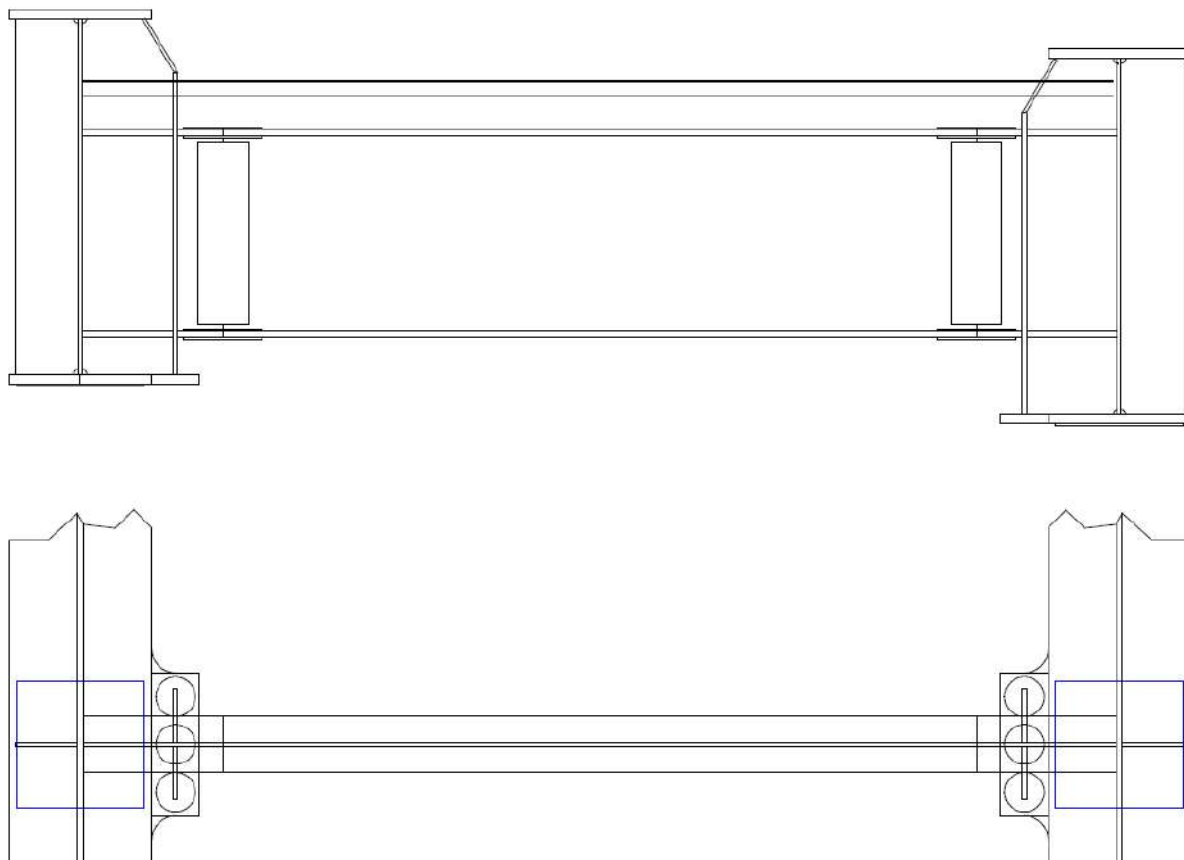


Figura 11.1 Irrigidenti per sollevamento impalcato

La massima deformazione impressa dai martinetti sarà limitata al valore massimo di 30 mm.

Si considera concomitante all'operazione di sollevamento, la presenza dei carichi da traffico frequenti.

Le reazioni al martinetto saranno pertanto fornite dalla somma dei seguenti contributi, cui esplicitati in dettaglio per gli appoggi di pila:

$N_{ED,QP} = -5193 \text{ kN}$	azione di progetto afferente alla comb. S.L.E. quasi permanente
$N_{ED,Qkfr} = -1600 \text{ kN}$	azione di progetto afferente i carichi mobili frequenti
$N_{ED,Soll} = -153 \text{ kN}$	azione di progetto per effetto di $\Delta z = 30 \text{ mm}$ su entrambi gli appoggi

L'azione con cui verranno dimensionati i martinetti risulta pertanto:

$F_{z,Soll} = 7000 \text{ kN}$	per i martinetti da predisporre in pila
$F_{z,Soll} = 2300 \text{ kN}$	per i martinetti da predisporre in spalla

11.2 VERIFICA SEMPLIFICATA DI STABILITÀ

In prima battuta si studia la stabilità globale dell'asta del montante. Lo studio viene effettuato in maniera semplificata, studiando l'asta, modellata come un elemento compatto, vincolata ad incastro all'estremità superiore e caricata dall'azione eccentrica dei martinetti.

L'asta viene modellata come una "beam", assumendo le proprietà geometriche del profilo composto dai piatti principali dell'irrigidente. Viene assunta collaborante una porzione di anima pari a $15 \varepsilon t_w$ da ciascun lato degli irrigidenti trasversali principali.

In figura si riporta lo schema del modello, il rendering e la prima deformata critica.

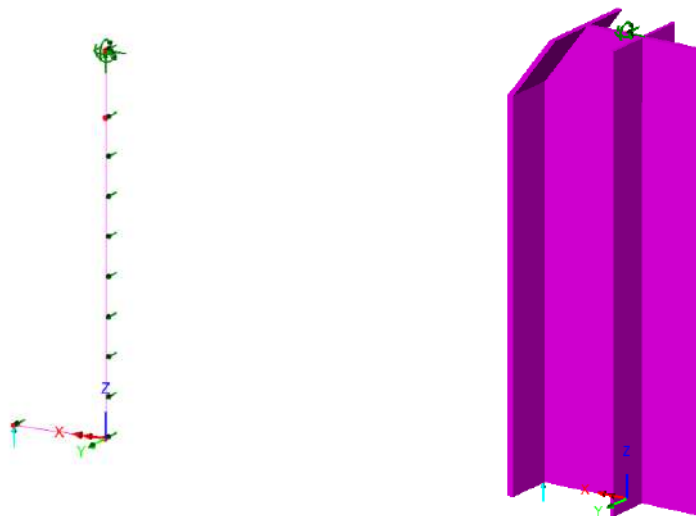


Figura 11.2 Rendering del modello

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

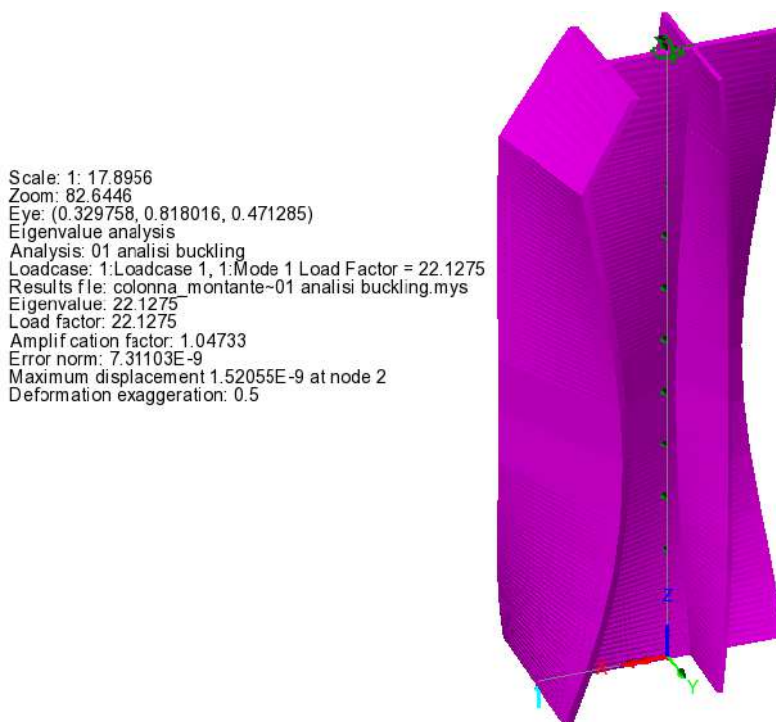


Figura 11.3 mesh E.F Prima defoemata critica

Risultando un moltiplicatore euleriano pari a 22.1, vengono esclusi fenomeni connessi all'instabilità "di colonna".

11.3 STRESS ANALYSIS

La stress analysis è basata su di un modello tridimensionale, implementato tramite il sistema Lusas, attraverso il quale si intende valutare la corretta distribuzione delle azioni nei piatti di irrigidimento predisposti.

Il modello è basato sull'utilizzo di elementi tipo "thick shell" a 8 nodi, dotati di funzioni di forma quadratiche.

La mesh, opportunamente infittita in prossimità delle zone a più elevato gradiente, presenta dimensione caratteristica compresa tra 125 e 250 mm.

Il modello comprende un tratto di trave metallica, di lunghezza complessiva pari a 8 m, modellata simmetricamente rispetto all'asse appoggi di pila, che viene caricato dal basso verso l'alto dalla pressione equivalente alla batteria di martinetti.

La struttura è fittiziamente vincolata alle sezioni di estremità mediante vincoli elasto-rigidi, atti a garantire l'equilibrio del tronco di trave senza introdurre particolari gradienti di tensione.

Dato che lo scopo principale del modello è una valutazione numerico-qualitativa della diffusione delle tensioni localizzate e della presenza di eventuali fenomeni distorsivi, NON si procede alla modellazione dell'elemento di traverso né della soletta.

Le figure seguenti riportano la mesh ed il rendering del modello, con riepilogo degli spessori di shell impiegati.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

L'area di impronta dei martinetti è stata assunta di dimensioni pari a 700 x 100 mm.

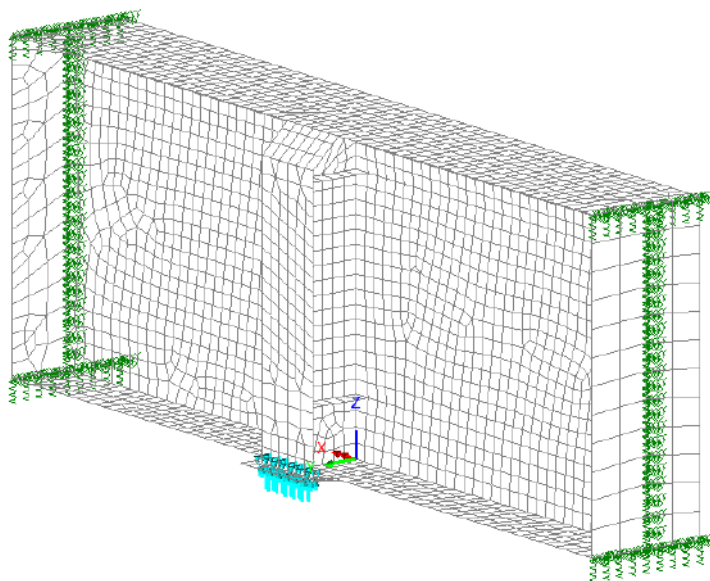


Figura 11.4 mesh E.F. , carichi e vincoli - lato interno

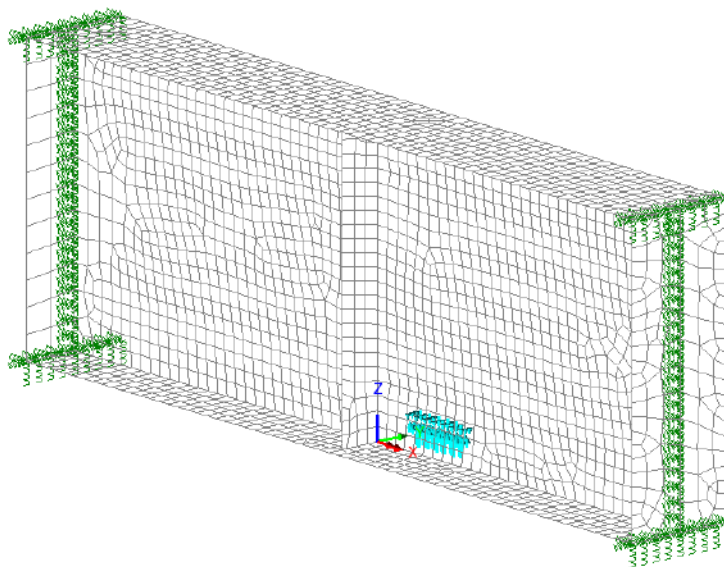


Figura 11.5 mesh E.F. , carichi e vincoli - lato esterno

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

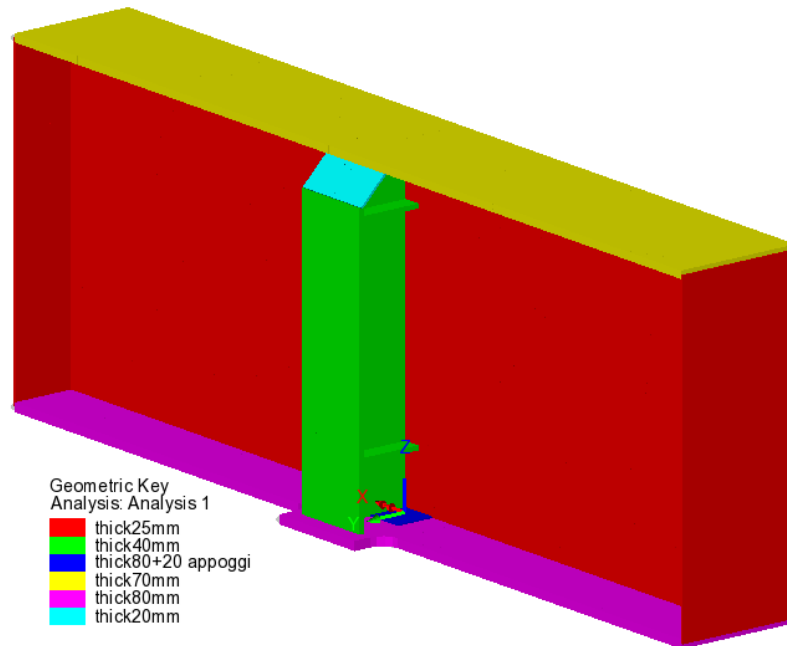


Figura 11.6 Rendering + spessori di calcolo – lato interno

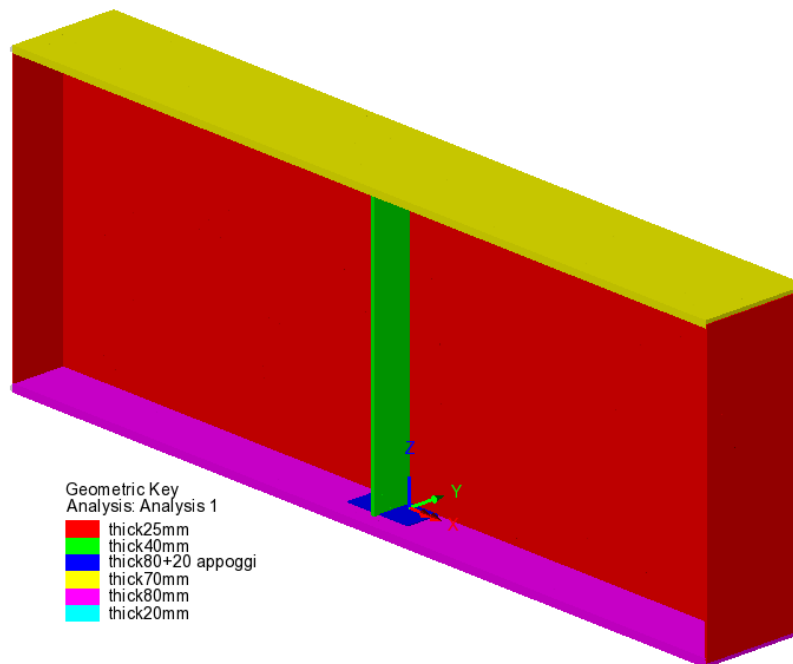


Figura 11.7 Rendering + spessori di calcolo – lato esterno

La forza introdotta dai martinetti viene implementata come carico "global distributed", di intensità specifica pari a:

$$q_z = 7024 / (0.7 \times 0.1) = 100343 \text{ kN/m}^2$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

La valutazione delle tensioni viene effettuata esaminando le tensioni di Von Mises in corrispondenza dei piatti principali.

Di seguito si riporta il diagramma delle tensioni di Von Mises in forma "unaveraged", allo scopo di non falsare i risultati attraverso l'interpolazione ai nodi di elementi afferenti a differenti spessori.

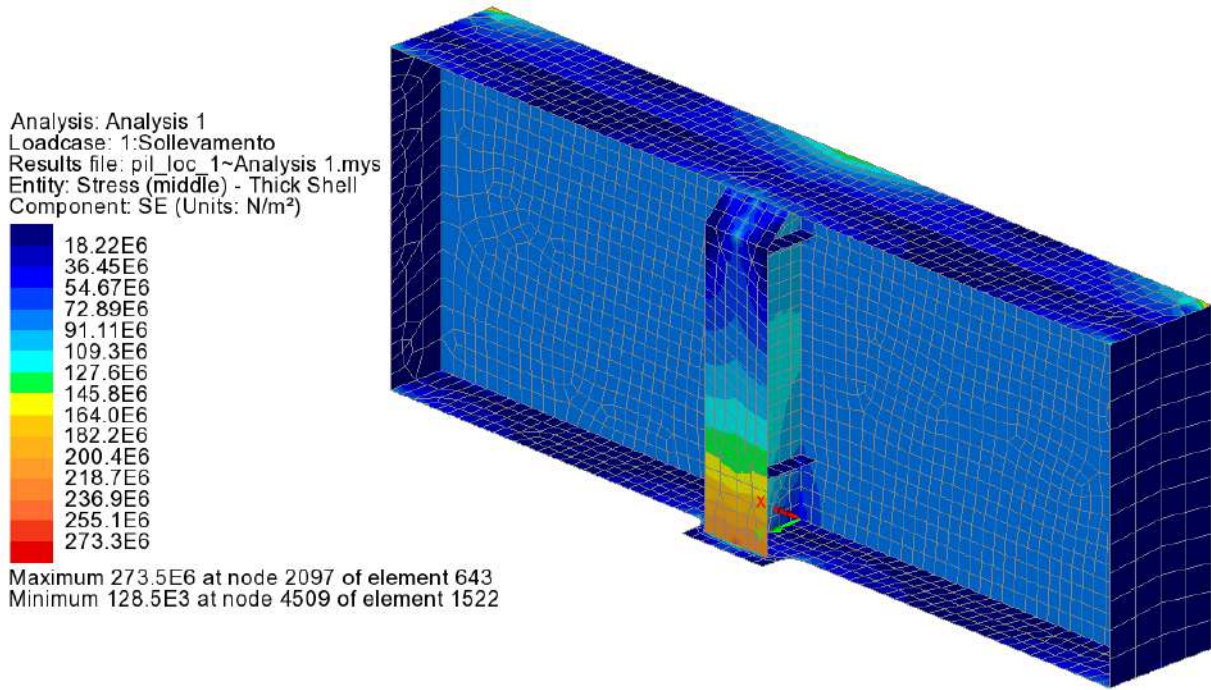


Figura 11.8 Tensioni Von Mises - p.m. lastre - lato interno

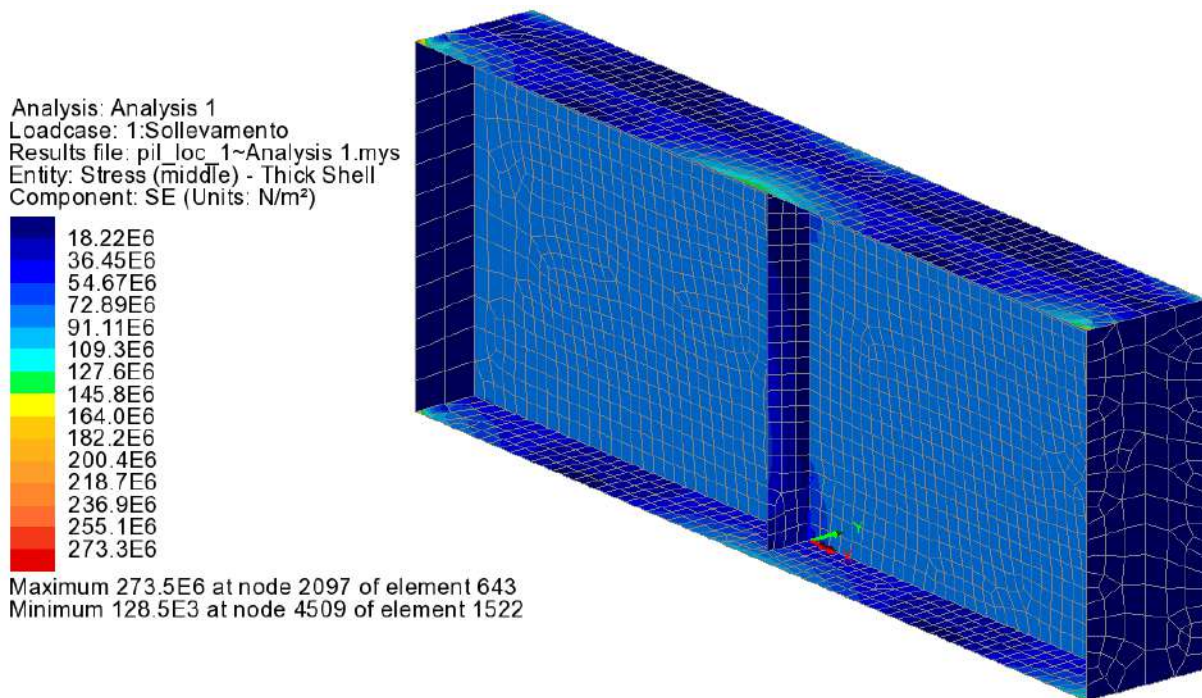


Figura 11.9 Tensioni Von Mises - p.m. lastre - lato esterno

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Il diagramma seguente riporta il dettaglio dell'andamento delle tensioni riferito ai piatti del sistema di irrigidimento.

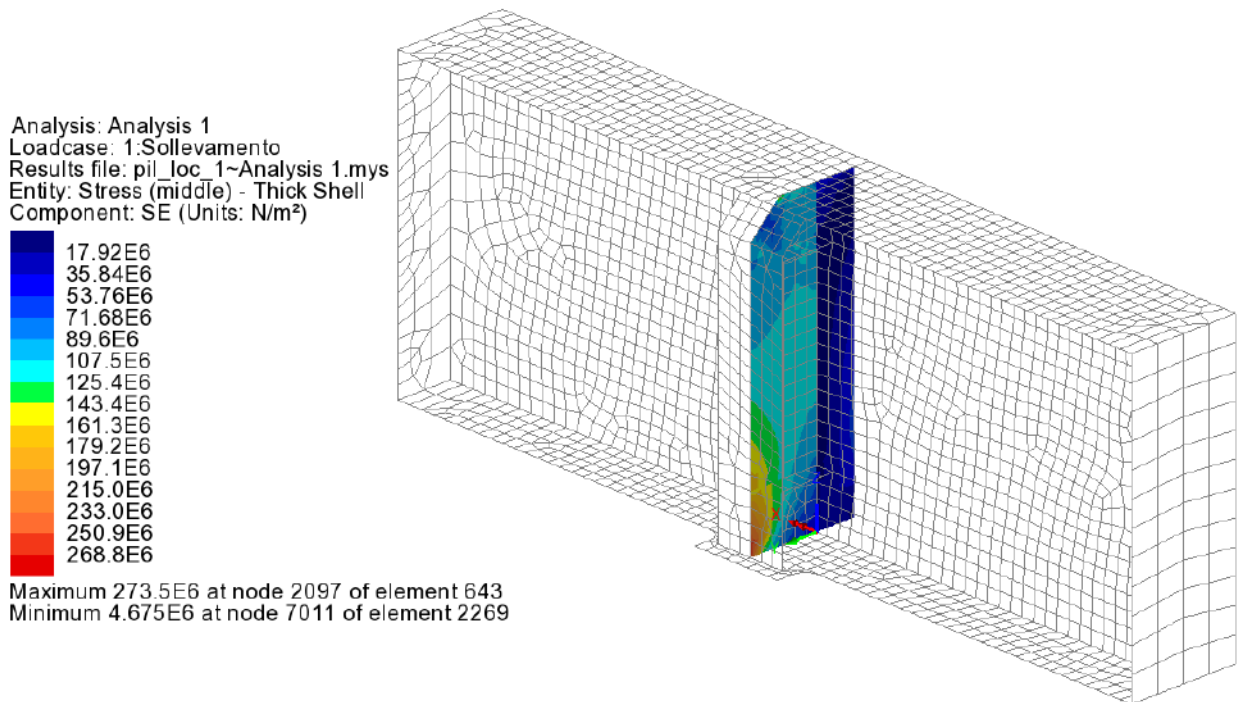


Figura 11.10 Tensioni Von Mises - p.m. lastre – 1

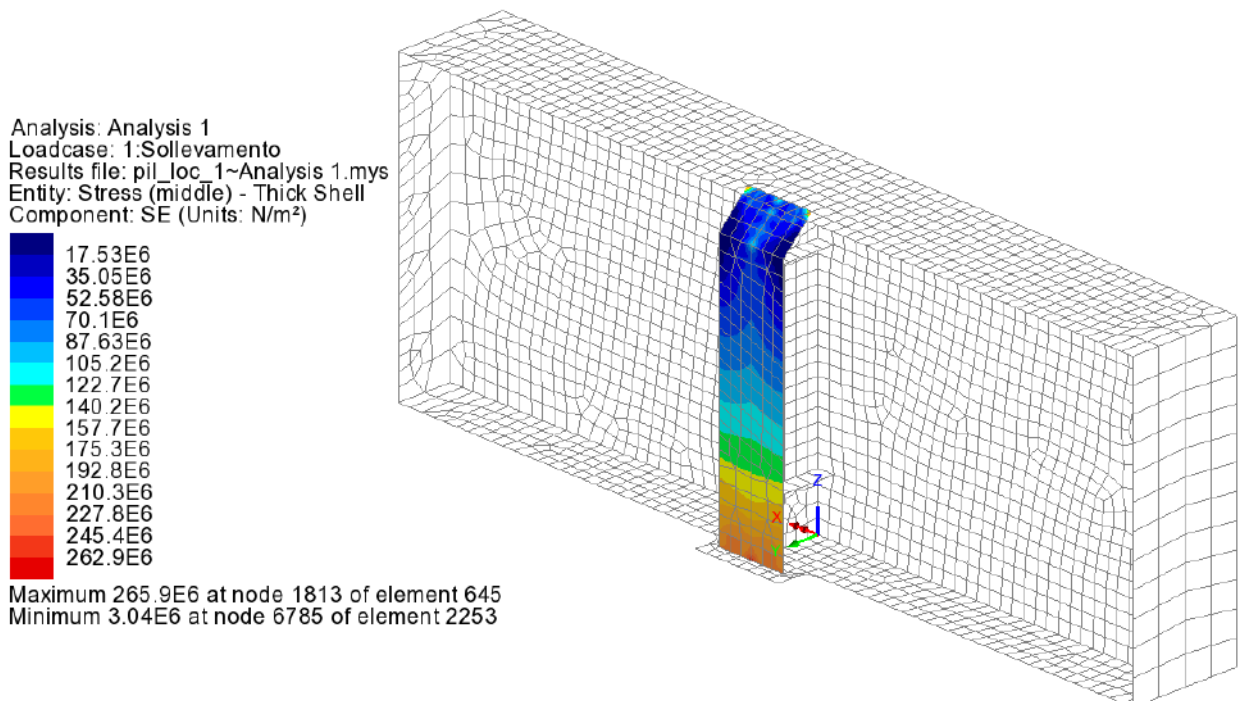


Figura 11.11 Tensioni Von Mises - p.m. lastre – 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

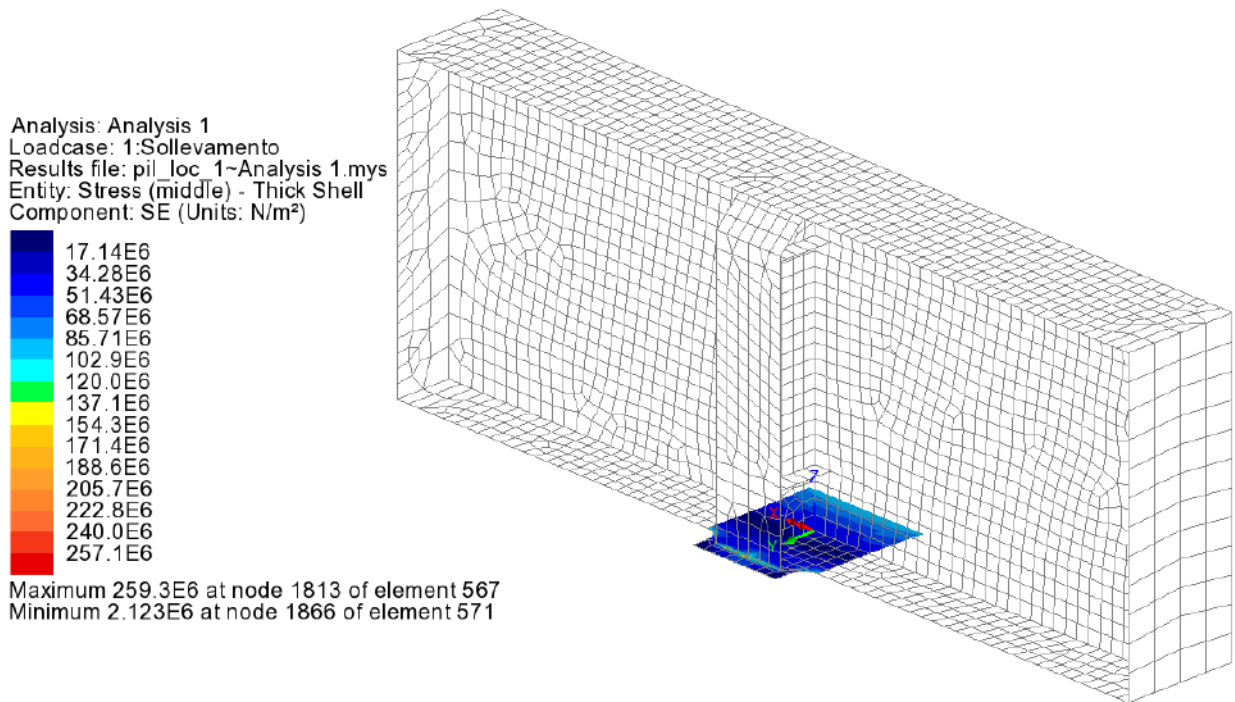


Figura 11.12 Tensioni Von Mises - p.m. lastre – 3

Come si può notare dall'esame dei diagrammi, le tensioni di Von Mises valutate in corrispondenza del piano medio delle lastre, raggiungono un valore di punta intorno ai 273 MPa, in una zona molto localizzata, posta praticamente a diretto contatto con l'azione localizzata dei martinetti.

La tensione media, al di fuori delle zone poste nell'immediata vicinanza delle azioni localizzate si attestano su valori di poco superiori a 220 Mpa.

La verifica durante l'operazione transitoria del sollevamento del manufatto può essere pertanto ritenuta soddisfatta con buon margine.

12.CONTROLLI TRAMITE VALUTAZIONI INDIPENDENTI

La modellazione F.E.M. dell'impalcato e della soletta è stata sottoposta ad un ciclo completo di controlli che ha compreso uno step preliminare consistente in:

- visualizzazione di ciascuna combinazione di carico, allo scopo di cogliere macroscopici errori di input
- esame di dettaglio dei valori numerici dei seguenti model attributes, oltre che delle corrette assegnazioni ai rispettivi elementi:
 - o geometria sezioni
 - o caratteristiche materiali
- esame di dettaglio della completezza e correttezza di ogni singola combinazione di carico e/o involuppo, comprendente il controllo dei fattori moltiplicativi $\gamma_{fav} / \gamma_{unfav}$. Tale esame è stato effettuato sistematicamente per tutte le combinazioni, ed attraverso la stampa, a campione, degli effettivi coefficienti impiegati nell'ambito di predeterminate verifiche – obiettivo.

Sono stati effettuati dei controlli di tipo "diretto", ripercorrendo taluni aspetti del calcolo mediante metodologie completamente indipendenti da quelle impiegate nello sviluppo.

In particolare, si riporta di seguito il controllo indipendente delle sollecitazioni sulla trave di bordo del manufatto.

Il controllo è stato effettuato prendendo in esame i contributi di carico più "dimensionanti", costituiti dal complesso dei pesi propri e permanenti (G1, G2) e dei carichi mobili, ed effettuando una stima semplificata delle azioni interne di momento flettente e taglio lungo la trave più caricata.

Allo scopo, si è elaborato un modello semplificato di trave continua, monodimensionale, riprodotto la successione di campate, e dotato di caratteristiche omogenee per quanto riguarda geometrie e materiali. Per brevità è stata studiata una successione di 5 campate tipo di lunghezza pari a 66 m.

Per i contributi di carico indotti dalle azioni permanenti si ipotizza una uniforme distribuzione sulle 2 travi principali relativamente a ciascun contributo.

Il calcolo indipendente del carico distribuito dovuto a G1 e G2 è riportato in tabella.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Carichi di trave (G1, G2)															
					b_{rif} (m)	N/m	L		kN						
peso acciaio - G1'		278.00	x	-10.00	=	-2780.00	x	11.25	=	-31275.00	294.00	=	-9194.85		
soletta - G1''	0.30	x	2500.00	x	-10.00	=	-7500.00	x	11.25	=	-84375.00	x	294.00	=	-24806.25
manto - G2'	0.11	x	2400.00	x	-10.00	x	-2640.00	x	9.75	=	-25740.00	x	294.00	=	-7567.56
cordoli G2''	0.15	x	2500.00	x	-10.00	x	-3750.00	x	1.50	=	-5625.00	x	294.00	=	-1653.75
barriere G2'''										=	-4000.00	x	294.00	=	-1176.00
velette G2''''										=	-3500.00	x	294.00	=	-1029.00
															-45427.41
G1, totale										-115650.00	N/m	=	-57825	N/m/trave	
G2, totale										-35365.00	N/m	=	-17682.5	N/m/trave	

Tabella 12.1 Valutazione indipendente G1, G2

Le risultanti complessive sono state confrontate con i valori riportati nei file ".out" di lusas per i rispettivi casi di carico, di cui si riportano gli screenshots.

ORCE	-----				RESULTANT	APPLIED	LOAD	AT	ORIGIN	IN	GLOBAL
OUTPUT	GROUP	Fx	Fy	Fz	Fz	Fz			Mx		
		N	N	N	N	N			N	.M	
OAD CASE	6										
TOTALS FOR											
STRUCTURE		0.000000E+00	0.000000E+00	-0.919094E+07	-0.516990E+08						
OAD CASE	12										
TOTALS FOR											
STRUCTURE		0.000000E+00	0.000000E+00	-0.248062E+08	-0.139535E+09						
OAD CASE	734										

Figura 12.1 File ".out" analisi di fase 1 - contributi G1

FORCE	-----				RESULTANT	APPLIED	LOAD	AT	ORIGIN	IN	GLOBAL	DIREC
OUTPUT	GROUP	Fx	Fy	Fz	Fz	Fz			Mx			
		N	N	N	N	N			N	.M		N
LOAD CASE	7											
TOTALS FOR												
STRUCTURE		0.000000E+00	0.000000E+00	-0.115366E+08	-0.648931E+08	0.16						

AVERAGE ASPECT RATIO OF STRUCTURAL ELEMENTS (EXCEPT JOINTS, BARS AND BEA

Figura 12.2 File ".out" analisi di fase 1 - contributi G2

Si rileva preliminarmente, quindi un perfetto accordo tra quanto calcolato per via alternativa e quanto implementato nel modello F.E.M.

$$G1+G2 \text{ F.E.M.} = 45533 \text{ kN} \cong G1+G2 \text{ check} = 45427 \text{ kN}$$

Per i contributi di carico indotti dai carichi mobili, si ipotizza, ai fini del controllo indipendente, una ripartizione "alla courbon" dei carichi posizionati trasversalmente secondo lo schema di figura, avente l'obiettivo di massimizzare il carico sulla trave laterale.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

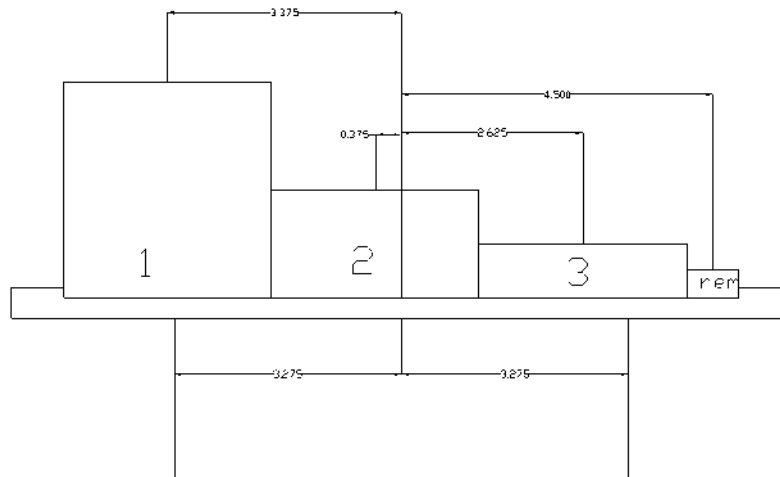


Figura 12.3 Disposizione carichi max m trave esterna

La stesa UDL verrà posizinata sulle campate 1, 3, 5; il carico TS verrà posizionato sulla campata 3 in mezzeria.

La tabella seguente riporta il calcolo dei coefficienti di ripartizione di ciascuna colonna di carico sulla trave esterna (gli effetti della corsia "rem." risultano sgravanti e non vengono pertanto considerati).

Carichi di trave (traffico, Q)

				Coefficients di ripartizione trave 1					
				TS (N)		UDL (N/m)			
	di	di ²	ei (m)	k(d1)	Qtot	Qi	qtot	qi	
d1	-3.275	10.73	e1 -3.375	1.02	300.00	304.58	27.00	27.41	
d2	3.275	10.73	e2 -0.375	0.56	200.00	111.45	7.50	4.18	
			e3 2.625	0.10	100.00	9.92	7.50	0.74	
			e4 4.5	-0.19		0.00	7.50	-1.40	
n	0.5								
Sd ²	21.45								
					Qi (N)	425.95	qi (N/m)	30.93	

Tabella 12.2 Calcolo coefficienti di ripartizione

Ai fini della massimizzazione delle azioni flettenti lungo la campata intermedia n. 2, il carico TS verrà posizionato a circa metà luce, ed il carico UDL sulla sola campata 2.

Qui di seguito si riportano i grafici di azione tagliante e momento flettente calcolato sulla base del modello semplificato "di controllo", e quello dedotto dalla modellazione F.E.M. per la somma dei contributi G1 + G2 + Q.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Scale: 1: 382.545
Zoom: 41.9681
Eye: (-0.510965, -0.710743, 0.483486)
G1+G2+Qk
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.72576E6 at node 87 of element 87
Diagram minimum -3.72576E6 at node 55 of element 55
Diagram scale: 1: 2.68402E-6

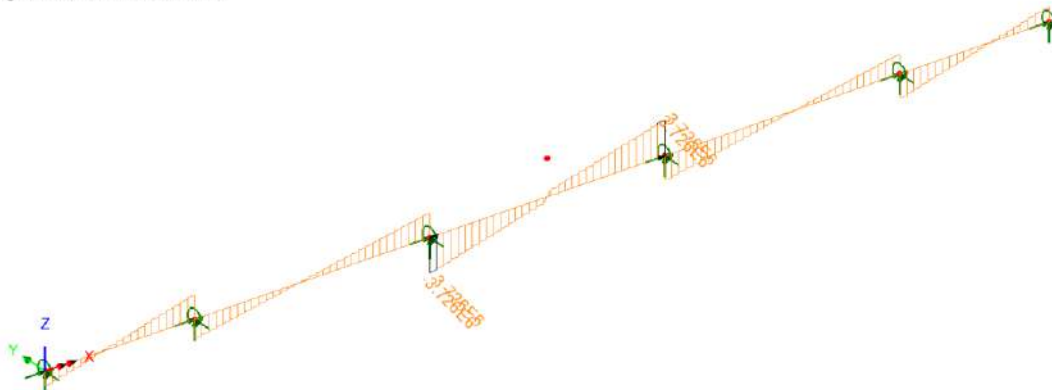


Figura 12.4 Fz - G1+G2+Q - F.E.M. controllo

Scale: 1: 382.545
Zoom: 33.4567
Eye: (-0.510965, -0.710743, 0.483486)
G1+G2+Qk
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 38.1283E6 at node 55 of element 54
Diagram minimum -31.7692E6 at Gauss point 3 of element 71
Diagram scale: 1: 0.262272E-6

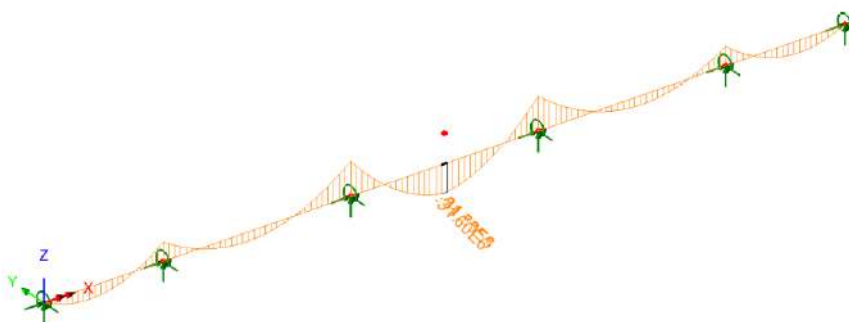


Figura 12.5 My - G1+G2+Q - F.E.M. controllo

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Scale: 1: 631.176
Zoom: 82.939
Eye: (-0.516895, -0.652323, 0.554341)
G1+G2+Qk
Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.9584E6 at BeamShell3 Slice 45 (-X)
Diagram minimum -3.9730E6 at BeamShell3 Slice 23 (+X)
Diagram scale: 1: 5.0339E-6

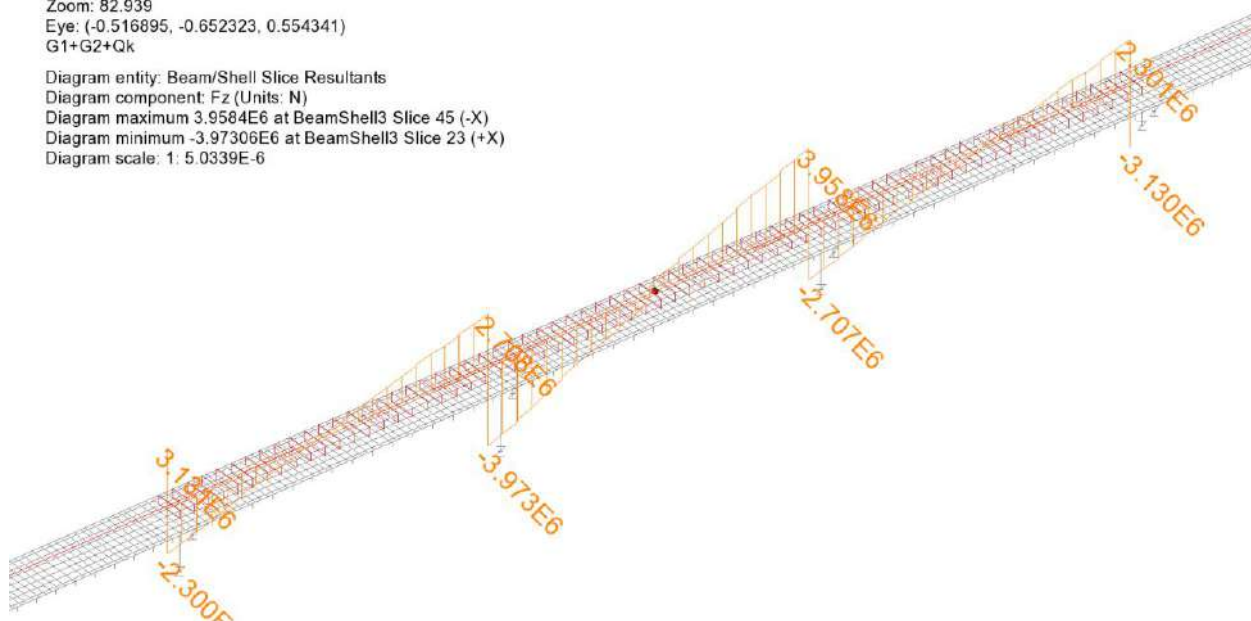


Figura 12.6 Fz - G1+G2+Q - modello F.E.M. originale

Scale: 1: 631.176
Zoom: 82.939
Eye: (-0.516895, -0.652323, 0.554341)
G1+G2+Qk
Diagram entity: Beam/Shell Slice Resultants
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 40.3609E6 at BeamShell3 Slice 23 (-X)
Diagram minimum -31.113E6 at BeamShell3 Slice 34 (-X)
Diagram scale: 1: 0.495529E-6

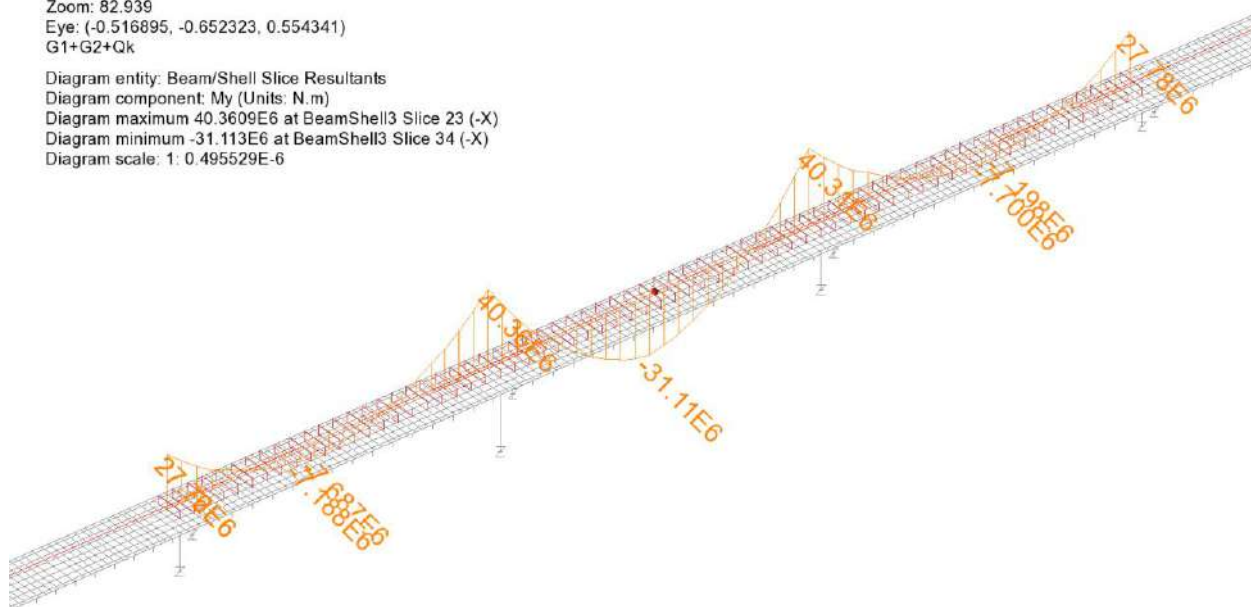


Figura 12.7 My - G1+G2+Q - modello F.E.M. originale

Il confronto dei risultati deve essere "letto" tenendo conto dei seguenti aspetti principali:

- la modellazione semplificata viene effettuata con riferimento ad un elemento monodimensionale omogeneo. Per questo non vengono colti gli effetti redistributivi dovuti alle differenti inerzie degli elementi lungo lo sviluppo, in particolare, non viene colto l'effetto indotto dall'ipotesi di soletta

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

“cracked” in prossimità degli appoggi, effetto parzialmente compensato dalla presenza, in generale, di inerzie di sezioni metalliche considerevolmente inferiori nelle zone di campata.

- la modellazione semplificata viene condotta con riferimento ad uno schema di ripartizione che, per la particolare tipologia di struttura, non è in grado di cogliere il notevole effetto redistributivo introdotto dalla soletta, e che invece viene colto accuratamente nella modellazione F.E.M. condotta con elementi “shell”.

Tali considerazioni consentono di giudicare il confronto tra i risultati ricavati pienamente soddisfacente.

13.ALLEGATO 1 – DETTAGLI VERIFICHE

13.1 SEZIONE C1_1

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x30 mm
Piattabanda inferiore	1100x30 mm
Anima	22x2840 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5306x240 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	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.225E+5	2.144E+5	2.172E+5	2.004E+5	3.432E+5	1.391E+5
z _G (mm)	1379.703	2107.103	2119.706	2038.894	2472.175	1580.999
J _y (mm ⁴)	1.649E+11	3.166E+11	3.192E+11	3.023E+11	3.933E+11	2.065E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.196E+8	-1.502E+8	-1.506E+8	-1.482E+8	-1.591E+8	-1.306E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.222E+8	-1.524E+8	-1.527E+8	-1.505E+8	-1.611E+8	-1.331E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.107E+8	4.149E+8	4.254E+8	3.637E+8	9.887E+8	1.602E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.085E+8	3.992E+8	4.091E+8	3.51E+8	9.194E+8	1.565E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.712E+8	3.799E+8	3.281E+8	8.063E+8	1.497E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.585E+8	3.668E+8	3.178E+8	7.596E+8	1.465E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.095E+8	3.159E+8	2.77E+8	5.979E+8	1.333E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.896E+8	2.955E+8	2.603E+8	5.404E+8	1.275E+8
S _{y,1} (mm ³)	4.504E+7	6.904E+7	6.946E+7	6.679E+7	8.109E+7	5.168E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.507E+7	1.165E+8	1.175E+8	1.112E+8	1.467E+8	7.814E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.064E+7	1.101E+8	1.113E+8	1.036E+8	1.45E+8	5.986E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	8.909E+7	9.064E+7	8.074E+7	1.338E+8	2.465E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.39E+0	-8.78E+5	3.45E-1	2.79E+5
2a	-2.09E-6	-4.31E+5	-5.92E+4	1.81E+5
2b	1.22E-5	1.03E+5	6.44E+4	-3.12E+5
Rit.Iso	-5.34E+6	0	-5.13E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-1.31E-5	-3.02E+5	-1.48E+5	4.92E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.65E+4	-1.91E+6	-5.28E+5	9.11E+5
Totale	-5.33E+6	-3.42E+6	-5.8E+6	1.55E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	129.09	2872.77	0	-1.27	1
Piattabanda superiore	14.63				1
Piattabanda inferiore	17.97				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)	-5.328E+6	M _{Ed} (Nm)	-5.803E+6	N _{Ed} (N)	-5.328E+6
N _{Rd} (N)	-7.158E+7	M _{Rd} (Nm)	-6.816E+7	M _{Ed} (Nm)	-5.803E+6
				M _{Rd} (Nm)	-7.032E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.074	M _{Ed} /M _{Rd}	0.085	M _{Ed} /M _{Rd}	0.083

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	0	1.6	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0
σ ₇	0	-0.2	-0.4	-40.6	0.5	0	0	0	-0.2	-1.1	-0.8	-3.8	-4.9	0.013
σ ₆	0	-0.2	-0.4	-38.4	0.4	0	0	0	-0.2	-1	-0.6	-3.5	-4.5	0.011
σ ₅	0	0	0	1.9	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0
σ ₄	0	-0.1	-0.4	-37	0.4	0	0	0	-0.2	-0.9	-0.5	-3.3	-4.2	0.012
σ ₃	0	-0.1	-0.4	-36.5	0.4	0	0	0	-0.1	-0.9	-0.5	-3.2	-4.1	0.012
σ ₂	0	0	0	-24.6	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0
σ ₁	0	0.4	0.4	8.6	-0.5	0	0	0	0.9	1.1	3.3	4.1	5.2	0.015
σ ₀	0	0.4	0.5	9	-0.5	0	0	0	0.9	1.1	3.4	4.2	5.3	0.016

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.016 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.63 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.86 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.43 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.73 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=129.091 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 57.008 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 6.387E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w = 1.408, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.356$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.18E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.07E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.531, \quad \lambda_w = 1.564, \quad \tau_{cr} = 83.9, \quad C = 1035.7$$

$$M_{Ed} = -5.803E+6 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -3.955E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.147$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.464E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.387E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.536, \quad (= \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.554, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.083$$

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. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.87E+0	-1.19E+6	4.66E-1	3.76E+5
2a	-2.09E-6	-4.31E+5	-5.92E+4	1.81E+5
2b	1.22E-5	1.03E+5	6.44E+4	-3.12E+5
Rit.Iso	-5.34E+6	0	-5.13E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-1.31E-5	-3.02E+5	-1.48E+5	4.92E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.68E+4	-1.92E+6	-5.28E+5	9.12E+5
Totale	-5.33E+6	-3.73E+6	-5.8E+6	1.65E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	129.09	2872.77	0	-1.27	1
Piattabanda superiore	14.63				1
Piattabanda inferiore	17.97				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-5.328E+6	M _{Ed} (Nm)	-5.803E+6	N _{Ed} (N)	-5.328E+6
N _{Rd} (N)	-7.158E+7	M _{Rd} (Nm)	-6.816E+7	M _{Ed} (Nm)	-5.803E+6
				M _{Rd} (Nm)	-7.032E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.074	M _{Ed} /M _{Rd}	0.085	M _{Ed} /M _{Rd}	0.083

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	1.6	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0
σ_7	0	-0.2	-0.4	-40.6	0.5	0	0	0	-0.2	-1.1	-0.8	-3.8	-4.9	0.013
σ_6	0	-0.2	-0.4	-38.4	0.4	0	0	0	-0.2	-1	-0.6	-3.5	-4.5	0.011
σ_5	0	0	0	1.9	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0
σ_4	0	-0.1	-0.4	-37	0.4	0	0	0	-0.2	-0.9	-0.5	-3.2	-4.2	0.012
σ_3	0	-0.1	-0.4	-36.5	0.4	0	0	0	-0.1	-0.9	-0.5	-3.2	-4.1	0.012
σ_2	0	0	0	-24.6	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0
σ_1	0	0.4	0.4	8.6	-0.5	0	0	0	0.9	1.1	3.3	4.1	5.2	0.015
σ_0	0	0.4	0.5	9	-0.5	0	0	0	0.9	1.1	3.4	4.2	5.3	0.016

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.016 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.63 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.86 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.43 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.74 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

$$h_w/t_w=129.091 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=57.008 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 6.387E+6 N**

Essendo:

$$\begin{aligned} a/h_w &= 1.408, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.356 \\ \text{contributo anima: } V_{bw,Rd} &= 6.18E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.07E+5 \text{ N} \\ \chi_w &= 0.531, \quad \lambda_w = 1.564, \quad \tau_{cr} = 83.9, \quad C = 1035.7 \\ M_{Ed} &= -5.803E+6 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -3.955E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.147 \end{aligned}$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.464E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.387E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\begin{aligned} \eta_3 &= V_{Ed}/V_{Rd} = 0.585, \quad (= \text{VERIFICA SODDISFATTA}) \\ \eta_3 &= V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.604, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.083 \end{aligned}$$

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 a stato limite delle tensioni (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.39E+0	-8.78E+5	3.45E-1	2.79E+5
2a	-1.55E-6	-3.19E+5	-4.38E+4	1.34E+5
2b	1.01E-5	8.56E+4	5.37E+4	-2.6E+5
Rit.Iso	-4.45E+6	0	-4.28E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

3a	-8.74E-6	-2.02E+5	-9.87E+4	3.28E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.11E+4	-1.42E+6	-3.91E+5	6.68E+5
Totale	-4.44E+6	-2.73E+6	-4.76E+6	1.15E+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	0	1.4	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0	0
σ_7	0	-0.1	-0.3	-33.9	0.4	0	0	0.1	-0.2	-0.7	-0.6	-2.9	-3.5	3.5	0.01
σ_6	0	-0.1	-0.3	-32	0.4	0	0	0.1	-0.1	-0.7	-0.5	-2.6	-3.2	3.2	0.009
σ_5	0	0	0	1.6	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0	0
σ_4	0	-0.1	-0.3	-30.8	0.3	0	0	0.1	-0.1	-0.6	-0.4	-2.4	-3	3	0.008
σ_3	0	-0.1	-0.3	-30.4	0.3	0	0	0.1	-0.1	-0.6	-0.4	-2.4	-2.9	59.4	0.167
σ_2	0	0	0	-20.5	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	82.4	0.232
σ_1	0	0.3	0.3	7.1	-0.4	0	0	-0.1	0.6	0.7	2.5	3	3.7	55.5	0.156
σ_0	0	0.3	0.3	7.5	-0.4	0	0	-0.1	0.6	0.8	2.5	3.1	3.8	3.8	0.011
τ_4	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.5	-0.2	-0.2		
τ_3	-9.8	-5	-4.2	1.4	1.1	0	0	-12.9	-3.4	-2.7	-23.7	-18.7	-34.2		
τ_2	-15.7	-5.3	-5.5	1.4	1.5	0	0	-19.8	-3.4	-3.5	-24	-24.4	-47.6		
τ_1	-10.9	-3.2	-3.6	0.8	1	0	0	-13.6	-1.9	-2.3	-13.3	-16.1	-32		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.232 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.36 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.55 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.22 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.46 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.39E+0	-8.78E+5	3.45E-1	2.79E+5
2a	-1.55E-6	-3.19E+5	-4.38E+4	1.34E+5
2b	1.01E-5	8.56E+4	5.37E+4	-2.6E+5
Rit.Iso	-4.45E+6	0	-4.28E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.74E-6	-2.02E+5	-9.87E+4	3.28E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.13E+4	-1.42E+6	-3.9E+5	6.7E+5
Totale	-4.44E+6	-2.73E+6	-4.76E+6	1.15E+6

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	0	1.4	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0	0
σ_7	0	-0.1	-0.3	-33.9	0.4	0	0	0.1	-0.2	-0.7	-0.6	-2.8	-3.5	3.5	0.01
σ_6	0	-0.1	-0.3	-32	0.4	0	0	0.1	-0.1	-0.7	-0.5	-2.6	-3.2	3.2	0.009
σ_5	0	0	0	1.6	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0	0
σ_4	0	-0.1	-0.3	-30.8	0.3	0	0	0.1	-0.1	-0.6	-0.4	-2.4	-3	3	0.008
σ_3	0	-0.1	-0.3	-30.4	0.3	0	0	0.1	-0.1	-0.6	-0.4	-2.4	-2.9	59.4	0.167
σ_2	0	0	0	-20.5	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	82.5	0.232

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_1	0	0.3	0.3	7.1	-0.4	0	0	-0.1	0.6	0.7	2.5	3	3.7	55.5	0.156
σ_0	0	0.3	0.3	7.5	-0.4	0	0	-0.1	0.6	0.8	2.5	3.1	3.8	3.8	0.011
τ_4	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.5	-0.2	-0.2			
τ_3	-9.8	-5	-4.2	1.4	1.1	0	0	-12.9	-3.4	-2.7	-23.8	-18.7	-34.3		
τ_2	-15.7	-5.3	-5.5	1.4	1.5	0	0	-19.8	-3.4	-3.5	-24.1	-24.4	-47.6		
τ_1	-10.9	-3.2	-3.6	0.8	1	0	0	-13.6	-1.9	-2.3	-13.3	-16.1	-32		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.232 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.36 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.55 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.22 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.46 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.39E+0	-8.78E+5	3.45E-1	2.79E+5
2a	-1.55E-6	-3.19E+5	-4.38E+4	1.34E+5
2b	1.01E-5	8.56E+4	5.37E+4	-2.6E+5
Rit.Iso	-4.45E+6	0	-4.28E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.74E-6	-2.02E+5	-9.87E+4	3.28E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	7.17E+2	-8.11E+5	-2.24E+5	3.45E+5
Totale	-4.45E+6	-2.12E+6	-4.59E+6	8.25E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0	0	1.3	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0
σ_7	0	-0.1	-0.3	-34.3	0.4	0	0	0.1	-0.2	-0.8	-0.4	-1.7	-2.4
σ_6	0	-0.1	-0.3	-32.5	0.4	0	0	0.1	-0.1	-0.7	-0.3	-1.6	-2.2
σ_5	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
σ_4	0	-0.1	-0.3	-31.3	0.4	0	0	0.1	-0.1	-0.6	-0.2	-1.5	-2
σ_3	0	-0.1	-0.3	-30.9	0.3	0	0	0.1	-0.1	-0.6	-0.2	-1.4	-2
σ_2	0	0	0	-20.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
σ_1	0	0.3	0.3	6.9	-0.4	0	0	-0.1	0.6	0.7	1.4	1.7	2.4
σ_0	0	0.3	0.3	7.3	-0.4	0	0	-0.1	0.6	0.8	1.4	1.7	2.4

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.33 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.53 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.23 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.46 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmin)

Anima	
b (mm)	2840
σ_{sup} (N/mm ²)	-1.95

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_{inf} (N/mm ²)	2.36
σ_{Ed} (N/mm ²)	1.95
K_{σ}	29.18
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.4
τ_{Ed} (N/mm ²)	29.5
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	332.73
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	5.74
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	332.73
K_{τ}	7.36
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.387
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.39E+0	-8.78E+5	3.45E-1	2.79E+5
2a	-1.55E-6	-3.19E+5	-4.38E+4	1.34E+5
2b	1.01E-5	8.56E+4	5.37E+4	-2.6E+5
Rit.Iso	-4.45E+6	0	-4.28E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.74E-6	-2.02E+5	-9.87E+4	3.28E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	8.56E+2	-8.12E+5	-2.24E+5	3.44E+5
Totale	-4.45E+6	-2.13E+6	-4.59E+6	8.24E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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_8	0	0	0	1.3	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0
σ_7	0	-0.1	-0.3	-34.3	0.4	0	0	0.1	-0.2	-0.8	-0.4	-1.7	-2.4
σ_6	0	-0.1	-0.3	-32.5	0.4	0	0	0.1	-0.1	-0.7	-0.3	-1.6	-2.2
σ_5	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
σ_4	0	-0.1	-0.3	-31.3	0.4	0	0	0.1	-0.1	-0.6	-0.2	-1.5	-2
σ_3	0	-0.1	-0.3	-30.9	0.3	0	0	0.1	-0.1	-0.6	-0.2	-1.4	-2
σ_2	0	0	0	-20.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
σ_1	0	0.3	0.3	6.9	-0.4	0	0	-0.1	0.6	0.7	1.4	1.7	2.4
σ_0	0	0.3	0.3	7.3	-0.4	0	0	-0.1	0.6	0.8	1.4	1.7	2.4

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.33 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.53 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.23 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.46 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2840
σ_{sup} (N/mm ²)	-1.95
σ_{inf} (N/mm ²)	2.36
σ_{Ed} (N/mm ²)	1.95

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

K_{σ}	29.21
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.4
τ_{Ed} (N/mm ²)	29.52
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	333.07
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	5.74
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	333.07
K_{τ}	7.36
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.387
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (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)	-847.4
Coefficiente di utilizzo V_{Ed} / V_{Rd}	0.519
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,A}$ (mm ³)	J_y (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-4.307E+5	8.909E+7	3.166E+11	-121.2
Fase 2b	1.028E+5	9.064E+7	3.192E+11	29.2
Fase 2c	0E+00	8.074E+7	3.023E+11	0
Fase 3a	-3.023E+5	1.338E+8	3.933E+11	-102.9
Fase 3b	-1.918E+6	1.338E+8	3.933E+11	-652.5
Totale				-847.4

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)	-616.9
Coefficiente di utilizzo V_{Ed} / V_{Rd}	0.63
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Fase	$V_{Ed} (N)$	$S_{y,A} (mm^3)$	$J_y (mm^4)$	$V_{Ed} (N/mm)$
Fase 2a	-3.19E+5	8.909E+7	3.166E+11	-89.8
Fase 2b	8.563E+4	9.064E+7	3.192E+11	24.3
Fase 2c	0E+00	8.074E+7	3.023E+11	0
Fase 3a	-2.016E+5	1.338E+8	3.933E+11	-68.6
Fase 3b	-1.419E+6	1.338E+8	3.933E+11	-482.8
Totale				-616.9

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	$N (N)$	$V (N)$	$M (Nm)$	$T (Nm)$
1	1.39E+0	-8.78E+5	3.45E-1	2.79E+5
2a	-1.55E-6	-3.19E+5	-4.38E+4	1.34E+5
2b	9.9E-6	1.43E+5	6.2E+4	-2.81E+5
Rit.Iso	-4.45E+6	0	-4.28E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	1.33E-5	1.28E+5	5.75E+4	-1.91E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-2.29E+2	4.92E+4	1.29E+4	-2.94E+4
3b max	-6.59E+1	-3.54E+5	-1.02E+5	1.11E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	0	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0	1.3	0	0
σ_7	0	-0.1	-0.3	-33.8	0.5	0	0	0.1	0.4	0	0.1	-0.2	-0.8	-33.9	0.7	-34.1	-0.2	34.2
σ_6	0	-0.1	-0.3	-32	0.4	0	0	0.1	0.4	0	0.1	-0.1	-0.7	-32	0.6	-32.2	-0.2	0.8
σ_5	0	0	0	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	0	1.5	0	0
σ_4	0	-0.1	-0.3	-30.8	0.4	0	0	0.1	0.4	0	0.1	-0.1	-0.7	-30.8	0.6	-31	-0.2	0.7
σ_3	0	-0.1	-0.3	-30.4	0.4	0	0	0.1	0.4	0	0.1	-0.1	-0.6	-30.4	0.6	-30.6	-0.2	0.7
σ_2	0	0	0	-20.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-20.5	0	-20.5	0	0
σ_1	0	0.3	0.3	7.1	-0.5	0	0	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	0.6	0.8	6.9	-0.7	7.7	0.2	0.9
σ_0	0	0.3	0.3	7.5	-0.5	0	0	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	0.6	0.8	7.3	-0.7	8.1	0.2	0.9
τ_4	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0	-0.1	-0.1	0.2
τ_3	-9.8	-5	-4.2	2.3	1.9	0	0	2.1	1.7	0.8	0.6	-5.9	-4.7	-9.6	-9.6	-16.4	-16.4	6.8
τ_2	-15.7	-5.3	-5.5	2.4	2.5	0	0	2.2	2.2	0.8	0.8	-6	-6.1	-15.7	-15.7	-22.5	-22.5	6.8
τ_1	-10.9	-3.2	-3.6	1.4	1.6	0	0	1.2	1.5	0.5	0.6	-3.3	-4	-11	-11	-14.8	-14.8	3.8
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 = 1.38 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 1.57 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 = 1.34 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.54 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	$N (N)$	$V (N)$	$M (Nm)$	$T (Nm)$
1	1.39E+0	-8.78E+5	3.45E-1	2.79E+5
2a	-1.55E-6	-3.19E+5	-4.38E+4	1.34E+5
2b	9.9E-6	1.43E+5	6.2E+4	-2.81E+5
Rit.Iso	-4.45E+6	0	-4.28E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

3a	1.33E-5	1.28E+5	5.75E+4	-1.91E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-2.29E+2	4.92E+4	1.29E+4	-2.94E+4
3b max	-6.59E+1	-3.54E+5	-1.02E+5	1.11E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	0	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0	1.3	0	0
σ_7	0	-0.1	-0.3	-33.8	0.5	0	0	0.1	0.4	0	0.1	-0.2	-0.8	-33.9	0.7	-34.1	-0.2	34.2
σ_6	0	-0.1	-0.3	-32	0.4	0	0	0.1	0.4	0	0.1	-0.1	-0.7	-32	0.6	-32.2	-0.2	0.8
σ_5	0	0	0	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	0	1.5	0	0
σ_4	0	-0.1	-0.3	-30.8	0.4	0	0	0.1	0.4	0	0.1	-0.1	-0.7	-30.8	0.6	-31	-0.2	0.7
σ_3	0	-0.1	-0.3	-30.4	0.4	0	0	0.1	0.4	0	0.1	-0.1	-0.6	-30.4	0.6	-30.6	-0.2	0.7
σ_2	0	0	0	-20.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-20.5	0	-20.5	0	0
σ_1	0	0.3	0.3	7.1	-0.5	0	0	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	0.6	0.8	6.9	-0.7	7.7	0.2	0.9
σ_0	0	0.3	0.3	7.5	-0.5	0	0	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	0.6	0.8	7.3	-0.7	8.1	0.2	0.9
τ_4	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0	-0.1	-0.1	0.2
τ_3	-9.8	-5	-4.2	2.3	1.9	0	0	2.1	1.7	0.8	0.6	-5.9	-4.7	-9.6	-9.6	-16.4	-16.4	6.8
τ_2	-15.7	-5.3	-5.5	2.4	2.5	0	0	2.2	2.2	0.8	0.8	-6	-6.1	-15.7	-15.7	-22.5	-22.5	6.8
τ_1	-10.9	-3.2	-3.6	1.4	1.6	0	0	1.2	1.5	0.5	0.6	-3.3	-4	-11	-11	-14.8	-14.8	3.8
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 = 1.38 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 1.57 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 = 1.34 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.54 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.17 x 0.928 x 1 x 1 = 2.014 > 2 => 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.458 x 0.928 x 1 x 1 = 2.281 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	48
	Luce per il taglio (m):	19.2
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	1.46	92.593	0.016
Piattabanda inferiore	1.76	92.593	0.019
Anima	15.605	74.074	0.211
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.964 \times 112 = 108 \text{ N/mm}^2$	1.464	79.992	0.018
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.964 \times 112 = 108 \text{ N/mm}^2$	1.76	79.992	0.022
Attacco anima-piattabanda superiore	1.431	82.963	0.017
Attacco anima-piattabanda inferiore	1.727	82.963	0.021
Attacco irrigidente verticale - anima	1.727	59.259	0.029
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	1.431	59.259	0.024
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	1.727	59.259	0.029
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	1.46	92.593	0.016
Piattabanda inferiore	1.76	92.593	0.019
Anima	15.605	74.074	0.211
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.964 \times 112 = 108 \text{ N/mm}^2$	1.464	79.992	0.018
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.964 \times 112 = 108 \text{ N/mm}^2$	1.76	79.992	0.022
Attacco anima-piattabanda superiore	1.431	82.963	0.017
Attacco anima-piattabanda inferiore	1.727	82.963	0.021
Attacco irrigidente verticale - anima	1.727	59.259	0.029
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	1.431	59.259	0.024
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	1.727	59.259	0.029
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 35.76 / (90 / 1.15) = 0.457$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 1.46 / (80 / 1.35) = 0.025$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.457 + 0.025 = 0.482$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 35.76 / (90 / 1.15) = 0.457$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 1.46 / (80 / 1.35) = 0.025$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.457 + 0.025 = 0.482$
VERIFICA SODDISFATTA	

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

13.2 SEZIONE C2_6

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	18x2810 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.416E+5	2.39E+5	2.42E+5	2.241E+5	3.755E+5	1.593E+5
z _G (mm)	1261.823	2001.547	2014.839	1929.897	2393.575	1461.359
J _y (mm ⁴)	2.136E+11	4.041E+11	4.075E+11	3.856E+11	5.058E+11	2.645E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.693E+8	-2.019E+8	-2.023E+8	-1.998E+8	-2.113E+8	-1.81E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.763E+8	-2.071E+8	-2.074E+8	-2.051E+8	-2.158E+8	-1.874E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.336E+8	4.707E+8	4.822E+8	4.145E+8	1.084E+9	1.891E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.304E+8	4.498E+8	4.604E+8	3.974E+8	9.988E+8	1.838E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.216E+8	4.312E+8	3.743E+8	8.93E+8	1.765E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.088E+8	4.179E+8	3.637E+8	8.481E+8	1.73E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.581E+8	3.655E+8	3.213E+8	6.868E+8	1.585E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.372E+8	3.439E+8	3.036E+8	6.272E+8	1.521E+8
S _{y,1} (mm ³)	6.803E+7	1.087E+8	1.094E+8	1.048E+8	1.303E+8	7.9E+7
S _{y,2} (mm ³)	8.124E+7	1.43E+8	1.442E+8	1.366E+8	1.797E+8	9.693E+7
S _{y,3} (mm ³)	5.825E+7	1.364E+8	1.378E+8	1.288E+8	1.777E+8	7.932E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.047E+8	1.066E+8	9.459E+7	1.602E+8	2.825E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	2.1E+1	4.67E+5	-9.14E+6	-1.4E+5
2a	7.19E-5	1.61E+5	-3.48E+6	-6.74E+4
2b	2.77E-5	1.03E+5	2.28E+6	-4.54E+4
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.04E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-3.95E-4	-3.02E+5	-6.78E+6	1.34E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-4.23E+5	-4.35E+5	-2.15E+7	-5.99E+4
Totale	-6.09E+6	-6.86E+3	-4.47E+7	-1.78E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	<i>c/t</i>	<i>z_{pl}</i> (mm)	<i>α</i>	<i>ψ</i>	Classe
Anima	156.11	2865.61	0	-1.44	1
Piattabanda superiore	11.02				1
Piattabanda inferiore	10.82				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)	-6.089E+6	M _{Ed} (Nm)	-4.466E+7	N _{Ed} (N)	-6.089E+6
N _{Rd} (N)	-7.88E+7	M _{Rd} (Nm)	-8.085E+7	M _{Ed} (Nm)	-4.466E+7
				M _{Rd} (Nm)	-8.375E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.077	M _{Ed} /M _{Rd}	0.552	M _{Ed} /M _{Rd}	0.533

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	2.1	0	0	0	0	-1.7	0	-5.7	0	-5.9	0.315
σ ₇	0	-9.7	-22	-33.7	14.4	0	0	-7.5	-9.9	-42.8	-32.4	-138.3	-85.7	0.219
σ ₆	0	-8.5	-20.1	-32.4	13.2	0	0	-6.9	-8	-39.2	-26.5	-127	-75.4	0.193
σ ₅	0	-0.5	0	2.2	0	0	0	0	-1.2	0	-4	0	-3.5	0.187
σ ₄	-70.1	-7.7	-18.9	-31.6	12.4	0	0	-76.6	-6.8	-36.9	-22.7	-119.6	-138.8	0.411
σ ₃	-68.4	-7.4	-18.4	-31.2	12.1	0	0	-74.7	-6.3	-35.9	-21	-116.4	-134.2	0.397
σ ₂	0	0	0	-23.4	0	0	0	0	0	0	-1.1	-2.7	-24.5	0.073
σ ₁	51.9	16.8	18.6	-5.3	-12.2	0	0	58.2	31.4	36.2	98.5	112.1	193.3	0.606
σ ₀	54	17.2	19.2	-4.9	-12.6	0	0	60.6	32.1	37.5	100.6	116.2	199.1	0.624

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.624 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.48 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.74 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.92 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.51 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

$$h_w/t_w=156.111 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.843 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 4.451E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=1.423, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.314$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=4.125E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=3.259E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.438, \quad \lambda_{tw}=1.896, \quad \tau_{cr}=57, \quad C=1116.9$$

$$M_{Ed}=-4.466E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=-5.939E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.752$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.185E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.451E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.002, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.002, \quad \eta_1 = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.533$$

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. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.55E+1	3.46E+5	-6.77E+6	-1.04E+5
2a	5.32E-5	1.19E+5	-2.58E+6	-5E+4
2b	2.77E-5	1.03E+5	2.28E+6	-4.54E+4
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.04E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-3.95E-4	-3.02E+5	-6.78E+6	1.34E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	8.68E+5	-7.83E+5	-1.72E+7	2.73E+5
Totale	-4.8E+6	-5.18E+5	-3.71E+7	2.08E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	156.11	2867.73	0	-1.48	1
Piattabanda superiore	11.02				1
Piattabanda inferiore	10.82				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-4.798E+6	M _{Ed} (Nm)	-3.706E+7	N _{Ed} (N)	-4.798E+6
N _{Rd} (N)	-7.88E+7	M _{Rd} (Nm)	-8.085E+7	M _{Ed} (Nm)	-3.706E+7
				M _{Rd} (Nm)	-8.314E+7
N _{Ed} / N _{Rd}	0.061	M _{Ed} / M _{Rd}	0.458	M _{Ed} / M _{Rd}	0.446

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	-0.5	0	2.1	0	0	0	0	-1.7	0	-4	0	-4.1	0.218
σ ₇	0	-7.2	-16.3	-33.7	14.4	0	0	-1.8	-9.9	-42.8	-22.7	-103	-73.5	0.188
σ ₆	0	-6.3	-14.9	-32.4	13.2	0	0	-1.7	-8	-39.2	-17.9	-93.9	-64.6	0.165
σ ₅	0	-0.4	0	2.2	0	0	0	0	-1.2	0	-2.7	0	-2.1	0.11
σ ₄	-51.9	-5.7	-14	-31.6	12.4	0	0	-53.5	-6.8	-36.9	-14.9	-88	-110.9	0.328
σ ₃	-50.7	-5.5	-13.6	-31.2	12.1	0	0	-52.2	-6.3	-35.9	-13.5	-85.4	-107.1	0.317
σ ₂	0	0	0	-23.4	0	0	0	0	0	0	2.3	5.4	-21.1	0.062
σ ₁	38.4	12.4	13.8	-5.3	-12.2	0	0	40	31.4	36.2	81.9	97.1	158.9	0.498
σ ₀	40	12.8	14.2	-4.9	-12.6	0	0	41.6	32.1	37.5	83.6	100.4	163.6	0.513

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.513 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.64 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 = -4.11 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.06 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
 $h_w/t_w=156.111 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=56.843$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=4.576E+6 N**

Essendo:

$a/h_w=1.423$, $\eta=1.2$, $K_\tau=7.314$
contributo anima: $V_{bw,Rd}=4.125E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=4.514E+5$ N
 $\chi_w=0.438$, $\lambda_w=1.896$, $\tau_{cr}=57$, $C=1116.9$
 $M_{Ed}=-3.706E+7$ Nm, $M_{f,Rd}=-5.874E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.631$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=1.185E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.576E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.113, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.126, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.446$$

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+1	3.46E+5	-6.77E+6	-1.04E+5
2a	5.32E-5	1.19E+5	-2.58E+6	-5E+4
2b	2.3E-5	8.56E+4	1.9E+6	-3.78E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.03E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-2.64E-4	-2.02E+5	-4.52E+6	8.95E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-2.63E+5	-3.24E+5	-1.59E+7	-4.21E+4
Totale	-4.98E+6	2.55E+4	-3.29E+7	-1.44E+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_{id}	η_1
σ_8	0	-0.5	0	1.7	0	0	0	0	-1.2	0	-4.2	0	-4	4	0.203
σ_7	0	-7.2	-16.3	-28.1	12	0	0	-4.3	-6.6	-28.5	-23.9	-102.1	-65.7	65.7	0.183
σ_6	0	-6.3	-14.9	-27	11	0	0	-3.9	-5.3	-26.1	-19.5	-93.7	-58.1	58.1	0.161
σ_5	0	-0.4	0	1.9	0	0	0	0	-0.8	0	-3	0	-2.3	2.3	0.115
σ_4	-51.9	-5.7	-14	-26.3	10.4	0	0	-55.6	-4.5	-24.6	-16.6	-88.3	-105.1	105.1	0.296
σ_3	-50.7	-5.5	-13.6	-26	10.1	0	0	-54.2	-4.2	-23.9	-15.4	-85.9	-101.7	101.7	0.286
σ_2	0	0	0	-19.5	0	0	0	0	0	0	-0.7	-1.6	-20.2	20.3	0.057

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_1	38.4	12.4	13.8	-4.4	-10.2	0	0	42	21	24.1	73.1	83.3	140.5	140.5	0.419
σ_0	40	12.8	14.2	-4.1	-10.5	0	0	43.7	21.4	25	74.7	86.4	144.8	144.8	0.432
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0	-0.1		
τ_3	5.2	2.2	2	1.6	1.4	0	0	8.7	-3.9	-3.4	-6.3	-5.4	-1.2		
τ_2	7.3	2.3	2.4	1.7	1.7	0	0	11.5	-4	-4.1	-6.4	-6.6	1		
τ_1	6.1	1.8	2	1.3	1.4	0	0	9.5	-2.9	-3.3	-4.6	-5.4	1.7		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.432 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.29 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.5 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -4.04 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.28 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.55E+1	3.46E+5	-6.77E+6	-1.04E+5
2a	5.32E-5	1.19E+5	-2.58E+6	-5E+4
2b	2.3E-5	8.56E+4	1.9E+6	-3.78E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.03E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-2.64E-4	-2.02E+5	-4.52E+6	8.95E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	5.93E+5	-5.79E+5	-1.27E+7	2E+5
Totale	-4.13E+6	-2.3E+5	-2.97E+7	9.8E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	1.7	0	0	0	0	-1.2	0	-3	0	-2.9	2.9	0.144
σ_7	0	-7.2	-16.3	-28.1	12	0	0	-4.3	-6.6	-28.5	-17	-76.6	-58.8	58.8	0.163
σ_6	0	-6.3	-14.9	-27	11	0	0	-3.9	-5.3	-26.1	-13.4	-69.9	-52.1	52.1	0.145
σ_5	0	-0.4	0	1.9	0	0	0	0	-0.8	0	-2	0	-1.3	1.3	0.068
σ_4	-51.9	-5.7	-14	-26.3	10.4	0	0	-55.6	-4.5	-24.6	-11.2	-65.5	-99.6	99.6	0.281
σ_3	-50.7	-5.5	-13.6	-26	10.1	0	0	-54.2	-4.2	-23.9	-10.2	-63.6	-96.5	97	0.273
σ_2	0	0	0	-19.5	0	0	0	0	0	0	1.6	3.7	-17.9	19.3	0.054
σ_1	38.4	12.4	13.8	-4.4	-10.2	0	0	42	21	24.1	60.6	71.7	127.9	128	0.382
σ_0	40	12.8	14.2	-4.1	-10.5	0	0	43.7	21.4	25	61.8	74.1	131.9	131.9	0.394
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.2	-0.1	-0.2		
τ_3	5.2	2.2	2	1.6	1.4	0	0	8.7	-3.9	-3.4	-11.3	-9.6	-6.2		
τ_2	7.3	2.3	2.4	1.7	1.7	0	0	11.5	-4	-4.1	-11.4	-11.8	-4.1		
τ_1	6.1	1.8	2	1.3	1.4	0	0	9.5	-2.9	-3.3	-8.3	-9.6	-2		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.394 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.29 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.5 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.86 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.35 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.55E+1	3.46E+5	-6.77E+6	-1.04E+5
2a	5.32E-5	1.19E+5	-2.58E+6	-5E+4
2b	2.3E-5	8.56E+4	1.9E+6	-3.78E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.03E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-2.64E-4	-2.02E+5	-4.52E+6	8.95E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.1E+5	-2.32E+5	-9.15E+6	-1.62E+4
Totale	-4.61E+6	1.17E+5	-2.61E+7	-1.18E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	-0.5	0	1.7	0	0	0	0	-1.2	0	-2.3	0	-2.2
σ_7	0	-7.3	-17	-28.8	12.5	0	0	-4.4	-6.6	-29.8	-13	-59.5	-55.7
σ_6	0	-6.4	-15.6	-27.7	11.5	0	0	-4.1	-5.3	-27.3	-10.5	-54.5	-49.9
σ_5	0	-0.4	0	1.8	0	0	0	0	-0.8	0	-1.6	0	-1
σ_4	-55.7	-5.8	-14.7	-27	10.8	0	0	-59.6	-4.5	-25.8	-8.8	-51.4	-101.9
σ_3	-54.4	-5.5	-14.3	-26.7	10.6	0	0	-58.1	-4.2	-25.1	-8.1	-50	-98.9
σ_2	0	0	0	-20.1	0	0	0	0	0	0	0.3	0.7	-19.8
σ_1	38.1	12.4	13.6	-4.9	-10.1	0	0	41.7	21	23.9	42.7	49.1	109.4
σ_0	39.8	12.7	14.1	-4.5	-10.4	0	0	43.5	21.4	24.8	43.6	50.9	113.1

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.24 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.45 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.2 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.95 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmin)

	Anima
b (mm)	2810
σ_{sup} (N/mm ²)	-98.62
σ_{inf} (N/mm ²)	109.43
σ_{Ed} (N/mm ²)	98.62
K_{σ}	26.61
σ_{cr0E} (N/mm ²)	7.8
τ_{Ed} (N/mm ²)	2.12
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	207.49
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	3.84
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	207.49
K_{τ}	7.31
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.477
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmin)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.55E+1	3.46E+5	-6.77E+6	-1.04E+5
2a	5.32E-5	1.19E+5	-2.58E+6	-5E+4
2b	2.3E-5	8.56E+4	1.9E+6	-3.78E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.03E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-2.64E-4	-2.02E+5	-4.52E+6	8.95E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	9.07E+4	-3.52E+5	-7.79E+6	1.08E+5
Totale	-4.63E+6	-3.14E+3	-2.48E+7	5.52E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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_8	0	-0.5	0	1.7	0	0	0	0	-1.2	0	-1.9	0	-1.9
σ_7	0	-7.3	-17	-28.9	12.6	0	0	-4.4	-6.6	-29.9	-11.1	-50.8	-53.8
σ_6	0	-6.4	-15.6	-27.8	11.5	0	0	-4.1	-5.3	-27.4	-8.9	-46.6	-48.4
σ_5	0	-0.4	0	1.8	0	0	0	0	-0.8	0	-1.4	0	-0.7
σ_4	-56	-5.8	-14.7	-27.1	10.9	0	0	-59.8	-4.5	-25.8	-7.5	-43.9	-100.9
σ_3	-54.7	-5.5	-14.3	-26.8	10.6	0	0	-58.4	-4.1	-25.1	-6.9	-42.7	-98.1
σ_2	0	0	0	-20.2	0	0	0	0	0	0	0.2	0.6	-19.9
σ_1	38.1	12.4	13.6	-4.9	-10.1	0	0	41.6	21	23.9	36.4	41.8	102.9
σ_0	39.7	12.7	14.1	-4.5	-10.4	0	0	43.4	21.4	24.8	37.1	43.3	106.5

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.24 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.44 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.86 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.72 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2810
σ_{sup} (N/mm ²)	-97.72
σ_{inf} (N/mm ²)	102.99
σ_{Ed} (N/mm ²)	97.72
K_{σ}	25.23
σ_{cr0E} (N/mm ²)	7.8
τ_{Ed} (N/mm ²)	1.13
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	196.67
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	3.84
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	196.67
K_{τ}	7.31
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.497
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

Verifica connessione trave soletta

Caratteristiche generali

Numero di pioli per unita' di lunghezza, n (m ⁻¹)	15
Diametro dei pioli, d (mm)	19

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (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)	1224.8
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	-286.1
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.234
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	1.192E+5	1.047E+8	4.041E+11	30.9
Fase 2b	1.028E+5	1.066E+8	4.075E+11	26.9
Fase 2c	0E+00	9.459E+7	3.856E+11	0
Fase 3a	-3.023E+5	1.602E+8	5.058E+11	-95.8
Fase 3b	-7.832E+5	1.602E+8	5.058E+11	-248.1
Totale				-286.1

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)	734.9
Fattore di riduzione, κ_s	0.6
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	-193.9
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.264
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	1.192E+5	1.047E+8	4.041E+11	30.9
Fase 2b	8.563E+4	1.066E+8	4.075E+11	22.4
Fase 2c	0E+00	9.459E+7	3.856E+11	0
Fase 3a	-2.016E+5	1.602E+8	5.058E+11	-63.8
Fase 3b	-5.789E+5	1.602E+8	5.058E+11	-183.4
Totale				-193.9

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.55E+1	3.46E+5	-6.77E+6	-1.04E+5
2a	5.32E-5	1.19E+5	-2.58E+6	-5E+4
2b	1.96E-5	1.43E+5	3.18E+6	-6.06E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.03E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	1.79E-4	1.28E+5	2.87E+6	-5.67E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-3.34E+4	5.06E+4	1.08E+6	-2.73E+4
3b max	5.83E+4	2.67E+4	-3.42E+6	-3.93E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	0	0	0	0.7	0	0.3	0	-0.8	0	2.5	0	1.4	0	0
σ_7	0	-7.2	-16.3	-24.6	20	0	0	4.2	18.1	1.5	6.6	-4.8	-21.2	-26.1	28.5	-32.4	0.7	61.4
σ_6	0	-6.3	-14.9	-23.9	18.4	0	0	3.4	16.6	1.2	6	-3.9	-19.4	-25.7	26.1	-30.7	0.7	25.4
σ_5	0	-0.4	0	2	0	0	0	0.5	0	0.2	0	-0.6	0	2.4	0	1.6	0	0
σ_4	-51.9	-5.7	-14	-23.5	17.3	0	0	2.9	15.6	1	5.6	-3.3	-18.2	-77.3	-27.4	-81.6	-51.3	23.9
σ_3	-50.7	-5.5	-13.6	-23.4	16.8	0	0	2.6	15.2	0.9	5.5	-3	-17.7	-75.9	-26.8	-79.8	-50	23.2
σ_2	0	0	0	-19.5	0	0	0	0	0	-0.1	-0.2	0.2	0.4	-19.6	-0.2	-19.4	0.4	0.6
σ_1	38.4	12.4	13.8	-10.6	-16.9	0	0	-13.3	-15.3	-5.1	-5.9	16	18.6	21.9	13.9	43	38.5	24.5
σ_0	40	12.8	14.2	-10.3	-17.5	0	0	-13.6	-15.9	-5.2	-6.1	16.3	19.2	23.6	14.7	45.1	40.1	25.4
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0
τ_3	5.2	2.2	2	2.7	2.4	0	0	2.5	2.1	1	0.8	0.5	0.4	13.6	13.6	13.2	13.2	0.5
τ_2	7.3	2.3	2.4	2.8	2.9	0	0	2.5	2.6	1	1	0.5	0.5	16	16	15.5	15.5	0.5
τ_1	6.1	1.8	2	2.1	2.4	0	0	1.8	2.1	0.7	0.8	0.4	0.4	12.6	12.6	12.2	12.2	0.3
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 = 2.51 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.37 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 = 1.41 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.6 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.55E+1	3.46E+5	-6.77E+6	-1.04E+5
2a	5.32E-5	1.19E+5	-2.58E+6	-5E+4
2b	1.96E-5	1.43E+5	3.18E+6	-6.06E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.03E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	1.79E-4	1.28E+5	2.87E+6	-5.67E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	5.22E+4	1.76E+5	-3.22E+6	-2.79E+4
3b max	5.38E+4	-1.52E+5	-3.26E+6	1.97E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	0	0	0	0.7	0	-0.8	0	-0.8	0	1.5	0	1.4	0	0
σ_7	0	-7.2	-16.3	-24.6	20	0	0	4.2	18.1	-4.5	-20	-4.6	-20.2	-32.1	1.9	-32.2	1.7	5.7
σ_6	0	-6.3	-14.9	-23.9	18.4	0	0	3.4	16.6	-3.7	-18.3	-3.7	-18.5	-30.5	1.8	-30.6	1.6	0.2
σ_5	0	-0.4	0	2	0	0	0	0.5	0	-0.6	0	-0.6	0	1.6	0	1.6	0	0
σ_4	-51.9	-5.7	-14	-23.5	17.3	0	0	2.9	15.6	-3.1	-17.2	-3.1	-17.4	-81.4	-50.2	-81.4	-50.4	0.2
σ_3	-50.7	-5.5	-13.6	-23.4	16.8	0	0	2.6	15.2	-2.8	-16.7	-2.9	-16.9	-79.7	-49	-79.7	-49.2	0.2
σ_2	0	0	0	-19.5	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.1	0.3	-19.4	0.3	-19.4	0.3	0
σ_1	38.4	12.4	13.8	-10.6	-16.9	0	0	-13.3	-15.3	15	17.5	15.2	17.7	42	37.4	42.2	37.6	0.2

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_0	40	12.8	14.2	-10.3	-17.5	0	0	-13.6	-15.9	15.4	18.1	15.6	18.3	44.2	38.9	44.4	39.2	0.2
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	-0.1	0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
τ_3	5.2	2.2	2	2.7	2.4	0	0	2.5	2.1	3.4	2.9	-3	-2.5	16.1	16.1	9.7	9.7	6.4
τ_2	7.3	2.3	2.4	2.8	2.9	0	0	2.5	2.6	3.5	3.6	-3	-3.1	18.5	18.5	12	12	6.5
τ_1	6.1	1.8	2	2.1	2.4	0	0	1.8	2.1	2.5	2.9	-2.2	-2.5	14.4	14.4	9.7	9.7	4.7
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 = 1.45 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 1.64 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 = 1.44 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.63 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.17 x 0.928 x 1 x 1 = 2.014 > 2 => 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.458 x 0.928 x 1 x 1 = 2.281 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	48
	Luce per il taglio (m):	19.2
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	47.72	92.593	0.515
Piattabanda inferiore	50.795	92.593	0.549
Anima	1.075	74.074	0.015
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.91 x 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	47.72	75.52	0.632
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.871 x 112 = 97.5 \text{ N/mm}^2$	50.795	72.223	0.703
Attacco anima-piattabanda superiore	46.361	82.963	0.559

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Attacco anima-piattabanda inferiore	49.097	82.963	0.592
Attacco irrigidente verticale - anima	49.097	59.259	0.829
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	46.361	59.259	0.782
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	49.097	59.259	0.829
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	0.43	92.593	0.005
Piattabanda inferiore	0.473	92.593	0.005
Anima	14.793	74.074	0.2
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s \cdot \Delta\sigma_c$ $= 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	0.426	75.52	0.006
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s \cdot \Delta\sigma_c$ $= 0.871 \times 112 = 97.5 \text{ N/mm}^2$	0.473	72.223	0.007
Attacco anima-piattabanda superiore	0.413	82.963	0.005
Attacco anima-piattabanda inferiore	0.457	82.963	0.006
Attacco irrigidente verticale - anima	0.457	59.259	0.008
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	0.413	59.259	0.007
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	0.457	59.259	0.008
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 2.63 / (90 / 1.15) = 0.034$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 47.72 / (80 / 1.35) = 0.805(*)$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.034 + 0.805 = 0.839(*)$
VERIFICA SODDISFATTA	

(*) Verifica non significativa (Piattabanda superiore compressa)

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 36.15 / (90 / 1.15) = 0.462$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 0.43 / (80 / 1.35) = 0.007(*)$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.462 + 0.007 = 0.469(*)$
VERIFICA SODDISFATTA	

(*) Verifica non significativa (Piattabanda superiore compressa)

13.3 SEZIONE C3_10

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	20x2810 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 15/m
-------	---

Irrigidenti verticali

Interasse	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.472E+5	2.446E+5	2.476E+5	2.297E+5	3.811E+5	1.649E+5
Z _G (mm)	1269.198	1988.991	2002.133	1918.281	2379.735	1461.142
J _y (mm ⁴)	2.175E+11	4.094E+11	4.13E+11	3.905E+11	5.144E+11	2.682E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.714E+8	-2.059E+8	-2.063E+8	-2.036E+8	-2.162E+8	-1.835E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.784E+8	-2.112E+8	-2.115E+8	-2.09E+8	-2.208E+8	-1.9E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.367E+8	4.701E+8	4.814E+8	4.147E+8	1.071E+9	1.917E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.334E+8	4.494E+8	4.599E+8	3.978E+8	9.887E+8	1.864E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.217E+8	4.311E+8	3.749E+8	8.865E+8	1.789E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.09E+8	4.18E+8	3.644E+8	8.429E+8	1.754E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.588E+8	3.661E+8	3.223E+8	6.856E+8	1.607E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.381E+8	3.447E+8	3.047E+8	6.271E+8	1.542E+8
S _{y,1} (mm ³)	6.843E+7	1.08E+8	1.087E+8	1.041E+8	1.295E+8	7.899E+7
S _{y,2} (mm ³)	8.33E+7	1.456E+8	1.469E+8	1.39E+8	1.838E+8	9.89E+7
S _{y,3} (mm ³)	5.799E+7	1.38E+8	1.395E+8	1.302E+8	1.815E+8	7.933E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.06E+8	1.079E+8	9.554E+7	1.635E+8	2.825E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	1.31E+0	1.04E+6	-4.99E+4	-2.99E+5
2a	8.83E-5	4.46E+5	-4.18E+5	-1.67E+5
2b	2.55E-5	1.03E+5	3.41E+6	-1.02E+5
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.11E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-5.92E-4	-3.02E+5	-1.01E+7	1.07E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	8.91E+5	6.69E+5	-1.68E+7	-4.35E+5
Totale	-4.77E+6	1.95E+6	-3.01E+7	-8.96E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	140.5	2864.65	0	-2.21	1
Piattabanda superiore	11				1
Piattabanda inferiore	10.8				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)	-4.775E+6	M _{Ed} (Nm)	-3.007E+7	N _{Ed} (N)	-4.775E+6
N _{Rd} (N)	-8.07E+7	M _{Rd} (Nm)	-8.354E+7	M _{Ed} (Nm)	-3.007E+7
				M _{Rd} (Nm)	-8.588E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.059	M _{Ed} /M _{Rd}	0.36	M _{Ed} /M _{Rd}	0.35

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	-0.1	0	2.3	0	0	0	0	-2.6	0	-3.9	0	-4.3	0.226
σ_7	0	-1.2	-2.6	-30.3	21.2	0	0	18.6	-14.7	-62.7	-22.2	-99.3	-68.3	0.175
σ_6	0	-1	-2.4	-29.3	19.4	0	0	17	-11.9	-57.4	-17.6	-90.6	-59.9	0.153
σ_5	0	-0.1	0	2.4	0	0	0	0	-1.8	0	-2.7	0	-2.1	0.113
σ_4	-0.4	-0.9	-2.2	-28.7	18.3	0	0	15.7	-10.2	-54	-14.7	-84.9	-54.9	0.162
σ_3	-0.4	-0.9	-2.2	-28.5	17.8	0	0	15.2	-9.4	-52.5	-13.4	-82.4	-52.5	0.155
σ_2	0	0	0	-22.9	0	0	0	0	0	0	2.3	5.4	-20.5	0.061
σ_1	0.3	2	2.2	-10.1	-17.9	0	0	-15.5	45.6	53	78.6	94	116.3	0.365
σ_0	0.3	2	2.3	-9.8	-18.6	0	0	-16	46.6	54.9	80.2	97.1	119.3	0.374

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.374 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.24 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.35 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -4.26 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.14 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

$$h_w/l_w=140.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.843 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 5.652E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.423, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.314$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 5.093E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 5.596E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.486, \quad \lambda_w = 1.707, \quad \tau_{cr} = 70.4, \quad C = 1105.2$$

$$M_{Ed} = -3.007E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -5.88E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.511$$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 1.316E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 5.652E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.345, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.383, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.35$$

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	1.55E+0	1.29E+6	-4.47E+4	-3.73E+5
2a	8.83E-5	4.46E+5	-4.18E+5	-1.67E+5
2b	3.88E-5	1.71E+5	5.69E+6	-1.26E+5

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.11E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.55E-4	1.92E+5	6.4E+6	-7.03E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-7.69E+5	1.56E+6	-4.08E+6	-6.49E+5
Totale	-6.43E+6	3.66E+6	1.43E+6	-1.38E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	140.5	2044.6	0.71	-0.78	4
Piattabanda superiore	11				1
Piattabanda inferiore	10.8				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-6.435E+6	M _{Ed} (Nm)	1.433E+6	N _{Ed} (N)	-6.435E+6
N _{Rd} (N)	-8.07E+7	M _{Rd} (Nm)	6.68E+7	M _{Ed} (Nm)	1.433E+6
				M _{Rd} (Nm)	7.048E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.08	M _{Ed} /M _{Rd}	0.021	M _{Ed} /M _{Rd}	0.02

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	-0.1	0	2.7	0	0	0	0	1.6	0	-1.4	0	0	0
σ ₇	0	-1.2	-2.6	-24	35.4	0	0	32.8	9.3	39.8	-8	-30	42.5	0.109
σ ₆	0	-1	-2.4	-23.9	32.4	0	0	30	7.6	36.5	-6.9	-27.9	38.6	0.099
σ ₅	0	-0.1	0	2.7	0	0	0	0	1.2	0	-1.1	0	0	0
σ ₄	-0.3	-0.9	-2.2	-23.8	30.5	0	0	27.9	6.5	34.3	-6.1	-26.5	35.7	0.106
σ ₃	-0.3	-0.9	-2.2	-23.8	29.7	0	0	27.1	6	33.4	-5.8	-25.9	34.6	0.102
σ ₂	0	0	0	-22.9	0	0	0	0	0	0	-2	-4.7	-4.7	0.014
σ ₁	0.3	2	2.2	-20.9	-29.9	0	0	-27.5	-29	-33.7	16.5	16.8	-44.3	0.139
σ ₀	0.3	2	2.3	-20.8	-31	0	0	-28.4	-29.6	-34.9	16.9	17.6	-45.7	0.143

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.143 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.65 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.68 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.92 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.77 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β ^k	A _{c,eff} *β ^k (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	50	---	---	---	1	27500

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Piattabanda inferiore DX	550	50	---	---	---	1	27500
--------------------------	-----	----	-----	-----	-----	---	-------

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmax)

	Anima
b (mm)	2810
σ_{cr0E} (N/mm ²)	9.63
σ_{sup} (N/mm ²)	33.92
σ_{inf} (N/mm ²)	-47.38
ψ	-0.72
K_{σ}	17.33
λ_p	1.46
b _c (mm)	1637.51
b _{c sup} (mm)	982.51
b _{c sup} (mm)	655.01
ρ_{loc}	0.63
b _{ceff} (mm)	1025.75
b _{ceff sup} (mm)	615.45
b _{ceff sup} (mm)	410.3
ϕ_{Foro} (mm)	611.77

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c Edge sup}	1.965E+4	1196.3	1.581E+9
A _{c 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c Edge inf}	1.31E+4	377.5	4.684E+8
A _{c tot}	3.275E+4	868.8	7.318E+9
A _c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff Edge sup}	1.231E+4	1379.8	3.885E+8
A _{c,eff 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff Edge inf}	8.206E+3	255.1	1.151E+8
A _{c,eff tot}	2.051E+4	929.9	6.731E+9
A _{c,eff,loc}	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmax)

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	166.78	$\sigma_{cr,c}$ (c)
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)
λ_p	1.459	λ_c
ρ_p	0.626	ρ_c

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.231E+4	1379.8	3.885E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	8.206E+3	255.1	1.151E+8
Totale	2.051E+4	929.9	6.731E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-1.224E+4	766.2	-3.816E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.35E+5	2.324E+5	3.689E+5	2.175E+5	3.689E+5	1.526E+5
z _G (mm)	1314.8	2053.368	2433.25	1983.087	2433.25	1516.85
Δ z _{Geff} (mm)	-45.6	-64.38	-53.52	-64.81	-53.52	-55.71
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.137E+11	3.898E+11	4.811E+11	3.73E+11	4.811E+11	2.614E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.626E+8	-1.898E+8	-1.977E+8	-1.881E+8	-1.977E+8	-1.723E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-1.69E+8	-1.946E+8	-2.019E+8	-1.929E+8	-2.019E+8	-1.782E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.383E+8	4.832E+8	1.127E+9	4.253E+8	1.127E+9	1.946E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.348E+8	4.604E+8	1.031E+9	4.068E+8	1.031E+9	1.89E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.299E+8	9.133E+8	3.818E+8	9.133E+8	1.811E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.162E+8	8.641E+8	3.704E+8	8.641E+8	1.774E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	3.621E+8	6.905E+8	3.252E+8	6.905E+8	1.62E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.4E+8	6.274E+8	3.065E+8	6.274E+8	1.553E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	7.094E+7	1.116E+8	1.325E+8	1.077E+8	1.325E+8	8.205E+7
S _{y,2eff} (mm ³)	8.022E+7	1.359E+8	1.689E+8	1.302E+8	1.689E+8	9.438E+7
S _{y,3eff} (mm ³)	5.635E+7	1.294E+8	1.67E+8	1.225E+8	1.67E+8	7.634E+7
S _{y,4eff} (mm ³)	2.383E-291	9.968E+7	1.51E+8	9.02E+7	1.51E+8	2.727E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	8.2
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
ΔM _{Fessurata} (kNm)	-7.061E-2	-4.92E-6	-2.16E-6	0E+00	-1.975E-5	4.284E+4
ΔM _{Non fessurata} (kNm)	-7.061E-2	-5.686E-6	3.64E+5	0E+00	-1.897E-5	4.115E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	-0.1	0	2.7	0	0	0	0	1.6	0	-1.4	0	0	0
σ ₇	0	-1.2	-2.6	-24.2	35.1	0	0	32.5	9.3	39.5	-7.9	-29.9	42	0.107
σ ₆	0	-1	-2.4	-24.2	32	0	0	29.7	7.4	36	-6.8	-27.8	37.9	0.097
σ ₅	0	-0.1	0	2.7	0	0	0	0	1.1	0	-1	0	0	0
σ ₄	-0.3	-0.9	-2.2	-24.2	30.1	0	0	27.5	6.2	33.8	-6	-26.4	35	0.103
σ ₃	-0.3	-0.9	-2.1	-24.2	29.2	0	0	26.7	5.7	32.9	-5.7	-25.8	33.8	0.1
σ ₂	0	0	0	-24.1	0	0	0	0	0	0	-2.1	-5	-5	0.015
σ ₁	0.3	2.1	2.3	-23.8	-31.9	0	0	-29.3	-31.7	-35.9	17.9	17.6	-47.6	0.149
σ ₀	0.3	2.2	2.4	-23.8	-33	0	0	-30.3	-32.4	-37.1	18.3	18.4	-49	0.154

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.154 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.64 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.66 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.91 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.74 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=140.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=56.843 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd}=5.827E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w=1.423, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.314$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=5.093E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=7.345E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.486, \quad \lambda_w=1.707, \quad \tau_{cr}=70.4, \quad C=1105.2$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=8.449E+6 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=4.823E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.175$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=1.316E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=5.827E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.628, \quad (= \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.718, \quad \eta_1=\max(\eta_i)=0.154$$

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	1.15E+0	9.56E+5	-3.31E+4	-2.76E+5
2a	6.54E-5	3.3E+5	-3.1E+5	-1.24E+5
2b	2.12E-5	8.56E+4	2.84E+6	-8.54E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-3.95E-4	-2.02E+5	-6.71E+6	7.16E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	6.08E+5	4.97E+5	-1.25E+7	-3.21E+5
Totale	-4.11E+6	1.67E+6	-2.18E+7	-7.35E+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	-0.1	0	1.9	0	0	0	0	-1.7	0	-2.9	0	-2.8	2.8	0.139
σ_7	0	-0.9	-1.9	-25.2	17.7	0	0	15.7	-9.8	-41.8	-16.6	-73.8	-52.4	52.4	0.146
σ_6	0	-0.8	-1.8	-24.4	16.2	0	0	14.4	-8	-38.3	-13.2	-67.3	-46.4	46.4	0.129
σ_5	0	0	0	2	0	0	0	0	-1.2	0	-2	0	-1.2	1.2	0.062
σ_4	-0.2	-0.7	-1.7	-24	15.2	0	0	13.3	-6.8	-36	-11	-63.2	-42.7	42.7	0.12
σ_3	-0.2	-0.7	-1.6	-23.7	14.8	0	0	13	-6.3	-35	-10	-61.3	-40.9	59.6	0.168
σ_2	0	0	0	-19.1	0	0	0	0	0	0	1.6	3.7	-17.5	56.4	0.159
σ_1	0.2	1.5	1.6	-8.4	-14.9	0	0	-13.1	30.4	35.3	58	69.2	81.6	91.8	0.274
σ_0	0.2	1.5	1.7	-8.2	-15.5	0	0	-13.6	31.1	36.6	59.2	71.6	83.8	83.8	0.25
τ_4	0	0.1	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0.2	0.1	0.2		
τ_3	12.8	5.6	4.9	1.4	1.3	0	0	18.9	-3.6	-3	8.8	7.4	25		
τ_2	18.3	5.9	6.1	1.5	1.6	0	0	26	-3.6	-3.7	8.9	9.2	31		
τ_1	15	4.4	4.9	1.1	1.3	0	0	21.2	-2.5	-3	6.3	7.3	24.2		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.274 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.87 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.97 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.77 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.24 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.15E+0	9.56E+5	-3.31E+4	-2.76E+5
2a	6.54E-5	3.3E+5	-3.1E+5	-1.24E+5
2b	3.23E-5	1.43E+5	4.74E+6	-1.05E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	2.36E-4	1.28E+5	4.26E+6	-4.69E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-5.18E+5	1.15E+6	-3.03E+6	-4.82E+5
Totale	-5.24E+6	2.71E+6	5.39E+5	-1.03E+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
σ_8	0	-0.1	0	2.3	0	0	0	0	1.1	0	-1	0	0	0	0
σ_7	0	-0.9	-1.9	-20	29.5	0	0	27.6	6.2	26.5	-5.8	-22	32.1	32.1	0.089
σ_6	0	-0.8	-1.8	-19.9	27	0	0	25.2	5.1	24.3	-5	-20.4	29.1	29.1	0.081
σ_5	0	0	0	2.3	0	0	0	0	0.8	0	-0.8	0	0	0	0
σ_4	-0.2	-0.7	-1.7	-19.8	25.4	0	0	23.5	4.3	22.9	-4.4	-19.4	27	27	0.076
σ_3	-0.2	-0.7	-1.6	-19.8	24.7	0	0	22.9	4	22.2	-4.2	-19	26.1	71.9	0.203
σ_2	0	0	0	-19.1	0	0	0	0	0	0	-1.4	-3.1	-3.1	87.8	0.247
σ_1	0.2	1.5	1.6	-17.4	-24.9	0	0	-23.1	-19.3	-22.4	12.4	12.8	-32.7	78	0.233
σ_0	0.2	1.5	1.7	-17.4	-25.8	0	0	-23.9	-19.7	-23.2	12.7	13.4	-33.8	33.8	0.101
τ_4	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.4	0.1	0.2		
τ_3	12.8	5.6	4.9	2.4	2.1	0	0	19.7	2.3	1.9	20.3	17.1	38.7		
τ_2	18.3	5.9	6.1	2.5	2.6	0	0	27	2.3	2.4	20.6	21.3	50.7		
τ_1	15	4.4	4.9	1.9	2.1	0	0	22	1.6	1.9	14.5	17	40.9		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.247 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.21 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.24 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.31 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.24 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.15E+0	9.56E+5	-3.31E+4	-2.76E+5
2a	6.54E-5	3.3E+5	-3.1E+5	-1.24E+5
2b	2.12E-5	8.56E+4	2.84E+6	-8.54E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-3.95E-4	-2.02E+5	-6.71E+6	7.16E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	7.66E+4	2.65E+5	-7.03E+6	-1.67E+5
Totale	-4.64E+6	1.44E+6	-1.63E+7	-5.81E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	-0.1	0	1.9	0	0	0	0	-1.7	0	-1.8	0	-1.6
σ_7	0	-0.9	-2	-25.4	17.9	0	0	15.9	-9.8	-42.3	-10.1	-43.8	-46.1
σ_6	0	-0.8	-1.8	-24.6	16.4	0	0	14.6	-8	-38.8	-8.1	-40.1	-41.5
σ_5	0	0	0	2	0	0	0	0	-1.2	0	-1.2	0	-0.5
σ_4	-0.3	-0.7	-1.7	-24.1	15.4	0	0	13.5	-6.8	-36.5	-6.9	-37.7	-38.8
σ_3	-0.2	-0.7	-1.6	-23.9	15	0	0	13.1	-6.3	-35.5	-6.4	-36.7	-37.5
σ_2	0	0	0	-19.2	0	0	0	0	0	0	0.2	0.5	-19
σ_1	0.2	1.5	1.6	-8.5	-14.9	0	0	-13.1	30.4	35.3	32	37.4	55.6
σ_0	0.2	1.5	1.7	-8.2	-15.5	0	0	-13.6	31.1	36.5	32.7	38.7	57.2

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.86 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 = -1.62 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.5 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmin)

	Anima
b (mm)	2810
σ_{sup} (N/mm ²)	-37.27
σ_{inf} (N/mm ²)	55.66
σ_{Ed} (N/mm ²)	37.27
K_{σ}	37.18
σ_{cr0E} (N/mm ²)	9.63
τ_{Ed} (N/mm ²)	23.02
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	357.86
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	4.75
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	357.86
K_{τ}	7.31
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.374
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.15E+0	9.56E+5	-3.31E+4	-2.76E+5
2a	6.54E-5	3.3E+5	-3.1E+5	-1.24E+5
2b	3.23E-5	1.43E+5	4.74E+6	-1.05E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	2.36E-4	1.28E+5	4.26E+6	-4.69E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	6.45E+3	6.47E+5	-3.03E+6	-2.81E+5
Totale	-4.72E+6	2.2E+6	5.42E+5	-8.33E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	-0.1	0	2.3	0	0	0	0	1.1	0	-0.8	0	0
σ_7	0	-0.9	-1.9	-20.1	29.4	0	0	27.4	6.2	26.4	-4.4	-18.7	35.1
σ_6	0	-0.7	-1.8	-20	26.8	0	0	25.1	5	24.1	-3.5	-17.1	32.1
σ_5	0	0	0	2.3	0	0	0	0	0.8	0	-0.5	0	0
σ_4	-0.2	-0.7	-1.6	-20	25.2	0	0	23.3	4.2	22.7	-3	-16.1	29.9
σ_3	-0.2	-0.6	-1.6	-20	24.5	0	0	22.6	3.9	22	-2.7	-15.6	29.1
σ_2	0	0	0	-19.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
σ_1	0.2	1.6	1.7	-19.1	-26.2	0	0	-24.3	-20.6	-23.6	14.7	16.8	-31.1
σ_0	0.2	1.6	1.8	-19.1	-27.1	0	0	-25.2	-21.1	-24.4	15	17.4	-32.2

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.21 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.23 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.53 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.45 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmax)

	Anima
b (mm)	2810
σ_{sup} (N/mm ²)	29.1
σ_{inf} (N/mm ²)	-31.02
σ_{Ed} (N/mm ²)	31.02
K_{σ}	22.32
σ_{cr0E} (N/mm ²)	9.63
τ_{Ed} (N/mm ²)	35.32
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	214.83
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	4.75
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	214.83
K_{τ}	7.31
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.57
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

Verifica connessione trave soletta

Caratteristiche generali

Numero di pioli per unita' di lunghezza, n (m ⁻¹)	15
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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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)	1224.8
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	707.5
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.578
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmax)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	4.456E+5	9.968E+7	3.898E+11	113.9
Fase 2b	1.714E+5	1.014E+8	3.929E+11	44.3
Fase 2c	0E+00	9.02E+7	3.73E+11	0
Fase 3a	1.92E+5	1.51E+8	4.811E+11	60.3
Fase 3b	1.559E+6	1.51E+8	4.811E+11	489.1
Totale				707.5

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)	734.9
Fattore di riduzione, κ_s	0.6
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	529.9
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.721
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	3.301E+5	1.06E+8	4.094E+11	85.4
Fase 2b	1.429E+5	1.079E+8	4.13E+11	37.3
Fase 2c	0E+00	9.554E+7	3.905E+11	0
Fase 3a	1.28E+5	1.635E+8	5.144E+11	40.7
Fase 3b	1.153E+6	1.635E+8	5.144E+11	366.4
Totale				529.9

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.15E+0	9.56E+5	-3.31E+4	-2.76E+5
2a	6.54E-5	3.3E+5	-3.1E+5	-1.24E+5
2b	3.23E-5	1.43E+5	4.74E+6	-1.05E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	2.36E-4	1.28E+5	4.26E+6	-4.69E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-4.9E+4	5.27E+4	1.63E+6	-1.85E+4
3b max	3.96E+4	2.06E+5	-2.65E+6	-1.05E+5

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

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3b	F. 3b	Totale	Totale	Totale	Totale	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	
		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.	Max	Fess.	Min	Fess.	Max	Fess.	Min	

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

										Max		Min		Max		Min		
σ_8	0	-0.1	0	2.3	0	0	0	1.1	0	0.4	0	-0.7	0	3.7	0	2.6	0	0
σ_7	0	-0.9	-1.9	-20	29.5	0	0	6.2	26.5	2.2	9.8	-3.8	-16.3	-12.4	63.9	-18.4	37.8	40.3
σ_6	0	-0.8	-1.8	-19.9	27	0	0	5.1	24.3	1.8	9	-3	-14.9	-13.8	58.6	-18.7	34.7	23.9
σ_5	0	0	0	2.3	0	0	0	0.8	0	0.3	0	-0.5	0	3.3	0	2.5	0	0
σ_4	-0.2	-0.7	-1.7	-19.8	25.4	0	0	4.3	22.9	1.5	8.5	-2.6	-14	-14.9	54.8	-19	32.4	22.4
σ_3	-0.2	-0.7	-1.6	-19.8	24.7	0	0	4	22.2	1.4	8.2	-2.4	-13.6	-15.3	53.3	-19.1	31.5	21.8
σ_2	0	0	0	-19.1	0	0	0	0	0	-0.1	-0.3	0.1	0.2	-19.2	-0.3	-19	0.2	0.5
σ_1	0.2	1.5	1.6	-17.4	-24.9	0	0	-19.3	-22.4	-7.5	-8.9	12.1	14.2	-42.6	-54.4	-22.9	-31.4	23.1
σ_0	0.2	1.5	1.7	-17.4	-25.8	0	0	-19.7	-23.2	-7.7	-9.2	12.4	14.7	-43.1	-56.3	-23	-32.5	23.9
τ_4	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1
τ_3	12.8	5.6	4.9	2.4	2.1	0	0	2.3	1.9	0.9	0.8	3.6	3	23.9	23.9	26.6	26.6	2.7
τ_2	18.3	5.9	6.1	2.5	2.6	0	0	2.3	2.4	0.9	1	3.7	3.8	30	30	32.7	32.7	2.7
τ_1	15	4.4	4.9	1.9	2.1	0	0	1.6	1.9	0.7	0.8	2.6	3	23.6	23.6	25.5	25.5	1.9
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 = 3.7 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 3.28 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 = 2.64 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.54 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.15E+0	9.56E+5	-3.31E+4	-2.76E+5
2a	6.54E-5	3.3E+5	-3.1E+5	-1.24E+5
2b	3.23E-5	1.43E+5	4.74E+6	-1.05E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	2.36E-4	1.28E+5	4.26E+6	-4.69E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	3.67E+4	2.72E+5	-2.41E+6	-9.65E+4
3b max	3.17E+4	-6.8E+4	-1.99E+6	-3.07E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess. Max	F. 3b Fess. Min	F. 3b Non Fess. Min	F. 3b Fess. Max	Totale Non Fess. Max	Totale Fess. Max	Totale Non Fess. Min	Totale Fess. Min	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
σ_8	0	-0.1	0	2.3	0	0	0	1.1	0	-0.6	0	-0.5	0	2.7	0	2.8	0	0
σ_7	0	-0.9	-1.9	-20	29.5	0	0	6.2	26.5	-3.4	-14.8	-2.8	-12.2	-18.1	39.3	-17.5	41.9	4.7
σ_6	0	-0.8	-1.8	-19.9	27	0	0	5.1	24.3	-2.8	-13.5	-2.3	-11.2	-18.4	36	-17.9	38.4	2.4
σ_5	0	0	0	2.3	0	0	0	0.8	0	-0.4	0	-0.3	0	2.6	0	2.7	0	0
σ_4	-0.2	-0.7	-1.7	-19.8	25.4	0	0	4.3	22.9	-2.3	-12.7	-1.9	-10.5	-18.8	33.7	-18.4	35.9	2.2
σ_3	-0.2	-0.7	-1.6	-19.8	24.7	0	0	4	22.2	-2.2	-12.3	-1.8	-10.2	-18.9	32.8	-18.5	34.9	2.2
σ_2	0	0	0	-19.1	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0.2	-19	0.2	-19	0.2	0
σ_1	0.2	1.5	1.6	-17.4	-24.9	0	0	-19.3	-22.4	11	12.9	9.1	10.7	-24.1	-32.7	-26	-34.9	2.2
σ_0	0.2	1.5	1.7	-17.4	-25.8	0	0	-19.7	-23.2	11.2	13.4	9.3	11	-24.1	-33.8	-26.1	-36.1	2.3
τ_4	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
τ_3	12.8	5.6	4.9	2.4	2.1	0	0	2.3	1.9	4.8	4	-1.2	-1	27.8	27.8	21.8	21.8	6
τ_2	18.3	5.9	6.1	2.5	2.6	0	0	2.3	2.4	4.9	5	-1.2	-1.3	33.9	33.9	27.8	27.8	6.1
τ_1	15	4.4	4.9	1.9	2.1	0	0	1.6	1.9	3.4	4	-0.9	-1	26.3	26.3	22	22	4.3
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.7 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.59 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 = 2.81 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.66 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.17 x 0.928 x 1 x 1 = 2.014 > 2 => 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.458 x 0.928 x 1 x 1 = 2.281 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	48
	Luce per il taglio (m):	19.2
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	44.89	92.593	0.485
Piattabanda inferiore	47.752	92.593	0.516
Anima	6.239	74.074	0.084
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.91 x 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	44.891	75.52	0.594
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.871 x 112 = 97.5 \text{ N/mm}^2$	47.752	72.223	0.661
Attacco anima-piattabanda superiore	43.613	82.963	0.526
Attacco anima-piattabanda inferiore	46.155	82.963	0.556
Attacco irrigidente verticale - anima	46.155	59.259	0.779
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	43.613	59.259	0.736
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	46.155	59.259	0.779
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	4.43	92.593	0.048
Piattabanda inferiore	4.624	92.593	0.05
Anima	13.851	74.074	0.187
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c$ $= 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	4.434	75.52	0.059
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c$ $= 0.871 \times 112 = 97.5 \text{ N/mm}^2$	4.624	72.223	0.064
Attacco anima-piattabanda superiore	4.309	82.963	0.052
Attacco anima-piattabanda inferiore	4.468	82.963	0.054
Attacco irrigidente verticale - anima	4.468	59.259	0.075
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	4.309	59.259	0.073
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	4.468	59.259	0.075
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 16.9 / (90 / 1.15) = 0.216$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 44.89 / (80 / 1.35) = 0.758$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.216 + 0.758 = 0.973$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 37.52 / (90 / 1.15) = 0.479$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 4.43 / (80 / 1.35) = 0.075$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.479 + 0.075 = 0.554$
VERIFICA SODDISFATTA	

13.4 SEZIONE C4_13

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2800 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.636E+5	2.688E+5	2.718E+5	2.539E+5	4.053E+5	1.89E+5
Z _G (mm)	1195.575	1931.249	1943.855	1863.885	2318.134	1446.538

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

J _y (mm ⁴)	2.364E+11	4.631E+11	4.67E+11	4.422E+11	5.832E+11	3.131E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.977E+8	-2.398E+8	-2.403E+8	-2.373E+8	-2.516E+8	-2.164E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.082E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.452E+8	-2.583E+8	-2.258E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.42E+8	4.986E+8	5.098E+8	4.44E+8	1.076E+9	2.215E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.387E+8	4.781E+8	4.884E+8	4.268E+8	1.002E+9	2.154E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.502E+8	4.596E+8	4.035E+8	9.087E+8	2.068E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.366E+8	4.456E+8	3.92E+8	8.655E+8	2.026E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.87E+8	3.944E+8	3.498E+8	7.202E+8	1.862E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.65E+8	3.718E+8	3.31E+8	6.614E+8	1.785E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.693E+7	1.255E+8	1.263E+8	1.21E+8	1.51E+8	9.349E+7
S _{y,2} (mm ³)	9.111E+7	1.64E+8	1.654E+8	1.568E+8	2.071E+8	1.146E+8
S _{y,3} (mm ³)	6.064E+7	1.545E+8	1.561E+8	1.459E+8	2.039E+8	9.266E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.204E+8	1.224E+8	1.093E+8	1.837E+8	4.106E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	-1.06E+1	1.89E+6	1.2E+7	-5.22E+5
2a	6.17E-5	6.48E+5	3.8E+6	-2.15E+5
2b	4.58E-5	1.71E+5	7.09E+6	8.4E+5
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.44E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.65E-4	1.92E+5	7.87E+6	-9.03E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.82E+5	7.56E+5	1.53E+7	-2.84E+5
Totale	-6.55E+6	3.66E+6	3.97E+7	-2.71E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	127.27	1972.22	0.68	-1.1	4
Piattabanda superiore	10.98				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-6.548E+6	M _{Ed} (Nm)	3.967E+7	N _{Ed} (N)	-6.548E+6
N _{Rd} (N)	-8.893E+7	M _{Rd} (Nm)	7.787E+7	M _{Ed} (Nm)	3.967E+7
				M _{Rd} (Nm)	8.157E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.074	M _{Ed} /M _{Rd}	0.509	M _{Ed} /M _{Rd}	0.486

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	0.6	0	3	0	0	0	0	1.9	0	3.4	0	0	0
σ ₇	0	9.8	20.4	-19.2	38.1	0	0	58.5	10.9	42.2	19.1	77.7	178.4	0.456
σ ₆	0	8.7	18.7	-19.4	35	0	0	53.7	9.1	38.8	15.5	71	163.6	0.418
σ ₅	0	0.5	0	3	0	0	0	0	1.4	0	2.4	0	0	0
σ ₄	86.7	7.9	17.6	-19.5	32.9	0	0	137.3	7.8	36.5	13.1	66.5	240.3	0.711

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_3	84.7	7.6	17.1	-19.6	32	0	0	133.8	7.3	35.5	12.1	64.5	233.9	0.692
σ_2	0	0	0	-20.8	0	0	0	0	0	0	-2.2	-4.7	-4.7	0.014
σ_1	-57.8	-15.3	-16.8	-23.5	-31.4	0	0	-106	-30.5	-34.8	-61.5	-72.6	-213.4	0.669
σ_0	-60.8	-15.8	-17.5	-23.6	-32.7	0	0	-111.1	-31.3	-36.3	-63.1	-75.5	-223	0.699

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.711 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.64 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.5 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 8.91 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.24 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2800
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
σ_{sup} (N/mm ²)	233.9
σ_{inf} (N/mm ²)	-213.39
ψ	-1.1
K_σ	26.27
λ_p	1.07
b_c (mm)	1335.8
$b_{c, sup}$ (mm)	801.48
$b_{c, sup}$ (mm)	534.32
ρ_{loc}	0.84
b_{ceff} (mm)	1123.19
$b_{ceff, sup}$ (mm)	673.91
$b_{ceff, sup}$ (mm)	449.27
ϕ_{Foro} (mm)	212.61

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge sup}$	1.763E+4	995.1	9.439E+8
$A_{c, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, Edge inf}$	1.176E+4	327.2	2.797E+8
$A_{c, tot}$	2.939E+4	727.9	4.37E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff, Edge sup}$	1.483E+4	1058.8	5.611E+8
$A_{c,eff, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff, Edge inf}$	9.884E+3	284.6	1.663E+8
$A_{c,eff, tot}$	2.471E+4	749.2	4.282E+9

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

A _{c,eff,loc}	0E+00	
------------------------	-------	--

Coefficienti di riduzione per instabilità globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p} (p)$	308.19	$\sigma_{cr,c} (c)$	1
$\beta_{ac} (p)$	1	$\beta_{ac} (c)$	7.863
λ_p	1.073	λ_c	0.841
ρ_p	0.841	ρ_c	

Anima depurata per instabilità locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.483E+4	1058.8	5.611E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.884E+3	284.6	1.663E+8
Totale	2.471E+4	749.2	4.282E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-4.677E+3	615.6	-1.762E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.589E+5	2.641E+5	4.006E+5	2.492E+5	4.006E+5	1.844E+5
z _G (mm)	1212.645	1954.548	2338.011	1887.311	2338.011	1467.619
Δz_{Geff} (mm)	-17.07	-23.3	-19.88	-23.43	-19.88	-21.08
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.347E+11	4.549E+11	5.695E+11	4.348E+11	5.695E+11	3.097E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.936E+8	-2.327E+8	-2.436E+8	-2.304E+8	-2.436E+8	-2.11E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.037E+8	-2.401E+8	-2.5E+8	-2.379E+8	-2.5E+8	-2.2E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.425E+8	5.024E+8	1.091E+9	4.47E+8	1.091E+9	2.224E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.391E+8	4.811E+8	1.013E+9	4.293E+8	1.013E+9	2.162E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.524E+8	9.156E+8	4.053E+8	9.156E+8	2.075E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.384E+8	8.708E+8	3.936E+8	8.708E+8	2.032E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	3.876E+8	7.209E+8	3.504E+8	7.209E+8	1.865E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.652E+8	6.607E+8	3.312E+8	6.607E+8	1.788E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	7.805E+7	1.27E+8	1.523E+8	1.226E+8	1.523E+8	9.488E+7
S _{y,2eff} (mm ³)	8.988E+7	1.602E+8	2.014E+8	1.534E+8	2.014E+8	1.127E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	6.002E+7	1.512E+8	1.984E+8	1.43E+8	1.984E+8	9.137E+7
S _{y,4eff} (mm ³)	2.521E-291	1.179E+8	1.788E+8	1.072E+8	1.788E+8	4.052E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	1.806E-1	-1.3E-6	-9.664E-7	0E+00	-9.794E-6	1.86E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	1.806E-1	-1.437E-6	1.318E+5	0E+00	-9.234E-6	1.753E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 2 tot	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3 tot	η_1
		Non	Fess.	Non	Fess.	Non	Fess.		Non	Fess.	Non	Fess.		

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.	
σ_8	0	0.6	0	3	0	0	0	1.9	0	3.4	0	0	0	0
σ_7	0	9.8	20.4	-19.2	38	0	0	58.3	10.9	42.2	19.1	77.5	178	0.455
σ_6	0	8.7	18.7	-19.5	34.9	0	0	53.6	9	38.7	15.4	70.7	163	0.417
σ_5	0	0.5	0	3	0	0	0	1.4	0	2.3	0	0	0	0
σ_4	86.5	7.9	17.6	-19.6	32.8	0	0	136.8	7.8	36.4	12.9	66.2	239.4	0.708
σ_3	84.4	7.6	17.1	-19.7	31.9	0	0	133.4	7.2	35.4	11.9	64.2	232.9	0.689
σ_2	0	0	0	-21.2	0	0	0	0	0	0	-2.2	-4.8	-4.8	0.014
σ_1	-59.1	-15.8	-17.3	-24.5	-32.2	0	0	-108.5	-31.5	-35.7	-63.6	-74.5	-218.8	0.686
σ_0	-62.1	-16.3	-18	-24.6	-33.6	0	0	-113.7	-32.3	-37.3	-65.2	-77.5	-228.5	0.716

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.716 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.64 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.5 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 8.92 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.2 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

$$h_w/t_w=127.273 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=56.789 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd}=6.489E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w=1.429, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.3$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=6.156E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=3.329E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.536, \quad \lambda_w=1.547, \quad \tau_{cr}=85.6, \quad C=1138.7$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=4.822E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=5.823E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.828$$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd}=1.443E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=6.489E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.564, \quad (= \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.594, \quad \eta_1=\max(\eta_i)=0.716$$

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	-1.06E+1	1.89E+6	1.2E+7	-5.22E+5
2a	6.17E-5	6.48E+5	3.8E+6	-2.15E+5
2b	4.58E-5	1.71E+5	7.09E+6	8.4E+5
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.44E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.65E-4	1.92E+5	7.87E+6	-9.03E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.38E+5	2.11E+6	4.99E+6	-8E+5

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Totale	-6.5E+6	5.01E+6	2.93E+7	-7.88E+5
--------	---------	---------	---------	----------

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	$z_{pl} (mm)$	α	ψ	Classe
Anima	127.27	1969.25	0.68	-1.12	4
Piattabanda superiore	10.98				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
$N_{Ed} (N)$	-6.504E+6	$M_{Ed} (Nm)$	2.933E+7	$N_{Ed} (N)$	-6.504E+6
$N_{Rd} (N)$	-8.893E+7	$M_{Rd} (Nm)$	7.787E+7	$M_{Ed} (Nm)$	2.933E+7
				$M_{Rd} (Nm)$	8.156E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.073	M_{Ed}/M_{Rd}	0.377	M_{Ed}/M_{Rd}	0.36

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	0.6	0	3	0	0	0	0	1.9	0	0.9	0	0	0
σ_7	0	9.8	20.4	-19.2	38.1	0	0	58.5	10.9	42.2	4.9	22.4	123.1	0.314
σ_6	0	8.7	18.7	-19.4	35	0	0	53.7	9.1	38.8	3.7	20.2	112.8	0.288
σ_5	0	0.5	0	3	0	0	0	0	1.4	0	0.5	0	0	0
σ_4	86.7	7.9	17.6	-19.5	32.9	0	0	137.3	7.8	36.5	2.9	18.7	192.5	0.569
σ_3	84.7	7.6	17.1	-19.6	32	0	0	133.8	7.3	35.5	2.6	18.1	187.4	0.554
σ_2	0	0	0	-20.8	0	0	0	0	0	0	-2.1	-4.4	-4.4	0.013
σ_1	-57.8	-15.3	-16.8	-23.5	-31.4	0	0	-106	-30.5	-34.8	-21.4	-26.5	-167.4	0.525
σ_0	-60.8	-15.8	-17.5	-23.6	-32.7	0	0	-111.1	-31.3	-36.3	-21.9	-27.5	-175	0.548

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.569 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.64 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.5 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.42 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.44 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmax)

Componente	$b (mm)$	$t (mm)$	λ_p	ρ	$A_{c,eff} (mm^2)$	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k (mm^2)$
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmax)

Anima	
$b (mm)$	2800

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
σ_{sup} (N/mm ²)	187.45
σ_{inf} (N/mm ²)	-167.36
ψ	-1.12
K_{σ}	26.88
λ_p	1.06
b_c (mm)	1320.73
$b_{c\ sup}$ (mm)	792.44
$b_{c\ sup}$ (mm)	528.29
ρ_{loc}	0.85
b_{ceff} (mm)	1123.34
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	674.01
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	449.34
ϕ_{Foro} (mm)	197.39

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c\ Edge\ sup}$	1.743E+4	984.5	9.123E+8
$A_{c\ 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c\ 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c\ Edge\ inf}$	1.162E+4	324.1	2.703E+8
$A_{c\ tot}$	2.906E+4	720.4	4.224E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff\ Edge\ sup}$	1.483E+4	1043.7	5.613E+8
$A_{c,eff\ 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff\ 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff\ Edge\ inf}$	9.885E+3	284.7	1.663E+8
$A_{c,eff\ tot}$	2.471E+4	740.1	4.145E+9
$A_{c,eff,loc}$	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmax)

	<i>Piastra</i>	<i>Colonna</i>	
$\sigma_{cr,p}$ (p)	315.26	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	7.863
λ_p	1.061	λ_c	0.851
ρ_p	0.851	χ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	1.483E+4	1043.7	5.613E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.885E+3	284.7	1.663E+8
Totale	2.471E+4	740.1	4.145E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	ΔA (mm ²)	z_G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-4.343E+3	608	-1.41E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.593E+5	2.645E+5	4.01E+5	2.496E+5	4.01E+5	1.847E+5
z_G (mm)	1211.595	1952.976	2336.654	1885.736	2336.654	1466.252

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

ΔZ_{Geff} (mm)	-16.02	-21.73	-18.52	-21.85	-18.52	-19.71
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	2.348E+11	4.554E+11	5.704E+11	4.353E+11	5.704E+11	3.099E+11
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-1.938E+8	-2.332E+8	-2.441E+8	-2.308E+8	-2.441E+8	-2.114E+8
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-2.039E+8	-2.406E+8	-2.505E+8	-2.384E+8	-2.505E+8	-2.204E+8
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	1.425E+8	5.02E+8	1.09E+9	4.468E+8	1.09E+9	2.224E+8
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	1.391E+8	4.808E+8	1.013E+9	4.291E+8	1.013E+9	2.162E+8
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+300	4.522E+8	9.15E+8	4.052E+8	9.15E+8	2.075E+8
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+300	4.383E+8	8.704E+8	3.934E+8	8.704E+8	2.031E+8
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+300	3.875E+8	7.208E+8	3.504E+8	7.208E+8	1.865E+8
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	3.652E+8	6.607E+8	3.312E+8	6.607E+8	1.788E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	7.799E+7	1.269E+8	1.522E+8	1.225E+8	1.522E+8	9.479E+7
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	8.995E+7	1.605E+8	2.017E+8	1.536E+8	2.017E+8	1.128E+8
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	6.006E+7	1.514E+8	1.987E+8	1.432E+8	1.987E+8	9.145E+7
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.522E-291	1.181E+8	1.792E+8	1.074E+8	1.792E+8	4.056E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmax)

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3a</i>	<i>Fase 3b</i>
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	1.695E-1	-1.216E-6	-9.037E-7	0E+00	-9.158E-6	1.652E+4
$\Delta M_{Non\ fessurata}$ (kNm)	1.695E-1	-1.34E-6	1.229E+5	0E+00	-8.604E-6	1.552E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmax)

	<i>F. 1</i>	<i>F. 2a Non Fess.</i>	<i>F. 2a Fess.</i>	<i>F. 2b Non Fess.</i>	<i>F. 2b Fess.</i>	<i>F. 2c Non Fess.</i>	<i>F. 2c Fess.</i>	<i>F. 2 tot</i>	<i>F. 3a Non Fess.</i>	<i>F. 3a Fess.</i>	<i>F. 3b Non Fess.</i>	<i>F. 3b Fess.</i>	<i>F. 3 tot</i>	η_1
σ_8	0	0.6	0	3	0	0	0	0	1.9	0	0.9	0	0	0
σ_7	0	9.8	20.4	-19.2	38	0	0	58.4	10.9	42.2	4.9	22.3	122.8	0.314
σ_6	0	8.7	18.7	-19.5	34.9	0	0	53.6	9	38.7	3.7	20.1	112.4	0.287
σ_5	0	0.5	0	3	0	0	0	0	1.4	0	0.5	0	0	0
σ_4	86.5	7.9	17.6	-19.6	32.8	0	0	136.8	7.8	36.4	2.9	18.6	191.8	0.567
σ_3	84.4	7.6	17.1	-19.7	31.9	0	0	133.4	7.2	35.4	2.5	18	186.7	0.552
σ_2	0	0	0	-21.2	0	0	0	0	0	0	-2.1	-4.5	-4.5	0.013
σ_1	-59	-15.8	-17.2	-24.4	-32.2	0	0	-108.4	-31.4	-35.7	-22.1	-27.2	-171.3	0.537
σ_0	-62.1	-16.3	-18	-24.5	-33.5	0	0	-113.6	-32.2	-37.2	-22.6	-28.2	-179	0.561

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.567 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.64 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.5 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.43 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.42 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

$$h_w / t_w = 127.273 > 31 / \eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.789 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 6.679E+6 N**

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Essendo:

$a/h_w = 1.429$, $\eta = 1.2$, $K_\tau = 7.3$
 contributo anima: $V_{bw,Rd} = 6.156E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 5.224E+5$ N
 $\chi_w = 0.536$, $\lambda_w = 1.547$, $\tau_{cr} = 85.6$, $C = 1138.7$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 4.147E+7$ Nm, $M_{f,Rd} = 5.826E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.712$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.443E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.679E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.75$, (=> VERIFICA SODDISFATTA)
 $\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.814$, $\eta_1 = \max(\eta_i) = 0.567$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

$\eta_3 > 0.5$, $M_{Ed}/M_{f,Rd} < 1$
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	-7.84E+0	1.4E+6	8.91E+6	-3.87E+5
2a	4.57E-5	4.8E+5	2.81E+6	-1.6E+5
2b	3.82E-5	1.43E+5	5.91E+6	7E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.1E-4	1.28E+5	5.24E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-6.09E+5	5.61E+5	1.13E+7	-2.02E+5
Totale	-5.33E+6	2.71E+6	2.88E+7	-1.08E+5

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	0.5	0	2.5	0	0	0	0	1.3	0	2.5	0	0	0	0
σ_7	0	7.3	15.1	-16	31.7	0	0	46.8	7.3	28.2	14.2	57.6	132.6	132.6	0.368
σ_6	0	6.4	13.9	-16.2	29.2	0	0	43	6.1	25.9	11.6	52.7	121.6	121.6	0.338
σ_5	0	0.4	0	2.5	0	0	0	0	0.9	0	1.8	0	0	0	0
σ_4	64.3	5.9	13.1	-16.3	27.4	0	0	104.7	5.2	24.3	9.8	49.4	178.5	178.5	0.503
σ_3	62.7	5.6	12.7	-16.3	26.7	0	0	102.1	4.9	23.7	9	47.9	173.7	183.4	0.517
σ_2	0	0	0	-17.4	0	0	0	0	0	0	-1.5	-3.2	-3.2	80.4	0.226
σ_1	-42.8	-11.4	-12.5	-19.6	-26.2	0	0	-81.4	-20.3	-23.2	-45.4	-53.4	-158.1	171.6	0.512
σ_0	-45.1	-11.7	-13	-19.6	-27.3	0	0	-85.4	-20.8	-24.2	-46.5	-55.6	-165.2	165.2	0.493
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.2	0.1	0.2		
τ_3	16.3	7.3	6.5	2.2	1.9	0	0	24.7	2	1.7	8.9	7.6	34		
τ_2	24.5	7.7	8	2.3	2.4	0	0	34.9	2.1	2.1	9.1	9.3	46.4		
τ_1	20.7	5.9	6.5	1.8	1.9	0	0	29.2	1.5	1.7	6.6	7.6	38.5		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.517 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.98 N/mm²

2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.87 N/mm²

La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)

- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.75 N/mm²
4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.56 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	-7.84E+0	1.4E+6	8.91E+6	-3.87E+5
2a	4.57E-5	4.8E+5	2.81E+6	-1.6E+5
2b	3.82E-5	1.43E+5	5.91E+6	7E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.1E-4	1.28E+5	5.24E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-5.77E+5	1.56E+6	3.67E+6	-5.96E+5
Totale	-5.3E+6	3.71E+6	2.12E+7	-5.02E+5

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
σ_8	0	0.5	0	2.5	0	0	0	0	1.3	0	0.7	0	0	0	0
σ_7	0	7.3	15.1	-16	31.7	0	0	46.8	7.3	28.2	3.7	16.7	91.7	91.7	0.255
σ_6	0	6.4	13.9	-16.2	29.2	0	0	43	6.1	25.9	2.8	15.1	84	84	0.233
σ_5	0	0.4	0	2.5	0	0	0	0	0.9	0	0.4	0	0	0	0
σ_4	64.3	5.9	13.1	-16.3	27.4	0	0	104.7	5.2	24.3	2.2	14	143.1	143.1	0.403
σ_3	62.7	5.6	12.7	-16.3	26.7	0	0	102.1	4.9	23.7	2	13.5	139.3	161.7	0.456
σ_2	0	0	0	-17.4	0	0	0	0	0	0	-1.4	-3.1	-3.1	109.2	0.308
σ_1	-42.8	-11.4	-12.5	-19.6	-26.2	0	0	-81.4	-20.3	-23.2	-15.6	-19.3	-124	153.3	0.458
σ_0	-45.1	-11.7	-13	-19.6	-27.3	0	0	-85.4	-20.8	-24.2	-16	-20	-129.6	129.6	0.387
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.5	0.2	0.3		
τ_3	16.3	7.3	6.5	2.2	1.9	0	0	24.7	2	1.7	24.8	21	47.4		
τ_2	24.5	7.7	8	2.3	2.4	0	0	34.9	2.1	2.1	25.2	26	63		
τ_1	20.7	5.9	6.5	1.8	1.9	0	0	29.2	1.5	1.7	18.4	21.2	52.1		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.458 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.98 N/mm²
2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.87 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.91 N/mm²
4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.22 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-7.84E+0	1.4E+6	8.91E+6	-3.87E+5
2a	4.57E-5	4.8E+5	2.81E+6	-1.6E+5
2b	3.82E-5	1.43E+5	5.91E+6	7E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.1E-4	1.28E+5	5.24E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.13E+5	2.66E+5	5.91E+6	-6E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Totale	-4.83E+6	2.42E+6	2.34E+7	3.38E+4
--------	----------	---------	---------	---------

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0.5	0	2.5	0	0	0	0	1.3	0	1.4	0	0
σ_7	0	7.3	15.1	-16	31.7	0	0	46.8	7.3	28.1	7.9	31.1	106
σ_6	0	6.4	13.9	-16.2	29.1	0	0	42.9	6	25.8	6.5	28.5	97.3
σ_5	0	0.4	0	2.5	0	0	0	0	0.9	0	1	0	0
σ_4	64.1	5.9	13	-16.3	27.3	0	0	104.4	5.2	24.3	5.6	26.8	155.5
σ_3	62.6	5.6	12.7	-16.4	26.6	0	0	101.8	4.8	23.6	5.2	26	151.4
σ_2	0	0	0	-17.6	0	0	0	0	0	0	-0.3	-0.6	-0.6
σ_1	-43.6	-11.7	-12.7	-20.2	-26.7	0	0	-83.1	-20.9	-23.7	-23.8	-27.4	-134.2
σ_0	-45.9	-12	-13.3	-20.3	-27.9	0	0	-87	-21.4	-24.8	-24.4	-28.5	-140.3

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.98 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.87 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.64 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.78 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2800
σ_{sup} (N/mm ²)	151.88
σ_{inf} (N/mm ²)	-131.43
σ_{Ed} (N/mm ²)	131.43
K_{σ}	27.79
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
τ_{Ed} (N/mm ²)	35.32
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	325.92
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	5.74
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	325.92
K_{τ}	7.3
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.607
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-7.84E+0	1.4E+6	8.91E+6	-3.87E+5
2a	4.57E-5	4.8E+5	2.81E+6	-1.6E+5
2b	3.82E-5	1.43E+5	5.91E+6	7E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.1E-4	1.28E+5	5.24E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-7.11E+4	8.8E+5	7.28E+5	-3.54E+5
Totale	-4.79E+6	3.03E+6	1.82E+7	-2.6E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmax)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	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_8	0	0.5	0	2.5	0	0	0	0	1.3	0	0.1	0	0
σ_7	0	7.3	15.1	-16	31.7	0	0	46.8	7.3	28.1	0.8	3.5	78.4
σ_6	0	6.4	13.9	-16.2	29.1	0	0	43	6	25.8	0.7	3.2	72
σ_5	0	0.4	0	2.5	0	0	0	0	0.9	0	0.1	0	0
σ_4	64.1	5.9	13	-16.3	27.3	0	0	104.5	5.2	24.3	0.5	3	131.8
σ_3	62.6	5.6	12.7	-16.4	26.6	0	0	101.8	4.8	23.6	0.5	2.9	128.3
σ_2	0	0	0	-17.6	0	0	0	0	0	0	-0.2	-0.4	-0.4
σ_1	-43.5	-11.6	-12.7	-20.2	-26.7	0	0	-82.9	-20.8	-23.7	-3.1	-3.7	-110.3
σ_0	-45.8	-12	-13.2	-20.2	-27.8	0	0	-86.9	-21.4	-24.7	-3.1	-3.8	-115.4

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.98 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.87 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.4 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.89 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmax)

	Anima
b (mm)	2800
σ_{sup} (N/mm ²)	128.69
σ_{inf} (N/mm ²)	-108.25
σ_{Ed} (N/mm ²)	108.25
K_{σ}	28.65
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
τ_{Ed} (N/mm ²)	44.26
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	336.07
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	5.74
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	336.07
K_{τ}	7.3
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.653
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (N)	81656.28

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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)	1633.1
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	936.2
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/v_{Rd}	0.573
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmax)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	6.482E+5	1.181E+8	4.554E+11	168.1
Fase 2b	1.714E+5	1.201E+8	4.591E+11	44.8
Fase 2c	0E+00	1.074E+8	4.353E+11	0
Fase 3a	1.92E+5	1.792E+8	5.704E+11	60.3
Fase 3b	2.111E+6	1.792E+8	5.704E+11	663
Totale				936.2

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)	694.4
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/v_{Rd}	0.709
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	4.802E+5	1.204E+8	4.631E+11	124.8
Fase 2b	1.429E+5	1.224E+8	4.67E+11	37.4
Fase 2c	0E+00	1.093E+8	4.422E+11	0
Fase 3a	1.28E+5	1.837E+8	5.832E+11	40.3
Fase 3b	1.562E+6	1.837E+8	5.832E+11	491.9
Totale				694.4

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-7.84E+0	1.4E+6	8.91E+6	-3.87E+5
2a	4.57E-5	4.8E+5	2.81E+6	-1.6E+5
2b	3.82E-5	1.43E+5	5.91E+6	7E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.1E-4	1.28E+5	5.24E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-5.19E+4	5.28E+4	2.03E+6	-1.46E+4
3b max	7.17E+3	2.38E+5	-1.25E+6	-1.23E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	1.3	0	0.5	0	-0.3	0	4.7	0	3.9	0	0
σ_7	0	7.3	15.1	-16	31.7	0	0	7.3	28.2	2.7	10.6	-1.7	-6.7	1.2	85.6	-3.2	68.3	21.7
σ_6	0	6.4	13.9	-16.2	29.2	0	0	6.1	25.9	2.2	9.7	-1.4	-6.1	-1.4	78.7	-5.1	62.8	15.9

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_5	0	0.4	0	2.5	0	0	0	0.9	0	0.3	0	-0.2	0	4.1	0	3.6	0	0
σ_4	64.3	5.9	13.1	-16.3	27.4	0	0	5.2	24.3	1.9	9.1	-1.2	-5.8	61	138.2	57.9	123.3	14.9
σ_3	62.7	5.6	12.7	-16.3	26.7	0	0	4.9	23.7	1.8	8.9	-1.1	-5.6	58.7	134.7	55.8	120.2	14.5
σ_2	0	0	0	-17.4	0	0	0	0	0	-0.1	-0.3	0	0	-17.5	-0.3	-17.4	0	0.3
σ_1	-42.8	-11.4	-12.5	-19.6	-26.2	0	0	-20.3	-23.2	-8	-9.3	4.9	5.6	-102	-113.9	-89.2	-99.1	14.8
σ_0	-45.1	-11.7	-13	-19.6	-27.3	0	0	-20.8	-24.2	-8.2	-9.7	5	5.8	-105.5	-119.2	-92.3	-103.8	15.5
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1
τ_3	16.3	7.3	6.5	2.2	1.9	0	0	2	1.7	0.8	0.7	3.8	3.2	28.6	28.6	31.6	31.6	2.9
τ_2	24.5	7.7	8	2.3	2.4	0	0	2.1	2.1	0.9	0.9	3.8	4	37.5	37.5	40.5	40.5	3
τ_1	20.7	5.9	6.5	1.8	1.9	0	0	1.5	1.7	0.6	0.7	2.8	3.2	30.5	30.5	32.7	32.7	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 = 4.72 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 4.14 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 = 3.95 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 3.58 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-7.84E+0	1.4E+6	8.91E+6	-3.87E+5
2a	4.57E-5	4.8E+5	2.81E+6	-1.6E+5
2b	3.82E-5	1.43E+5	5.91E+6	7E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.1E-4	1.28E+5	5.24E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	5.61E+3	3.42E+5	-1.1E+6	-1.23E+5
3b max	4.6E+3	-2.72E+4	-7.25E+5	-7.56E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	1.3	0	-0.3	0	-0.2	0	4	0	4.1	0	0
σ_7	0	7.3	15.1	-16	31.7	0	0	7.3	28.2	-1.5	-5.9	-1	-3.9	-3	69.1	-2.4	71.1	2.6
σ_6	0	6.4	13.9	-16.2	29.2	0	0	6.1	25.9	-1.3	-5.4	-0.8	-3.6	-4.9	63.5	-4.5	65.4	1.9
σ_5	0	0.4	0	2.5	0	0	0	0.9	0	-0.2	0	-0.1	0	3.6	0	3.7	0	0
σ_4	64.3	5.9	13.1	-16.3	27.4	0	0	5.2	24.3	-1.1	-5.1	-0.7	-3.3	58	124	58.4	125.7	1.8
σ_3	62.7	5.6	12.7	-16.3	26.7	0	0	4.9	23.7	-1	-5	-0.7	-3.3	55.9	120.8	56.3	122.5	1.7
σ_2	0	0	0	-17.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-17.4	0	-17.4	0	0
σ_1	-42.8	-11.4	-12.5	-19.6	-26.2	0	0	-20.3	-23.2	4.3	4.9	2.8	3.2	-89.7	-99.7	-91.2	-101.4	1.7
σ_0	-45.1	-11.7	-13	-19.6	-27.3	0	0	-20.8	-24.2	4.4	5.1	2.9	3.4	-92.9	-104.5	-94.4	-106.2	1.8
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
τ_3	16.3	7.3	6.5	2.2	1.9	0	0	2	1.7	5.4	4.6	-0.4	-0.4	33.2	33.2	27.4	27.4	5.9
τ_2	24.5	7.7	8	2.3	2.4	0	0	2.1	2.1	5.5	5.7	-0.4	-0.5	42.1	42.1	36.2	36.2	6
τ_1	20.7	5.9	6.5	1.8	1.9	0	0	1.5	1.7	4	4.6	-0.3	-0.4	33.9	33.9	29.6	29.6	4.3
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 = 3.98 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 3.61 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Fessurata (m.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = 4.07 N/mm²

4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 3.67 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.17 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 2.014 > 2 \Rightarrow 2$ (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.458 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 2.281$ (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	48
	Luce per il taglio (m):	19.2
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	$1.55 \times 0.953 \times 1 \times 1 = 1.477$
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	29.84	92.593	0.322
Piattabanda inferiore	30.948	92.593	0.334
Anima	6.822	74.074	0.092
Giunzione piattabanda superiore $\Delta \sigma_{c,red} = k_s * \Delta \sigma_c = 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	29.844	75.52	0.395
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta \sigma_{c,red} = k_s * \Delta \sigma_c = 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	30.948	69.637	0.444
Attacco anima-piattabanda superiore	29.005	82.963	0.35
Attacco anima-piattabanda inferiore	29.69	82.963	0.358
Attacco irrigidente verticale - anima	29.69	59.259	0.501
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	29.005	59.259	0.489
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	29.69	59.259	0.501
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2}$	$\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	3.5	92.593	0.038
Piattabanda inferiore	3.506	92.593	0.038
Anima	13.587	74.074	0.183

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s \cdot \Delta\sigma_c$ $= 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	3.502	75.52	0.046
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s \cdot \Delta\sigma_c$ $= 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	3.506	69.637	0.05
Attacco anima-piattabanda superiore	3.405	82.963	0.041
Attacco anima-piattabanda inferiore	3.361	82.963	0.041
Attacco irrigidente verticale - anima	3.405	59.259	0.057
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	3.405	59.259	0.057
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	3.361	59.259	0.057
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 15.2 / (90 / 1.15) = 0.194$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 29.84 / (80 / 1.35) = 0.504$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.194 + 0.504 = 0.698$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 30.27 / (90 / 1.15) = 0.387$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 3.5 / (80 / 1.35) = 0.059$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.387 + 0.059 = 0.446$
VERIFICA SODDISFATTA	

13.5 SEZIONE C4_CRACKED_15

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2800 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4000 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.636E+5	2.688E+5	2.718E+5	2.539E+5	4.053E+5	1.89E+5
Z _G (mm)	1195.575	1931.249	1943.855	1863.885	2318.134	1446.538
J _y (mm ⁴)	2.364E+11	4.631E+11	4.67E+11	4.422E+11	5.832E+11	3.131E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.977E+8	-2.398E+8	-2.403E+8	-2.373E+8	-2.516E+8	-2.164E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.082E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.452E+8	-2.583E+8	-2.258E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.42E+8	4.986E+8	5.098E+8	4.44E+8	1.076E+9	2.215E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

W _{y,4} (mm ³)	1.387E+8	4.781E+8	4.884E+8	4.268E+8	1.002E+9	2.154E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.502E+8	4.596E+8	4.035E+8	9.087E+8	2.068E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.366E+8	4.456E+8	3.92E+8	8.655E+8	2.026E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.87E+8	3.944E+8	3.498E+8	7.202E+8	1.862E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.65E+8	3.718E+8	3.31E+8	6.614E+8	1.785E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.693E+7	1.255E+8	1.263E+8	1.21E+8	1.51E+8	9.349E+7
S _{y,2} (mm ³)	9.111E+7	1.64E+8	1.654E+8	1.568E+8	2.071E+8	1.146E+8
S _{y,3} (mm ³)	6.064E+7	1.545E+8	1.561E+8	1.459E+8	2.039E+8	9.266E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E+8	1.204E+8	1.224E+8	1.093E+8	1.837E+8	4.106E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	-6.17E+0	2E+6	1.43E+7	-2.07E+5
2a	5.4E-5	6.91E+5	4.6E+6	-1.21E+5
2b	5.01E-5	1.71E+5	7.37E+6	8.4E+5
Rit. Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.85E-4	1.92E+5	8.09E+6	-9.03E+4
Term. Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.56E+5	7.88E+5	1.59E+7	-2.84E+5
Totale	-8.56E+5	3.85E+6	5.03E+7	1.38E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	127.27	1589.61	0.55	-1.11	4
Piattabanda superiore	10.98				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-8.563E+5	M _{Ed} (Nm)	5.027E+7	N _{Ed} (N)	-8.563E+5
N _{Rd} (N)	-8.893E+7	M _{Rd} (Nm)	7.787E+7	M _{Ed} (Nm)	5.027E+7
				M _{Rd} (Nm)	7.852E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.01	M _{Ed} /M _{Rd}	0.646	M _{Ed} /M _{Rd}	0.64

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	0.7	0	1.2	0	0	0	0	2	0	3.5	0	0	0
σ ₇	0	11.9	24.7	18.7	39.6	0	0	64.3	11.2	43.4	20	80.8	188.6	0.482
σ ₆	0	10.5	22.7	16.5	36.4	0	0	59.1	9.3	39.9	16.3	73.9	173	0.442
σ ₅	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.4	0	2.5	0	0	0
σ ₄	103.2	9.6	21.4	15.1	34.2	0	0	158.8	8.1	37.6	13.7	69.3	265.6	0.786
σ ₃	100.8	9.2	20.8	14.5	33.3	0	0	154.8	7.5	36.5	12.7	67.2	258.6	0.765
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.1	-4.5	-4.5	0.013
σ ₁	-68.7	-18.6	-20.4	-29.7	-32.6	0	0	-121.8	-31.3	-35.8	-63.6	-74.9	-232.5	0.729
σ ₀	-72.4	-19.2	-21.3	-30.7	-34.1	0	0	-127.7	-32.1	-37.4	-65.3	-78	-243.1	0.762

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.786 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.96 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.43 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.48 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2800
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
σ_{sup} (N/mm ²)	258.57
σ_{inf} (N/mm ²)	-232.53
ψ	-1.11
K_σ	26.67
λ_p	1.07
b_c (mm)	1325.75
$b_{c, sup}$ (mm)	795.45
$b_{c, sup}$ (mm)	530.3
ρ_{loc}	0.85
b_{ceff} (mm)	1123.29
$b_{ceff, sup}$ (mm)	673.97
$b_{ceff, sup}$ (mm)	449.31
ϕ_{Foro} (mm)	202.46

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge sup}$	1.75E+4	988	9.227E+8
$A_{c, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, Edge inf}$	1.167E+4	325.1	2.734E+8
$A_{c, tot}$	2.917E+4	722.9	4.272E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, eff Edge sup}$	1.483E+4	1048.8	5.613E+8
$A_{c, eff 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff Edge inf}$	9.885E+3	284.7	1.663E+8
$A_{c, eff tot}$	2.471E+4	743.1	4.19E+9
$A_{c, eff, loc}$	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra	Colonna

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$\sigma_{cr,p}$ (p)	312.88	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	7.863
λ_p	1.065	λ_c	0.847
ρ_p	0.847	ρ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
Edge sup	1.483E+4	1048.8	5.613E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.885E+3	284.7	1.663E+8
Totale	2.471E+4	743.1	4.19E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-4.454E+3	610.5	-1.521E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.591E+5	2.644E+5	4.009E+5	2.495E+5	4.009E+5	1.846E+5
z_G (mm)	1211.948	1953.501	2337.107	1886.262	2337.107	1466.71
Δz_{Geff} (mm)	-16.37	-22.25	-18.97	-22.38	-18.97	-20.17
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	2.348E+11	4.552E+11	5.701E+11	4.351E+11	5.701E+11	3.098E+11
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-1.937E+8	-2.33E+8	-2.439E+8	-2.307E+8	-2.439E+8	-2.113E+8
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-2.038E+8	-2.404E+8	-2.504E+8	-2.382E+8	-2.504E+8	-2.203E+8
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	1.425E+8	5.021E+8	1.09E+9	4.468E+8	1.09E+9	2.224E+8
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	1.391E+8	4.809E+8	1.013E+9	4.292E+8	1.013E+9	2.162E+8
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+300	4.523E+8	9.152E+8	4.052E+8	9.152E+8	2.075E+8
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+300	4.383E+8	8.705E+8	3.935E+8	8.705E+8	2.031E+8
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+300	3.876E+8	7.208E+8	3.504E+8	7.208E+8	1.865E+8
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	3.652E+8	6.607E+8	3.312E+8	6.607E+8	1.788E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	7.801E+7	1.27E+8	1.523E+8	1.225E+8	1.523E+8	9.482E+7
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	8.993E+7	1.604E+8	2.016E+8	1.535E+8	2.016E+8	1.128E+8
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	6.005E+7	1.514E+8	1.986E+8	1.431E+8	1.986E+8	9.142E+7
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.522E-291	1.18E+8	1.791E+8	1.073E+8	1.791E+8	4.054E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	1.01E-1	-1.089E-6	-1.011E-6	0E+00	-9.792E-6	1.727E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	1.01E-1	-1.201E-6	-1.113E-6	0E+00	-9.211E-6	1.625E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	0.7	0	1.2	0	0	0	0	2	0	3.5	0	0	0
σ_7	0	11.9	24.7	18.7	39.5	0	0	64.2	11.2	43.4	19.9	80.7	188.2	0.481
σ_6	0	10.5	22.7	16.5	36.3	0	0	58.9	9.3	39.8	16.1	73.7	172.5	0.441

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_5	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.4	0	2.4	0	0	0
σ_4	102.9	9.6	21.3	15	34.1	0	0	158.3	8	37.4	13.6	69	264.6	0.783
σ_3	100.4	9.2	20.7	14.4	33.1	0	0	154.3	7.4	36.4	12.5	66.9	257.6	0.762
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.1	-4.6	-4.6	0.014
σ_1	-70.2	-19.1	-20.9	-30.6	-33.5	0	0	-124.6	-32.3	-36.7	-65.7	-76.9	-238.2	0.746
σ_0	-73.9	-19.8	-21.8	-31.6	-34.9	0	0	-130.5	-33.2	-38.3	-67.4	-80	-248.8	0.78

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.783 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.96 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.58 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.44 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.44 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

$$h_w/t_w = 127.273 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.789 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 6.295E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.429, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.3$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.156E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 1.384E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.536, \quad \lambda_w = 1.547, \quad \tau_{cr} = 85.6, \quad C = 1138.7$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 5.721E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 6.136E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.932$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.443E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.295E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.611, \quad (\Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.625, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.783$$

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	-6.17E+0	2E+6	1.43E+7	-2.07E+5
2a	5.4E-5	6.91E+5	4.6E+6	-1.21E+5
2b	5.01E-5	1.71E+5	7.37E+6	8.4E+5
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.85E-4	1.92E+5	8.09E+6	-9.03E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-7.49E+5	2.17E+6	5.88E+6	-2.3E+5
Totale	-7.49E+5	5.23E+6	4.03E+7	1.92E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	127.27	1582.42	0.54	-1.14	4
Piattabanda superiore	10.98				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-7.494E+5	M_{Ed} (Nm)	4.025E+7	N_{Ed} (N)	-7.494E+5
N_{Rd} (N)	-8.893E+7	M_{Rd} (Nm)	7.787E+7	M_{Ed} (Nm)	4.025E+7
				M_{Rd} (Nm)	7.844E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.008	M_{Ed}/M_{Rd}	0.517	M_{Ed}/M_{Rd}	0.513

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	0.7	0	1.2	0	0	0	0	2	0	1.1	0	0	0
σ_7	0	11.9	24.7	18.7	39.6	0	0	64.3	11.2	43.4	6.3	27.6	135.4	0.346
σ_6	0	10.5	22.7	16.5	36.4	0	0	59.1	9.3	39.9	4.9	25.1	124.1	0.317
σ_5	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.4	0	0.7	0	0	0
σ_4	103.2	9.6	21.4	15.1	34.2	0	0	158.8	8.1	37.6	4	23.3	219.7	0.65
σ_3	100.8	9.2	20.8	14.5	33.3	0	0	154.8	7.5	36.5	3.6	22.6	213.9	0.633
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.8	-4	-4	0.012
σ_1	-68.7	-18.6	-20.4	-29.7	-32.6	0	0	-121.8	-31.3	-35.8	-24.6	-30	-187.6	0.588
σ_0	-72.4	-19.2	-21.3	-30.7	-34.1	0	0	-127.7	-32.1	-37.4	-25.2	-31.1	-196.2	0.615

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.65 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.96 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.05 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.75 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmax)

Anima	
b (mm)	2800
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
σ_{sup} (N/mm ²)	213.93
σ_{inf} (N/mm ²)	-187.61
ψ	-1.14

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

K_{σ}	27.39
λ_p	1.05
b_c (mm)	1308.25
$b_{c\ sup}$ (mm)	784.95
$b_{c\ sup}$ (mm)	523.3
ρ_{loc}	0.86
b_{ceff} (mm)	1123.5
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	674.1
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	449.4
ϕ_{Foro} (mm)	184.74

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmax)

	$A(mm^2)$	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	1.727E+4	975.8	8.867E+8
A_c 1	0E+00	0	0E+00
A_c 2	0E+00	0	0E+00
A_c Edge inf	1.151E+4	321.6	2.627E+8
A_c tot	2.878E+4	714.1	4.105E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmax)

	$A(mm^2)$	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff}$ Edge sup	1.483E+4	1031.2	5.616E+8
$A_{c,eff}$ 1	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ 2	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ Edge inf	9.887E+3	284.7	1.664E+8
$A_{c,eff}$ tot	2.472E+4	732.6	4.034E+9
$A_{c,eff,loc}$	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmax)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	321.31	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	7.863
λ_p	1.051	λ_c	0.859
ρ_p	0.859	ρ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmax)

	$A(mm^2)$	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	1.483E+4	1031.2	5.616E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.887E+3	284.7	1.664E+8
Totale	2.472E+4	732.6	4.034E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	$\Delta A(mm^2)$	z_G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-4.064E+3	601.8	-1.156E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.595E+5	2.648E+5	4.013E+5	2.499E+5	4.013E+5	1.85E+5
z_G (mm)	1210.702	1951.659	2335.519	1884.415	2335.519	1465.099
Δz_{Geff} (mm)	-15.13	-20.41	-17.39	-20.53	-17.39	-18.56
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	2.349E+11	4.558E+11	5.711E+11	4.356E+11	5.711E+11	3.101E+11
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-1.94E+8	-2.335E+8	-2.445E+8	-2.312E+8	-2.445E+8	-2.116E+8
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-2.041E+8	-2.41E+8	-2.51E+8	-2.388E+8	-2.51E+8	-2.207E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$W_{y,3eff}$ (mm ³)	1.424E+8	5.018E+8	1.089E+9	4.466E+8	1.089E+9	2.223E+8
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	1.391E+8	4.806E+8	1.012E+9	4.29E+8	1.012E+9	2.161E+8
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+300	4.52E+8	9.146E+8	4.05E+8	9.146E+8	2.074E+8
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+300	4.381E+8	8.7E+8	3.933E+8	8.7E+8	2.031E+8
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+300	3.875E+8	7.207E+8	3.503E+8	7.207E+8	1.865E+8
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	3.651E+8	6.607E+8	3.311E+8	6.607E+8	1.787E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	7.793E+7	1.268E+8	1.522E+8	1.224E+8	1.522E+8	9.472E+7
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	9.002E+7	1.607E+8	2.021E+8	1.538E+8	2.021E+8	1.129E+8
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	6.009E+7	1.516E+8	1.99E+8	1.433E+8	1.99E+8	9.152E+7
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.524E-291	1.182E+8	1.794E+8	1.075E+8	1.794E+8	4.059E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	9.334E-2	-1.002E-6	-9.298E-7	0E+00	-9.01E-6	1.391E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	9.334E-2	-1.102E-6	-1.021E-6	0E+00	-8.44E-6	1.303E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	0.7	0	1.2	0	0	0	0	2	0	1.1	0	0	0
σ_7	0	11.9	24.7	18.7	39.5	0	0	64.2	11.2	43.4	6.3	27.6	135.2	0.345
σ_6	0	10.5	22.7	16.5	36.3	0	0	59	9.3	39.8	4.9	25	123.8	0.316
σ_5	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.4	0	0.7	0	0	0
σ_4	102.9	9.6	21.3	15	34.1	0	0	158.3	8	37.4	4	23.2	219	0.648
σ_3	100.5	9.2	20.7	14.4	33.2	0	0	154.3	7.4	36.4	3.5	22.5	213.2	0.631
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.9	-4.1	-4.1	0.012
σ_1	-70.1	-19.1	-20.9	-30.5	-33.4	0	0	-124.4	-32.2	-36.7	-25.4	-30.8	-191.8	0.601
σ_0	-73.8	-19.7	-21.8	-31.5	-34.8	0	0	-130.3	-33.1	-38.2	-26	-31.9	-200.5	0.628

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.648 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.96 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.58 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.05 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.73 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

$$h_w / t_w = 127.273 > 31 / \eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.789 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 6.587E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.429, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.3$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.156E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 4.304E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.536, \quad \lambda_w = 1.547, \quad \tau_{cr} = 85.6, \quad C = 1138.7$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 4.732E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = 6.142E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.77$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.443E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.587E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.794, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.85, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.648$$

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	-4.57E+0	1.48E+6	1.06E+7	-1.54E+5
2a	4E-5	5.12E+5	3.41E+6	-8.97E+4
2b	4.17E-5	1.43E+5	6.14E+6	7E+5
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.24E-4	1.28E+5	5.39E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-5.94E+5	5.83E+5	1.18E+7	-2.02E+5
Totale	-5.94E+5	2.85E+6	3.73E+7	1.95E+5

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	0.6	0	1	0	0	0	0	1.3	0	2.6	0	0	0	0
σ_7	0	8.8	18.3	15.6	33	0	0	51.3	7.5	29	14.9	60.1	140.4	140.4	0.39
σ_6	0	7.8	16.8	13.8	30.3	0	0	47.2	6.2	26.6	12.1	55	128.8	128.8	0.358
σ_5	0	0.4	0	0.8	0	0	0	0	1	0	1.8	0	0	0	0
σ_4	76.4	7.1	15.8	12.6	28.5	0	0	120.8	5.4	25	10.3	51.5	197.3	197.3	0.556
σ_3	74.6	6.8	15.4	12.1	27.7	0	0	117.8	5	24.3	9.5	50	192.1	201.8	0.568
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	-3.1	-3.1	84.4	0.238
σ_1	-50.9	-13.8	-15.1	-24.8	-27.2	0	0	-93.2	-20.9	-23.9	-47	-55.3	-172.4	186.1	0.556
σ_0	-53.6	-14.2	-15.8	-25.6	-28.4	0	0	-97.7	-21.4	-24.9	-48.3	-57.5	-180.2	180.2	0.538
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.2	0.1	0.2		
τ_3	17.3	7.8	6.9	2.2	1.9	0	0	26.1	2	1.7	9.3	7.8	35.7		
τ_2	26	8.2	8.5	2.3	2.4	0	0	36.9	2.1	2.1	9.4	9.7	48.7		
τ_1	21.9	6.3	6.9	1.8	1.9	0	0	30.8	1.5	1.7	6.9	7.9	40.5		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.568 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.56 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.27 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.49 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.06 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	-4.57E+0	1.48E+6	1.06E+7	-1.54E+5
2a	4E-5	5.12E+5	3.41E+6	-8.97E+4
2b	4.17E-5	1.43E+5	6.14E+6	7E+5
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.24E-4	1.28E+5	5.39E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-5.13E+5	1.61E+6	4.35E+6	-1.79E+5
Totale	-5.13E+5	3.88E+6	2.99E+7	2.18E+5

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
σ_8	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.3	0	0.9	0	0	0	0
σ_7	0	8.8	18.3	15.6	33	0	0	51.3	7.5	29	4.8	20.7	100.9	100.9	0.28
σ_6	0	7.8	16.8	13.8	30.3	0	0	47.2	6.2	26.6	3.8	18.8	92.6	92.6	0.257
σ_5	0	0.4	0	0.8	0	0	0	0	1	0	0.6	0	0	0	0
σ_4	76.4	7.1	15.8	12.6	28.5	0	0	120.8	5.4	25	3.1	17.5	163.3	163.3	0.46
σ_3	74.6	6.8	15.4	12.1	27.7	0	0	117.8	5	24.3	2.8	16.9	159.1	180.7	0.509
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.3	-2.7	-2.7	114	0.321
σ_1	-50.9	-13.8	-15.1	-24.8	-27.2	0	0	-93.2	-20.9	-23.9	-18.1	-22	-139.1	168	0.502
σ_0	-53.6	-14.2	-15.8	-25.6	-28.4	0	0	-97.7	-21.4	-24.9	-18.6	-22.8	-145.5	145.5	0.434
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.6	0.2	0.3		
τ_3	17.3	7.8	6.9	2.2	1.9	0	0	26.1	2	1.7	25.6	21.7	49.5		
τ_2	26	8.2	8.5	2.3	2.4	0	0	36.9	2.1	2.1	26	26.8	65.8		
τ_1	21.9	6.3	6.9	1.8	1.9	0	0	30.8	1.5	1.7	18.9	21.9	54.4		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.509 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.56 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.27 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.72 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.78 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-4.57E+0	1.48E+6	1.06E+7	-1.54E+5
2a	4E-5	5.12E+5	3.41E+6	-8.97E+4
2b	4.17E-5	1.43E+5	6.14E+6	7E+5
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.24E-4	1.28E+5	5.39E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.16E+5	2.66E+5	6.21E+6	-6E+4
Totale	-1.16E+5	2.53E+6	3.18E+7	3.37E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 2 tot	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3 tot
--	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	-------	-------	-------	-------	----------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	
σ_8	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.3	0	1.5	0	0
σ_7	0	8.8	18.3	15.6	32.9	0	0	51.2	7.5	28.9	8.3	32.7	112.9
σ_6	0	7.8	16.8	13.7	30.3	0	0	47.1	6.2	26.6	6.9	30	103.6
σ_5	0	0.4	0	0.8	0	0	0	0	0.9	0	1	0	0
σ_4	76.2	7.1	15.8	12.5	28.4	0	0	120.5	5.3	25	5.9	28.1	173.6
σ_3	74.4	6.8	15.3	12	27.6	0	0	117.4	5	24.3	5.4	27.3	169
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.3	-0.6	-0.6
σ_1	-51.8	-14.1	-15.4	-25.4	-27.8	0	0	-95.1	-21.4	-24.4	-25	-28.7	-148.2
σ_0	-54.6	-14.6	-16.1	-26.2	-29	0	0	-99.6	-22	-25.4	-25.6	-29.9	-155

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.56 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.26 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.33 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.25 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2800
σ_{sup} (N/mm ²)	169.53
σ_{inf} (N/mm ²)	-145.23
σ_{Ed} (N/mm ²)	145.23
K_{σ}	28.09
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
τ_{Ed} (N/mm ²)	37.01
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	329.48
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	5.74
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	329.48
K_{τ}	7.3
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.648
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-4.57E+0	1.48E+6	1.06E+7	-1.54E+5
2a	4E-5	5.12E+5	3.41E+6	-8.97E+4
2b	4.17E-5	1.43E+5	6.14E+6	7E+5
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.24E-4	1.28E+5	5.39E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-5.63E+4	8.99E+5	9.74E+5	-1.26E+5
Totale	-5.63E+4	3.16E+6	2.65E+7	2.71E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.3	0	0.2	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_7	0	8.8	18.3	15.6	33	0	0	51.3	7.5	28.9	1.2	4.9	85.1
σ_6	0	7.8	16.8	13.7	30.3	0	0	47.1	6.2	26.6	1	4.5	78.1
σ_5	0	0.4	0	0.8	0	0	0	0	0.9	0	0.1	0	0
σ_4	76.3	7.1	15.8	12.5	28.4	0	0	120.5	5.3	25	0.8	4.2	149.7
σ_3	74.5	6.8	15.4	12	27.7	0	0	117.5	5	24.3	0.8	4.1	145.8
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.3	-0.3
σ_1	-51.7	-14.1	-15.4	-25.3	-27.7	0	0	-94.9	-21.4	-24.3	-4	-4.7	-123.9
σ_0	-54.5	-14.5	-16	-26.1	-28.9	0	0	-99.4	-21.9	-25.4	-4.1	-4.9	-129.7

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.56 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.26 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.09 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.36 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmax)

	<i>Anima</i>
b (mm)	2800
σ_{sup} (N/mm ²)	146.21
σ_{inf} (N/mm ²)	-121.72
σ_{Ed} (N/mm ²)	121.72
K_{σ}	28.97
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
τ_{Ed} (N/mm ²)	46.22
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	339.85
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	5.74
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	339.85
K_{τ}	7.3
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.693
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (N)	81656.28

Verifica elastica allo SLU

Coefficiente di utilizzo (Comb. Vmax)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} K_s$ (N/mm)	1633.1
--	--------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	967.6
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/V_{Rd}	0.592
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmax)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	6.906E+5	1.182E+8	4.558E+11	179.1
Fase 2b	1.714E+5	1.202E+8	4.596E+11	44.8
Fase 2c	0E+00	1.075E+8	4.356E+11	0
Fase 3a	1.92E+5	1.794E+8	5.711E+11	60.3
Fase 3b	2.175E+6	1.794E+8	5.711E+11	683.3
Totale				967.6

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)	717.6
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/v_{Rd}	0.732
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	5.116E+5	1.204E+8	4.631E+11	132.9
Fase 2b	1.429E+5	1.224E+8	4.67E+11	37.4
Fase 2c	0E+00	1.093E+8	4.422E+11	0
Fase 3a	1.28E+5	1.837E+8	5.832E+11	40.3
Fase 3b	1.61E+6	1.837E+8	5.832E+11	506.9
Totale				717.6

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-4.57E+0	1.48E+6	1.06E+7	-1.54E+5
2a	4E-5	5.12E+5	3.41E+6	-8.97E+4
2b	4.17E-5	1.43E+5	6.14E+6	7E+5
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.24E-4	1.28E+5	5.39E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-5.17E+4	5.23E+4	2.07E+6	-1.22E+4
3b max	4.42E+3	3.02E+5	-9.44E+5	-1.1E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	0.6	0	1	0	0	0	1.3	0	0.5	0	-0.2	0	3.4	0	2.6	0	0
σ_7	0	8.8	18.3	15.6	33	0	0	7.5	29	2.8	10.9	-1.3	-5	34.6	91.1	30.6	75.2	19.7
σ_6	0	7.8	16.8	13.8	30.3	0	0	6.2	26.6	2.3	10	-1.1	-4.6	30.1	83.7	26.7	69.1	14.6
σ_5	0	0.4	0	0.8	0	0	0	1	0	0.3	0	-0.2	0	2.6	0	2.1	0	0
σ_4	76.4	7.1	15.8	12.6	28.5	0	0	5.4	25	1.9	9.4	-0.9	-4.4	103.5	155.2	100.6	141.5	13.7
σ_3	74.6	6.8	15.4	12.1	27.7	0	0	5	24.3	1.8	9.1	-0.9	-4.2	100.3	151.2	97.7	137.9	13.3
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.3	0	0	-0.1	-0.3	0	0	0.3

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_1	-50.9	-13.8	-15.1	-24.8	-27.2	0	0	-20.9	-23.9	-8.2	-9.5	3.7	4.2	-118.5	-126.6	-106.7	-112.9	13.7
σ_0	-53.6	-14.2	-15.8	-25.6	-28.4	0	0	-21.4	-24.9	-8.4	-9.9	3.8	4.4	-123.2	-132.5	-111.1	-118.3	14.2
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1
τ_3	17.3	7.8	6.9	2.2	1.9	0	0	2	1.7	0.8	0.7	4.8	4.1	30.1	30.1	34.1	34.1	4
τ_2	26	8.2	8.5	2.3	2.4	0	0	2.1	2.1	0.8	0.9	4.9	5	39.4	39.4	43.5	43.5	4
τ_1	21.9	6.3	6.9	1.8	1.9	0	0	1.5	1.7	0.6	0.7	3.6	4.1	32.1	32.1	35.1	35.1	2.9
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 = 3.35 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.56 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 = 2.64 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.05 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-4.57E+0	1.48E+6	1.06E+7	-1.54E+5
2a	4E-5	5.12E+5	3.41E+6	-8.97E+4
2b	4.17E-5	1.43E+5	6.14E+6	7E+5
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.24E-4	1.28E+5	5.39E+6	-6.02E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	2.6E+3	3.49E+5	-7.96E+5	-4.49E+4
3b max	-4.47E+3	-1.17E+4	-4.87E+5	1.21E+3

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	0.6	0	1	0	0	0	1.3	0	-0.2	0	-0.1	0	2.7	0	2.8	0	0
σ_7	0	8.8	18.3	15.6	33	0	0	7.5	29	-1.1	-4.3	-0.7	-2.6	30.8	76	31.2	77.6	2.1
σ_6	0	7.8	16.8	13.8	30.3	0	0	6.2	26.6	-0.9	-3.9	-0.6	-2.4	26.9	69.9	27.3	71.4	1.5
σ_5	0	0.4	0	0.8	0	0	0	1	0	-0.1	0	-0.1	0	2.1	0	2.1	0	0
σ_4	76.4	7.1	15.8	12.6	28.5	0	0	5.4	25	-0.8	-3.7	-0.5	-2.3	100.7	142.1	101	143.5	1.4
σ_3	74.6	6.8	15.4	12.1	27.7	0	0	5	24.3	-0.7	-3.6	-0.5	-2.2	97.8	138.5	98.1	139.9	1.4
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
σ_1	-50.9	-13.8	-15.1	-24.8	-27.2	0	0	-20.9	-23.9	3.1	3.5	1.9	2.1	-107.3	-113.6	-108.5	-115	1.4
σ_0	-53.6	-14.2	-15.8	-25.6	-28.4	0	0	-21.4	-24.9	3.2	3.7	1.9	2.2	-111.7	-119	-112.9	-120.4	1.5
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1
τ_3	17.3	7.8	6.9	2.2	1.9	0	0	2	1.7	5.6	4.7	-0.2	-0.2	34.8	34.8	29.1	29.1	5.7
τ_2	26	8.2	8.5	2.3	2.4	0	0	2.1	2.1	5.6	5.8	-0.2	-0.2	44.2	44.2	38.4	38.4	5.8
τ_1	21.9	6.3	6.9	1.8	1.9	0	0	1.5	1.7	4.1	4.7	-0.1	-0.2	35.6	35.6	31.4	31.4	4.3
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 = 2.68 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.08 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 = 2.75 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.13 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.17 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 2.014 > 2 \Rightarrow 2$ (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.458 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 2.281$ (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	48
	Luce per il taglio (m):	19.2
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	Q_0 (kN)	480
	N_0	500000
	N_{obs}	500000
	Q_{mi} (kN)	0
	Categoria di traffico (Table 4.5n - EN 1991-2):	Roads and motorways with medium flow rates of lorries
	Distribuzione del traffico (Table 4.7 - EN 1991-2) :	Long distance (20% Q1, 5% Q2, 50% Q3, 15% Q4, 10% Q5)
Dati per il calcolo di λ_3, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	$1.55 \times 0.953 \times 1 \times 1 = 1.477$
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	27.42	92.593	0.296
Piattabanda inferiore	28.475	92.593	0.308
Anima	9.198	74.074	0.124
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	27.421	75.52	0.363
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	28.475	69.637	0.409
Attacco anima-piattabanda superiore	26.65	82.963	0.321
Attacco anima-piattabanda inferiore	27.318	82.963	0.329
Attacco irrigidente verticale - anima	27.318	59.259	0.461
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	26.65	59.259	0.45
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	27.318	59.259	0.461
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	2.8	92.593	0.03
Piattabanda inferiore	2.933	92.593	0.032
Anima	13.296	74.074	0.179
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	2.798	75.52	0.037
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	2.933	69.637	0.042

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Attacco anima-piattabanda superiore	2.718	82.963	0.033
Attacco anima-piattabanda inferiore	2.815	82.963	0.034
Attacco irrigidente verticale - anima	2.815	59.259	0.047
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	2.718	59.259	0.046
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	2.815	59.259	0.047
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 20.49 / (90 / 1.15) = 0.262$
$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 27.42 / (80 / 1.35) = 0.463$
$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.262 + 0.463 = 0.725$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 29.62 / (90 / 1.15) = 0.378$
$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 2.8 / (80 / 1.35) = 0.047$
$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.378 + 0.047 = 0.426$
VERIFICA SODDISFATTA	

13.6 SEZIONE C5_CRACKED_17

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	1100x70 mm
Piattabanda inferiore	1100x80 mm
Anima	25x2750 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.338E+5	3.644E+5	3.674E+5	3.495E+5	5.009E+5	2.846E+5
z _G (mm)	1386.765	1991.089	1999.929	1944.699	2287.832	1685.936
J _y (mm ⁴)	3.716E+11	6.103E+11	6.138E+11	5.918E+11	7.287E+11	4.888E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.68E+8	-3.065E+8	-3.069E+8	-3.043E+8	-3.185E+8	-2.9E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.844E+8	-3.194E+8	-3.197E+8	-3.174E+8	-3.301E+8	-3.044E+8
W _{y,3} (mm ³)	2.575E+8	7.275E+8	7.395E+8	6.685E+8	1.344E+9	4.273E+8
W _{y,4} (mm ³)	2.456E+8	6.715E+8	6.82E+8	6.195E+8	1.19E+9	4.027E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	6.299E+8	6.394E+8	5.829E+8	1.084E+9	3.837E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	6.098E+8	6.187E+8	5.651E+8	1.035E+9	3.743E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	5.368E+8	5.441E+8	5.002E+8	8.674E+8	3.39E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	5.048E+8	5.115E+8	4.715E+8	7.989E+8	3.229E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	1.185E+8	1.717E+8	1.725E+8	1.676E+8	1.978E+8	1.448E+8
$S_{y,2}$ (mm ³)	1.399E+8	2.173E+8	2.186E+8	2.111E+8	2.587E+8	1.771E+8
$S_{y,3}$ (mm ³)	1.138E+8	2.086E+8	2.099E+8	2.013E+8	2.551E+8	1.607E+8
$S_{y,4}$ (mm ³)	0E+00	1.413E+8	1.433E+8	1.304E+8	2.106E+8	6.993E+7
n_E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	-5.51E+0	2.41E+6	2.74E+7	-1.94E+5
2a	-6.46E-5	8.05E+5	8.91E+6	-5.8E+4
2b	7.82E-5	1.71E+5	8.22E+6	-5.82E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.83E-4	1.92E+5	9.21E+6	2.47E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.09E+5	1.5E+6	2.28E+7	2.62E+4
Totale	-8.09E+5	5.08E+6	7.66E+7	-3.67E+4

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	110	2473.32	0.87	-0.84	4
Piattabanda superiore	7.68				1
Piattabanda inferiore	6.72				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale	Flessione semplice			Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-8.091E+5	M_{Ed} (Nm)	7.658E+7	N_{Ed} (N)	-8.091E+5
N_{Rd} (N)	-1.202E+8	M_{Rd} (Nm)	1.144E+8	M_{Ed} (Nm)	7.658E+7
				M_{Rd} (Nm)	1.142E+8
N_{Ed}/N_{Rd}	0.007	M_{Ed}/M_{Rd}	0.67	M_{Ed}/M_{Rd}	0.67

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	0	1	0	0	0	0	1.8	0	4.3	0	0	0
σ_7	0	16.6	26.3	15.1	24.2	0	0	50.5	10.6	27.2	24.7	64.5	142.2	0.363
σ_6	0	14.6	23.8	13.3	22	0	0	45.8	8.9	24.6	20.4	58.1	128.5	0.328
σ_5	0	0.8	0	0.8	0	0	0	0	1.4	0	3.1	0	0	0
σ_4	111.7	13.3	22.1	12	20.4	0	0	154.2	7.7	22.9	17.6	53.8	230.9	0.724
σ_3	106.5	12.3	20.9	11.1	19.2	0	0	146.6	6.8	21.5	15.4	50.6	218.7	0.686
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.6	-2.8	-2.8	0.008
σ_1	-96.5	-27.9	-29.3	-25.7	-27	0	0	-152.7	-27.9	-30.2	-70.8	-77.8	-260.8	0.817
σ_0	-102.4	-29.1	-30.7	-26.8	-28.3	0	0	-161.4	-28.9	-31.7	-73.3	-81.5	-274.7	0.861

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.861 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.03 N/mm²

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.62 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 8.19 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.1 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	550	70	---	---	---	1	38500
Piattabanda superiore DX	550	70	---	---	---	1	38500
Piattabanda inferiore SX	550	80	---	---	---	1	44000
Piattabanda inferiore DX	550	80	---	---	---	1	44000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2750
σ_{cr0E} (N/mm ²)	15.7
σ_{sup} (N/mm ²)	217.43
σ_{inf} (N/mm ²)	-267.34
ψ	-0.81
K_σ	19.39
λ_p	1.08
b_c (mm)	1516.56
$b_{c, sup}$ (mm)	909.94
$b_{c, sup}$ (mm)	606.63
ρ_{loc}	0.82
b_{ceff} (mm)	1248.2
$b_{ceff, sup}$ (mm)	748.92
$b_{ceff, sup}$ (mm)	499.28
ϕ_{Foro} (mm)	268.37

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge sup}$	2.275E+4	1141.6	1.57E+9
$A_{c, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, Edge inf}$	1.517E+4	383.3	4.651E+8
$A_{c, tot}$	3.791E+4	838.3	7.267E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, eff Edge sup}$	1.872E+4	1222.1	8.751E+8
$A_{c, eff 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff Edge inf}$	1.248E+4	329.6	2.593E+8
$A_{c, eff tot}$	3.12E+4	865.1	7.099E+9
$A_{c, eff, loc}$	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr, p}$ (p)	304.55	$\sigma_{cr, c}$ (c)
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)
λ_p	1.08	λ_c
ρ_p	0.823	ρ_c

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.872E+4	1222.1	8.751E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	1.248E+4	329.6	2.593E+8
Totale	3.12E+4	865.1	7.099E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	-6.709E+3	713.5	-4.027E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.27E+5	3.577E+5	4.942E+5	3.428E+5	4.942E+5	2.779E+5
z _G (mm)	1406.661	2015.052	2309.205	1968.795	2309.205	1709.411
Δ z _{Geff} (mm)	-19.9	-23.96	-21.37	-24.1	-21.37	-23.47
J _{y,eff} (mm ⁴)	3.684E+11	5.991E+11	7.118E+11	5.814E+11	7.118E+11	4.823E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-2.619E+8	-2.973E+8	-3.083E+8	-2.953E+8	-3.083E+8	-2.821E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.777E+8	-3.096E+8	-3.193E+8	-3.078E+8	-3.193E+8	-2.96E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	2.588E+8	7.352E+8	1.367E+9	6.751E+8	1.367E+9	4.304E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	2.467E+8	6.77E+8	1.205E+9	6.244E+8	1.205E+9	4.051E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	6.34E+8	1.094E+9	5.866E+8	1.094E+9	3.857E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	6.133E+8	1.043E+9	5.682E+8	1.043E+9	3.76E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	5.383E+8	8.694E+8	5.016E+8	8.694E+8	3.4E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	5.056E+8	7.991E+8	4.722E+8	7.991E+8	3.236E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	1.203E+8	1.738E+8	1.997E+8	1.697E+8	1.997E+8	1.469E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	1.376E+8	2.119E+8	2.511E+8	2.059E+8	2.511E+8	1.734E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	1.123E+8	2.036E+8	2.477E+8	1.966E+8	2.477E+8	1.577E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	2.259E-291	1.381E+8	2.049E+8	1.276E+8	2.049E+8	6.874E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	3.03
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
ΔM _{Fessurata} (kNm)	1.096E-1	1.517E-6	-1.837E-6	0E+00	-1.368E-5	1.899E+4
ΔM _{Non fessurata} (kNm)	1.096E-1	1.548E-6	-1.872E-6	0E+00	-1.246E-5	1.729E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	0	1	0	0	0	0	1.8	0	4.3	0	0	0
σ ₇	0	16.6	26.2	15.1	24.2	0	0	50.4	10.6	27.1	24.6	64.3	141.7	0.362
σ ₆	0	14.5	23.7	13.2	21.9	0	0	45.6	8.8	24.5	20.3	57.8	127.9	0.327
σ ₅	0	0.8	0	0.8	0	0	0	0	1.3	0	3.1	0	0	0
σ ₄	111.2	13.2	22	11.9	20.3	0	0	153.5	7.6	22.7	17.3	53.5	229.7	0.72
σ ₃	106	12.1	20.7	11	19.1	0	0	145.8	6.7	21.4	15.1	50.2	217.3	0.681
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.6	-2.9	-2.9	0.009

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_1	-98.8	-28.8	-30.1	-26.5	-27.8	0	0	-156.6	-28.8	-31.1	-73.2	-80.1	-267.8	0.839
σ_0	-104.7	-30	-31.6	-27.6	-29.1	0	0	-165.4	-29.9	-32.6	-75.7	-83.9	-281.9	0.884

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.884 VERIFICA SODDISFATTA

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 = 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 = 8.19 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.04 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

$$h_w/t_w=110 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.075 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 7.993E+6 N**

Essendo:

$$\begin{aligned} a/h_w &= 1.5, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.118 \\ \text{contributo anima: } V_{bw,Rd} &= 7.85E+6 \text{ N}, \quad \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 1.431E+5 \text{ N} \\ \chi_w &= 0.613, \quad \lambda_w = 1.354, \quad \tau_{cr} = 111.8, \quad C = 1263.2 \\ M_{Ed} &= M_{Ed,eq} = 7.954E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = 8.312E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.957 \end{aligned}$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.61E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 7.993E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\begin{aligned} \eta_3 &= V_{Ed}/V_{Rd} = 0.635, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA}) \\ \eta_3 &= V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.647, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.884 \end{aligned}$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

$$\eta_3 > 0.5, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} < 1 \\ \text{NON C'E' INTERAZIONE}$$

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-5.51E+0	2.41E+6	2.74E+7	-1.94E+5
2a	-6.46E-5	8.05E+5	8.91E+6	-5.8E+4
2b	7.82E-5	1.71E+5	8.22E+6	-5.82E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.83E-4	1.92E+5	9.21E+6	2.47E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-7.08E+5	2.44E+6	1.71E+7	-6.46E+3
Totale	-7.08E+5	6.02E+6	7.09E+7	-6.94E+4

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	110	2467.33	0.87	-0.85	4
Piattabanda superiore	7.68				1

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Piattabanda inferiore	6.72				1
classe della sezione					4
Analisi plastica: NON APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-7.077E+5	M _{Ed} (Nm)	7.087E+7	N _{Ed} (N)	-7.077E+5
N _{Rd} (N)	-1.202E+8	M _{Rd} (Nm)	1.144E+8	M _{Ed} (Nm)	7.087E+7
				M _{Rd} (Nm)	1.142E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.006	M _{Ed} /M _{Rd}	0.62	M _{Ed} /M _{Rd}	0.62
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	0	1	0	0	0	0	1.8	0	3.2	0	0	0
σ ₇	0	16.6	26.3	15.1	24.2	0	0	50.5	10.6	27.2	18.3	48	125.6	0.321
σ ₆	0	14.6	23.8	13.3	22	0	0	45.8	8.9	24.6	15.1	43.2	113.6	0.29
σ ₅	0	0.8	0	0.8	0	0	0	0	1.4	0	2.3	0	0	0
σ ₄	111.7	13.3	22.1	12	20.4	0	0	154.2	7.7	22.9	13	40	217.1	0.68
σ ₃	106.5	12.3	20.9	11.1	19.2	0	0	146.6	6.8	21.5	11.3	37.5	205.7	0.645
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.4	-2.5	-2.5	0.007
σ ₁	-96.5	-27.9	-29.3	-25.7	-27	0	0	-152.7	-27.9	-30.2	-53.2	-58.7	-241.6	0.757
σ ₀	-102.4	-29.1	-30.7	-26.8	-28.3	0	0	-161.4	-28.9	-31.7	-55.1	-61.5	-254.7	0.798

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.798 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.03 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.62 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.08 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.28 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β ^k	A _{c,eff} *β ^k (mm ²)
Piattabanda superiore SX	550	70	---	---	---	1	38500
Piattabanda superiore DX	550	70	---	---	---	1	38500
Piattabanda inferiore SX	550	80	---	---	---	1	44000
Piattabanda inferiore DX	550	80	---	---	---	1	44000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmax)

Anima	
b (mm)	2750
σ _{cr0E} (N/mm ²)	15.7
σ _{sup} (N/mm ²)	205.7
σ _{inf} (N/mm ²)	-241.64
ψ	-0.85
K _σ	20.25
λ _p	1.06
b _c (mm)	1485.46
b _{c sup} (mm)	891.28

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$b_{c\ sup}$ (mm)	594.19
ρ_{loc}	0.84
b_{ceff} (mm)	1248.67
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	749.2
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	499.47
ϕ_{Foro} (mm)	236.79

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmax)

	$A(mm^2)$	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c\ Edge\ sup}$	2.228E+4	1119.8	1.475E+9
$A_{c\ 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c\ 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c\ Edge\ inf}$	1.485E+4	377.1	4.37E+8
$A_{c\ tot}$	3.714E+4	822.7	6.829E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmax)

	$A(mm^2)$	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff\ Edge\ sup}$	1.873E+4	1190.9	8.761E+8
$A_{c,eff\ 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff\ 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff\ Edge\ inf}$	1.249E+4	329.7	2.596E+8
$A_{c,eff\ tot}$	3.122E+4	846.4	6.691E+9
$A_{c,eff,loc}$	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmax)

	Piastra	Colonna	
$\sigma_{cr,p}$ (p)	318	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	7.136
λ_p	1.057	λ_c	0.841
ρ_p	0.841	χ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmax)

	$A(mm^2)$	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	1.873E+4	1190.9	8.761E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	1.249E+4	329.7	2.596E+8
Totale	3.122E+4	846.4	6.691E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	$\Delta A(mm^2)$	z_G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-5.92E+3	697.9	-2.766E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.278E+5	3.585E+5	4.95E+5	3.436E+5	4.95E+5	2.787E+5
z_G (mm)	1404.665	2012.444	2306.847	1966.18	2306.847	1706.922
Δz_{Geff} (mm)	-17.9	-21.36	-19.01	-21.48	-19.01	-20.99
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	3.687E+11	6.002E+11	7.135E+11	5.824E+11	7.135E+11	4.829E+11
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-2.625E+8	-2.983E+8	-3.093E+8	-2.962E+8	-3.093E+8	-2.829E+8
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-2.783E+8	-3.106E+8	-3.204E+8	-3.088E+8	-3.204E+8	-2.968E+8
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	2.587E+8	7.342E+8	1.364E+9	6.743E+8	1.364E+9	4.3E+8
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	2.466E+8	6.763E+8	1.203E+9	6.237E+8	1.203E+9	4.048E+8
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+300	6.334E+8	1.092E+9	5.861E+8	1.092E+9	3.854E+8
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+300	6.127E+8	1.041E+9	5.678E+8	1.041E+9	3.758E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+300	5.38E+8	8.69E+8	5.013E+8	8.69E+8	3.398E+8
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	5.054E+8	7.989E+8	4.721E+8	7.989E+8	3.234E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	1.201E+8	1.736E+8	1.995E+8	1.695E+8	1.995E+8	1.467E+8
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	1.378E+8	2.125E+8	2.519E+8	2.065E+8	2.519E+8	1.738E+8
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	1.124E+8	2.041E+8	2.485E+8	1.971E+8	2.485E+8	1.58E+8
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.262E-291	1.385E+8	2.055E+8	1.279E+8	2.055E+8	6.886E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	9.857E-2	1.356E-6	-1.642E-6	0E+00	-1.223E-5	1.485E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	9.857E-2	1.38E-6	-1.668E-6	0E+00	-1.108E-5	1.346E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	0	1	0	0	0	0	1.8	0	3.2	0	0	0
σ_7	0	16.6	26.2	15.1	24.2	0	0	50.4	10.6	27.1	18.3	47.8	125.3	0.32
σ_6	0	14.5	23.7	13.2	21.9	0	0	45.6	8.8	24.5	15	43	113.1	0.289
σ_5	0	0.8	0	0.8	0	0	0	0	1.3	0	2.3	0	0	0
σ_4	111.2	13.2	22	12	20.3	0	0	153.6	7.7	22.7	12.8	39.7	216.1	0.677
σ_3	106	12.1	20.7	11	19.1	0	0	145.9	6.7	21.4	11.1	37.3	204.6	0.641
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.4	-2.5	-2.5	0.008
σ_1	-98.6	-28.7	-30	-26.4	-27.7	0	0	-156.3	-28.7	-31	-54.8	-60.2	-247.5	0.776
σ_0	-104.5	-29.9	-31.5	-27.5	-29	0	0	-165.1	-29.8	-32.5	-56.8	-63	-260.6	0.817

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.817 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.03 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 = 7.07 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.25 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

$$h_w/t_w = 110 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.075 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 8.213E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.5, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.118$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 7.85E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 3.636E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.613, \quad \lambda_{tw} = 1.354, \quad \tau_{cr} = 111.8, \quad C = 1263.2$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 7.373E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 8.318E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.886$$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 1.61E+7$ N**

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 8.213E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.733, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.767, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.817$$

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	-4.08E+0	1.79E+6	2.03E+7	-1.44E+5
2a	-4.79E-5	5.97E+5	6.6E+6	-4.29E+4
2b	6.52E-5	1.43E+5	6.85E+6	-4.85E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.89E-4	1.28E+5	6.14E+6	1.65E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-5.64E+5	1.11E+6	1.69E+7	1.03E+4
Totale	-5.64E+5	3.76E+6	5.68E+7	-6E+4

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	0.8	0	0.8	0	0	0	0	1.2	0	3.2	0	0	0	0
σ_7	0	12.3	19.5	12.6	20.2	0	0	39.7	7.1	18.1	18.3	47.8	105.6	105.6	0.293
σ_6	0	10.8	17.6	11.1	18.3	0	0	35.9	5.9	16.4	15.2	43.1	95.5	95.5	0.265
σ_5	0	0.6	0	0.7	0	0	0	0	0.9	0	2.3	0	0	0	0
σ_4	82.7	9.8	16.4	10	17	0	0	116.1	5.2	15.2	13.1	40	171.3	171.3	0.511
σ_3	78.9	9.1	15.5	9.3	16	0	0	110.4	4.6	14.4	11.4	37.5	162.3	182.2	0.544
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.1	-2	-2	96.2	0.271
σ_1	-71.5	-20.7	-21.7	-21.4	-22.5	0	0	-115.6	-18.6	-20.2	-52.3	-57.5	-193.3	209.2	0.624
σ_0	-75.8	-21.5	-22.8	-22.3	-23.6	0	0	-122.2	-19.3	-21.2	-54.1	-60.2	-203.6	203.6	0.608
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.3	0.1	0.3		
τ_3	21.9	8.2	7.8	2	1.9	0	0	31.6	1.8	1.7	15.5	14.6	47.9		
τ_2	26.9	8.5	8.6	2	2.1	0	0	37.6	1.8	1.9	15.7	16.1	55.5		
τ_1	22.8	6.7	7.1	1.6	1.7	0	0	31.5	1.4	1.5	12	13.1	46.2		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.624 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.28 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.03 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.5 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)
------	-------	-------	--------	--------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

1	-4.08E+0	1.79E+6	2.03E+7	-1.44E+5
2a	-4.79E-5	5.97E+5	6.6E+6	-4.29E+4
2b	6.52E-5	1.43E+5	6.85E+6	-4.85E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.89E-4	1.28E+5	6.14E+6	1.65E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-4.89E+5	1.81E+6	1.27E+7	-1.39E+4
Totale	-4.89E+5	4.46E+6	5.26E+7	-8.42E+4

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
σ_8	0	0.8	0	0.8	0	0	0	0	1.2	0	2.4	0	0	0	0
σ_7	0	12.3	19.5	12.6	20.2	0	0	39.7	7.1	18.1	13.6	35.6	93.4	93.4	0.259
σ_6	0	10.8	17.6	11.1	18.3	0	0	35.9	5.9	16.4	11.2	32.1	84.4	84.4	0.234
σ_5	0	0.6	0	0.7	0	0	0	0	0.9	0	1.7	0	0	0	0
σ_4	82.7	9.8	16.4	10	17	0	0	116.1	5.2	15.2	9.7	29.7	161.1	161.1	0.481
σ_3	78.9	9.1	15.5	9.3	16	0	0	110.4	4.6	14.4	8.4	27.9	152.6	181.9	0.543
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1.7	-1.7	113.7	0.32
σ_1	-71.5	-20.7	-21.7	-21.4	-22.5	0	0	-115.6	-18.6	-20.2	-39.3	-43.3	-179.1	202.4	0.604
σ_0	-75.8	-21.5	-22.8	-22.3	-23.6	0	0	-122.2	-19.3	-21.2	-40.7	-45.4	-188.7	188.7	0.563
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.5	0.2	0.3		
τ_3	21.9	8.2	7.8	2	1.9	0	0	31.6	1.8	1.7	25.3	23.8	57.1		
τ_2	26.9	8.5	8.6	2	2.1	0	0	37.6	1.8	1.9	25.7	26.2	65.7		
τ_1	22.8	6.7	7.1	1.6	1.7	0	0	31.5	1.4	1.5	19.6	21.4	54.5		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.604 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.28 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.2 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.9 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-4.08E+0	1.79E+6	2.03E+7	-1.44E+5
2a	-4.79E-5	5.97E+5	6.6E+6	-4.29E+4
2b	6.52E-5	1.43E+5	6.85E+6	-4.85E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.89E-4	1.28E+5	6.14E+6	1.65E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.23E+5	4.79E+5	8.43E+6	-2.12E+4
Totale	-1.23E+5	3.13E+6	4.83E+7	-9.15E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0.8	0	0.8	0	0	0	0	1.2	0	1.7	0	0
σ_7	0	12.3	19.4	12.6	20.2	0	0	39.6	7.1	18.1	9.5	24.4	82

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_6	0	10.8	17.6	11	18.2	0	0	35.8	5.9	16.3	7.9	22	74.1
σ_5	0	0.6	0	0.7	0	0	0	0	0.9	0	1.2	0	0
σ_4	82.4	9.8	16.3	10	16.9	0	0	115.7	5.1	15.2	6.8	20.4	151.3
σ_3	78.6	9	15.4	9.2	15.9	0	0	109.9	4.5	14.3	5.9	19.2	143.3
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.2	-0.4	-0.4
σ_1	-72.9	-21.2	-22.2	-22	-23	0	0	-118.1	-19.1	-20.6	-26.5	-28.8	-167.5
σ_0	-77.3	-22.1	-23.3	-22.9	-24.2	0	0	-124.7	-19.8	-21.6	-27.4	-30.2	-176.6

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.27 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.47 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.37 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmax)

Anima	
b (mm)	2750
σ_{sup} (N/mm ²)	144.04
σ_{inf} (N/mm ²)	-163.92
σ_{Ed} (N/mm ²)	163.92
K_{σ}	20.89
σ_{cr0E} (N/mm ²)	15.7
τ_{Ed} (N/mm ²)	41.56
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	328.02
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	6.97
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	328.02
K_{τ}	7.12
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.646
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-4.08E+0	1.79E+6	2.03E+7	-1.44E+5
2a	-4.79E-5	5.97E+5	6.6E+6	-4.29E+4
2b	6.52E-5	1.43E+5	6.85E+6	-4.85E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.89E-4	1.28E+5	6.14E+6	1.65E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-6.71E+4	1E+6	5.25E+6	-3.94E+4
Totale	-6.71E+4	3.66E+6	4.52E+7	-1.1E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0.8	0	0.8	0	0	0	0	1.2	0	1	0	0
σ_7	0	12.3	19.4	12.6	20.2	0	0	39.6	7.1	18.1	5.9	15.2	72.9
σ_6	0	10.8	17.6	11	18.2	0	0	35.8	5.9	16.3	4.9	13.7	65.9
σ_5	0	0.6	0	0.7	0	0	0	0	0.9	0	0.7	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_4	82.5	9.8	16.3	10	16.9	0	0	115.7	5.1	15.2	4.2	12.7	143.6
σ_3	78.6	9	15.4	9.2	15.9	0	0	109.9	4.5	14.3	3.7	12	136.2
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.2	-0.2
σ_1	-72.8	-21.2	-22.2	-21.9	-23	0	0	-118	-19.1	-20.6	-16.5	-17.9	-156.5
σ_0	-77.2	-22.1	-23.3	-22.9	-24.1	0	0	-124.6	-19.8	-21.6	-17.1	-18.7	-165

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.27 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.85 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.92 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmax)

	Anima
b (mm)	2750
σ_{sup} (N/mm ²)	136.81
σ_{inf} (N/mm ²)	-153.28
σ_{Ed} (N/mm ²)	153.28
K_{σ}	21.21
σ_{crOE} (N/mm ²)	15.7
τ_{Ed} (N/mm ²)	48.48
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	333.12
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	6.97
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	333.12
K_{τ}	7.12
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.663
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (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)	1633.1
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	984.9
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.603

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

VERIFICA SODDISFATTA

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmax)

Fase	$V_{Ed} (N)$	$S_{y,4eff} (mm^3)$	$J_{y,eff} (mm^4)$	$V_{Ed} (N/mm)$
Fase 2a	8.054E+5	1.385E+8	6.002E+11	185.8
Fase 2b	1.714E+5	1.405E+8	6.036E+11	39.9
Fase 2c	0E+00	1.279E+8	5.824E+11	0
Fase 3a	1.92E+5	2.055E+8	7.135E+11	55.3
Fase 3b	2.444E+6	2.055E+8	7.135E+11	703.9
Totale				984.9

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 $v_{Ed} (N/mm)$	731.4
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.746
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	5.966E+5	1.413E+8	6.103E+11	138.1
Fase 2b	1.429E+5	1.433E+8	6.138E+11	33.4
Fase 2c	0E+00	1.304E+8	5.918E+11	0
Fase 3a	1.28E+5	2.106E+8	7.287E+11	37
Fase 3b	1.809E+6	2.106E+8	7.287E+11	523
Totale				731.4

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	$N (N)$	$V (N)$	$M (Nm)$	$T (Nm)$
1	-4.08E+0	1.79E+6	2.03E+7	-1.44E+5
2a	-4.79E-5	5.97E+5	6.6E+6	-4.29E+4
2b	6.52E-5	1.43E+5	6.85E+6	-4.85E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.89E-4	1.28E+5	6.14E+6	1.65E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-5.12E+4	5.27E+4	2.38E+6	6.36E+3
3b max	-5.91E+3	-1.18E+4	-5.58E+5	-2.46E+3

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	0.8	0	0.8	0	0	0	1.2	0	0.5	0	-0.1	0	3.3	0	2.7	0	0
σ_7	0	12.3	19.5	12.6	20.2	0	0	7.1	18.1	2.6	6.8	-0.7	-1.7	34.6	64.6	31.3	56.1	9.9
σ_6	0	10.8	17.6	11.1	18.3	0	0	5.9	16.4	2.2	6.2	-0.6	-1.5	30	58.5	27.3	50.8	7.7
σ_5	0	0.6	0	0.7	0	0	0	0.9	0	0.3	0	-0.1	0	2.5	0	2.1	0	0
σ_4	82.7	9.8	16.4	10	17	0	0	5.2	15.2	1.9	5.7	-0.5	-1.4	109.7	137.1	107.3	130	7.1
σ_3	78.9	9.1	15.5	9.3	16	0	0	4.6	14.4	1.7	5.4	-0.4	-1.3	103.5	130.1	101.4	123.4	6.7
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.2	0	0	-0.1	-0.2	0	0	0.2
σ_1	-71.5	-20.7	-21.7	-21.4	-22.5	0	0	-18.6	-20.2	-7.3	-8	1.7	1.8	-139.4	-143.8	-130.5	-134	9.8
σ_0	-75.8	-21.5	-22.8	-22.3	-23.6	0	0	-19.3	-21.2	-7.6	-8.4	1.7	1.9	-146.5	-151.8	-137.2	-141.5	10.3
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

τ_3	21.9	8.2	7.8	2	1.9	0	0	1.8	1.7	0.7	0.7	-0.2	-0.2	34.5	34.5	33.6	33.6	0.9
τ_2	26.9	8.5	8.6	2	2.1	0	0	1.8	1.9	0.7	0.8	-0.2	-0.2	40	40	39.1	39.1	0.9
τ_1	22.8	6.7	7.1	1.6	1.7	0	0	1.4	1.5	0.6	0.6	-0.1	-0.1	33.1	33.1	32.4	32.4	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 = 3.28 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.52 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 = 2.71 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.1 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	-4.08E+0	1.79E+6	2.03E+7	-1.44E+5
2a	-4.79E-5	5.97E+5	6.6E+6	-4.29E+4
2b	6.52E-5	1.43E+5	6.85E+6	-4.85E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	3.89E-4	1.28E+5	6.14E+6	1.65E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-2.97E+3	3.9E+5	7.49E+5	4.72E+3
3b max	-5.91E+3	-1.18E+4	-5.58E+5	-2.46E+3

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	0.8	0	0.8	0	0	0	1.2	0	0.1	0	-0.1	0	3	0	2.7	0	0
σ_7	0	12.3	19.5	12.6	20.2	0	0	7.1	18.1	0.9	2.2	-0.7	-1.7	32.8	60	31.3	56.1	4.5
σ_6	0	10.8	17.6	11.1	18.3	0	0	5.9	16.4	0.7	2	-0.6	-1.5	28.5	54.3	27.3	50.8	3.5
σ_5	0	0.6	0	0.7	0	0	0	0.9	0	0.1	0	-0.1	0	2.3	0	2.1	0	0
σ_4	82.7	9.8	16.4	10	17	0	0	5.2	15.2	0.6	1.8	-0.5	-1.4	108.4	133.2	107.3	130	3.3
σ_3	78.9	9.1	15.5	9.3	16	0	0	4.6	14.4	0.6	1.7	-0.4	-1.3	102.4	126.5	101.4	123.4	3.1
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
σ_1	-71.5	-20.7	-21.7	-21.4	-22.5	0	0	-18.6	-20.2	-2.3	-2.5	1.7	1.8	-134.4	-138.3	-130.5	-134	4.3
σ_0	-75.8	-21.5	-22.8	-22.3	-23.6	0	0	-19.3	-21.2	-2.4	-2.6	1.7	1.9	-141.3	-146	-137.2	-141.5	4.5
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
τ_3	21.9	8.2	7.8	2	1.9	0	0	1.8	1.7	5.5	5.1	-0.2	-0.2	39.2	39.2	33.6	33.6	5.6
τ_2	26.9	8.5	8.6	2	2.1	0	0	1.8	1.9	5.5	5.6	-0.2	-0.2	44.8	44.8	39.1	39.1	5.7
τ_1	22.8	6.7	7.1	1.6	1.7	0	0	1.4	1.5	4.2	4.6	-0.1	-0.1	36.7	36.7	32.4	32.4	4.4
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 = 2.97 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.29 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 = 2.71 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.1 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
--	---------------	---

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	γ_{Mf}	1.35
Fattore equivalente di danno per flessione per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$1.97 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 1.828 < 2.286$ (Appoggio)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.06 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 1.912$ (Appoggio)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Appoggio)
	Luce per il momento (m):	57
	Luce per il taglio (m):	66
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	$1.55 \times 0.953 \times 1 \times 1 = 1.477$
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

Verifica a fatica dei dettagli di carpenteria

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	13.05	92.593	0.141
Piattabanda inferiore	18.812	92.593	0.203
Anima	1.751	74.074	0.024
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.814 \times 112 = 91.2 \text{ N/mm}^2$	13.046	67.523	0.193
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.792 \times 112 = 88.8 \text{ N/mm}^2$	18.812	65.744	0.286
Attacco anima-piattabanda superiore	12.277	82.963	0.148
Attacco anima-piattabanda inferiore	17.933	82.963	0.216
Attacco irrigidente verticale - anima	17.933	59.259	0.303
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	12.277	59.259	0.207
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	17.933	59.259	0.303
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	5.95	92.593	0.064
Piattabanda inferiore	8.215	92.593	0.089
Anima	10.894	74.074	0.147
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.814 \times 112 = 91.2 \text{ N/mm}^2$	5.948	67.523	0.088
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.792 \times 112 = 88.8 \text{ N/mm}^2$	8.215	65.744	0.125
Attacco anima-piattabanda superiore	5.607	82.963	0.068
Attacco anima-piattabanda inferiore	7.825	82.963	0.094
Attacco irrigidente verticale - anima	7.825	59.259	0.132

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	5.607	59.259	0.095
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	7.825	59.259	0.132
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 4.85 / (90 / 1.15) = 0.062$
$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 13.05 / (80 / 1.35) = 0.22$
$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.062 + 0.22 = 0.282$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 30.21 / (90 / 1.15) = 0.386$
$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 5.95 / (80 / 1.35) = 0.1$
$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.386 + 0.1 = 0.486$
VERIFICA SODDISFATTA	

13.7 SEZIONE C6_CRACKED_22

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2800 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.636E+5	2.688E+5	2.718E+5	2.539E+5	4.053E+5	1.89E+5
Z _G (mm)	1195.575	1931.249	1943.855	1863.885	2318.134	1446.538
J _y (mm ⁴)	2.364E+11	4.631E+11	4.67E+11	4.422E+11	5.832E+11	3.131E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.977E+8	-2.398E+8	-2.403E+8	-2.373E+8	-2.516E+8	-2.164E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.082E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.452E+8	-2.583E+8	-2.258E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.42E+8	4.986E+8	5.098E+8	4.44E+8	1.076E+9	2.215E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.387E+8	4.781E+8	4.884E+8	4.268E+8	1.002E+9	2.154E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.502E+8	4.596E+8	4.035E+8	9.087E+8	2.068E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.366E+8	4.456E+8	3.92E+8	8.655E+8	2.026E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.87E+8	3.944E+8	3.498E+8	7.202E+8	1.862E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.65E+8	3.718E+8	3.31E+8	6.614E+8	1.785E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.693E+7	1.255E+8	1.263E+8	1.21E+8	1.51E+8	9.349E+7
S _{y,2} (mm ³)	9.111E+7	1.64E+8	1.654E+8	1.568E+8	2.071E+8	1.146E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

S _{y,3} (mm ³)	6.064E+7	1.545E+8	1.561E+8	1.459E+8	2.039E+8	9.266E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.204E+8	1.224E+8	1.093E+8	1.837E+8	4.106E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	1.42E+3	-2.06E+6	1.39E+7	2.14E+5
2a	-3.68E+3	-7.25E+5	4.39E+6	1.28E+5
2b	3.92E+4	-7.46E+4	7.74E+6	-7.54E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	6.35E+4	-2.48E+4	8.96E+6	-4.26E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	4.79E+5	-1.09E+6	1.22E+7	4.18E+5
Totale	5.8E+5	-3.98E+6	4.72E+7	6.42E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	127.27	1493.07	0.51	-1.19	4
Piattabanda superiore	10.98				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	5.799E+5	M _{Ed} (Nm)	4.725E+7	N _{Ed} (N)	5.799E+5
N _{Rd} (N)	6.401E+7	M _{Rd} (Nm)	7.787E+7	M _{Ed} (Nm)	4.725E+7
				M _{Rd} (Nm)	7.74E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.009	M _{Ed} /M _{Rd}	0.607	M _{Ed} /M _{Rd}	0.61

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	0.7	0	1.3	0	0	0	0	2.2	0	3.1	0	0	0
σ ₇	0	11.3	23.6	19.8	41.8	0	0	65.4	12.6	48.5	18.1	68.1	182	0.465
σ ₆	0	10	21.7	17.5	38.4	0	0	60.1	10.5	44.6	15.3	62.8	167.5	0.428
σ ₅	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.6	0	2.3	0	0	0
σ ₄	100.5	9.2	20.4	16	36.2	0	0	157.1	9.1	42	13.4	59.2	258.2	0.764
σ ₃	98.2	8.8	19.8	15.3	35.2	0	0	153.2	8.5	40.8	12.5	57.7	251.6	0.744
σ ₂	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	1.2	2.5	3.1	0.009
σ ₁	-67	-17.8	-19.5	-31.1	-34.1	0	0	-120.5	-34.5	-39.4	-46.1	-51.5	-211.4	0.663
σ ₀	-70.5	-18.3	-20.3	-32.1	-35.6	0	0	-126.4	-35.5	-41.1	-47.3	-53.9	-221.3	0.694

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.764 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA
NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.62 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.34 N/mm²

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.56 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2800
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
σ_{sup} (N/mm ²)	251.62
σ_{inf} (N/mm ²)	-211.43
ψ	-1.19
K_σ	28.68
λ_p	1.03
b_c (mm)	1278.48
$b_{c, sup}$ (mm)	767.09
$b_{c, sup}$ (mm)	511.39
ρ_{loc}	0.88
b_{ceff} (mm)	1124
$b_{ceff, sup}$ (mm)	674.4
$b_{ceff, sup}$ (mm)	449.6
ϕ_{Foro} (mm)	154.48

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge sup}$	1.688E+4	954.9	8.275E+8
$A_{c, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, Edge inf}$	1.125E+4	315.7	2.452E+8
$A_{c, tot}$	2.813E+4	699.2	3.831E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, eff, Edge sup}$	1.484E+4	1001.3	5.623E+8
$A_{c, eff, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff, Edge inf}$	9.891E+3	284.8	1.666E+8
$A_{c, eff, tot}$	2.473E+4	714.7	3.776E+9
$A_{c, eff, loc}$	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr, p}$ (p)	336.44	$\sigma_{cr, c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	8.109
λ_p	1.027	λ_c	0.879
ρ_p	0.879	ρ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Edge sup	1.484E+4	1001.3	5.623E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.891E+3	284.8	1.666E+8
Totale	2.473E+4	714.7	3.776E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	$\Delta A (mm^2)$	$z_G (mm)$	$\Delta J_y (mm^4)$
Anima	-3.399E+3	586.8	-6.758E+6
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.602E+5	2.654E+5	4.019E+5	2.505E+5	4.019E+5	1.856E+5
z _G (mm)	1208.488	1948.464	2332.773	1881.208	2332.773	1462.276
Δz_{Geff} (mm)	-12.91	-17.21	-14.64	-17.32	-14.64	-15.74
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.351E+11	4.569E+11	5.73E+11	4.366E+11	5.73E+11	3.105E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.945E+8	-2.345E+8	-2.456E+8	-2.321E+8	-2.456E+8	-2.123E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.047E+8	-2.419E+8	-2.521E+8	-2.397E+8	-2.521E+8	-2.214E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.423E+8	5.012E+8	1.087E+9	4.461E+8	1.087E+9	2.221E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.39E+8	4.802E+8	1.01E+9	4.286E+8	1.01E+9	2.16E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.517E+8	9.135E+8	4.047E+8	9.135E+8	2.073E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.378E+8	8.691E+8	3.931E+8	8.691E+8	2.03E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	3.873E+8	7.205E+8	3.502E+8	7.205E+8	1.864E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.651E+8	6.607E+8	3.311E+8	6.607E+8	1.787E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	7.778E+7	1.266E+8	1.52E+8	1.222E+8	1.52E+8	9.453E+7
S _{y,2eff} (mm ³)	9.018E+7	1.612E+8	2.029E+8	1.543E+8	2.029E+8	1.132E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	6.017E+7	1.521E+8	1.998E+8	1.437E+8	1.998E+8	9.17E+7
S _{y,4eff} (mm ³)	2.527E-291	1.185E+8	1.801E+8	1.078E+8	1.801E+8	4.066E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	-1.828E+1	5.788E+1	-6.164E+2	0E+00	-1E+3	-7.545E+3
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	-1.828E+1	6.331E+1	-6.73E+2	0E+00	-9.302E+2	-7.018E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	0.7	0	1.3	0	0	0	0	2.2	0	3.1	0	0	0
σ_7	0	11.3	23.5	19.8	41.8	0	0	65.3	12.6	48.4	18.1	68	181.8	0.464
σ_6	0	10	21.6	17.5	38.4	0	0	60	10.5	44.5	15.2	62.7	167.2	0.427
σ_5	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.6	0	2.3	0	0	0
σ_4	100.3	9.1	20.3	15.9	36.1	0	0	156.7	9	41.8	13.3	59.1	257.6	0.762
σ_3	97.9	8.8	19.8	15.3	35.1	0	0	152.8	8.4	40.7	12.4	57.5	251	0.742
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	1.2	2.6	3.1	0.009
σ_1	-68.1	-18.2	-19.9	-31.8	-34.8	0	0	-122.7	-35.4	-40.1	-47.2	-52.5	-215.4	0.675
σ_0	-71.7	-18.7	-20.7	-32.8	-36.3	0	0	-128.6	-36.3	-41.9	-48.5	-54.9	-225.4	0.706

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.762 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2 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 = 7.34 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.54 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

$$h_w/t_w = 127.273 > 31/\eta \cdot \epsilon_w \cdot (K_\tau)^{0.5} = 56.332 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 6.31E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.473, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.183$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.107E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.038E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.532, \quad \lambda_w = 1.56, \quad \tau_{cr} = 84.3, \quad C = 1174.2$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 5.564E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 6.214E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.895$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.443E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.31E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.63, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.651, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.762$$

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. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.42E+3	-2.06E+6	1.39E+7	2.14E+5
2a	-3.68E+3	-7.25E+5	4.39E+6	1.28E+5
2b	3.92E+4	-7.46E+4	7.74E+6	-7.54E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	6.35E+4	-2.48E+4	8.96E+6	-4.26E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	5.07E+5	-2.36E+6	6.86E+6	6.73E+5
Totale	6.08E+5	-5.25E+6	4.19E+7	8.97E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	clt	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	127.27	1491.2	0.51	-1.21	4
Piattabanda superiore	10.98				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	6.076E+5	M _{Ed} (Nm)	4.19E+7	N _{Ed} (N)	6.076E+5
N _{Rd} (N)	6.401E+7	M _{Rd} (Nm)	7.787E+7	M _{Ed} (Nm)	4.19E+7
				M _{Rd} (Nm)	7.738E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.009	M _{Ed} /M _{Rd}	0.538	M _{Ed} /M _{Rd}	0.541

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	1.3	0	0	0	0	2.2	0	1.9	0	0	0
σ ₇	0	11.3	23.6	19.8	41.8	0	0	65.4	12.6	48.5	10.8	39.5	153.4	0.392
σ ₆	0	10	21.7	17.5	38.4	0	0	60.1	10.5	44.6	9.2	36.5	141.2	0.361
σ ₅	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.6	0	1.4	0	0	0
σ ₄	100.5	9.2	20.4	16	36.2	0	0	157.1	9.1	42	8.1	34.5	233.5	0.691
σ ₃	98.2	8.8	19.8	15.3	35.2	0	0	153.2	8.5	40.8	7.6	33.6	227.6	0.673
σ ₂	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	1.3	2.7	3.2	0.01
σ ₁	-67	-17.8	-19.5	-31.1	-34.1	0	0	-120.5	-34.5	-39.4	-25.3	-27.7	-187.6	0.588
σ ₀	-70.5	-18.3	-20.3	-32.1	-35.6	0	0	-126.4	-35.5	-41.1	-26	-29	-196.5	0.616

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.691 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.62 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.05 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.63 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β	A*β (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2800
σ _{cr0E} (N/mm ²)	11.73
σ _{sup} (N/mm ²)	227.61
σ _{inf} (N/mm ²)	-187.58
ψ	-1.21
K _σ	29.3
λ _p	1.02
b _c (mm)	1265.04
b _{c sup} (mm)	759.02
b _{c inf} (mm)	506.02
ρ _{loc}	0.89
b _{ceff} (mm)	1124.29

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

b _{ceff sup} (mm)	674.57
b _{ceff sup} (mm)	449.72
φ _{Foro} (mm)	140.75

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _c Edge sup	1.67E+4	945.5	8.017E+8
A _c 1	0E+00	0	0E+00
A _c 2	0E+00	0	0E+00
A _c Edge inf	1.113E+4	313	2.375E+8
A _c tot	2.783E+4	692.5	3.712E+9
A _c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilità locale (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff} Edge sup	1.484E+4	987.8	5.628E+8
A _{c,eff} 1	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff} 2	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff} Edge inf	9.894E+3	284.9	1.667E+8
A _{c,eff} tot	2.473E+4	706.6	3.662E+9
A _{c,eff,loc}	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilità globale dell'anima (Comb. Vmin)

	Piastra	Colonna
σ _{cr,p} (p)	343.63	σ _{cr,c} (c)
β _{ac} (p)	1	β _{ac} (c)
λ _p	1.016	λ _c
ρ _p	0.889	ρ _c

Anima depurata per instabilità locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.484E+4	987.8	5.628E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.894E+3	284.9	1.667E+8
Totale	2.473E+4	706.6	3.662E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	-3.097E+3	580.1	-5.112E+6
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.605E+5	2.657E+5	4.022E+5	2.508E+5	4.022E+5	1.86E+5
z _G (mm)	1207.449	1946.995	2331.514	1879.733	2331.514	1460.966
Δ z _{Geff} (mm)	-11.87	-15.75	-13.38	-15.85	-13.38	-14.43
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.352E+11	4.574E+11	5.738E+11	4.371E+11	5.738E+11	3.107E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.948E+8	-2.349E+8	-2.461E+8	-2.325E+8	-2.461E+8	-2.127E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.05E+8	-2.424E+8	-2.526E+8	-2.402E+8	-2.526E+8	-2.218E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.423E+8	5.01E+8	1.086E+9	4.459E+8	1.086E+9	2.221E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.39E+8	4.799E+8	1.009E+9	4.284E+8	1.009E+9	2.159E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.515E+8	9.13E+8	4.046E+8	9.13E+8	2.073E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.377E+8	8.688E+8	3.93E+8	8.688E+8	2.029E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	3.873E+8	7.204E+8	3.501E+8	7.204E+8	1.864E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.65E+8	6.607E+8	3.31E+8	6.607E+8	1.787E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	7.771E+7	1.265E+8	1.519E+8	1.221E+8	1.519E+8	9.444E+7

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

S _{y,2eff} (mm ³)	9.025E+7	1.615E+8	2.032E+8	1.545E+8	2.032E+8	1.133E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	6.021E+7	1.523E+8	2.002E+8	1.439E+8	2.002E+8	9.178E+7
S _{y,4eff} (mm ³)	2.528E+7	1.187E+8	1.804E+8	1.079E+8	1.804E+8	4.069E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	-1.681E+1	5.306E+1	-5.651E+2	0E+00	-9.168E+2	-7.317E+3
$\Delta M_{Non\ fessurata}$ (kNm)	-1.681E+1	5.791E+1	-6.156E+2	0E+00	-8.502E+2	-6.786E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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	1.3	0	0	0	0	2.2	0	1.9	0	0	0
σ_7	0	11.3	23.6	19.8	41.8	0	0	65.3	12.6	48.4	10.8	39.5	153.2	0.392
σ_6	0	10	21.6	17.5	38.4	0	0	60	10.5	44.5	9.1	36.5	141	0.36
σ_5	0	0.6	0	1	0	0	0	0	1.6	0	1.4	0	0	0
σ_4	100.3	9.1	20.3	15.9	36.1	0	0	156.7	9	41.9	8	34.5	233.1	0.689
σ_3	98	8.8	19.8	15.3	35.1	0	0	152.8	8.4	40.7	7.6	33.6	227.1	0.672
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	1.3	2.7	3.3	0.01
σ_1	-68	-18.1	-19.8	-31.8	-34.7	0	0	-122.5	-35.3	-40.1	-25.9	-28.2	-190.8	0.598
σ_0	-71.6	-18.7	-20.7	-32.8	-36.2	0	0	-128.4	-36.3	-41.8	-26.6	-29.5	-199.7	0.626

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.689 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2 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 = 6.06 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.61 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

$$h_w / t_w = 127.273 > 31 / \eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.332 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 6.461E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.473, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.183$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.107E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 3.54E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.532, \quad \lambda_w = 1.56, \quad \tau_{cr} = 84.3, \quad C = 1174.2$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 5.032E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 6.216E+7 \text{ Nm, } M_{Ed} / M_{f,Rd} = 0.81$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.443E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.461E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.812, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.859, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.689$$

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	1.05E+3	-1.53E+6	1.03E+7	1.59E+5
2a	-2.72E+3	-5.37E+5	3.25E+6	9.45E+4
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.45E+6	-6.28E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.98E+6	-2.84E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	3.01E+5	-8.08E+5	9.04E+6	2.93E+5
Totale	3.74E+5	-2.95E+6	3.5E+7	4.55E+5

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	0.5	0	1.1	0	0	0	0	1.5	0	2.3	0	0	0	0
σ_7	0	8.4	17.5	16.5	34.8	0	0	52.3	8.4	32.3	13.3	50.1	134.8	134.8	0.374
σ_6	0	7.4	16.1	14.6	32	0	0	48.1	7	29.7	11.2	46.2	124	124	0.344
σ_5	0	0.4	0	0.9	0	0	0	0	1.1	0	1.7	0	0	0	0
σ_4	74.5	6.8	15.1	13.3	30.1	0	0	119.7	6.1	28	9.8	43.6	191.2	191.2	0.539
σ_3	72.7	6.5	14.7	12.8	29.3	0	0	116.7	5.7	27.2	9.1	42.4	186.3	197	0.555
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	0.7	1.6	2	87.4	0.246
σ_1	-49.6	-13.2	-14.4	-25.9	-28.4	0	0	-92.4	-23	-26.2	-34.3	-38.4	-157.1	173.1	0.517
σ_0	-52.2	-13.6	-15.1	-26.7	-29.6	0	0	-96.9	-23.6	-27.4	-35.2	-40.2	-164.5	164.5	0.491
τ_4	0	-0.2	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	0	-0.3	-0.1	-0.2		
τ_3	-17.8	-8.1	-7.2	-0.9	-0.8	0	0	-25.9	-0.3	-0.2	-12.8	-10.9	-36.9		
τ_2	-26.7	-8.6	-8.9	-1	-1	0	0	-36.7	-0.3	-0.3	-13	-13.5	-50.4		
τ_1	-22.6	-6.6	-7.3	-0.8	-0.8	0	0	-30.7	-0.2	-0.2	-9.5	-11	-41.9		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.555 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.6 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.29 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.37 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.08 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.53E+6	1.03E+7	1.59E+5
2a	-2.72E+3	-5.37E+5	3.25E+6	9.45E+4
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.45E+6	-6.28E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.98E+6	-2.84E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	3.21E+5	-1.75E+6	5.08E+6	4.82E+5
Totale	3.95E+5	-3.89E+6	3.11E+7	6.44E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	1.1	0	0	0	0	1.5	0	1.4	0	0	0	0
σ_7	0	8.4	17.5	16.5	34.8	0	0	52.3	8.4	32.3	7.8	29	113.6	113.6	0.316
σ_6	0	7.4	16.1	14.6	32	0	0	48.1	7	29.7	6.7	26.8	104.6	104.6	0.29
σ_5	0	0.4	0	0.9	0	0	0	0	1.1	0	1	0	0	0	0
σ_4	74.5	6.8	15.1	13.3	30.1	0	0	119.7	6.1	28	5.9	25.3	172.9	172.9	0.487
σ_3	72.7	6.5	14.7	12.8	29.3	0	0	116.7	5.7	27.2	5.5	24.6	168.5	189.2	0.533
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	0.8	1.7	2.1	114.5	0.323
σ_1	-49.6	-13.2	-14.4	-25.9	-28.4	0	0	-92.4	-23	-26.2	-18.9	-20.8	-139.5	168.6	0.503
σ_0	-52.2	-13.6	-15.1	-26.7	-29.6	0	0	-96.9	-23.6	-27.4	-19.4	-21.8	-146.1	146.1	0.436
τ_4	0	-0.2	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	0	-0.6	-0.3	-0.3		
τ_3	-17.8	-8.1	-7.2	-0.9	-0.8	0	0	-25.9	-0.3	-0.2	-27.8	-23.5	-49.6		
τ_2	-26.7	-8.6	-8.9	-1	-1	0	0	-36.7	-0.3	-0.3	-28.2	-29.1	-66.1		
τ_1	-22.6	-6.6	-7.3	-0.8	-0.8	0	0	-30.7	-0.2	-0.2	-20.6	-23.7	-54.7		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.533 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.6 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.29 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.42 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.39 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.53E+6	1.03E+7	1.59E+5
2a	-2.72E+3	-5.37E+5	3.25E+6	9.45E+4
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.45E+6	-6.28E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.98E+6	-2.84E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.96E+4	-3.45E+5	4.59E+6	5.61E+4
Totale	-1.63E+4	-2.49E+6	3.06E+7	2.18E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0.5	0	1.1	0	0	0	0	1.5	0	1.1	0	0
σ_7	0	8.4	17.4	16.5	34.8	0	0	52.2	8.4	32.3	6.2	24.2	108.7
σ_6	0	7.4	16	14.6	32	0	0	48	7	29.7	5.1	22.1	99.8
σ_5	0	0.4	0	0.9	0	0	0	0	1.1	0	0.8	0	0
σ_4	74.3	6.8	15.1	13.3	30.1	0	0	119.4	6	27.9	4.3	20.8	168.1
σ_3	72.5	6.5	14.6	12.7	29.2	0	0	116.4	5.6	27.1	4	20.2	163.7

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	-0.2	-0.5	-0.1
σ_1	-50.5	-13.5	-14.7	-26.5	-29	0	0	-94.2	-23.6	-26.8	-18.5	-21.2	-142.2
σ_0	-53.1	-13.9	-15.4	-27.4	-30.2	0	0	-98.7	-24.2	-27.9	-18.9	-22.1	-148.8

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.6 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.29 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.14 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.12 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2800
σ_{sup} (N/mm ²)	164.17
σ_{inf} (N/mm ²)	-139.49
σ_{Ed} (N/mm ²)	139.49
K_{σ}	28.34
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
τ_{Ed} (N/mm ²)	36.34
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	332.4
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	5.4
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	332.4
K_{τ}	7.18
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.633
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.53E+6	1.03E+7	1.59E+5
2a	-2.72E+3	-5.37E+5	3.25E+6	9.45E+4
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.45E+6	-6.28E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.98E+6	-2.84E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.08E+4	-9.56E+5	1.76E+6	1.82E+5
Totale	-7.43E+3	-3.1E+6	2.78E+7	3.44E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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_8	0	0.5	0	1.1	0	0	0	0	1.5	0	0.4	0	0
σ_7	0	8.4	17.4	16.5	34.8	0	0	52.2	8.4	32.3	2.2	9	93.6
σ_6	0	7.4	16	14.6	32	0	0	48	7	29.7	1.8	8.3	85.9
σ_5	0	0.4	0	0.9	0	0	0	0	1.1	0	0.3	0	0
σ_4	74.3	6.8	15.1	13.3	30.1	0	0	119.4	6	27.9	1.5	7.7	155.1
σ_3	72.6	6.5	14.6	12.7	29.2	0	0	116.4	5.6	27.1	1.4	7.5	151.1
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	-0.2	-0.4	0
σ_1	-50.4	-13.5	-14.7	-26.5	-29	0	0	-94.1	-23.6	-26.7	-7.2	-8.4	-129.3

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_0	-53.1	-13.9	-15.3	-27.3	-30.2	0	0	-98.6	-24.2	-27.9	-7.4	-8.7	-135.3
------------	-------	-------	-------	-------	-------	---	---	-------	-------	-------	------	------	--------

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.6 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.29 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.46 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.63 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmin)

<i>Anima</i>	
b (mm)	2800
σ_{sup} (N/mm ²)	151.45
σ_{inf} (N/mm ²)	-126.92
σ_{Ed} (N/mm ²)	126.92
K_{σ}	28.77
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
τ_{Ed} (N/mm ²)	45.25
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	337.41
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	5.4
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	337.41
K_{τ}	7.18
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.7
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (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)	-957.8
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.586
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-7.249E+5	1.187E+8	4.574E+11	-188.1

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Fase 2b	-7.456E+4	1.207E+8	4.612E+11	-19.5
Fase 2c	0E+00	1.079E+8	4.371E+11	0
Fase 3a	-2.48E+4	1.804E+8	5.738E+11	-7.8
Fase 3b	-2.361E+6	1.804E+8	5.738E+11	-742.4
Totale				-957.8

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)	-711.7
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/v_{Rd}	0.726
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,A}$ (mm ³)	J_y (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-5.37E+5	1.204E+8	4.631E+11	-139.5
Fase 2b	-6.213E+4	1.224E+8	4.67E+11	-16.3
Fase 2c	0E+00	1.093E+8	4.422E+11	0
Fase 3a	-1.653E+4	1.837E+8	5.832E+11	-5.2
Fase 3b	-1.749E+6	1.837E+8	5.832E+11	-550.6
Totale				-711.7

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.53E+6	1.03E+7	1.59E+5
2a	-2.72E+3	-5.37E+5	3.25E+6	9.45E+4
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.45E+6	-6.28E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.98E+6	-2.84E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-2.39E+4	-3.04E+4	1.35E+6	-2.44E+3
3b max	-9.86E+3	-3.11E+5	-6.26E+5	9.42E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	1.1	0	0	0	1.5	0	0.3	0	-0.2	0	3.4	0	2.9	0	0
σ_7	0	8.4	17.5	16.5	34.8	0	0	8.4	32.3	1.8	7.1	-0.9	-3.4	35.1	91.8	32.4	81.2	13
σ_6	0	7.4	16.1	14.6	32	0	0	7	29.7	1.5	6.5	-0.7	-3.1	30.6	84.4	28.3	74.7	9.7
σ_5	0	0.4	0	0.9	0	0	0	1.1	0	0.2	0	-0.1	0	2.6	0	2.3	0	0
σ_4	74.5	6.8	15.1	13.3	30.1	0	0	6.1	28	1.3	6.1	-0.6	-3	102	153.8	100	144.7	9.1
σ_3	72.7	6.5	14.7	12.8	29.3	0	0	5.7	27.2	1.2	6	-0.6	-2.9	98.9	149.9	97.1	141	8.9
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.1	0.2	-0.1	-0.1	0	-0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.1
σ_1	-49.6	-13.2	-14.4	-25.9	-28.4	0	0	-23	-26.2	-5.3	-6.1	2.4	2.7	-117	-124.8	-109.3	-116	8.8
σ_0	-52.2	-13.6	-15.1	-26.7	-29.6	0	0	-23.6	-27.4	-5.4	-6.4	2.5	2.8	-121.6	-130.7	-113.7	-121.5	9.2
τ_4	0	-0.2	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	0.1
τ_3	-17.8	-8.1	-7.2	-0.9	-0.8	0	0	-0.3	-0.2	-0.5	-0.4	-4.9	-4.2	-27.6	-27.6	-32.1	-32.1	4.5
τ_2	-26.7	-8.6	-8.9	-1	-1	0	0	-0.3	-0.3	-0.5	-0.5	-5	-5.2	-37.1	-37.1	-41.7	-41.7	4.5
τ_1	-22.6	-6.6	-7.3	-0.8	-0.8	0	0	-0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-3.7	-4.2	-30.5	-30.5	-33.8	-33.8	3.3
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = 3.38 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.59 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 = 2.91 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.25 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.53E+6	1.03E+7	1.59E+5
2a	-2.72E+3	-5.37E+5	3.25E+6	9.45E+4
2b	3.3E+4	2.54E+4	4.24E+6	-6.99E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-9.41E+6	4.03E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-1.05E+4	4.13E+4	-3.2E+5	-1.21E+4
3b max	-1.37E+4	-3.66E+5	-4.03E+5	4.09E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	Δσ, Δτ
σ ₈	0	0.5	0	0.7	0	0	0	-2.3	0	-0.1	0	-0.1	0	-1.2	0	-1.2	0	0
σ ₇	0	8.4	17.5	10.9	22.9	0	0	-13.2	-50.9	-0.5	-1.8	-0.6	-2.2	5.6	-12.2	5.5	-12.7	0.1
σ ₆	0	7.4	16.1	9.6	21.1	0	0	-11	-46.8	-0.4	-1.6	-0.5	-2.1	5.7	-11.3	5.6	-11.7	0.1
σ ₅	0	0.4	0	0.6	0	0	0	-1.7	0	-0.1	0	-0.1	0	-0.7	0	-0.8	0	0
σ ₄	74.5	6.8	15.1	8.8	19.8	0	0	-9.5	-44	-0.3	-1.5	-0.4	-1.9	80.2	63.9	80.1	63.5	0.1
σ ₃	72.7	6.5	14.7	8.4	19.3	0	0	-8.9	-42.8	-0.3	-1.5	-0.4	-1.9	78.4	62.4	78.4	62	0.1
σ ₂	0	0	0	0.1	0.2	0	0	-0.2	-0.3	0	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	0
σ ₁	-49.6	-13.2	-14.4	-17	-18.6	0	0	36.3	41.3	1.2	1.4	1.5	1.7	-42.3	-39.9	-41.9	-39.6	0.3
σ ₀	-52.2	-13.6	-15.1	-17.5	-19.4	0	0	37.2	43.1	1.2	1.4	1.6	1.8	-44.8	-42.1	-44.5	-41.8	0.3
τ ₄	0	-0.2	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.3	0.1
τ ₃	-17.8	-8.1	-7.2	0.4	0.3	0	0	0.4	0.4	0.7	0.6	-5.8	-4.9	-24.5	-24.5	-30.9	-30.9	6.5
τ ₂	-26.7	-8.6	-8.9	0.4	0.4	0	0	0.4	0.4	0.7	0.7	-5.9	-6.1	-33.9	-33.9	-40.4	-40.4	6.6
τ ₁	-22.6	-6.6	-7.3	0.3	0.3	0	0	0.3	0.4	0.5	0.6	-4.3	-5	-28.1	-28.1	-32.9	-32.9	4.8
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 = -1.15 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = -0.74 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -1.17 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = -0.76 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non 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:	λ = λ ₁ *λ ₂ *λ ₃ *λ ₄ =	1.99 x 0.928 x 1 x 1 = 1.847 < 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	λ = λ ₁ *λ ₂ *λ ₃ *λ ₄ =	2.386 x 0.928 x 1 x 1 = 2.214 (Campata)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	66
	Luce per il taglio (m):	26.4
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	$1.55 \times 0.953 \times 1 \times 1 = 1.477$
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	16.81	92.593	0.182
Piattabanda inferiore	17.008	92.593	0.184
Anima	10.043	74.074	0.136
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	16.814	75.52	0.223
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	17.008	69.637	0.244
Attacco anima-piattabanda superiore	16.348	82.963	0.197
Attacco anima-piattabanda inferiore	16.308	82.963	0.197
Attacco irrigidente verticale - anima	16.348	59.259	0.276
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	16.348	59.259	0.276
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	16.308	59.259	0.275
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	0.17	92.593	0.002
Piattabanda inferiore	0.595	92.593	0.006
Anima	14.557	74.074	0.197
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	0.167	75.52	0.002
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	0.595	69.637	0.009
Attacco anima-piattabanda superiore	0.157	82.963	0.002
Attacco anima-piattabanda inferiore	0.579	82.963	0.007
Attacco irrigidente verticale - anima	0.579	59.259	0.01
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	0.157	59.259	0.003
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	0.579	59.259	0.01
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 23.05 / (90 / 1.15) = 0.295$
$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 16.81 / (80 / 1.35) = 0.284$
$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.295 + 0.284 = 0.578$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 33.41 / (90 / 1.15) = 0.427$
$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 0.17 / (80 / 1.35) = 0.003$
$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.427 + 0.003 = 0.43$
VERIFICA SODDISFATTA	

13.8 SEZIONE C6_24

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2800 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.636E+5	2.688E+5	2.718E+5	2.539E+5	4.053E+5	1.89E+5
z _G (mm)	1195.575	1931.249	1943.855	1863.885	2318.134	1446.538
J _y (mm ⁴)	2.364E+11	4.631E+11	4.67E+11	4.422E+11	5.832E+11	3.131E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.977E+8	-2.398E+8	-2.403E+8	-2.373E+8	-2.516E+8	-2.164E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.082E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.452E+8	-2.583E+8	-2.258E+8
W _{y,2} (mm ³)	1.42E+8	4.986E+8	5.098E+8	4.44E+8	1.076E+9	2.215E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.387E+8	4.781E+8	4.884E+8	4.268E+8	1.002E+9	2.154E+8
W _{y,4} (mm ³)	1E+300	4.502E+8	4.596E+8	4.035E+8	9.087E+8	2.068E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.366E+8	4.456E+8	3.92E+8	8.655E+8	2.026E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.87E+8	3.944E+8	3.498E+8	7.202E+8	1.862E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.65E+8	3.718E+8	3.31E+8	6.614E+8	1.785E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.693E+7	1.255E+8	1.263E+8	1.21E+8	1.51E+8	9.349E+7
S _{y,2} (mm ³)	9.111E+7	1.64E+8	1.654E+8	1.568E+8	2.071E+8	1.146E+8
S _{y,3} (mm ³)	6.064E+7	1.545E+8	1.561E+8	1.459E+8	2.039E+8	9.266E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E+8	1.204E+8	1.224E+8	1.093E+8	1.837E+8	4.106E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	6.242	1E+300

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.42E+3	-1.75E+6	6.71E+6	4.8E+5
2a	-3.68E+3	-6.19E+5	1.85E+6	2.13E+5
2b	3.92E+4	-7.46E+4	7.53E+6	-7.58E+5
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.44E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	6.35E+4	-2.48E+4	8.9E+6	4.21E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1E+6	-1.07E+6	8.33E+6	4.63E+5
Totale	-6.57E+6	-3.54E+6	2.69E+7	4.4E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	127.27	1973.44	0.68	-1.05	4
Piattabanda superiore	10.98				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-6.566E+6	M _{Ed} (Nm)	2.687E+7	N _{Ed} (N)	-6.566E+6
N _{Rd} (N)	-8.893E+7	M _{Rd} (Nm)	7.787E+7	M _{Ed} (Nm)	2.687E+7
				M _{Rd} (Nm)	8.158E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.074	M _{Ed} /M _{Rd}	0.345	M _{Ed} /M _{Rd}	0.329

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	0.3	0	3.1	0	0	0	0	2.2	0	1.6	0	0	0
σ ₇	0	4.8	9.9	-17.9	40.6	0	0	50.6	12.5	48.1	9.1	39.4	138.1	0.353
σ ₆	0	4.2	9.1	-18.3	37.4	0	0	46.5	10.4	44.3	7.2	35.8	126.6	0.323
σ ₅	0	0.2	0	3.1	0	0	0	0	1.6	0	1.1	0	0	0
σ ₄	48.4	3.9	8.6	-18.5	35.2	0	0	92.1	9	41.6	5.8	33.4	167.1	0.494
σ ₃	47.2	3.7	8.3	-18.6	34.2	0	0	89.8	8.4	40.5	5.3	32.3	162.6	0.481
σ ₂	0	0	0	-20.7	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	-2.5	-5.3	-4.8	0.014
σ ₁	-32.2	-7.5	-8.2	-25.1	-33.1	0	0	-73.6	-34.3	-39.1	-34.7	-42.2	-154.8	0.485
σ ₀	-33.9	-7.7	-8.6	-25.2	-34.6	0	0	-77.1	-35.2	-40.8	-35.6	-43.8	-161.6	0.507

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.507 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.41 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.32 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.21 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.98 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2800
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
σ_{sup} (N/mm ²)	161.75
σ_{inf} (N/mm ²)	-159.28
ψ	-1.02
K_σ	24.29
λ_p	1.12
b_c (mm)	1389.23
$b_{c, sup}$ (mm)	833.54
$b_{c, sup}$ (mm)	555.69
ρ_{loc}	0.81
b_{ceff} (mm)	1122.91
$b_{ceff, sup}$ (mm)	673.75
$b_{ceff, sup}$ (mm)	449.16
ϕ_{Foro} (mm)	266.32

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge, sup}$	1.834E+4	1032.5	1.062E+9
$A_{c, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, Edge, inf}$	1.223E+4	337.8	3.146E+8
$A_{c, tot}$	3.056E+4	754.6	4.915E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, eff, Edge, sup}$	1.482E+4	1112.4	5.607E+8
$A_{c, eff, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff, Edge, inf}$	9.882E+3	284.6	1.661E+8
$A_{c, eff, tot}$	2.47E+4	781.2	4.789E+9
$A_{c, eff, loc}$	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr, p}$ (p)	284.94	$\sigma_{cr, c}$ (c)
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)
λ_p	1.116	λ_c
ρ_p	0.808	ρ_c

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	1.482E+4	1112.4	5.607E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.882E+3	284.6	1.661E+8
Totale	2.47E+4	781.2	4.789E+9

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	$\Delta A (mm^2)$	$z_G (mm)$	$\Delta J_y (mm^4)$
Anima	-5.859E+3	642.3	-3.463E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.577E+5	2.63E+5	3.995E+5	2.481E+5	3.995E+5	1.832E+5
$z_G (mm)$	1216.124	1959.968	2342.714	1892.736	2342.714	1472.26
$\Delta z_{Geff} (mm)$	-20.55	-28.72	-24.58	-28.85	-24.58	-25.72
$J_{y,eff} (mm^4)$	2.345E+11	4.531E+11	5.665E+11	4.333E+11	5.665E+11	3.091E+11
$W_{y,0eff} (mm^3)$	-1.928E+8	-2.312E+8	-2.418E+8	-2.289E+8	-2.418E+8	-2.1E+8
$W_{y,1eff} (mm^3)$	-2.028E+8	-2.385E+8	-2.482E+8	-2.364E+8	-2.482E+8	-2.189E+8
$W_{y,3eff} (mm^3)$	1.426E+8	5.035E+8	1.095E+9	4.479E+8	1.095E+9	2.227E+8
$W_{y,4eff} (mm^3)$	1.393E+8	4.82E+8	1.017E+9	4.301E+8	1.017E+9	2.165E+8
$W_{y,5eff} (mm^3)$	1E+300	4.531E+8	9.177E+8	4.06E+8	9.177E+8	2.078E+8
$W_{y,6eff} (mm^3)$	1E+300	4.391E+8	8.725E+8	3.941E+8	8.725E+8	2.034E+8
$W_{y,7eff} (mm^3)$	1E+300	3.879E+8	7.214E+8	3.507E+8	7.214E+8	1.867E+8
$W_{y,8eff} (mm^3)$	1E+300	3.654E+8	6.608E+8	3.314E+8	6.608E+8	1.789E+8
$S_{y,1eff} (mm^3)$	7.828E+7	1.274E+8	1.526E+8	1.229E+8	1.526E+8	9.519E+7
$S_{y,2eff} (mm^3)$	8.963E+7	1.594E+8	2E+8	1.526E+8	2E+8	1.123E+8
$S_{y,3eff} (mm^3)$	5.99E+7	1.505E+8	1.971E+8	1.423E+8	1.971E+8	9.108E+7
$S_{y,4eff} (mm^3)$	2.516E-291	1.173E+8	1.777E+8	1.067E+8	1.777E+8	4.04E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	3.31
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata} (kNm)$	-2.91E+1	9.46E+1	-1.007E+3	0E+00	-1.634E+3	2.574E+4
$\Delta M_{Non fessurata} (kNm)$	-2.91E+1	1.056E+2	1.613E+5	0E+00	-1.562E+3	2.46E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	0.3	0	3.1	0	0	0	0	2.2	0	1.6	0	0	0
σ_7	0	4.8	9.9	-18	40.5	0	0	50.4	12.5	48	9.1	39.3	137.7	0.352
σ_6	0	4.2	9.1	-18.4	37.2	0	0	46.3	10.4	44.1	7.1	35.6	126	0.322
σ_5	0	0.2	0	3.1	0	0	0	0	1.6	0	1.1	0	0	0
σ_4	48.2	3.8	8.5	-18.6	35	0	0	91.7	8.9	41.4	5.7	33.1	166.2	0.492
σ_3	47	3.7	8.3	-18.7	34	0	0	89.3	8.3	40.3	5.1	32	161.7	0.478
σ_2	0	0	0	-21.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	-2.5	-5.5	-4.9	0.015
σ_1	-33.1	-7.8	-8.5	-26.4	-34.2	0	0	-75.7	-35.7	-40.3	-36.2	-43.6	-159.6	0.5
σ_0	-34.8	-8	-8.8	-26.6	-35.6	0	0	-79.3	-36.6	-42	-37	-45.2	-166.5	0.522

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.522 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.4 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.31 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.21 N/mm²

4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.94 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
 $h_w/t_w=127.273 > 31/\eta \cdot \epsilon_w \cdot (K_\tau)^{0.5}=56.332$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=6.763E+6 N**

Essendo:

$a/h_w=1.473$, $\eta=1.2$, $K_\tau=7.183$
contributo anima: $V_{bw,Rd}=6.107E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=6.567E+5$ N
 $\chi_w=0.532$, $\lambda_w=1.56$, $\tau_{cr}=84.3$, $C=1174.2$
 $M_{Ed}=M_{Ed,eq}=3.496E+7$ Nm, $M_{f,Rd}=5.822E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.601$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=1.443E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=6.763E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.523$, (=> VERIFICA SODDISFATTA)
 $\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.579$, $\eta_1 = \max(\eta_i) = 0.522$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

$\eta_3 > 0.5$, $M_{Ed}/M_{f,Rd} < 1$
NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.42E+3	-1.75E+6	6.71E+6	4.8E+5
2a	-3.68E+3	-6.19E+5	1.85E+6	2.13E+5
2b	3.92E+4	-7.46E+4	7.53E+6	-7.58E+5
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.44E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	6.35E+4	-2.48E+4	8.9E+6	4.21E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.1E+6	-2.19E+6	-2.14E+6	8.22E+5
Totale	-6.66E+6	-4.66E+6	1.64E+7	7.99E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	127.27	1979.9	0.69	-1.05	4
Piattabanda superiore	10.98				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: **NON APPLICABILE**

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

Azione assiale	Flessione semplice	Interazione N/M
N _{Ed} (N)	M _{Ed} (Nm)	N _{Ed} (N)
-6.662E+6	1.641E+7	-6.662E+6
N _{Rd} (N)	M _{Rd} (Nm)	M _{Ed} (Nm)
-8.893E+7	7.787E+7	1.641E+7
		M _{Rd} (Nm)
		8.161E+7

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

N _{Ed} /N _{Rd}	0.075	M _{Ed} /M _{Rd}	0.211	M _{Ed} /M _{Rd}	0.201
VERIFICA NON SIGNIFICATIVA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	0.3	0	3.1	0	0	0	0	2.2	0	-1	0	0	0
σ ₇	0	4.8	9.9	-17.9	40.6	0	0	50.6	12.5	48.1	-5.7	-17.3	81.4	0.208
σ ₆	0	4.2	9.1	-18.3	37.4	0	0	46.5	10.4	44.3	-5.2	-16.4	74.4	0.19
σ ₅	0	0.2	0	3.1	0	0	0	0	1.6	0	-0.8	0	0	0
σ ₄	48.4	3.9	8.6	-18.5	35.2	0	0	92.1	9	41.6	-4.8	-15.7	118	0.349
σ ₃	47.2	3.7	8.3	-18.6	34.2	0	0	89.8	8.4	40.5	-4.7	-15.5	114.8	0.34
σ ₂	0	0	0	-20.7	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	-2.7	-5.8	-5.3	0.016
σ ₁	-32.2	-7.5	-8.2	-25.1	-33.1	0	0	-73.6	-34.3	-39.1	5.6	3.7	-109	0.342
σ ₀	-33.9	-7.7	-8.6	-25.2	-34.6	0	0	-77.1	-35.2	-40.8	5.8	4.1	-113.8	0.357

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.357 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.41 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.32 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.64 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.1 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β	A*β (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2800
σ _{cr0E} (N/mm ²)	11.73
σ _{sup} (N/mm ²)	114.24
σ _{inf} (N/mm ²)	-112.09
ψ	-1.02
K _σ	24.38
λ _p	1.11
b _c (mm)	1386.7
b _{c sup} (mm)	832.02
b _{c sup} (mm)	554.68
ρ _{loc}	0.81
b _{ceff} (mm)	1122.92
b _{ceff sup} (mm)	673.75
b _{ceff sup} (mm)	449.17
φ _{Foro} (mm)	263.79

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
--	---------------------	---------------------	-----------------------------------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

A _c Edge sup	1.83E+4	1030.7	1.056E+9
A _c 1	0E+00	0	0E+00
A _c 2	0E+00	0	0E+00
A _c Edge inf	1.22E+4	337.3	3.129E+8
A _c tot	3.051E+4	753.4	4.889E+9
A _c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilità locale (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff} Edge sup	1.482E+4	1109.8	5.607E+8
A _{c,eff} 1	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff} 2	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff} Edge inf	9.882E+3	284.6	1.661E+8
A _{c,eff} tot	2.47E+4	779.7	4.765E+9
A _{c,eff,loc}	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilità globale dell'anima (Comb. Vmin)

	Piastra	Colonna
σ _{cr,p} (p)	285.98	σ _{cr,c} (c)
β _{ac} (p)	1	β _{ac} (c)
λ _p	1.114	λ _c
ρ _p	0.81	ρ _c

Anima depurata per instabilità locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.482E+4	1109.8	5.607E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.882E+3	284.6	1.661E+8
Totale	2.47E+4	779.7	4.765E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	-5.803E+3	641.1	-3.365E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.578E+5	2.63E+5	3.995E+5	2.481E+5	3.995E+5	1.832E+5
z _G (mm)	1215.968	1959.717	2342.495	1892.486	2342.495	1472.048
Δ z _G eff (mm)	-20.39	-28.47	-24.36	-28.6	-24.36	-25.51
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.345E+11	4.532E+11	5.666E+11	4.333E+11	5.666E+11	3.091E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.929E+8	-2.313E+8	-2.419E+8	-2.29E+8	-2.419E+8	-2.1E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.029E+8	-2.386E+8	-2.483E+8	-2.365E+8	-2.483E+8	-2.189E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.426E+8	5.034E+8	1.095E+9	4.479E+8	1.095E+9	2.227E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.392E+8	4.82E+8	1.016E+9	4.301E+8	1.016E+9	2.165E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.531E+8	9.176E+8	4.059E+8	9.176E+8	2.078E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.39E+8	8.724E+8	3.941E+8	8.724E+8	2.034E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	3.879E+8	7.214E+8	3.507E+8	7.214E+8	1.867E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.654E+8	6.608E+8	3.314E+8	6.608E+8	1.789E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	7.827E+7	1.274E+8	1.526E+8	1.229E+8	1.526E+8	9.518E+7
S _{y,2eff} (mm ³)	8.964E+7	1.594E+8	2.001E+8	1.526E+8	2.001E+8	1.123E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	5.991E+7	1.505E+8	1.971E+8	1.423E+8	1.971E+8	9.109E+7
S _{y,4eff} (mm ³)	2.516E-291	1.174E+8	1.778E+8	1.068E+8	1.778E+8	4.041E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	3.28
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	-2.887E+1	9.382E+1	-9.992E+2	0E+00	-1.621E+3	2.798E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	-2.887E+1	1.047E+2	1.599E+5	0E+00	-1.548E+3	2.672E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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	0.3	0	3.1	0	0	0	0	2.2	0	-1	0	0	0
σ_7	0	4.8	9.9	-18	40.5	0	0	50.4	12.5	48	-5.7	-17.3	81.1	0.207
σ_6	0	4.2	9.1	-18.4	37.2	0	0	46.3	10.4	44.1	-5.2	-16.4	74	0.189
σ_5	0	0.2	0	3.1	0	0	0	0	1.6	0	-0.8	0	0	0
σ_4	48.2	3.8	8.5	-18.6	35	0	0	91.7	8.9	41.4	-4.8	-15.7	117.4	0.347
σ_3	47	3.7	8.3	-18.7	34	0	0	89.3	8.3	40.3	-4.7	-15.5	114.2	0.338
σ_2	0	0	0	-21.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	-2.7	-6	-5.4	0.016
σ_1	-33.1	-7.8	-8.5	-26.4	-34.2	0	0	-75.7	-35.7	-40.3	5.8	3.7	-112.3	0.352
σ_0	-34.8	-8	-8.8	-26.5	-35.6	0	0	-79.2	-36.6	-42	6	4.1	-117.2	0.367

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.367 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.4 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.31 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.63 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.08 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

$$h_w/t_w = 127.273 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.332 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 6.95E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 1.473, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.183$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.107E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 8.432E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.532, \quad \lambda_w = 1.56, \quad \tau_{cr} = 84.3, \quad C = 1174.2$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 2.461E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 5.817E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.423$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.443E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.95E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.67, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.762, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.367$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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	1.05E+3	-1.3E+6	4.97E+6	3.55E+5
2a	-2.72E+3	-4.58E+5	1.37E+6	1.58E+5
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.27E+6	-6.32E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.93E+6	2.81E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-6.76E+5	-7.91E+5	6.14E+6	3.27E+5
Totale	-5.32E+6	-2.62E+6	1.93E+7	2.37E+5

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	0.2	0	2.6	0	0	0	0	1.5	0	1.2	0	0	0	0
σ_7	0	3.5	7.4	-14.9	33.9	0	0	41.2	8.3	32.1	6.9	29.4	102.7	102.7	0.285
σ_6	0	3.1	6.8	-15.2	31.1	0	0	37.9	7	29.5	5.4	26.8	94.2	94.2	0.262
σ_5	0	0.2	0	2.6	0	0	0	0	1.1	0	0.8	0	0	0	0
σ_4	35.8	2.9	6.4	-15.4	29.3	0	0	71.5	6	27.8	4.5	25	124.2	124.2	0.35
σ_3	35	2.7	6.2	-15.5	28.5	0	0	69.7	5.6	27	4	24.2	120.8	133.7	0.377
σ_2	0	0	0	-17.3	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	-1.7	-3.6	-3.2	77.7	0.219
σ_1	-23.9	-5.6	-6.1	-20.9	-27.6	0	0	-57.6	-22.9	-26	-25.5	-30.8	-114.4	131.3	0.392
σ_0	-25.1	-5.7	-6.4	-21	-28.8	0	0	-60.3	-23.5	-27.2	-26.1	-32	-119.4	119.4	0.357
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	0	-0.3	-0.1	-0.2		
τ_3	-15.1	-6.9	-6.2	-0.9	-0.8	0	0	-22.1	-0.3	-0.2	-12.6	-10.6	-33		
τ_2	-22.7	-7.4	-7.6	-1	-1	0	0	-31.4	-0.3	-0.3	-12.8	-13.2	-44.8		
τ_1	-19.2	-5.6	-6.2	-0.8	-0.8	0	0	-26.2	-0.2	-0.2	-9.3	-10.7	-37.2		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.392 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.74 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.49 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.62 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.3E+6	4.97E+6	3.55E+5
2a	-2.72E+3	-4.58E+5	1.37E+6	1.58E+5
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.27E+6	-6.32E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.93E+6	2.81E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-7.47E+5	-1.62E+6	-1.56E+6	6.16E+5
Totale	-5.4E+6	-3.45E+6	1.16E+7	5.26E+5

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	0.2	0	2.6	0	0	0	0	1.5	0	-0.7	0	0	0	0
σ_7	0	3.5	7.4	-14.9	33.9	0	0	41.2	8.3	32.1	-4	-12.3	61	61	0.169
σ_6	0	3.1	6.8	-15.2	31.1	0	0	37.9	7	29.5	-3.6	-11.7	55.7	55.7	0.155
σ_5	0	0.2	0	2.6	0	0	0	0	1.1	0	-0.6	0	0	0	0
σ_4	35.8	2.9	6.4	-15.4	29.3	0	0	71.5	6	27.8	-3.4	-11.2	88.1	88.1	0.248
σ_3	35	2.7	6.2	-15.5	28.5	0	0	69.7	5.6	27	-3.3	-11	85.7	114.8	0.323
σ_2	0	0	0	-17.3	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	-1.8	-4	-3.6	101.6	0.286
σ_1	-23.9	-5.6	-6.1	-20.9	-27.6	0	0	-57.6	-22.9	-26	4.2	3	-80.7	116.4	0.347
σ_0	-25.1	-5.7	-6.4	-21	-28.8	0	0	-60.3	-23.5	-27.2	4.4	3.3	-84.2	84.2	0.251
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	0	-0.6	-0.2	-0.3		
τ_3	-15.1	-6.9	-6.2	-0.9	-0.8	0	0	-22.1	-0.3	-0.2	-25.7	-21.8	-44.1		
τ_2	-22.7	-7.4	-7.6	-1	-1	0	0	-31.4	-0.3	-0.3	-26.2	-27	-58.6		
τ_1	-19.2	-5.6	-6.2	-0.8	-0.8	0	0	-26.2	-0.2	-0.2	-19.1	-22	-48.5		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.347 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.74 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.59 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.23 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.3E+6	4.97E+6	3.55E+5
2a	-2.72E+3	-4.58E+5	1.37E+6	1.58E+5
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.27E+6	-6.32E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.93E+6	2.81E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.29E+4	-3.39E+5	3.28E+6	7.71E+4
Totale	-4.73E+6	-2.17E+6	1.65E+7	-1.3E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0.2	0	2.6	0	0	0	0	1.5	0	0.8	0	0
σ_7	0	3.5	7.3	-15	33.8	0	0	41.1	8.3	32	4.3	17.1	90.3
σ_6	0	3.1	6.7	-15.3	31.1	0	0	37.8	6.9	29.4	3.6	15.7	82.9
σ_5	0	0.2	0	2.6	0	0	0	0	1.1	0	0.5	0	0
σ_4	35.7	2.8	6.3	-15.5	29.2	0	0	71.3	6	27.7	3	14.7	113.7
σ_3	34.9	2.7	6.2	-15.6	28.4	0	0	69.4	5.5	26.9	2.8	14.3	110.6
σ_2	0	0	0	-17.5	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	-0.2	-0.4	-0.1
σ_1	-24.4	-5.7	-6.2	-21.7	-28.3	0	0	-58.9	-23.6	-26.7	-13.3	-15.3	-100.9
σ_0	-25.6	-5.9	-6.5	-21.8	-29.5	0	0	-61.6	-24.2	-27.8	-13.6	-16	-105.4

NOTE

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.74 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.03 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.33 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmax)

<i>Anima</i>	
b (mm)	2800
σ_{sup} (N/mm ²)	111.04
σ_{inf} (N/mm ²)	-98.57
σ_{Ed} (N/mm ²)	98.57
K_{σ}	27.04
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
τ_{Ed} (N/mm ²)	31.75
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	317.18
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	5.4
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	317.18
K_{τ}	7.18
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.518
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.3E+6	4.97E+6	3.55E+5
2a	-2.72E+3	-4.58E+5	1.37E+6	1.58E+5
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.27E+6	-6.32E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.93E+6	2.81E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-6.99E+4	-9.04E+5	-1.77E+6	3.77E+5
Totale	-4.72E+6	-2.74E+6	1.14E+7	2.87E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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_8	0	0.2	0	2.6	0	0	0	0	1.5	0	-0.5	0	0
σ_7	0	3.5	7.3	-15	33.8	0	0	41.2	8.3	32	-2.6	-9.9	63.3
σ_6	0	3.1	6.7	-15.3	31.1	0	0	37.8	6.9	29.4	-2.2	-9.1	58.1
σ_5	0	0.2	0	2.6	0	0	0	0	1.1	0	-0.3	0	0
σ_4	35.8	2.8	6.3	-15.5	29.2	0	0	71.3	6	27.7	-1.9	-8.6	90.4
σ_3	34.9	2.7	6.2	-15.6	28.4	0	0	69.5	5.6	26.9	-1.8	-8.4	88
σ_2	0	0	0	-17.5	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	-0.2	-0.4	0
σ_1	-24.3	-5.7	-6.2	-21.6	-28.2	0	0	-58.7	-23.5	-26.6	6.9	7.6	-77.7
σ_0	-25.6	-5.9	-6.5	-21.8	-29.4	0	0	-61.5	-24.1	-27.8	7.1	8	-81.3

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.74 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.81 N/mm²
4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.45 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmin)

Anima	
b (mm)	2800
σ_{sup} (N/mm ²)	88.29
σ_{inf} (N/mm ²)	-76.12
σ_{Ed} (N/mm ²)	76.12
K_{σ}	27.9
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.73
τ_{Ed} (N/mm ²)	39.98
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	327.23
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	5.4
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	327.23
K_{τ}	7.18
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.571
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (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)	-873.6
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.535
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-6.186E+5	1.174E+8	4.532E+11	-160.2
Fase 2b	-7.456E+4	1.193E+8	4.569E+11	-19.5
Fase 2c	0E+00	1.068E+8	4.333E+11	0
Fase 3a	-2.48E+4	1.778E+8	5.666E+11	-7.8
Fase 3b	-2.187E+6	1.778E+8	5.666E+11	-686.2
Totale				-873.6

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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)	-650.7
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/v_{Rd}	0.664
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	-4.582E+5	1.204E+8	4.631E+11	-119.1
Fase 2b	-6.213E+4	1.224E+8	4.67E+11	-16.3
Fase 2c	0E+00	1.093E+8	4.422E+11	0
Fase 3a	-1.653E+4	1.837E+8	5.832E+11	-5.2
Fase 3b	-1.62E+6	1.837E+8	5.832E+11	-510.1
Totale				-650.7

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.3E+6	4.97E+6	3.55E+5
2a	-2.72E+3	-4.58E+5	1.37E+6	1.58E+5
2b	3.26E+4	-6.21E+4	6.27E+6	-6.32E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.93E+6	2.81E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-2.53E+4	-3.08E+4	1.24E+6	6.58E+3
3b max	-7.22E+3	-2.81E+5	-1.44E+6	1.41E+5

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

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3b	F. 3b	Totale	Totale	Totale	Totale	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	
σ_8	0	0.2	0	2.6	0	0	0	1.5	0	0.3	0	-0.4	0	4.6	0	3.9	0	0
σ_7	0	3.5	7.4	-14.9	33.9	0	0	8.3	32.1	1.7	6.5	-2	-7.8	-1.4	79.8	-5.1	65.5	18.2
σ_6	0	3.1	6.8	-15.2	31.1	0	0	7	29.5	1.4	6	-1.7	-7.2	-3.8	73.4	-6.8	60.3	13.1
σ_5	0	0.2	0	2.6	0	0	0	1.1	0	0.2	0	-0.3	0	4	0	3.5	0	0
σ_4	35.8	2.9	6.4	-15.4	29.3	0	0	6	27.8	1.2	5.6	-1.5	-6.7	30.5	104.9	27.9	92.5	12.3
σ_3	35	2.7	6.2	-15.5	28.5	0	0	5.6	27	1.1	5.4	-1.4	-6.5	29	102.1	26.5	90.1	12
σ_2	0	0	0	-17.3	0.2	0	0	0.1	0.2	-0.1	-0.1	0	0	-17.2	0.3	-17.2	0.4	0.1
σ_1	-23.9	-5.6	-6.1	-20.9	-27.6	0	0	-22.9	-26	-4.8	-5.6	5.6	6.3	-78	-89.2	-67.6	-77.3	11.9
σ_0	-25.1	-5.7	-6.4	-21	-28.8	0	0	-23.5	-27.2	-5	-5.8	5.7	6.6	-80.3	-93.3	-69.7	-80.9	12.5
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	0.1
τ_3	-15.1	-6.9	-6.2	-0.9	-0.8	0	0	-0.3	-0.2	-0.5	-0.4	-4.5	-3.8	-23.8	-23.8	-27.7	-27.7	4
τ_2	-22.7	-7.4	-7.6	-1	-1	0	0	-0.3	-0.3	-0.5	-0.5	-4.5	-4.7	-31.9	-31.9	-35.9	-35.9	4
τ_1	-19.2	-5.6	-6.2	-0.8	-0.8	0	0	-0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-3.3	-3.8	-26.1	-26.1	-29.1	-29.1	2.9
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 = 4.55 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 4.01 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 = 3.91 N/mm²

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 3.55 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.05E+3	-1.3E+6	4.97E+6	3.55E+5
2a	-2.72E+3	-4.58E+5	1.37E+6	1.58E+5
2b	3.3E+4	2.54E+4	4.4E+6	-6.47E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.36E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-9.34E+6	-5.6E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-1.35E+4	4.11E+4	-1.65E+5	-2.4E+4
3b max	-9.52E+3	-3.42E+5	-1.34E+6	1.27E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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 Fess. Max	Totale Fess. Min	Totale Fess. Max	Totale Fess. Min	Δσ, Δτ
σ ₈	0	0.2	0	2.3	0	0	0	-2.3	0	0	0	-0.3	0	0.2	0	-0.1	0	0
σ ₇	0	3.5	7.4	-19.7	23.8	0	0	-13.1	-50.5	-0.3	-1	-1.9	-7.2	-29.5	-20.3	-31.2	-26.6	0.5
σ ₆	0	3.1	6.8	-19.4	21.9	0	0	-10.9	-46.4	-0.2	-0.9	-1.6	-6.7	-27.4	-18.7	-28.8	-24.4	5.8
σ ₅	0	0.2	0	2.3	0	0	0	-1.7	0	0	0	-0.2	0	0.8	0	0.6	0	0
σ ₄	35.8	2.9	6.4	-19.2	20.6	0	0	-9.5	-43.7	-0.2	-0.8	-1.4	-6.3	9.8	18.3	8.7	12.9	5.4
σ ₃	35	2.7	6.2	-19.1	20.1	0	0	-8.8	-42.5	-0.2	-0.8	-1.3	-6.1	9.6	17.9	8.5	12.6	5.3
σ ₂	0	0	0	-17.3	0.2	0	0	-0.2	-0.3	0	-0.1	0	-0.1	-17.4	-0.2	-17.4	-0.2	0
σ ₁	-23.9	-5.6	-6.1	-13.4	-19.3	0	0	36	41	0.6	0.7	5.2	5.9	-6.2	-7.6	-1.6	-2.4	5.2
σ ₀	-25.1	-5.7	-6.4	-13.2	-20.2	0	0	37	42.8	0.6	0.7	5.3	6.1	-6.5	-8.1	-1.8	-2.7	5.4
τ ₄	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.1
τ ₃	-15.1	-6.9	-6.2	0.4	0.3	0	0	0.4	0.4	0.7	0.6	-5.4	-4.6	-20.6	-20.6	-26.7	-26.7	6.1
τ ₂	-22.7	-7.4	-7.6	0.4	0.4	0	0	0.4	0.4	0.7	0.7	-5.5	-5.7	-28.6	-28.6	-34.8	-34.8	6.2
τ ₁	-19.2	-5.6	-6.2	0.3	0.3	0	0	0.3	0.4	0.5	0.6	-4	-4.6	-23.7	-23.7	-28.2	-28.2	4.5
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 = 0.17 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 0.79 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 = -0.11 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 0.58 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:	λ = λ ₁ *λ ₂ *λ ₃ *λ ₄ =	1.99 x 0.928 x 1 x 1 = 1.847 < 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	λ = λ ₁ *λ ₂ *λ ₃ *λ ₄ =	2.386 x 0.928 x 1 x 1 = 2.214 (Campata)
Dati per il calcolo di λ ₁	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	66
	Luce per il taglio (m):	26.4
Dati per il calcolo di λ ₂ , λ _{v2}	Q ₀ (kN)	480
	N ₀	500000

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	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 , λ _{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	λ _v = λ _{v1} * λ _{v2} * λ _{v3} * λ _{v4} =	1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ _{Ff}	1
	γ _{Mf}	1.15

Verifica a fatica dei dettagli di carpenteria

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

	γ _{Ff} Δσ _{E,2}	Δσ _c / γ _{Mf}	c.u.
Piattabanda superiore	22.77	92.593	0.246
Piattabanda inferiore	23.014	92.593	0.249
Anima	8.934	74.074	0.121
Giunzione piattabanda superiore Δσ _{c,red} = κ _s * Δσ _c = 0.91 x 112 = 102 N/mm ²	22.77	75.52	0.302
Giunzione piattabanda inferiore Δσ _{c,red} = κ _s * Δσ _c = 0.839 x 112 = 94 N/mm ²	23.014	69.637	0.33
Attacco anima-piattabanda superiore	22.138	82.963	0.267
Attacco anima-piattabanda inferiore	22.066	82.963	0.266
Attacco irrigidente verticale - anima	22.138	59.259	0.374
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	22.138	59.259	0.374
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	22.066	59.259	0.372
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	γ _{Ff} Δσ _{E,2}	Δσ _c / γ _{Mf}	c.u.
Piattabanda superiore	10.03	92.593	0.108
Piattabanda inferiore	10.054	92.593	0.109
Anima	13.676	74.074	0.185
Giunzione piattabanda superiore Δσ _{c,red} = κ _s * Δσ _c = 0.91 x 112 = 102 N/mm ²	10.025	75.52	0.133
Giunzione piattabanda inferiore Δσ _{c,red} = κ _s * Δσ _c = 0.839 x 112 = 94 N/mm ²	10.054	69.637	0.144
Attacco anima-piattabanda superiore	9.748	82.963	0.118
Attacco anima-piattabanda inferiore	9.639	82.963	0.116
Attacco irrigidente verticale - anima	9.748	59.259	0.165
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	9.748	59.259	0.165
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	9.639	59.259	0.163
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

γ _{Ff} Δτ _{E,2} / (Δτ _c / γ _{Mf,s}) <= 1	= 1 * 20.5 / (90 / 1.15) = 0.262
γ _{Ff} Δσ _{E,2} / (Δσ _c / γ _{Mf}) <= 1	= 1 * 22.77 / (80 / 1.35) = 0.384
γ _{Ff} Δτ _{E,2} / (Δτ _c / γ _{Mf,s}) + γ _{Ff} Δσ _{E,2} / (Δσ _c / γ _{Mf}) <= 1.3	= 0.262 + 0.384 = 0.646

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

VERIFICA SODDISFATTA

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	= $1 * 31.38 / (90 / 1.15) = 0.401$
$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	= $1 * 10.03 / (80 / 1.35) = 0.169$
$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	= $0.401 + 0.169 = 0.57$
VERIFICA SODDISFATTA	

13.9 SEZIONE C7_28

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x35 mm
Piattabanda inferiore	1100x40 mm
Anima	20x2825 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.32E+5	2.294E+5	2.324E+5	2.145E+5	3.659E+5	1.497E+5
z _G (mm)	1316.25	2063.746	2076.788	1993.214	2442.835	1522.132
J _y (mm ⁴)	1.898E+11	3.64E+11	3.67E+11	3.475E+11	4.53E+11	2.373E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.442E+8	-1.764E+8	-1.767E+8	-1.743E+8	-1.855E+8	-1.559E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.487E+8	-1.799E+8	-1.802E+8	-1.779E+8	-1.885E+8	-1.601E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.226E+8	4.543E+8	4.657E+8	3.986E+8	1.073E+9	1.767E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.199E+8	4.353E+8	4.459E+8	3.832E+8	9.91E+8	1.722E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.061E+8	4.156E+8	3.594E+8	8.76E+8	1.65E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.93E+8	4.019E+8	3.486E+8	8.28E+8	1.617E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.414E+8	3.485E+8	3.057E+8	6.593E+8	1.476E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.203E+8	3.268E+8	2.879E+8	5.983E+8	1.414E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.704E+7	8.992E+7	9.05E+7	8.682E+7	1.066E+8	6.609E+7
S _{y,2} (mm ³)	7.332E+7	1.309E+8	1.32E+8	1.25E+8	1.643E+8	8.806E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.934E+7	1.245E+8	1.258E+8	1.174E+8	1.626E+8	7.003E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	9.867E+7	1.004E+8	8.936E+7	1.487E+8	2.718E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	1.45E+3	-4.48E+5	-1.13E+7	1.39E+5
2a	-3.68E+3	-1.59E+5	-4.56E+6	6.35E+4
2b	3.78E+4	-2.94E+4	5.36E+6	1.93E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Rit.Iso	-5.67E+6	0	-5.68E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-9.46E+4	4.05E+4	-1.32E+7	-2.92E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.4E+6	-8.9E+5	-2.42E+7	2.71E+5
Totale	-4.32E+6	-1.49E+6	-5.35E+7	4.64E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	141.25	2872.12	0	-1.77	1
Piattabanda superiore	12.57				1
Piattabanda inferiore	13.5				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)	-4.321E+6	M _{Ed} (Nm)	-5.355E+7	N _{Ed} (N)	-4.321E+6
N _{Rd} (N)	-7.661E+7	M _{Rd} (Nm)	-7.617E+7	M _{Ed} (Nm)	-5.355E+7
				M _{Rd} (Nm)	-7.804E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.056	M _{Ed} /M _{Rd}	0.703	M _{Ed} /M _{Rd}	0.686

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	2.7	0	0	0	0	-3.6	0	-5.9	0	-7.6	0.405
σ ₇	0	-13.4	-30.9	-25.1	36.6	0	0	5.6	-20.3	-90	-32.8	-154.4	-91.6	0.234
σ ₆	0	-11.6	-28.2	-25	33.4	0	0	5.2	-16.2	-82.2	-25.4	-140.1	-78.2	0.2
σ ₅	0	-0.7	0	2.7	0	0	0	0	-2.5	0	-3.8	0	-4.3	0.226
σ ₄	-94.2	-10.5	-26.5	-24.9	31.4	0	0	-89.4	-13.6	-77.2	-20.6	-131	-163.8	0.484
σ ₃	-92.1	-10.1	-25.8	-24.9	30.6	0	0	-87.4	-12.6	-75.3	-18.7	-127.4	-158.3	0.468
σ ₂	0	0	0	-24.2	0.3	0	0	0.2	-0.3	-0.6	3.8	9.4	-20.6	0.061
σ ₁	75.9	25.4	28.5	-22.4	-33.2	0	0	71.2	69.7	81.8	132	160.4	280.6	0.83
σ ₀	78.3	25.9	29.2	-22.4	-34.1	0	0	73.4	70.9	84	134.2	164.4	286.9	0.848

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.848 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -7.62 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -4.26 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

$$h_w/t_w=141.25 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.461 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 5.058E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=1.46, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.216$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 5.058E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 0E+00$ N
 $\chi_w = 0.48$, $\lambda_w = 1.727$, $\tau_{cr} = 68.7$, $C = 1104$
 $M_{Ed} = -5.355E+7$ Nm, $M_{f,Rd} = -5.048E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 1.061$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.323E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 5.058E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.294, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.294, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.686$$

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. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.45E+3	-4.48E+5	-1.13E+7	1.39E+5
2a	-3.68E+3	-1.59E+5	-4.56E+6	6.35E+4
2b	3.92E+4	-7.46E+4	6.13E+6	3.77E+4
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-5.68E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	6.35E+4	-2.48E+4	8.4E+6	1.81E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.32E+6	-1.24E+6	-1.7E+7	5.35E+5
Totale	-4.25E+6	-1.95E+6	-2.4E+7	7.94E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	141.25	2872.24	0	-1.06	1
Piattabanda superiore	12.57				1
Piattabanda inferiore	13.5				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-4.247E+6	M _{Ed} (Nm)	-2.4E+7	N _{Ed} (N)	-4.247E+6
N _{Rd} (N)	-7.661E+7	M _{Rd} (Nm)	-7.617E+7	M _{Ed} (Nm)	-2.4E+7
				M _{Rd} (Nm)	-7.801E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.055	M _{Ed} /M _{Rd}	0.315	M _{Ed} /M _{Rd}	0.308

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	2.8	0	0	0	0	2.3	0	-4	0	0	0
σ ₇	0	-13.4	-30.9	-22.9	41.8	0	0	10.8	12.9	57.3	-22.2	-106.3	-38.1	0.097
σ ₆	0	-11.6	-28.2	-23.1	38.2	0	0	9.9	10.3	52.4	-16.9	-96.2	-33.9	0.087

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_5	0	-0.7	0	2.8	0	0	0	0	1.6	0	-2.5	0	0	0
σ_4	-94.2	-10.5	-26.5	-23.2	35.8	0	0	-84.9	8.6	49.2	-13.5	-89.8	-125.5	0.371
σ_3	-92.1	-10.1	-25.8	-23.3	34.9	0	0	-83	8	47.9	-12.2	-87.3	-122.4	0.362
σ_2	0	0	0	-24.2	0.3	0	0	0.2	0.2	0.4	3.6	8.8	9.5	0.028
σ_1	75.9	25.4	28.5	-26.7	-38	0	0	66.4	-44.4	-52	93.7	114.9	129.2	0.382
σ_0	78.3	25.9	29.2	-26.7	-39	0	0	68.5	-45.1	-53.4	95.2	117.7	132.8	0.393

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.393 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA
NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.95 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.11 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 0.26 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.15 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
 $h_w/t_w = 141.25 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.461$ Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 5.419E+6$ N**

Essendo:

$a/h_w = 1.46$, $\eta = 1.2$, $K_\tau = 7.216$
contributo anima: $V_{bw,Rd} = 5.058E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 3.605E+5$ N
 $\chi_w = 0.48$, $\lambda_w = 1.727$, $\tau_{cr} = 68.7$, $C = 1104$
 $M_{Ed} = -2.4E+7$ Nm, $M_{f,Rd} = -5.044E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.476$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 1.323E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 5.419E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.359, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.385, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.308$$

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	1.07E+3	-3.32E+5	-8.37E+6	1.03E+5
2a	-2.72E+3	-1.18E+5	-3.38E+6	4.7E+4
2b	3.15E+4	-2.45E+4	4.47E+6	1.61E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-4.74E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-8.8E+6	-1.95E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	9.44E+5	-6.59E+5	-1.79E+7	1.99E+5
Totale	-3.81E+6	-1.11E+6	-3.87E+7	3.46E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 2 tot	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3 tot	σ_d	η_1
--	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	-------	-------	-------	-------	----------	------------	----------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.			
σ_8	0	-0.6	0	2.2	0	0	0	0	-2.4	0	-4.4	0	-5.2	5.2	0.26
σ_7	0	-9.9	-22.9	-21	30.5	0	0	7.6	-13.5	-60	-24.6	-115	-69	69	0.192
σ_6	0	-8.6	-20.9	-20.9	27.8	0	0	6.9	-10.8	-54.8	-19	-104.4	-59.3	59.3	0.165
σ_5	0	-0.5	0	2.2	0	0	0	0	-1.6	0	-2.9	0	-2.8	2.8	0.139
σ_4	-69.8	-7.8	-19.6	-20.8	26.1	0	0	-63.3	-9	-51.5	-15.5	-97.6	-122.9	122.9	0.346
σ_3	-68.2	-7.5	-19.1	-20.8	25.5	0	0	-61.9	-8.4	-50.2	-14.1	-95	-118.9	123	0.346
σ_2	0	0	0	-20.2	0.2	0	0	0.2	-0.2	-0.4	2.6	6.3	-17.8	39.6	0.112
σ_1	56.3	18.8	21.1	-18.7	-27.7	0	0	49.7	46.5	54.5	97.5	118.1	200.4	201.9	0.569
σ_0	58	19.2	21.7	-18.7	-28.4	0	0	51.2	47.3	56	99.1	121.1	204.9	204.9	0.577
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.2	-0.1	-0.3		
τ_3	-4.3	-2	-1.7	-0.4	-0.4	0	0	-6.4	0.5	0.4	-11.8	-9.7	-18.1		
τ_2	-6.4	-2.1	-2.2	-0.4	-0.5	0	0	-9	0.5	0.5	-12	-12.2	-20.4		
τ_1	-5	-1.5	-1.6	-0.3	-0.3	0	0	-7	0.3	0.4	-7.8	-9.2	-14.2		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.577 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.73 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.18 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.77 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	-3.32E+5	-8.37E+6	1.03E+5
2a	-2.72E+3	-1.18E+5	-3.38E+6	4.7E+4
2b	3.26E+4	-6.21E+4	5.11E+6	3.14E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-4.74E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.6E+6	1.21E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	8.8E+5	-9.18E+5	-1.26E+7	3.95E+5
Totale	-3.77E+6	-1.45E+6	-1.83E+7	5.89E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	2.3	0	0	0	0	1.5	0	-3	0	0	0	0
σ_7	0	-9.9	-22.9	-19.1	34.8	0	0	11.9	8.6	38.2	-16.7	-79.3	-29.2	29.2	0.081
σ_6	0	-8.6	-20.9	-19.3	31.8	0	0	10.9	6.9	34.9	-12.8	-71.9	-26.1	26.1	0.072
σ_5	0	-0.5	0	2.3	0	0	0	0	1	0	-1.9	0	0	0	0
σ_4	-69.8	-7.8	-19.6	-19.3	29.9	0	0	-59.6	5.8	32.8	-10.3	-67.1	-93.9	93.9	0.264
σ_3	-68.2	-7.5	-19.1	-19.4	29.1	0	0	-58.3	5.3	32	-9.3	-65.3	-91.6	98.4	0.277
σ_2	0	0	0	-20.2	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	2.4	5.9	6.4	47.3	0.133
σ_1	56.3	18.8	21.1	-22.2	-31.7	0	0	45.7	-29.6	-34.7	69.1	84.4	95.4	101.8	0.287
σ_0	58	19.2	21.7	-22.3	-32.5	0	0	47.1	-30.1	-35.6	70.2	86.5	98	98	0.276
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.3	-0.1	-0.1		
τ_3	-4.3	-2	-1.7	-1.1	-0.9	0	0	-7	-0.3	-0.2	-16.5	-13.5	-20.8		
τ_2	-6.4	-2.1	-2.2	-1.1	-1.2	0	0	-9.7	-0.3	-0.3	-16.7	-17	-27.1		
τ_1	-5	-1.5	-1.6	-0.8	-0.9	0	0	-7.5	-0.2	-0.2	-10.8	-12.8	-20.5		

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.287 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.71 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.82 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 0.24 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 0.95 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	-3.32E+5	-8.37E+6	1.03E+5
2a	-2.72E+3	-1.18E+5	-3.38E+6	4.7E+4
2b	3.15E+4	-2.45E+4	4.47E+6	1.61E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-4.74E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-8.8E+6	-1.95E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	5.41E+4	-4.09E+5	-1.01E+7	9.11E+4
Totale	-4.7E+6	-8.55E+5	-3.09E+7	2.38E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	-0.6	0	2.2	0	0	0	0	-2.4	0	-2.7	0	-3.5
σ_7	0	-10	-23.4	-21.3	31.1	0	0	7.7	-13.5	-61.3	-15.2	-69.5	-59.9
σ_6	0	-8.7	-21.4	-21.2	28.5	0	0	7.1	-10.8	-56.1	-12	-63.5	-52.7
σ_5	0	-0.5	0	2.2	0	0	0	0	-1.6	0	-1.8	0	-1.7
σ_4	-72.3	-7.8	-20.1	-21.1	26.8	0	0	-65.6	-9	-52.7	-10	-59.6	-120.3
σ_3	-70.7	-7.5	-19.6	-21.1	26.1	0	0	-64.2	-8.4	-51.4	-9.2	-58.1	-116.9
σ_2	0	0	0	-20.5	0.2	0	0	0.2	-0.2	-0.4	0.1	0.4	-20.5
σ_1	56.2	18.8	21	-18.9	-27.6	0	0	49.6	46.5	54.4	53.7	63.3	156.3
σ_0	58	19.1	21.6	-18.8	-28.4	0	0	51.2	47.3	55.9	54.6	65	160.2

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.56 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.71 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.5 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.75 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmin)

	Anima
b (mm)	2825
σ_{sup} (N/mm ²)	-114.08
σ_{inf} (N/mm ²)	156.52
σ_{Ed} (N/mm ²)	114.08
K_{σ}	33.65
σ_{cr0E} (N/mm ²)	9.52
τ_{Ed} (N/mm ²)	13.56
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	320.41

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	4.46
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	320.41
K_{τ}	7.22
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.417
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	-3.32E+5	-8.37E+6	1.03E+5
2a	-2.72E+3	-1.18E+5	-3.38E+6	4.7E+4
2b	3.26E+4	-6.21E+4	5.11E+6	3.14E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-4.74E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.6E+6	1.21E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	2.08E+4	-5.36E+5	-7.83E+6	2.14E+5
Totale	-4.63E+6	-1.06E+6	-1.36E+7	4.08E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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_8	0	-0.6	0	2.3	0	0	0	0	1.5	0	-2.1	0	0
σ_7	0	-10	-24.2	-20.2	36.8	0	0	12.6	8.5	40.4	-11.7	-55.9	-2.9
σ_6	0	-8.7	-22.2	-20.3	33.8	0	0	11.6	6.8	37.1	-9.3	-51.2	-2.6
σ_5	0	-0.5	0	2.2	0	0	0	0	1	0	-1.4	0	0
σ_4	-77.2	-7.8	-20.9	-20.4	31.8	0	0	-66.3	5.7	34.9	-7.7	-48.2	-79.6
σ_3	-75.5	-7.5	-20.4	-20.5	31	0	0	-64.9	5.2	34	-7.1	-47	-77.9
σ_2	0	0	0	-21.2	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.7
σ_1	55.4	18.8	20.8	-23.1	-31.3	0	0	45	-29.8	-34.2	41.8	48.4	59.2
σ_0	57.3	19.1	21.4	-23.2	-32.1	0	0	46.6	-30.3	-35.2	42.5	49.7	61.1

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.63 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 = 1.07 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.38 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2825
σ_{sup} (N/mm ²)	-77.2
σ_{inf} (N/mm ²)	59.34
σ_{Ed} (N/mm ²)	77.2
K_{σ}	18.42
σ_{cr0E} (N/mm ²)	9.52
τ_{Ed} (N/mm ²)	16.76
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	175.44
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	4.46
ξ	1

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_{cr} (N/mm ²)	175.44
K_{τ}	7.22
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.515
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

Verifica connessione trave soletta

Caratteristiche generali

Numero di pioli per unita' di lunghezza, n (m ⁻¹)	15
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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (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)	1224.8
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo V_{Ed} (N/mm)	-478.5
Coefficiente di utilizzo V_{Ed} / V_{Rd}	0.391
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	-1.587E+5	9.867E+7	3.64E+11	-43
Fase 2b	-7.456E+4	1.004E+8	3.67E+11	-20.4
Fase 2c	0E+00	8.936E+7	3.475E+11	0
Fase 3a	-2.48E+4	1.487E+8	4.53E+11	-8.1
Fase 3b	-1.24E+6	1.487E+8	4.53E+11	-407
Totale				-478.5

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)	734.9
Fattore di riduzione, κ_s	0.6
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo V_{Ed} (N/mm)	-355.7
Coefficiente di utilizzo V_{Ed} / V_{Rd}	0.484
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	-1.176E+5	9.867E+7	3.64E+11	-31.9
Fase 2b	-6.213E+4	1.004E+8	3.67E+11	-17
Fase 2c	0E+00	8.936E+7	3.475E+11	0
Fase 3a	-1.653E+4	1.487E+8	4.53E+11	-5.4
Fase 3b	-9.183E+5	1.487E+8	4.53E+11	-301.5
Totale				-355.7

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	-3.32E+5	-8.37E+6	1.03E+5
2a	-2.72E+3	-1.18E+5	-3.38E+6	4.7E+4
2b	3.41E+4	-1.22E+4	5.35E+6	1.15E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-4.74E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.6E+6	1.21E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-1.86E+4	-2.94E+4	7.25E+5	1.46E+4
3b max	3.02E+4	-1.27E+5	-3.67E+6	6.01E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	-0.6	0	2.4	0	0	0	1.5	0	0.2	0	-1	0	3.5	0	2.3	0	0
σ_7	0	-9.9	-22.9	-18.4	36.5	0	0	8.6	38.2	1	4.8	-5.5	-24.6	-18.7	56.6	-25.2	27.2	47.1
σ_6	0	-8.6	-20.9	-18.6	33.3	0	0	6.9	34.9	0.8	4.4	-4.3	-22.5	-19.5	51.7	-24.7	24.9	26.8
σ_5	0	-0.5	0	2.4	0	0	0	1	0	0.1	0	-0.7	0	3	0	2.2	0	0
σ_4	-69.8	-7.8	-19.6	-18.8	31.3	0	0	5.8	32.8	0.7	4.1	-3.6	-21.1	-89.9	-21.2	-94.2	-46.4	25.2
σ_3	-68.2	-7.5	-19.1	-18.8	30.5	0	0	5.3	32	0.6	4	-3.3	-20.5	-88.6	-20.9	-92.5	-45.4	24.5
σ_2	0	0	0	-20.2	0.2	0	0	0.1	0.3	-0.1	-0.1	0.1	0.2	-20.1	0.4	-20	0.7	0.3
σ_1	56.3	18.8	21.1	-23.6	-33.2	0	0	-29.6	-34.7	-3.9	-4.7	19.5	23.1	18	4.8	41.4	32.6	27.8
σ_0	58	19.2	21.7	-23.7	-34.1	0	0	-30.1	-35.6	-4	-4.8	19.9	23.7	19.5	5.2	43.3	33.7	28.5
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0
τ_3	-4.3	-2	-1.7	-0.2	-0.2	0	0	-0.3	-0.2	-0.5	-0.4	-2.3	-1.9	-7.4	-7.4	-9.1	-9.1	1.8
τ_2	-6.4	-2.1	-2.2	-0.2	-0.2	0	0	-0.3	-0.3	-0.5	-0.5	-2.3	-2.4	-9.6	-9.6	-11.3	-11.3	1.8
τ_1	-5	-1.5	-1.6	-0.2	-0.2	0	0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-1.5	-1.8	-7.1	-7.1	-8.3	-8.3	1.1
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 = 3.46 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 3.03 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 = 2.3 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.24 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	-3.32E+5	-8.37E+6	1.03E+5
2a	-2.72E+3	-1.18E+5	-3.38E+6	4.7E+4
2b	3.3E+4	2.54E+4	4.72E+6	-7.97E+3
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-4.74E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-8.8E+6	-1.95E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	2.57E+4	1.27E+5	-3.18E+6	-2.01E+4
3b max	2.6E+4	-2.18E+5	-3.41E+6	6.67E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3b	F. 3b	Totale	Totale	Totale	Totale	$\Delta\sigma, \Delta\tau$
--	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	----------------------------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.
σ_8	0	-0.6	0	2.3	0	0	0	-2.4	0	-0.8	0	-0.9	0	-1.6	0	-1.6	0	0.1
σ_7	0	-9.9	-22.9	-20.2	32.2	0	0	-13.5	-60	-4.8	-21.4	-5.1	-22.9	-48.4	-72.1	-48.7	-73.6	0.3
σ_6	0	-8.6	-20.9	-20.2	29.4	0	0	-10.8	-54.8	-3.8	-19.5	-4	-20.9	-43.4	-65.8	-43.7	-67.2	0.3
σ_5	0	-0.5	0	2.3	0	0	0	-1.6	0	-0.6	0	-0.6	0	-0.4	0	-0.5	0	0
σ_4	-69.8	-7.8	-19.6	-20.2	27.6	0	0	-9	-51.5	-3.1	-18.3	-3.4	-19.6	-110	-131.6	-110.2	-132.9	0.2
σ_3	-68.2	-7.5	-19.1	-20.2	27	0	0	-8.4	-50.2	-2.9	-17.8	-3.1	-19.1	-107.2	-128.5	-107.4	-129.7	0.2
σ_2	0	0	0	-20.2	0.2	0	0	-0.2	-0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	-20.3	0	-20.3	0	0
σ_1	56.3	18.8	21.1	-20.1	-29.3	0	0	46.5	54.5	16.9	20	18.1	21.5	118.3	122.6	119.6	124	1.2
σ_0	58	19.2	21.7	-20.1	-30.1	0	0	47.3	56	17.2	20.6	18.4	22	121.5	126.2	122.8	127.6	1.2
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0	-0.1	-0.1	0.1
τ_3	-4.3	-2	-1.7	0.4	0.4	0	0	0.5	0.4	2.3	1.9	-3.9	-3.2	-3.1	-3.1	-9.3	-9.3	6.2
τ_2	-6.4	-2.1	-2.2	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	2.3	2.4	-4	-4.1	-5.3	-5.3	-11.5	-11.5	6.3
τ_1	-5	-1.5	-1.6	0.3	0.4	0	0	0.3	0.4	1.5	1.8	-2.6	-3	-4.3	-4.3	-8.4	-8.4	4.1
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 = -1.59 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = -0.44 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -1.65 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = -0.48 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	1.99 x 0.928 x 1 x 1 = 1.847 < 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.386 x 0.928 x 1 x 1 = 2.214 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	66
	Luce per il taglio (m):	26.4
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

Verifica a fatica dei dettagli di carpenteria

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	46.48	92.593	0.502
Piattabanda inferiore	52.617	92.593	0.568
Anima	3.919	74.074	0.053
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.935 \times 112 = 104.7 \text{ N/mm}^2$	46.482	77.564	0.599
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	52.617	75.52	0.697
Attacco anima-piattabanda superiore	45.286	82.963	0.546
Attacco anima-piattabanda inferiore	51.25	82.963	0.618
Attacco irrigidente verticale - anima	51.25	59.259	0.865
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	45.286	59.259	0.764
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	51.25	59.259	0.865
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	0.42	92.593	0.005
Piattabanda inferiore	2.266	92.593	0.024
Anima	13.867	74.074	0.187
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.935 \times 112 = 104.7 \text{ N/mm}^2$	0.422	77.564	0.005
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	2.266	75.52	0.03
Attacco anima-piattabanda superiore	0.389	82.963	0.005
Attacco anima-piattabanda inferiore	2.229	82.963	0.027
Attacco irrigidente verticale - anima	2.229	59.259	0.038
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	0.389	59.259	0.007
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	2.229	59.259	0.038
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 11.12 / (90 / 1.15) = 0.142$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 46.48 / (80 / 1.35) = 0.784(*)$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.142 + 0.784 = 0.927(*)$
VERIFICA SODDISFATTA	

(*) Verifica non significativa (Piattabanda superiore compressa)

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 39.36 / (90 / 1.15) = 0.503$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 0.42 / (80 / 1.35) = 0.007(*)$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.503 + 0.007 = 0.51(*)$
VERIFICA SODDISFATTA	

(*) Verifica non significativa (Piattabanda superiore compressa)

13.10 SEZIONE C8_30

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x35 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	18x2805 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.48E+5	2.454E+5	2.484E+5	2.305E+5	3.819E+5	1.657E+5
z _G (mm)	1125.889	1900.261	1914.426	1824.062	2321.91	1332.205
J _y (mm ⁴)	2.153E+11	4.393E+11	4.434E+11	4.172E+11	5.621E+11	2.745E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.912E+8	-2.312E+8	-2.316E+8	-2.287E+8	-2.421E+8	-2.06E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.02E+8	-2.387E+8	-2.391E+8	-2.365E+8	-2.485E+8	-2.157E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.238E+8	4.554E+8	4.665E+8	4.008E+8	1.035E+9	1.791E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.214E+8	4.394E+8	4.499E+8	3.877E+8	9.723E+8	1.751E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.145E+8	4.241E+8	3.673E+8	8.808E+8	1.686E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.031E+8	4.123E+8	3.578E+8	8.413E+8	1.656E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.572E+8	3.648E+8	3.194E+8	6.955E+8	1.527E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.38E+8	3.449E+8	3.032E+8	6.401E+8	1.469E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.233E+7	1.234E+8	1.244E+8	1.184E+8	1.513E+8	8.595E+7
S _{y,2} (mm ³)	8.255E+7	1.539E+8	1.553E+8	1.464E+8	1.973E+8	1.005E+8
S _{y,3} (mm ³)	5.533E+7	1.455E+8	1.472E+8	1.367E+8	1.947E+8	7.937E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E-8	1.146E+8	1.167E+8	1.033E+8	1.77E+8	3.053E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	1.45E+3	8.67E+4	-1.24E+7	-2.59E+4
2a	-3.68E+3	3.33E+4	-4.92E+6	-7.96E+3
2b	3.78E+4	-2.94E+4	5.19E+6	1.7E+4
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.6E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-9.46E+4	4.05E+4	-1.3E+7	-2.16E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.2E+6	-5.47E+5	-2.58E+7	6.97E+4
Totale	-6.93E+6	-4.16E+5	-5.76E+7	3.13E+4

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	155.83	2665.98	0.07	-1.23	1
Piattabanda superiore	12.6				1

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Piattabanda inferiore	9.02					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)	-6.925E+6	M _{Ed} (Nm)	-5.756E+7	N _{Ed} (N)	-6.925E+6
N _{Rd} (N)	-8.076E+7	M _{Rd} (Nm)	-9.055E+7	M _{Ed} (Nm)	-5.756E+7
				M _{Rd} (Nm)	-9.409E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.086	M _{Ed} /M _{Rd}	0.636	M _{Ed} /M _{Rd}	0.612
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	-0.9	0	2.6	0	0	0	0	-3.3	0	-7	0	-8.6	0.455
σ ₇	0	-13.8	-32.3	-26.5	34.2	0	0	2	-18.9	-85.5	-40.3	-176.6	-99.5	0.254
σ ₆	0	-12.2	-29.8	-26.1	31.6	0	0	1.8	-15.7	-78.9	-33.9	-163.4	-87.8	0.224
σ ₅	0	-0.7	0	2.6	0	0	0	0	-2.4	0	-5.2	0	-5.7	0.303
σ ₄	-102.3	-11.2	-28.1	-25.8	29.9	0	0	-100.6	-13.6	-74.6	-29.7	-154.9	-182.6	0.54
σ ₃	-100.3	-10.8	-27.5	-25.7	29.2	0	0	-98.6	-12.8	-73	-28.1	-151.6	-177.7	0.526
σ ₂	0	0	0	-22.7	0.2	0	0	0.2	-0.2	-0.6	-3.1	-7.2	-26.1	0.077
σ ₁	61.5	20.6	22.8	-16.7	-23.8	0	0	60.4	51.9	59.5	100.9	112.6	218.1	0.684
σ ₀	64.9	21.3	23.9	-16.5	-25	0	0	63.9	53.3	62.4	103.6	118.2	226.6	0.71

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.71 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.7 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.9 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -8.56 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: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 155.833 > 31/\eta \cdot \epsilon_w \cdot (K_\tau)^{0.5} = 56.358 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 4.418E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.471, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.19$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 4.09E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 3.28E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.435, \quad \lambda_w = 1.909, \quad \tau_{cr} = 56.3, \quad C = 1205.4$$

$$M_{Ed} = -5.756E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -7.021E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.82$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.183E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.418E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.094, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.102, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.612$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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	1.45E+3	8.67E+4	-1.24E+7	-2.59E+4
2a	-3.68E+3	3.33E+4	-4.92E+6	-7.96E+3
2b	3.96E+4	3.05E+4	5.85E+6	-1.83E+4
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.6E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-9.46E+4	4.05E+4	-1.3E+7	-2.16E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.4E+6	9.2E+5	-1.26E+7	-4.25E+5
Totale	-7.13E+6	1.11E+6	-4.36E+7	-4.99E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	155.83	2649.55	0.08	-0.98	1
Piattabanda superiore	12.6				1
Piattabanda inferiore	9.02				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)	-7.125E+6	M _{Ed} (Nm)	-4.36E+7	N _{Ed} (N)	-7.125E+6
N _{Rd} (N)	-8.076E+7	M _{Rd} (Nm)	-9.055E+7	M _{Ed} (Nm)	-4.36E+7
				M _{Rd} (Nm)	-9.416E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.088	M _{Ed} /M _{Rd}	0.481	M _{Ed} /M _{Rd}	0.463

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	-0.9	0	2.7	0	0	0	0	-3.3	0	-3.7	0	-5.2	0.276
σ ₇	0	-13.8	-32.2	-24.7	38.6	0	0	6.3	-18.9	-85.5	-21.7	-90.7	-79.1	0.202
σ ₆	0	-12.2	-29.7	-24.5	35.6	0	0	5.9	-15.7	-78.9	-18.6	-84.3	-70.9	0.181
σ ₅	0	-0.7	0	2.7	0	0	0	0	-2.4	0	-2.9	0	-3.3	0.174
σ ₄	-102.3	-11.2	-28.1	-24.3	33.7	0	0	-96.7	-13.6	-74.6	-16.6	-80.2	-168	0.497
σ ₃	-100.3	-10.8	-27.5	-24.3	32.9	0	0	-94.8	-12.8	-73	-15.8	-78.6	-163.9	0.485
σ ₂	0	0	0	-22.6	0.2	0	0	0.2	-0.2	-0.6	-3.7	-8.5	-26.6	0.079
σ ₁	61.5	20.6	22.8	-19.5	-26.9	0	0	57.4	51.9	59.5	46.8	49.7	161.3	0.506
σ ₀	64.9	21.3	23.8	-19.4	-28.2	0	0	60.6	53.3	62.4	48.2	52.5	168.3	0.527

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.527 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.81 N/mm²

2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2 N/mm²

La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.2 N/mm²
4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.27 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

$$h_w/t_w = 155.833 > 31/\eta \cdot \epsilon_w \cdot (K_\tau)^{0.5} = 56.358 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 4.706E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w = 1.471, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.19$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 4.09E+6 \text{ N}, \quad \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 6.159E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.435, \quad \lambda_w = 1.909, \quad \tau_{cr} = 56.3, \quad C = 1205.4$$

$$M_{Ed} = -4.36E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -7.033E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.62$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.183E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.706E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.236, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.272, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.463$$

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	1.07E+3	6.42E+4	-9.2E+6	-1.92E+4
2a	-2.72E+3	2.47E+4	-3.65E+6	-5.9E+3
2b	3.15E+4	-2.45E+4	4.32E+6	1.42E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.5E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-8.64E+6	-1.44E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-7.91E+5	-4.05E+5	-1.91E+7	5.18E+4
Totale	-5.55E+6	-3.14E+5	-4.18E+7	2.65E+4

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	2.1	0	0	0	0	-2.2	0	-5.1	0	-5.8	5.8	0.292
σ_7	0	-10.2	-23.9	-22.1	28.5	0	0	4.6	-12.6	-57	-29.6	-130.1	-74.5	74.5	0.207
σ_6	0	-9.1	-22	-21.7	26.3	0	0	4.3	-10.4	-52.6	-24.8	-120.4	-66.1	66.1	0.183
σ_5	0	-0.5	0	2.2	0	0	0	0	-1.6	0	-3.8	0	-3.8	3.8	0.189
σ_4	-75.8	-8.3	-20.8	-21.5	24.9	0	0	-71.7	-9.1	-49.7	-21.8	-114.1	-136.4	136.4	0.384
σ_3	-74.3	-8	-20.4	-21.4	24.3	0	0	-70.3	-8.5	-48.6	-20.6	-111.7	-132.8	133.2	0.375
σ_2	0	0	0	-18.9	0.2	0	0	0.2	-0.2	-0.4	-2.1	-4.8	-21.1	23.5	0.066
σ_1	45.5	15.3	16.9	-13.9	-19.9	0	0	42.6	34.6	39.7	75	83.9	156.4	156.6	0.468
σ_0	48.1	15.8	17.7	-13.8	-20.8	0	0	45	35.5	41.6	77	88.1	162.6	162.6	0.485
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.1	-0.1		

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

τ_3	0.9	0.5	0.4	-0.5	-0.4	0	0	0.9	0.5	0.4	-7.8	-6.5	-6.4		
τ_2	1.4	0.5	0.5	-0.5	-0.5	0	0	1.4	0.5	0.5	-7.9	-8.2	-6		
τ_1	1.2	0.4	0.4	-0.4	-0.4	0	0	1.2	0.4	0.5	-6.1	-7.1	-4.5		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.485 VERIFICA SODDISFATTA

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 = 1.65 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.82 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.76 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	6.42E+4	-9.2E+6	-1.92E+4
2a	-2.72E+3	2.47E+4	-3.65E+6	-5.9E+3
2b	3.3E+4	2.54E+4	4.88E+6	-1.53E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.5E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-8.64E+6	-1.44E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-9.4E+5	6.81E+5	-9.29E+6	-3.15E+5
Totale	-5.69E+6	8.23E+5	-3.14E+7	-3.7E+5

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
σ_8	0	-0.6	0	2.2	0	0	0	0	-2.2	0	-2.7	0	-3.3	3.3	0.167
σ_7	0	-10.2	-23.9	-20.6	32.1	0	0	8.2	-12.6	-57	-15.8	-66.5	-59.2	59.2	0.165
σ_6	0	-9.1	-22	-20.4	29.7	0	0	7.6	-10.4	-52.6	-13.5	-61.8	-53.4	53.4	0.148
σ_5	0	-0.5	0	2.2	0	0	0	0	-1.6	0	-2.1	0	-2	2	0.098
σ_4	-75.8	-8.3	-20.8	-20.3	28.1	0	0	-68.6	-9.1	-49.7	-12	-58.8	-125.4	125.4	0.353
σ_3	-74.3	-8	-20.4	-20.2	27.4	0	0	-67.2	-8.5	-48.6	-11.4	-57.6	-122.5	125.4	0.353
σ_2	0	0	0	-18.9	0.2	0	0	0.2	-0.2	-0.4	-2.5	-5.7	-21.5	35.3	0.099
σ_1	45.5	15.3	16.9	-16.3	-22.4	0	0	40	34.6	39.7	34.9	37.4	114.1	116.2	0.347
σ_0	48.1	15.8	17.7	-16.2	-23.5	0	0	42.3	35.5	41.6	35.9	39.4	119.2	119.2	0.356
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0.3		
τ_3	0.9	0.5	0.4	0.5	0.4	0	0	1.7	0.5	0.4	13.1	10.9	15.5		
τ_2	1.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	2.4	0.5	0.5	13.3	13.9	16.2		
τ_1	1.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0	2.1	0.4	0.5	10.2	11.9	12.6		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.356 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.73 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.32 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.95 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmin)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	6.42E+4	-9.2E+6	-1.92E+4
2a	-2.72E+3	2.47E+4	-3.65E+6	-5.9E+3
2b	3.15E+4	-2.45E+4	4.32E+6	1.42E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.5E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-8.64E+6	-1.44E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	5.42E+4	-2.82E+5	-1.08E+7	2.84E+4
Totale	-4.7E+6	-1.91E+5	-3.34E+7	3.08E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	-0.6	0	2.1	0	0	0	0	-2.2	0	-2.7	0	-3.4
σ_7	0	-10.4	-25.3	-23	30.2	0	0	4.9	-12.6	-60.5	-15.3	-74.4	-61.2
σ_6	0	-9.2	-23.4	-22.6	28	0	0	4.5	-10.4	-55.9	-12.6	-68.7	-54.9
σ_5	0	-0.5	0	2.1	0	0	0	0	-1.6	0	-1.9	0	-1.9
σ_4	-83.6	-8.4	-22.2	-22.4	26.5	0	0	-79.3	-9	-53	-10.9	-65.1	-134.3
σ_3	-82	-8.1	-21.7	-22.3	25.9	0	0	-77.8	-8.5	-51.9	-10.2	-63.7	-131.2
σ_2	0	0	0	-19.6	0.2	0	0	0.2	-0.2	-0.4	0.1	0.3	-19.6
σ_1	45	15.2	16.7	-14.4	-19.6	0	0	42	34.7	39.2	43.5	49.6	123.9
σ_0	47.7	15.7	17.5	-14.3	-20.6	0	0	44.6	35.6	41.1	44.7	52	129.4

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.43 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.42 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.94 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmin)

	Anima
b (mm)	2805
σ_{sup} (N/mm ²)	-130.46
σ_{inf} (N/mm ²)	124.03
σ_{Ed} (N/mm ²)	130.46
K_{σ}	22.63
σ_{cr0E} (N/mm ²)	7.82
τ_{Ed} (N/mm ²)	3.4
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	177.05
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	3.61
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	177.05
K_{τ}	7.19
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.74
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	6.42E+4	-9.2E+6	-1.92E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

2a	-2.72E+3	2.47E+4	-3.65E+6	-5.9E+3
2b	3.3E+4	2.54E+4	4.88E+6	-1.53E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.5E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-8.64E+6	-1.44E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.23E+4	3.85E+5	-6.17E+6	-1.75E+5
Totale	-4.77E+6	5.27E+5	-2.83E+7	-2.3E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	-0.6	0	2.2	0	0	0	0	-2.2	0	-1.5	0	-2.2
σ_7	0	-10.4	-25.5	-21.7	34.4	0	0	8.8	-12.5	-60.9	-8.9	-43.3	-53.4
σ_6	0	-9.2	-23.6	-21.4	31.8	0	0	8.2	-10.4	-56.4	-7.3	-40	-48.4
σ_5	0	-0.5	0	2.2	0	0	0	0	-1.6	0	-1.1	0	-1.1
σ_4	-84.9	-8.4	-22.4	-21.3	30.1	0	0	-77.1	-9	-53.5	-6.3	-38	-130
σ_3	-83.3	-8.2	-21.9	-21.2	29.5	0	0	-75.7	-8.5	-52.3	-6	-37.1	-127.1
σ_2	0	0	0	-19.8	0.2	0	0	0.2	-0.2	-0.4	0	-0.1	-20
σ_1	44.7	15.2	16.6	-16.9	-22	0	0	39.3	34.7	39	24.9	28.1	102.6
σ_0	47.5	15.7	17.4	-16.8	-23.1	0	0	41.8	35.6	41	25.5	29.5	107.5

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.52 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.66 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.21 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.05 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmax)

Anima	
b (mm)	2805
σ_{sup} (N/mm ²)	-126.35
σ_{inf} (N/mm ²)	102.8
σ_{Ed} (N/mm ²)	126.35
K_σ	19.4
σ_{cr0E} (N/mm ²)	7.82
τ_{Ed} (N/mm ²)	9.43
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	151.8
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	3.61
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	151.8
K_τ	7.19
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.853
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

Verifica connessione trave soletta

Caratteristiche generali

Numero di pioli per unita' di lunghezza, n (m ⁻¹)	15
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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (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)	1224.8
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	319.2
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.261
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	3.33E+4	1.146E+8	4.393E+11	8.7
Fase 2b	3.053E+4	1.167E+8	4.434E+11	8
Fase 2c	0E+00	1.033E+8	4.172E+11	0
Fase 3a	4.054E+4	1.77E+8	5.621E+11	12.8
Fase 3b	9.2E+5	1.77E+8	5.621E+11	289.7
Totale				319.2

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)	734.9
Fattore di riduzione, κ_s	0.6
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	236.2
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.321
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	2.467E+4	1.146E+8	4.393E+11	6.4
Fase 2b	2.544E+4	1.167E+8	4.434E+11	6.7
Fase 2c	0E+00	1.033E+8	4.172E+11	0
Fase 3a	2.702E+4	1.77E+8	5.621E+11	8.5
Fase 3b	6.814E+5	1.77E+8	5.621E+11	214.6
Totale				236.2

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	6.42E+4	-9.2E+6	-1.92E+4
2a	-2.72E+3	2.47E+4	-3.65E+6	-5.9E+3
2b	3.41E+4	-1.22E+4	5.28E+6	9.35E+3
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.5E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	4.24E+4	-1.65E+4	5.5E+6	9.24E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-4E+4	4.06E+4	7.54E+5	-2.31E+4
3b max	2.96E+4	2.36E+4	-3.82E+6	4.63E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	-0.6	0	2.3	0	0	0	1.4	0	0.2	0	-0.9	0	3.2	0	2.1	0	0
σ_7	0	-10.2	-23.9	-19.5	34.8	0	0	8	36.3	1	4.7	-5.4	-24.9	-20.7	51.9	-27.1	22.4	48.8
σ_6	0	-9.1	-22	-19.4	32.1	0	0	6.7	33.5	0.8	4.3	-4.5	-22.9	-21	47.9	-26.3	20.7	27.2
σ_5	0	-0.5	0	2.3	0	0	0	1	0	0.1	0	-0.7	0	2.9	0	2.1	0	0
σ_4	-75.8	-8.3	-20.8	-19.4	30.4	0	0	5.8	31.7	0.7	4.1	-3.9	-21.7	-97	-30.5	-101.5	-56.2	25.7
σ_3	-74.3	-8	-20.4	-19.3	29.7	0	0	5.4	31	0.6	4	-3.6	-21.2	-95.6	-30	-99.8	-55.1	25.1
σ_2	0	0	0	-18.9	0.2	0	0	0.1	0.3	-0.1	-0.2	0.1	0.2	-18.9	0.2	-18.7	0.6	0.4
σ_1	45.5	15.3	16.9	-18	-24.3	0	0	-22	-25.3	-3.1	-3.7	15.5	17.9	17.7	9.1	36.3	30.8	21.6
σ_0	48.1	15.8	17.7	-17.9	-25.4	0	0	-22.6	-26.5	-3.2	-3.9	15.9	18.7	20.1	10	39.2	32.6	22.6
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
τ_3	0.9	0.5	0.4	-0.2	-0.2	0	0	-0.3	-0.3	0.8	0.7	0.5	0.4	1.6	1.6	1.3	1.3	0.3
τ_2	1.4	0.5	0.5	-0.2	-0.2	0	0	-0.3	-0.3	0.8	0.8	0.5	0.5	2.1	2.1	1.7	1.7	0.3
τ_1	1.2	0.4	0.4	-0.2	-0.2	0	0	-0.2	-0.3	0.6	0.7	0.4	0.4	1.8	1.8	1.5	1.5	0.3
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 = 3.23 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.93 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 = 2.12 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.13 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	1.07E+3	6.42E+4	-9.2E+6	-1.92E+4
2a	-2.72E+3	2.47E+4	-3.65E+6	-5.9E+3
2b	3.3E+4	2.54E+4	4.88E+6	-1.53E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.5E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-6.31E+4	2.7E+4	-8.64E+6	-1.44E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	2.46E+4	1.68E+5	-3.5E+6	-4.3E+4
3b max	2.61E+4	-1.76E+5	-3.53E+6	4.52E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	-0.6	0	2.2	0	0	0	-2.2	0	-0.9	0	-0.9	0	-1.5	0	-1.5	0	0
σ_7	0	-10.2	-23.9	-20.6	32.1	0	0	-12.6	-57	-5	-22.8	-5	-22.9	-48.4	-71.5	-48.4	-71.7	0
σ_6	0	-9.1	-22	-20.4	29.7	0	0	-10.4	-52.6	-4.1	-21	-4.1	-21.1	-44	-65.9	-44	-66.1	0
σ_5	0	-0.5	0	2.2	0	0	0	-1.6	0	-0.6	0	-0.6	0	-0.5	0	-0.5	0	0
σ_4	-75.8	-8.3	-20.8	-20.3	28.1	0	0	-9.1	-49.7	-3.5	-19.8	-3.6	-20	-116.9	-138.1	-117	-138.3	0
σ_3	-74.3	-8	-20.4	-20.2	27.4	0	0	-8.5	-48.6	-3.3	-19.4	-3.3	-19.5	-114.4	-135.3	-114.4	-135.4	0
σ_2	0	0	0	-18.9	0.2	0	0	-0.2	-0.4	0.1	0.1	0.1	0.2	-19	0	-19	0	0
σ_1	45.5	15.3	16.9	-16.3	-22.4	0	0	34.6	39.7	14.1	16.4	14.3	16.5	93.3	96.1	93.4	96.2	0.1
σ_0	48.1	15.8	17.7	-16.2	-23.5	0	0	35.5	41.6	14.5	17.1	14.6	17.3	97.7	101	97.9	101.2	0.1
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	-0.1	0	0.1	0.1	0	0	0.1
τ_3	0.9	0.5	0.4	0.5	0.4	0	0	0.5	0.4	3.2	2.7	-3.4	-2.8	5.6	5.6	-1	-1	6.6

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

τ_2	1.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	3.3	3.4	-3.4	-3.6	6.1	6.1	-0.6	-0.6	6.7
τ_1	1.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0	0.4	0.5	2.5	2.9	-2.6	-3.1	4.9	4.9	-0.2	-0.2	5.1
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 = -1.46 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = -0.49 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -1.47 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = -0.5 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	1.99 x 0.928 x 1 x 1 = 1.847 < 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.386 x 0.928 x 1 x 1 = 2.214 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	66
	Luce per il taglio (m):	26.4
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	47.5	92.593	0.513
Piattabanda inferiore	41.793	92.593	0.451
Anima	0.734	74.074	0.01
Giunzione piattabanda superiore $\Delta \sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta \sigma_c = 0.935 x 112 = 104.7$ N/mm ²	47.496	77.564	0.612
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta \sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta \sigma_c = 0.839 x 112 = 94$ N/mm ²	41.793	69.637	0.6
Attacco anima-piattabanda superiore	46.418	82.963	0.56
Attacco anima-piattabanda inferiore	39.946	82.963	0.481
Attacco irrigidente verticale - anima	46.418	59.259	0.783
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	46.418	59.259	0.783
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	39.946	59.259	0.674

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	0.05	92.593	0.001
Piattabanda inferiore	0.225	92.593	0.002
Anima	14.848	74.074	0.2
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s \cdot \Delta\sigma_c$ $= 0.935 \times 112 = 104.7 \text{ N/mm}^2$	0.047	77.564	0.001
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s \cdot \Delta\sigma_c$ $= 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	0.225	69.637	0.003
Attacco anima-piattabanda superiore	0.044	82.963	0.001
Attacco anima-piattabanda inferiore	0.219	82.963	0.003
Attacco irrigidente verticale - anima	0.219	59.259	0.004
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	0.044	59.259	0.001
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	0.219	59.259	0.004
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 1.86 / (90 / 1.15) = 0.024$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 47.5 / (80 / 1.35) = 0.801(*)$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.024 + 0.801 = 0.825(*)$
VERIFICA SODDISFATTA	

(*) Verifica non significativa (Piattabanda superiore compressa)

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 37.61 / (90 / 1.15) = 0.481$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 0.05 / (80 / 1.35) = 0.001(*)$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.481 + 0.001 = 0.481(*)$
VERIFICA SODDISFATTA	

(*) Verifica non significativa (Piattabanda superiore compressa)

13.11 SEZIONE C9_48

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1100x50 mm
Anima	20x2810 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
-----------	---------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.472E+5	2.446E+5	2.476E+5	2.297E+5	3.811E+5	1.649E+5
z _G (mm)	1269.198	1988.991	2002.133	1918.281	2379.735	1461.142
J _y (mm ⁴)	2.175E+11	4.094E+11	4.13E+11	3.905E+11	5.144E+11	2.682E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.714E+8	-2.059E+8	-2.063E+8	-2.036E+8	-2.162E+8	-1.835E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.784E+8	-2.112E+8	-2.115E+8	-2.09E+8	-2.208E+8	-1.9E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.367E+8	4.701E+8	4.814E+8	4.147E+8	1.071E+9	1.917E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.334E+8	4.494E+8	4.599E+8	3.978E+8	9.887E+8	1.864E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.217E+8	4.311E+8	3.749E+8	8.865E+8	1.789E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.09E+8	4.18E+8	3.644E+8	8.429E+8	1.754E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.588E+8	3.661E+8	3.223E+8	6.856E+8	1.607E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.381E+8	3.447E+8	3.047E+8	6.271E+8	1.542E+8
S _{y,1} (mm ³)	6.843E+7	1.08E+8	1.087E+8	1.041E+8	1.295E+8	7.899E+7
S _{y,2} (mm ³)	8.33E+7	1.456E+8	1.469E+8	1.39E+8	1.838E+8	9.89E+7
S _{y,3} (mm ³)	5.799E+7	1.38E+8	1.395E+8	1.302E+8	1.815E+8	7.933E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.49E+8	1.06E+8	1.079E+8	9.554E+7	1.635E+8	2.825E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	5.65E+3	-1.4E+6	1.31E+6	3.97E+5
2a	-2.76E+3	-3.66E+5	-1.54E+5	1.31E+5
2b	5.07E+4	-3.61E+4	6.02E+6	8.61E+4
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.11E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	8.21E+4	-5.34E+0	7.39E+6	-3.94E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.44E+6	-1.28E+5	1.12E+7	-1.35E+5
Totale	-6.97E+6	-1.93E+6	1.97E+7	4.4E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	140.5	2084.35	0.72	-0.9	4
Piattabanda superiore	11				1
Piattabanda inferiore	10.8				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-6.973E+6	M _{Ed} (Nm)	1.969E+7	N _{Ed} (N)	-6.973E+6
N _{Rd} (N)	-8.07E+7	M _{Rd} (Nm)	6.68E+7	M _{Ed} (Nm)	1.969E+7
				M _{Rd} (Nm)	7.065E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.086	M _{Ed} /M _{Rd}	0.295	M _{Ed} /M _{Rd}	0.279

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	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	2.8	0	0	0	0	1.9	0	2.3	0	0	0
σ_7	0	-0.4	-1	-22.9	37.8	0	0	36.8	11	46.5	12.6	61.1	144.4	0.369
σ_6	0	-0.4	-0.9	-22.9	34.6	0	0	33.7	9	42.6	9.5	55.3	131.6	0.336
σ_5	0	0	0	2.8	0	0	0	0	1.4	0	1.4	0	0	0
σ_4	9.9	-0.4	-0.8	-22.9	32.6	0	0	41.6	7.7	40.2	7.6	51.5	133.3	0.394
σ_3	9.6	-0.3	-0.8	-22.9	31.7	0	0	40.5	7.1	39	6.7	49.8	129.4	0.383
σ_2	0	0	0	-22.7	0.3	0	0	0.3	0.2	0.5	-3.8	-8.7	-7.9	0.023
σ_1	-7.3	0.7	0.8	-22.3	-31.4	0	0	-37.9	-33.3	-38.4	-54.6	-67.8	-144.1	0.452
σ_0	-7.6	0.7	0.8	-22.3	-32.5	0	0	-39.3	-34	-39.8	-55.7	-69.9	-149	0.467

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.467 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA
NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.76 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.77 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.95 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.57 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	50	---	---	---	1	27500
Piattabanda inferiore DX	550	50	---	---	---	1	27500

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2810
σ_{cr0E} (N/mm ²)	9.63
σ_{sup} (N/mm ²)	127.81
σ_{inf} (N/mm ²)	-152.35
ψ	-0.84
K_σ	19.97
λ_p	1.36
b_c (mm)	1528.04
$b_{c, sup}$ (mm)	916.83
$b_{c, sup}$ (mm)	611.22
ρ_{loc}	0.67
b_{ceff} (mm)	1026.05
$b_{ceff, sup}$ (mm)	615.63
$b_{ceff, sup}$ (mm)	410.42
ϕ_{Foro} (mm)	501.99

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge, sup}$	1.834E+4	1119.6	1.284E+9
$A_{c, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, Edge, inf}$	1.222E+4	355.6	3.806E+8
$A_{c, tot}$	3.056E+4	814	5.946E+9
A_c	0E+00		

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
$A_{c,eff}$ Edge sup	1.231E+4	1270.2	3.889E+8
$A_{c,eff}$ 1	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ 2	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ Edge inf	8.208E+3	255.2	1.152E+8
$A_{c,eff}$ tot	2.052E+4	864.2	5.578E+9
$A_{c,eff,loc}$	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmax)

	<i>Piastra</i>		<i>Colonna</i>
$\sigma_{cr,p}$ (p)	192.22	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	8.92
λ_p	1.359	λ_c	0.671
ρ_p	0.671	χ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
Edge sup	1.231E+4	1270.2	3.889E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	8.208E+3	255.2	1.152E+8
Totale	2.052E+4	864.2	5.578E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-1.004E+4	711.4	-2.108E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	1.372E+5	2.346E+5	3.711E+5	2.197E+5	3.711E+5	1.548E+5
z_G (mm)	1310.027	2043.666	2424.869	1973.429	2424.869	1509.757
Δz_{Geff} (mm)	-40.83	-54.67	-45.13	-55.15	-45.13	-48.61
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	2.139E+11	3.921E+11	4.855E+11	3.75E+11	4.855E+11	2.62E+11
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-1.633E+8	-1.919E+8	-2.002E+8	-1.9E+8	-2.002E+8	-1.735E+8
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-1.698E+8	-1.967E+8	-2.044E+8	-1.95E+8	-2.044E+8	-1.794E+8
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	1.38E+8	4.804E+8	1.116E+9	4.23E+8	1.116E+9	1.94E+8
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	1.345E+8	4.579E+8	1.022E+9	4.047E+8	1.022E+9	1.884E+8
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+300	4.279E+8	9.072E+8	3.801E+8	9.072E+8	1.806E+8
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+300	4.144E+8	8.59E+8	3.689E+8	8.59E+8	1.77E+8
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+300	3.61E+8	6.885E+8	3.242E+8	6.885E+8	1.617E+8
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	3.391E+8	6.263E+8	3.057E+8	6.263E+8	1.55E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	7.068E+7	1.11E+8	1.32E+8	1.072E+8	1.32E+8	8.166E+7
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	8.054E+7	1.374E+8	1.712E+8	1.315E+8	1.712E+8	9.496E+7
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	5.652E+7	1.307E+8	1.693E+8	1.236E+8	1.693E+8	7.672E+7
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.389E-291	1.006E+8	1.529E+8	9.099E+7	1.529E+8	2.74E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	6.56
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{\text{Fessurata}}$ (kNm)	-2.307E+2	1.34E+2	-2.467E+3	0E+00	-3.993E+3	7.012E+4
$\Delta M_{\text{Non fessurata}}$ (kNm)	-2.307E+2	1.507E+2	3.063E+5	0E+00	-3.707E+3	6.51E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	0	0	2.8	0	0	0	0	1.9	0	2.3	0	0	0
σ_7	0	-0.4	-1	-23	37.6	0	0	36.6	11	46.2	12.5	60.6	143.4	0.366
σ_6	0	-0.4	-0.9	-23.1	34.3	0	0	33.5	8.8	42.3	9.3	54.5	130.3	0.333
σ_5	0	0	0	2.8	0	0	0	0	1.3	0	1.4	0	0	0
σ_4	9.8	-0.3	-0.8	-23.2	32.3	0	0	41.2	7.5	39.7	7.2	50.6	131.6	0.389
σ_3	9.5	-0.3	-0.8	-23.2	31.4	0	0	40.1	6.8	38.6	6.2	48.9	127.6	0.377
σ_2	0	0	0	-23.6	0.3	0	0	0.4	0.2	0.5	-3.9	-9.3	-8.4	0.025
σ_1	-7.7	0.8	0.8	-24.8	-33.2	0	0	-40	-35.9	-40.6	-59.1	-72.3	-153	0.479
σ_0	-8	0.8	0.9	-24.8	-34.4	0	0	-41.5	-36.7	-42	-60.3	-74.4	-157.9	0.495

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.495 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.76 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.76 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.95 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.47 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

$$h_w/t_w=140.5 > 31/\eta * \epsilon_w *(K_\tau)^{0.5}=56.383 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd}=5.546E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w=1.468, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.196$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=5.051E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=4.95E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.482, \quad \lambda_w=1.721, \quad \tau_{cr}=69.3, \quad C=1139.7$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=2.74E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=4.797E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.571$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=1.316E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=5.546E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.349, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.383, \quad \eta_1=\max(\eta_i)=0.495$$

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. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
------	-------	-------	--------	--------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

1	5.65E+3	-1.4E+6	1.31E+6	3.97E+5
2a	-3.72E+3	-4.94E+5	-2.09E+5	1.77E+5
2b	5.04E+4	-5.51E+4	6E+6	9.35E+4
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.11E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	8.21E+4	-5.34E+0	7.39E+6	-3.94E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.33E+6	-1.9E+6	-6.62E+6	7.55E+5
Totale	-6.86E+6	-3.85E+6	1.76E+6	1.38E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	<i>c/t</i>	<i>z_{pl} (mm)</i>	<i>α</i>	<i>ψ</i>	Classe
Anima	140.5	2076.38	0.72	-0.74	4
Piattabanda superiore	11				1
Piattabanda inferiore	10.8				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-6.865E+6	M _{Ed} (Nm)	1.763E+6	N _{Ed} (N)	-6.865E+6
N _{Rd} (N)	-8.07E+7	M _{Rd} (Nm)	6.68E+7	M _{Ed} (Nm)	1.763E+6
				M _{Rd} (Nm)	7.062E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.085	M _{Ed} /M _{Rd}	0.026	M _{Ed} /M _{Rd}	0.025

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	2.8	0	0	0	0	1.9	0	-2.3	0	0	0
σ ₇	0	-0.6	-1.3	-23	37.7	0	0	36.3	11	46.5	-13.2	-49.3	33.5	0.086
σ ₆	0	-0.5	-1.2	-22.9	34.5	0	0	33.3	9	42.6	-11.4	-45.8	30.1	0.077
σ ₅	0	0	0	2.8	0	0	0	0	1.4	0	-1.8	0	0	0
σ ₄	9.9	-0.5	-1.1	-22.9	32.5	0	0	41.2	7.7	40.2	-10.2	-43.6	37.8	0.112
σ ₃	9.6	-0.5	-1.1	-22.9	31.6	0	0	40.1	7.1	39	-9.7	-42.6	36.5	0.108
σ ₂	0	0	0	-22.7	0.3	0	0	0.3	0.2	0.5	-3.5	-8.1	-7.3	0.021
σ ₁	-7.3	1	1.1	-22.2	-31.3	0	0	-37.5	-33.3	-38.4	26.5	26.8	-49.1	0.154
σ ₀	-7.6	1	1.1	-22.2	-32.4	0	0	-38.9	-34	-39.8	27.1	28	-50.7	0.159

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.159 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.75 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.76 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.42 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.37 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

Componente	<i>b (mm)</i>	<i>t (mm)</i>	<i>λ_p</i>	<i>ρ</i>	<i>A_{c,eff} (mm²)</i>	<i>β</i>	<i>A*β (mm²)</i>
------------	---------------	---------------	----------------------	----------	---	----------	-----------------------------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Piattabanda superiore SX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda superiore DX	450	40	---	---	---	1	18000
Piattabanda inferiore SX	550	50	---	---	---	1	27500
Piattabanda inferiore DX	550	50	---	---	---	1	27500

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2810
σ_{cr0E} (N/mm ²)	9.63
σ_{sup} (N/mm ²)	35.72
σ_{inf} (N/mm ²)	-52.69
ψ	-0.68
K_{σ}	16.57
λ_p	1.49
b _c (mm)	1674.75
b _{c sup} (mm)	1004.85
b _{c sup} (mm)	669.9
ρ_{loc}	0.61
b _{ceff} (mm)	1026.37
b _{ceff sup} (mm)	615.82
b _{ceff sup} (mm)	410.55
ϕ_{Foro} (mm)	648.38

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c Edge sup}	2.01E+4	1222.3	1.691E+9
A _{c 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c Edge inf}	1.34E+4	384.9	5.01E+8
A _{c tot}	3.349E+4	887.4	7.829E+9
A _c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff Edge sup}	1.232E+4	1416.8	3.892E+8
A _{c,eff 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff Edge inf}	8.211E+3	255.3	1.153E+8
A _{c,eff tot}	2.053E+4	952.2	7.152E+9
A _{c,eff,loc}	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmin)

	Piastra	Colonna	
$\sigma_{cr,p}$ (p)	159.46	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	8.92
λ_p	1.492	λ_c	0.613
ρ_p	0.613	ρ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.232E+4	1416.8	3.892E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	8.211E+3	255.3	1.153E+8
Totale	2.053E+4	952.2	7.152E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Anima	-1.297E+4	784.7	-4.543E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.342E+5	2.317E+5	3.682E+5	2.168E+5	3.682E+5	1.519E+5
Z _G (mm)	1316	2056.398	2435.912	1986.088	2435.912	1518.885
Δ Z _{Geff} (mm)	-46.8	-67.41	-56.18	-67.81	-56.18	-57.74
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.137E+11	3.891E+11	4.798E+11	3.724E+11	4.798E+11	2.613E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.624E+8	-1.892E+8	-1.97E+8	-1.875E+8	-1.97E+8	-1.72E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-1.688E+8	-1.939E+8	-2.011E+8	-1.923E+8	-2.011E+8	-1.779E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.384E+8	4.842E+8	1.131E+9	4.261E+8	1.131E+9	1.948E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.349E+8	4.613E+8	1.034E+9	4.075E+8	1.034E+9	1.892E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.306E+8	9.155E+8	3.824E+8	9.155E+8	1.813E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.168E+8	8.659E+8	3.709E+8	8.659E+8	1.776E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	3.624E+8	6.912E+8	3.255E+8	6.912E+8	1.622E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.403E+8	6.279E+8	3.068E+8	6.279E+8	1.554E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	7.1E+7	1.117E+8	1.326E+8	1.079E+8	1.326E+8	8.216E+7
S _{y,2eff} (mm ³)	8.014E+7	1.355E+8	1.681E+8	1.298E+8	1.681E+8	9.422E+7
S _{y,3eff} (mm ³)	5.63E+7	1.29E+8	1.663E+8	1.221E+8	1.663E+8	7.623E+7
S _{y,4eff} (mm ³)	2.381E-291	9.939E+7	1.503E+8	8.995E+7	1.503E+8	2.723E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	8.84
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
ΔM _{Fessurata} (kNm)	-2.644E+2	2.149E+2	-2.912E+3	0E+00	-4.743E+3	7.699E+4
ΔM _{Non fessurata} (kNm)	-2.644E+2	2.509E+2	3.778E+5	0E+00	-4.615E+3	7.49E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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	2.8	0	0	0	0	1.9	0	-2.3	0	0	0
σ_7	0	-0.6	-1.3	-23.2	37.3	0	0	36	10.9	46.1	-13.1	-49.1	33	0.084
σ_6	0	-0.5	-1.2	-23.3	34.1	0	0	32.9	8.8	42.1	-11.2	-45.6	29.4	0.075
σ_5	0	0	0	2.8	0	0	0	0	1.3	0	-1.7	0	0	0
σ_4	9.7	-0.5	-1.1	-23.4	32	0	0	40.7	7.4	39.6	-10	-43.4	36.9	0.109
σ_3	9.5	-0.4	-1.1	-23.4	31.1	0	0	39.5	6.8	38.5	-9.4	-42.4	35.6	0.105
σ_2	0	0	0	-23.9	0.3	0	0	0.3	0.2	0.5	-3.6	-8.8	-7.9	0.023
σ_1	-7.7	1.1	1.1	-25.3	-33.4	0	0	-40	-36.5	-41	28.9	28	-52.9	0.166
σ_0	-8	1.1	1.2	-25.4	-34.5	0	0	-41.4	-37.3	-42.4	29.6	29.3	-54.5	0.171

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.171 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.74 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.74 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.41 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.34 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=140.5 > 31/\eta \cdot \epsilon_w \cdot (K_\tau)^{0.5}=56.383 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd}=5.758E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w=1.468, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.196$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=5.051E+6 \text{ N, contributo flange: } V_{bf,Rd}=7.068E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.482, \quad \lambda_w=1.721, \quad \tau_{cr}=69.3, \quad C=1139.7$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=9.374E+6 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=4.802E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.195$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=1.316E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=5.758E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd}=0.669, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.762, \quad \eta_1 = \max(\eta_i)=0.171$$

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	4.19E+3	-1.04E+6	9.7E+5	2.94E+5
2a	-2.76E+3	-3.66E+5	-1.54E+5	1.31E+5
2b	4.23E+4	-3.01E+4	5.02E+6	7.18E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.93E+6	-2.63E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-9.9E+5	-9.45E+4	8.3E+6	-9.38E+4
Totale	-5.61E+6	-1.53E+6	1.4E+7	3.77E+5

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	0	0	2.3	0	0	0	0	1.3	0	1.7	0	0	0	0
σ_7	0	-0.4	-1	-19.1	31.5	0	0	30.5	7.3	31	9.5	45.7	107.2	107.2	0.298
σ_6	0	-0.4	-0.9	-19.1	28.9	0	0	28	6	28.4	7.3	41.3	97.7	97.7	0.271
σ_5	0	0	0	2.3	0	0	0	0	0.9	0	1.1	0	0	0	0
σ_4	7.3	-0.4	-0.8	-19.1	27.2	0	0	33.6	5.1	26.8	5.8	38.5	98.9	98.9	0.279
σ_3	7.1	-0.3	-0.8	-19	26.4	0	0	32.7	4.7	26	5.2	37.3	96.1	102.8	0.29
σ_2	0	0	0	-18.9	0.3	0	0	0.3	0.1	0.3	-2.6	-6	-5.4	50.5	0.142
σ_1	-5.4	0.7	0.8	-18.6	-26.1	0	0	-30.8	-22.2	-25.6	-40.2	-49.7	-106.1	113.7	0.339
σ_0	-5.6	0.7	0.8	-18.6	-27.1	0	0	-31.9	-22.7	-26.5	-41	-51.2	-109.7	109.7	0.327
τ_4	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1		
τ_3	-13.9	-6.2	-5.4	-0.5	-0.4	0	0	-19.7	0	0	-1.7	-1.4	-21.1		
τ_2	-19.9	-6.5	-6.7	-0.5	-0.6	0	0	-27.2	0	0	-1.7	-1.7	-29		

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

τ_1	-16.4	-4.8	-5.4	-0.4	-0.4	0	0	-22.2	0	0	-1.2	-1.4	-23.6		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.339 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.3 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.31 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.29 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.3 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.19E+3	-1.04E+6	9.7E+5	2.94E+5
2a	-2.76E+3	-3.66E+5	-1.54E+5	1.31E+5
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5E+6	7.79E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.93E+6	-2.63E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-9.1E+5	-1.41E+6	-4.92E+6	5.65E+5
Totale	-5.53E+6	-2.86E+6	7.35E+5	1.04E+6

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	0	2.3	0	0	0	0	1.3	0	-1.6	0	0	0	0
σ_7	0	-0.4	-1	-19.1	31.4	0	0	30.4	7.3	31	-9.6	-36.1	25.3	25.3	0.07
σ_6	0	-0.4	-0.9	-19.1	28.8	0	0	27.9	6	28.4	-8.2	-33.6	22.7	22.7	0.063
σ_5	0	0	0	2.3	0	0	0	0	0.9	0	-1.3	0	0	0	0
σ_4	7.3	-0.4	-0.8	-19.1	27.1	0	0	33.5	5.1	26.8	-7.4	-31.9	28.4	28.4	0.08
σ_3	7.1	-0.3	-0.8	-19.1	26.3	0	0	32.6	4.7	26	-7	-31.2	27.5	75.7	0.213
σ_2	0	0	0	-18.9	0.3	0	0	0.3	0.1	0.3	-2.4	-5.5	-4.9	92.7	0.261
σ_1	-5.4	0.7	0.8	-18.5	-26.1	0	0	-30.7	-22.2	-25.6	19.9	20.4	-35.9	82.9	0.247
σ_0	-5.6	0.7	0.8	-18.5	-27	0	0	-31.8	-22.7	-26.5	20.4	21.3	-37	37	0.111
τ_4	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.5	-0.2	-0.2		
τ_3	-13.9	-6.2	-5.4	-0.8	-0.7	0	0	-20	0	0	-24.8	-20.8	-40.7		
τ_2	-19.9	-6.5	-6.7	-0.8	-0.8	0	0	-27.5	0	0	-25.1	-25.9	-53.4		
τ_1	-16.4	-4.8	-5.4	-0.6	-0.7	0	0	-22.4	0	0	-17.7	-20.7	-43.1		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.261 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.3 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.3 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.94 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.95 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
------	-------	-------	--------	--------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

1	4.19E+3	-1.04E+6	9.7E+5	2.94E+5
2a	-2.76E+3	-3.66E+5	-1.54E+5	1.31E+5
2b	4.23E+4	-3.01E+4	5.02E+6	7.18E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.93E+6	-2.63E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.44E+5	-6.61E+4	4.35E+6	-9.87E+3
Totale	-4.77E+6	-1.5E+6	1E+7	4.61E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0	0	2.3	0	0	0	0	1.3	0	1.1	0	0
σ_7	0	-0.4	-1	-19.2	31.4	0	0	30.4	7.3	30.9	6	26.1	87.3
σ_6	0	-0.4	-0.9	-19.2	28.7	0	0	27.8	5.9	28.2	4.7	23.8	79.8
σ_5	0	0	0	2.3	0	0	0	0	0.9	0	0.7	0	0
σ_4	7.3	-0.4	-0.8	-19.2	27	0	0	33.4	5	26.6	3.9	22.3	82.2
σ_3	7.1	-0.3	-0.8	-19.3	26.2	0	0	32.5	4.6	25.8	3.6	21.6	79.9
σ_2	0	0	0	-19.5	0.3	0	0	0.3	0.1	0.3	-0.4	-0.9	-0.3
σ_1	-5.7	0.8	0.8	-20.3	-27.5	0	0	-32.3	-23.7	-26.9	-21.5	-25	-84.2
σ_0	-5.9	0.8	0.9	-20.3	-28.4	0	0	-33.4	-24.2	-27.8	-21.9	-25.9	-87.1

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.3 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.3 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.64 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.91 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2810
σ_{sup} (N/mm ²)	79.97
σ_{inf} (N/mm ²)	-83.92
σ_{Ed} (N/mm ²)	83.92
K_σ	22.68
σ_{cr0E} (N/mm ²)	9.63
τ_{Ed} (N/mm ²)	24.11
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	218.33
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	4.46
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	218.33
K_τ	7.2
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.543
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.19E+3	-1.04E+6	9.7E+5	2.94E+5
2a	-2.76E+3	-3.66E+5	-1.54E+5	1.31E+5
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5E+6	7.79E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.93E+6	-2.63E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.4E+4	-7.9E+5	-4E+6	3.38E+5
Totale	-4.71E+6	-2.24E+6	1.65E+6	8.16E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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_8	0	0	0	2.3	0	0	0	0	1.3	0	-1.1	0	0
σ_7	0	-0.4	-1	-19.2	31.3	0	0	30.3	7.3	30.9	-6.1	-25.3	35.8
σ_6	0	-0.4	-0.9	-19.2	28.6	0	0	27.7	5.9	28.3	-4.9	-23.2	32.8
σ_5	0	0	0	2.3	0	0	0	0	0.9	0	-0.7	0	0
σ_4	7.3	-0.4	-0.8	-19.3	26.9	0	0	33.3	5	26.6	-4.2	-21.8	38
σ_3	7.1	-0.3	-0.8	-19.3	26.1	0	0	32.4	4.6	25.8	-3.9	-21.2	37
σ_2	0	0	0	-19.5	0.3	0	0	0.3	0.1	0.3	-0.2	-0.5	0.1
σ_1	-5.6	0.8	0.8	-20.1	-27.3	0	0	-32.1	-23.6	-26.8	19	21.5	-37.4
σ_0	-5.9	0.8	0.9	-20.1	-28.3	0	0	-33.3	-24.1	-27.8	19.4	22.3	-38.7

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.29 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.3 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.52 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.45 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2810
σ_{sup} (N/mm ²)	37.02
σ_{inf} (N/mm ²)	-37.28
σ_{Ed} (N/mm ²)	37.28
K_{σ}	23.7
σ_{cr0E} (N/mm ²)	9.63
τ_{Ed} (N/mm ²)	35.94
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	228.12
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	4.46
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	228.12
K_{τ}	7.2
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.594
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

Verifica connessione trave soletta

Caratteristiche generali

Numero di pioli per unita' di lunghezza, n (m ⁻¹)	15
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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Resistenza caratteristica cilindrica, f_{ck} (N/mm ²)	33.2
---	------

Resistenza della connessione

Resistenza a taglio del piolo, $P_{Rd1} = 0.8 f_u \pi d^2 / 4 \gamma_{v, s}$, (N)	81656.28
Resistenza per schiacciamento del calcestruzzo, $P_{Rd2} = 0.29 \alpha d^2 (f_{ck} E_{cm})^{0.5} / \gamma_{v, s}$, (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. Vmin)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} \kappa_s$ (N/mm)	1224.8
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	-735
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.6
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-4.941E+5	9.939E+7	3.891E+11	-126.2
Fase 2b	-5.514E+4	1.011E+8	3.922E+11	-14.2
Fase 2c	0E+00	8.995E+7	3.724E+11	0
Fase 3a	-5.339E+0	1.503E+8	4.798E+11	0
Fase 3b	-1.898E+6	1.503E+8	4.798E+11	-594.6
Totale				-735

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)	734.9
Fattore di riduzione, κ_s	0.6
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	-553.3
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.753
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	-3.66E+5	1.06E+8	4.094E+11	-94.7
Fase 2b	-4.595E+4	1.079E+8	4.13E+11	-12
Fase 2c	0E+00	9.554E+7	3.905E+11	0
Fase 3a	-3.559E+0	1.635E+8	5.144E+11	0
Fase 3b	-1.405E+6	1.635E+8	5.144E+11	-446.6
Totale				-553.3

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.19E+3	-1.04E+6	9.7E+5	2.94E+5
2a	-2.76E+3	-3.66E+5	-1.54E+5	1.31E+5
2b	4.23E+4	-3.01E+4	5.02E+6	7.18E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.93E+6	-2.63E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-5.85E+4	-4.18E+4	1.49E+6	1.03E+4
3b max	8.34E+3	-2.15E+5	-2.53E+6	1.12E+5

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	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	0	2.3	0	0	0	1.3	0	0.4	0	-0.6	0	3.9	0	2.9	0	0
σ_7	0	-0.4	-1	-19.1	31.5	0	0	7.3	31	2	8.9	-3.7	-15.7	-10.2	70.4	-15.9	45.8	36.9
σ_6	0	-0.4	-0.9	-19.1	28.9	0	0	6	28.4	1.6	8.1	-3	-14.4	-11.9	64.5	-16.4	42	22.5
σ_5	0	0	0	2.3	0	0	0	0.9	0	0.2	0	-0.5	0	3.5	0	2.8	0	0
σ_4	7.3	-0.4	-0.8	-19.1	27.2	0	0	5.1	26.8	1.4	7.6	-2.5	-13.5	-5.6	68	-9.5	46.9	21.2
σ_3	7.1	-0.3	-0.8	-19	26.4	0	0	4.7	26	1.2	7.4	-2.3	-13.2	-6.3	66.2	-9.9	45.6	20.6
σ_2	0	0	0	-18.9	0.3	0	0	0.1	0.3	-0.2	-0.4	0	0.1	-18.9	0.2	-18.7	0.7	0.4
σ_1	-5.4	0.7	0.8	-18.6	-26.1	0	0	-22.2	-25.6	-6.9	-8.2	11.5	13.4	-52.3	-64.6	-33.9	-43	21.6
σ_0	-5.6	0.7	0.8	-18.6	-27.1	0	0	-22.7	-26.5	-7.1	-8.5	11.7	13.8	-53.1	-66.9	-34.4	-44.6	22.3
τ_4	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.1
τ_3	-13.9	-6.2	-5.4	-0.5	-0.4	0	0	0	0	-0.7	-0.6	-3.8	-3.2	-21.3	-21.3	-24.3	-24.3	3
τ_2	-19.9	-6.5	-6.7	-0.5	-0.6	0	0	0	0	-0.7	-0.8	-3.8	-4	-27.7	-27.7	-30.8	-30.8	3.1
τ_1	-16.4	-4.8	-5.4	-0.4	-0.4	0	0	0	0	-0.5	-0.6	-2.7	-3.2	-22.1	-22.1	-24.3	-24.3	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 = 3.94 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 3.46 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 = 2.94 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 2.77 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e piloli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.19E+3	-1.04E+6	9.7E+5	2.94E+5
2a	-2.76E+3	-3.66E+5	-1.54E+5	1.31E+5
2b	4.2E+4	4.59E+4	3.35E+6	4.59E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.09E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.14E+4	5.68E+0	-7.7E+6	4.3E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	1.63E+4	5.64E+4	-1.88E+6	3.87E+4
3b max	-4.13E+3	-2.98E+5	-2.32E+6	1.08E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e piloli (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. 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	0	2	0	0	0	-2	0	-0.5	0	-0.6	0	-0.5	0	-0.6	0	0.1
σ_7	0	-0.4	-1	-23.6	21.1	0	0	-11.5	-48.4	-2.7	-11.6	-3.4	-14.4	-38.2	-39.9	-38.9	-42.7	0.7
σ_6	0	-0.4	-0.9	-23.1	19.4	0	0	-9.4	-44.4	-2.2	-10.6	-2.8	-13.2	-35	-36.6	-35.6	-39.2	0.6
σ_5	0	0	0	2.1	0	0	0	-1.4	0	-0.3	0	-0.4	0	0.3	0	0.2	0	0.1
σ_4	7.3	-0.4	-0.8	-22.7	18.2	0	0	-8	-41.8	-1.9	-10	-2.4	-12.4	-25.6	-27.1	-26.1	-29.6	0.5
σ_3	7.1	-0.3	-0.8	-22.5	17.7	0	0	-7.4	-40.7	-1.7	-9.7	-2.2	-12.1	-24.8	-26.4	-25.3	-28.7	0.5
σ_2	0	0	0	-18.9	0.3	0	0	-0.2	-0.5	0	0.1	0	0	-19.1	-0.1	-19.1	-0.3	0.1
σ_1	-5.4	0.7	0.8	-10.7	-17.4	0	0	34.7	40	8.6	10	10.5	12.2	27.9	28.1	29.8	30.2	1.9
σ_0	-5.6	0.7	0.8	-10.5	-18	0	0	35.4	41.5	8.8	10.4	10.7	12.6	28.8	29	30.8	31.3	1.9
τ_4	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.1
τ_3	-13.9	-6.2	-5.4	0.8	0.7	0	0	0	0	1	0.8	-5.2	-4.4	-18.3	-18.3	-24.5	-24.5	6.2
τ_2	-19.9	-6.5	-6.7	0.8	0.8	0	0	0	0	1	1	-5.3	-5.5	-24.6	-24.6	-30.9	-30.9	6.3

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

τ_1	-16.4	-4.8	-5.4	0.6	0.7	0	0	0	0	0	0.7	0.8	-3.7	-4.4	-19.9	-19.9	-24.3	-24.3	4.5
τ_0	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 = -0.47 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 0.31 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -0.59 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 0.22 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	1.99 x 0.928 x 1 x 1 = 1.847 < 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.386 x 0.928 x 1 x 1 = 2.214 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	66
	Luce per il taglio (m):	26.4
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	39.11	92.593	0.422
Piattabanda inferiore	41.228	92.593	0.445
Anima	6.838	74.074	0.092
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.91 x 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	39.112	75.52	0.518
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.871 x 112 = 97.5 \text{ N/mm}^2$	41.228	72.223	0.571
Attacco anima-piattabanda superiore	38.004	82.963	0.458
Attacco anima-piattabanda inferiore	39.842	82.963	0.48
Attacco irrigidente verticale - anima	39.842	59.259	0.672
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	38.004	59.259	0.641
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	39.842	59.259	0.672
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			
---	--	--	--

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	0.9	92.593	0.01
Piattabanda inferiore	3.579	92.593	0.039
Anima	14.001	74.074	0.189
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c$ $= 0.91 \times 112 = 102 \text{ N/mm}^2$	0.903	75.52	0.012
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c$ $= 0.871 \times 112 = 97.5 \text{ N/mm}^2$	3.579	72.223	0.05
Attacco anima-piattabanda superiore	0.842	82.963	0.01
Attacco anima-piattabanda inferiore	3.502	82.963	0.042
Attacco irrigidente verticale - anima	3.502	59.259	0.059
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	0.842	59.259	0.014
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	3.502	59.259	0.059
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 19.08 / (90 / 1.15) = 0.244$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 39.11 / (80 / 1.35) = 0.66$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.244 + 0.66 = 0.904$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 39.07 / (90 / 1.15) = 0.499$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 0.9 / (80 / 1.35) = 0.015^*$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.499 + 0.015 = 0.514^*$
VERIFICA SODDISFATTA	

(*) Verifica non significativa (Piattabanda superiore compressa)

13.12 SEZIONE C10_CRACKED_44

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x60 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2780 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.812E+5	2.864E+5	2.894E+5	2.715E+5	4.229E+5	2.066E+5
z _G (mm)	1355.94	1987.585	1998.846	1927.668	2340.22	1565.821
J _y (mm ⁴)	2.798E+11	4.77E+11	4.806E+11	4.582E+11	5.88E+11	3.447E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.063E+8	-2.4E+8	-2.404E+8	-2.377E+8	-2.513E+8	-2.201E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.159E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.453E+8	-2.579E+8	-2.289E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.885E+8	5.596E+8	5.713E+8	5.022E+8	1.177E+9	2.705E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.812E+8	5.228E+8	5.333E+8	4.713E+8	1.05E+9	2.584E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.906E+8	5E+8	4.439E+8	9.487E+8	2.472E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.749E+8	4.839E+8	4.305E+8	9.021E+8	2.417E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	4.183E+8	4.256E+8	3.817E+8	7.464E+8	2.207E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.935E+8	4.001E+8	3.601E+8	6.839E+8	2.109E+8
S _{y,1} (mm ³)	8.751E+7	1.292E+8	1.299E+8	1.252E+8	1.525E+8	1.014E+8
S _{y,2} (mm ³)	1.06E+8	1.701E+8	1.713E+8	1.636E+8	2.097E+8	1.263E+8
S _{y,3} (mm ³)	8.176E+7	1.621E+8	1.635E+8	1.545E+8	2.069E+8	1.084E+8
S _{y,4} (mm ³)	-1.49E-8	1.144E+8	1.165E+8	1.036E+8	1.783E+8	3.802E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	5.64E+3	-2.13E+6	1.68E+7	2.05E+5
2a	-3.72E+3	-7.4E+5	5.3E+6	1.21E+5
2b	5.04E+4	-5.51E+4	6.55E+6	-6.23E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	8.21E+4	-5.34E+0	7.44E+6	-3.57E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.15E+6	-1.13E+6	1.59E+7	3.98E+5
Totale	-1.02E+6	-4.06E+6	5.2E+7	6.26E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	clt	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	126.36	1930.3	0.67	-0.91	4
Piattabanda superiore	7.32				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-1.016E+6	M _{Ed} (Nm)	5.204E+7	N _{Ed} (N)	-1.016E+6
N _{Rd} (N)	-9.384E+7	M _{Rd} (Nm)	8.351E+7	M _{Ed} (Nm)	5.204E+7
				M _{Rd} (Nm)	8.396E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.011	M _{Ed} /M _{Rd}	0.623	M _{Ed} /M _{Rd}	0.62

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	0.8	0	1	0	0	0	0	1.8	0	3.3	0	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_7	0	12.7	24	15.6	29.9	0	0	54	10.2	34.1	18.6	66.6	154.7	0.395
σ_6	0	11.1	21.9	13.7	27.4	0	0	49.3	8.4	31.2	14.9	60.4	140.8	0.36
σ_5	0	0.6	0	0.8	0	0	0	0	1.3	0	2.3	0	0	0
σ_4	92.8	10.1	20.5	12.5	25.6	0	0	138.9	7.3	29.2	12.4	56.1	224.2	0.703
σ_3	89.2	9.5	19.6	11.6	24.5	0	0	133.3	6.5	27.9	10.8	53.3	214.5	0.672
σ_2	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0.3	0.2	0.4	-2.7	-5.6	-4.9	0.015
σ_1	-77.9	-21.4	-23.2	-26.3	-28.4	0	0	-129.4	-28.7	-32.1	-64.5	-75.2	-236.7	0.742
σ_0	-81.5	-22.1	-24.1	-27.1	-29.5	0	0	-135.1	-29.4	-33.4	-66.1	-77.9	-246.4	0.772

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.772 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.45 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.88 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.99 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	60	---	---	---	1	27000
Piattabanda superiore DX	450	60	---	---	---	1	27000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

Anima	
b (mm)	2780
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.9
σ_{sup} (N/mm ²)	212.75
σ_{inf} (N/mm ²)	-246.14
ψ	-0.86
K_σ	20.55
λ_p	1.2
b_c (mm)	1491.16
$b_{c\ sup}$ (mm)	894.7
$b_{c\ sup}$ (mm)	596.46
ρ_{loc}	0.75
b_{ceff} (mm)	1116.99
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	670.19
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	446.8
ϕ_{Foro} (mm)	374.17

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	1.968E+4	1103.8	1.313E+9
$A_c 1$	0E+00	0	0E+00
$A_c 2$	0E+00	0	0E+00
A_c Edge inf	1.312E+4	358.2	3.89E+8
A_c tot	3.281E+4	805.6	6.079E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff}$ Edge sup	1.474E+4	1216.1	5.519E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

A _{c,eff 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff Edge inf}	9.83E+3	283.4	1.635E+8
A _{c,eff tot}	2.457E+4	843	5.846E+9
A _{c,eff,loc}	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilità globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p} (p)$	244.56	$\sigma_{cr,c} (c)$	1
$\beta_{ac} (p)$	1	$\beta_{ac} (c)$	8.109
λ_p	1.205	λ_c	0.749
ρ_p	0.749	ρ_c	

Anima depurata per instabilità locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.474E+4	1216.1	5.519E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.83E+3	283.4	1.635E+8
Totale	2.457E+4	843	5.846E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-8.232E+3	693.9	-9.604E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.729E+5	2.781E+5	4.147E+5	2.633E+5	4.147E+5	1.984E+5
z _G (mm)	1387.455	2025.873	2372.903	1966.248	2372.903	1602.003
Δz_{Geff} (mm)	-31.52	-38.29	-32.68	-38.58	-32.68	-36.18
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.759E+11	4.627E+11	5.652E+11	4.452E+11	5.652E+11	3.381E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.989E+8	-2.284E+8	-2.382E+8	-2.264E+8	-2.382E+8	-2.11E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.079E+8	-2.354E+8	-2.443E+8	-2.335E+8	-2.443E+8	-2.193E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.9E+8	5.684E+8	1.21E+9	5.095E+8	1.21E+9	2.731E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.824E+8	5.294E+8	1.072E+9	4.768E+8	1.072E+9	2.605E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.954E+8	9.626E+8	4.48E+8	9.626E+8	2.49E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.79E+8	9.129E+8	4.34E+8	9.129E+8	2.432E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	4.199E+8	7.484E+8	3.832E+8	7.484E+8	2.216E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.941E+8	6.833E+8	3.608E+8	6.833E+8	2.116E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	8.959E+7	1.317E+8	1.546E+8	1.278E+8	1.546E+8	1.038E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	1.033E+8	1.633E+8	1.997E+8	1.573E+8	1.997E+8	1.224E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	8.006E+7	1.56E+8	1.973E+8	1.489E+8	1.973E+8	1.056E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	2.285E+291	1.104E+8	1.704E+8	1.001E+8	1.704E+8	3.71E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	4.62
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	-1.779E+2	1.347E+2	-1.825E+3	0E+00	-2.972E+3	4.163E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	-1.779E+2	1.425E+2	-1.927E+3	0E+00	-2.685E+3	3.761E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	0.8	0	1	0	0	0	0	1.8	0	3.3	0	0	0
σ_7	0	12.6	23.9	15.5	29.8	0	0	53.7	10.1	34	18.6	66.3	154	0.394
σ_6	0	11.1	21.8	13.6	27.2	0	0	49	8.3	31	14.7	59.9	139.8	0.357
σ_5	0	0.6	0	0.8	0	0	0	0	1.3	0	2.2	0	0	0
σ_4	92.2	10	20.3	12.3	25.4	0	0	138	7.1	29	12.1	55.5	222.4	0.697
σ_3	88.6	9.3	19.4	11.5	24.2	0	0	132.2	6.3	27.6	10.4	52.7	212.5	0.666
σ_2	0	0	0	0.2	0.3	0	0	0.3	0.2	0.4	-2.8	-5.8	-5.1	0.015
σ_1	-80.9	-22.5	-24.2	-27.6	-29.6	0	0	-134.7	-30.2	-33.5	-68.1	-78.7	-246.9	0.774
σ_0	-84.5	-23.2	-25.1	-28.5	-30.8	0	0	-140.5	-31	-34.8	-69.8	-81.5	-256.8	0.805

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.805 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.44 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.88 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.92 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

$$h_w/t_w=126.364 > 31/\eta_1 * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.229 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 6.32E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.484, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.157$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.095E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.248E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.535, \quad \lambda_w = 1.552, \quad \tau_{cr} = 85.2, \quad C = 1176.3$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 5.419E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 6.133E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.884$$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 1.433E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.32E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.642, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.666, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.805$$

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. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	5.64E+3	-2.13E+6	1.68E+7	2.05E+5
2a	-3.72E+3	-7.4E+5	5.3E+6	1.21E+5
2b	5.04E+4	-5.51E+4	6.55E+6	-6.23E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	8.21E+4	-5.34E+0	7.44E+6	-3.57E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	3.23E+5	-2.4E+6	8.25E+6	6.18E+5
Totale	4.58E+5	-5.33E+6	4.44E+7	8.46E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	126.36	1831.21	0.64	-0.99	4
Piattabanda superiore	7.32				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.58E+5	M _{Ed} (Nm)	4.436E+7	N _{Ed} (N)	4.58E+5
N _{Rd} (N)	6.892E+7	M _{Rd} (Nm)	8.351E+7	M _{Ed} (Nm)	4.436E+7
				M _{Rd} (Nm)	8.328E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.007	M _{Ed} /M _{Rd}	0.531	M _{Ed} /M _{Rd}	0.533

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	1	0	0	0	0	1.8	0	2.1	0	0	0
σ ₇	0	12.7	24	15.6	29.9	0	0	54	10.2	34.1	11.8	38.9	127	0.325
σ ₆	0	11.1	21.9	13.7	27.4	0	0	49.3	8.4	31.2	9.9	35.7	116.1	0.297
σ ₅	0	0.6	0	0.8	0	0	0	0	1.3	0	1.5	0	0	0
σ ₄	92.8	10.1	20.5	12.5	25.6	0	0	138.9	7.3	29.2	8.6	33.5	201.6	0.632
σ ₃	89.2	9.5	19.6	11.6	24.5	0	0	133.3	6.5	27.9	7.8	32.1	193.2	0.606
σ ₂	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0.3	0.2	0.4	0.8	1.6	2.2	0.007
σ ₁	-77.9	-21.4	-23.2	-26.3	-28.4	0	0	-129.4	-28.7	-32.1	-31.2	-34.5	-196	0.614
σ ₀	-81.5	-22.1	-24.1	-27.1	-29.5	0	0	-135.1	-29.4	-33.4	-32.1	-35.9	-204.4	0.641

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.641 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.45 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.64 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.25 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β	A*β (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	60	---	---	---	1	27000
Piattabanda superiore DX	450	60	---	---	---	1	27000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2780
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.9
σ_{sup} (N/mm ²)	192.09
σ_{inf} (N/mm ²)	-202.46
ψ	-0.95
K_{σ}	22.58
λ_p	1.15
b _c (mm)	1426.51
b _{c sup} (mm)	855.91
b _{c sup} (mm)	570.6
ρ_{loc}	0.78
b _{ceff} (mm)	1119.27
b _{ceff sup} (mm)	671.56
b _{ceff sup} (mm)	447.71
ϕ_{Foro} (mm)	307.24

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c Edge sup}	1.883E+4	1058.6	1.15E+9
A _{c 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c Edge inf}	1.255E+4	345.3	3.406E+8
A _{c tot}	3.138E+4	773.3	5.322E+9
A _c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff Edge sup}	1.477E+4	1150.7	5.553E+8
A _{c,eff 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff Edge inf}	9.85E+3	283.9	1.645E+8
A _{c,eff tot}	2.462E+4	804	5.161E+9
A _{c,eff,loc}	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmin)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	268.71	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	8.109
λ_p	1.149	λ_c	0.785
ρ_p	0.785	χ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.477E+4	1150.7	5.553E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.85E+3	283.9	1.645E+8
Totale	2.462E+4	804	5.161E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-6.759E+3	661.3	-5.317E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.744E+5	2.796E+5	4.161E+5	2.647E+5	4.161E+5	1.998E+5
Z _G (mm)	1382.861	2019.646	2367.491	1960.002	2367.491	1596.413
Δ Z _{Geff} (mm)	-26.92	-32.06	-27.27	-32.33	-27.27	-30.59
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.763E+11	4.648E+11	5.686E+11	4.47E+11	5.686E+11	3.389E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.998E+8	-2.301E+8	-2.402E+8	-2.281E+8	-2.402E+8	-2.123E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.089E+8	-2.372E+8	-2.464E+8	-2.353E+8	-2.464E+8	-2.206E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.897E+8	5.666E+8	1.203E+9	5.08E+8	1.203E+9	2.725E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.822E+8	5.28E+8	1.068E+9	4.756E+8	1.068E+9	2.6E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.943E+8	9.596E+8	4.47E+8	9.596E+8	2.486E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.78E+8	9.105E+8	4.332E+8	9.105E+8	2.429E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	4.194E+8	7.476E+8	3.827E+8	7.476E+8	2.213E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.938E+8	6.83E+8	3.605E+8	6.83E+8	2.114E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	8.929E+7	1.313E+8	1.543E+8	1.274E+8	1.543E+8	1.034E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	1.037E+8	1.644E+8	2.013E+8	1.583E+8	2.013E+8	1.23E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	8.031E+7	1.57E+8	1.989E+8	1.498E+8	1.989E+8	1.06E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	2.291E-291	1.111E+8	1.717E+8	1.007E+8	1.717E+8	3.724E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	3.76
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
ΔM _{Fessurata} (kNm)	-1.52E+2	1.139E+2	-1.543E+3	0E+00	-2.513E+3	-9.895E+3
ΔM _{Non fessurata} (kNm)	-1.52E+2	1.193E+2	-1.614E+3	0E+00	-2.24E+3	-8.821E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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	1	0	0	0	0	1.8	0	2.1	0	0	0
σ_7	0	12.6	23.9	15.5	29.9	0	0	53.8	10.1	34	11.8	38.8	126.7	0.324
σ_6	0	11.1	21.8	13.6	27.2	0	0	49	8.4	31	9.8	35.5	115.6	0.295
σ_5	0	0.6	0	0.8	0	0	0	0	1.3	0	1.5	0	0	0
σ_4	92.3	10	20.4	12.3	25.5	0	0	138.2	7.2	29	8.5	33.3	200.5	0.628
σ_3	88.7	9.3	19.4	11.5	24.3	0	0	132.4	6.4	27.7	7.6	31.8	192	0.602
σ_2	0	0	0	0.2	0.3	0	0	0.3	0.2	0.4	0.8	1.6	2.3	0.007
σ_1	-80.5	-22.4	-24	-27.4	-29.4	0	0	-134	-30	-33.3	-32.7	-35.7	-203	0.636
σ_0	-84.1	-23	-25	-28.2	-30.6	0	0	-139.7	-30.8	-34.6	-33.5	-37.2	-211.5	0.663

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.663 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.44 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.64 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.21 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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$$h_w/t_w = 126.364 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.229 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 6.584E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w = 1.484, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.157$$

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 6.095E+6 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 4.888E+5 \text{ N}$
 $\chi_w = 0.535, \quad \lambda_w = 1.552, \quad \tau_{cr} = 85.2, \quad C = 1176.3$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 4.49E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = 6.208E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.723$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.433E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.584E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.81, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.875, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.663$$

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	4.18E+3	-1.58E+6	1.25E+7	1.52E+5
2a	-2.76E+3	-5.48E+5	3.93E+6	8.96E+4
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.46E+6	-5.19E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.96E+6	-2.38E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.04E+5	-8.35E+5	1.18E+7	2.79E+5
Totale	-7.06E+5	-3.01E+6	3.86E+7	4.45E+5

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	0.6	0	0.8	0	0	0	0	1.2	0	2.5	0	0	0	0
σ_7	0	9.4	17.8	13	25	0	0	42.7	6.8	22.7	13.9	49.6	115.1	115.1	0.32
σ_6	0	8.3	16.2	11.4	22.8	0	0	39	5.6	20.8	11.2	44.9	104.8	104.8	0.291
σ_5	0	0.5	0	0.7	0	0	0	0	0.9	0	1.7	0	0	0	0
σ_4	68.8	7.5	15.2	10.4	21.3	0	0	105.3	4.9	19.5	9.3	41.8	166.5	166.5	0.497
σ_3	66.1	7	14.5	9.7	20.4	0	0	101	4.3	18.6	8.1	39.7	159.3	174.7	0.522
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	-1.9	-3.9	-3.4	88.4	0.249
σ_1	-57.7	-15.9	-17.2	-21.9	-23.7	0	0	-98.5	-19.1	-21.4	-47.7	-55.4	-175.3	189.6	0.566
σ_0	-60.3	-16.4	-17.9	-22.6	-24.6	0	0	-102.8	-19.6	-22.3	-48.9	-57.5	-182.6	182.6	0.545
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	0	-0.3	-0.1	-0.2		
τ_3	-21	-8.5	-7.8	-0.7	-0.7	0	0	-29.5	0	0	-13.4	-11.9	-41.4		
τ_2	-27.2	-8.9	-9.1	-0.7	-0.8	0	0	-37.1	0	0	-13.5	-13.9	-51		
τ_1	-22.5	-6.7	-7.3	-0.6	-0.6	0	0	-30.4	0	0	-9.8	-11.2	-41.6		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.566 VERIFICA SODDISFATTA

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.43 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.15 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.08 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.7 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.58E+6	1.25E+7	1.52E+5
2a	-2.76E+3	-5.48E+5	3.93E+6	8.96E+4
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.46E+6	-5.19E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.96E+6	-2.38E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.87E+5	-1.78E+6	6.11E+6	4.42E+5
Totale	2.85E+5	-3.95E+6	3.29E+7	6.08E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	0.8	0	0	0	0	1.2	0	1.5	0	0	0	0
σ_7	0	9.4	17.8	13	25	0	0	42.7	6.8	22.7	8.6	28.6	94.1	94.1	0.261
σ_6	0	8.3	16.2	11.4	22.8	0	0	39	5.6	20.8	7.2	26.2	86	86	0.239
σ_5	0	0.5	0	0.7	0	0	0	0	0.9	0	1.1	0	0	0	0
σ_4	68.8	7.5	15.2	10.4	21.3	0	0	105.3	4.9	19.5	6.3	24.6	149.3	149.3	0.446
σ_3	66.1	7	14.5	9.7	20.4	0	0	101	4.3	18.6	5.6	23.5	143.1	171.8	0.513
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	0.4	0.9	1.4	115.6	0.326
σ_1	-57.7	-15.9	-17.2	-21.9	-23.7	0	0	-98.5	-19.1	-21.4	-23.3	-25.8	-145.7	173.3	0.517
σ_0	-60.3	-16.4	-17.9	-22.6	-24.6	0	0	-102.8	-19.6	-22.3	-23.9	-26.9	-151.9	151.9	0.453
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	0	-0.6	-0.2	-0.3		
τ_3	-21	-8.5	-7.8	-0.7	-0.7	0	0	-29.5	0	0	-28.5	-25.4	-54.9		
τ_2	-27.2	-8.9	-9.1	-0.7	-0.8	0	0	-37.1	0	0	-28.8	-29.6	-66.7		
τ_1	-22.5	-6.7	-7.3	-0.6	-0.6	0	0	-30.4	0	0	-21	-23.8	-54.2		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.517 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.43 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.15 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.12 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.11 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.58E+6	1.25E+7	1.52E+5
2a	-2.76E+3	-5.48E+5	3.93E+6	8.96E+4
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.46E+6	-5.19E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.96E+6	-2.38E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.78E+5	-3.63E+5	6.04E+6	5.74E+4
Totale	-8.02E+4	-2.54E+6	3.28E+7	2.23E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0.6	0	0.8	0	0	0	0	1.2	0	1.4	0	0
σ_7	0	9.4	17.7	12.9	24.9	0	0	42.6	6.8	22.7	7.7	26.4	91.7
σ_6	0	8.2	16.1	11.4	22.7	0	0	38.8	5.6	20.7	6.2	24	83.5
σ_5	0	0.5	0	0.7	0	0	0	0	0.8	0	0.9	0	0
σ_4	68.4	7.4	15.1	10.3	21.2	0	0	104.7	4.8	19.3	5.2	22.4	146.3
σ_3	65.7	6.9	14.4	9.6	20.2	0	0	100.3	4.2	18.5	4.6	21.3	140
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	-0.4	-0.9	-0.4
σ_1	-59.7	-16.6	-17.9	-22.9	-24.6	0	0	-102.2	-20	-22.2	-25.1	-28.4	-152.8
σ_0	-62.4	-17.1	-18.5	-23.6	-25.6	0	0	-106.5	-20.6	-23.1	-25.7	-29.5	-159.1

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.43 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.14 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.97 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.93 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2780
σ_{sup} (N/mm ²)	140.13
σ_{inf} (N/mm ²)	-152.37
σ_{Ed} (N/mm ²)	152.37
K_{σ}	21.87
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.9
τ_{Ed} (N/mm ²)	37.71
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	260.2
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	5.4
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	260.2
K_{τ}	7.16
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.762
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.58E+6	1.25E+7	1.52E+5
2a	-2.76E+3	-5.48E+5	3.93E+6	8.96E+4
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.46E+6	-5.19E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.96E+6	-2.38E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

3b	-1.3E+5	-9.68E+5	2E+6	1.62E+5
Totale	-3.15E+4	-3.14E+6	2.88E+7	3.28E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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_8	0	0.6	0	0.8	0	0	0	0	1.2	0	0.4	0	0
σ_7	0	9.4	17.7	12.9	24.9	0	0	42.6	6.8	22.7	2.4	8.4	73.7
σ_6	0	8.2	16.2	11.4	22.7	0	0	38.8	5.6	20.7	1.9	7.6	67.1
σ_5	0	0.5	0	0.7	0	0	0	0	0.8	0	0.3	0	0
σ_4	68.4	7.4	15.1	10.3	21.2	0	0	104.7	4.8	19.3	1.6	7.1	131.1
σ_3	65.7	6.9	14.4	9.6	20.2	0	0	100.3	4.2	18.5	1.4	6.7	125.5
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	-0.3	-0.6	-0.2
σ_1	-59.6	-16.6	-17.8	-22.9	-24.6	0	0	-102	-20	-22.2	-8.5	-9.7	-134
σ_0	-62.3	-17.1	-18.5	-23.6	-25.5	0	0	-106.4	-20.5	-23.1	-8.7	-10.1	-139.6

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.43 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.14 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.04 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.27 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2780
σ_{sup} (N/mm ²)	125.58
σ_{inf} (N/mm ²)	-133.62
σ_{Ed} (N/mm ²)	133.62
K_{σ}	22.36
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.9
τ_{Ed} (N/mm ²)	46.65
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	266.05
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	5.4
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	266.05
K_{τ}	7.16
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.784
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

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
---	----------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Resistenza per schiacciamento del calcestruzzo, $P_{Rd2} = 0.29 \alpha d^2 (f_{ck} E_{cm})^{0.5} / \gamma_{vs}$, (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. 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)	-915.4
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.56
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-7.399E+5	1.111E+8	4.648E+11	-176.8
Fase 2b	-5.514E+4	1.13E+8	4.681E+11	-13.3
Fase 2c	0E+00	1.007E+8	4.47E+11	0
Fase 3a	-5.339E+0	1.717E+8	5.686E+11	0
Fase 3b	-2.401E+6	1.717E+8	5.686E+11	-725.2
Totale				-915.4

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)	-682
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.696
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	-5.481E+5	1.144E+8	4.77E+11	-131.5
Fase 2b	-4.595E+4	1.165E+8	4.806E+11	-11.1
Fase 2c	0E+00	1.036E+8	4.582E+11	0
Fase 3a	-3.559E+0	1.783E+8	5.88E+11	0
Fase 3b	-1.779E+6	1.783E+8	5.88E+11	-539.4
Totale				-682

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.58E+6	1.25E+7	1.52E+5
2a	-2.76E+3	-5.48E+5	3.93E+6	8.96E+4
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.46E+6	-5.19E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.96E+6	-2.38E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-5.98E+4	-4.13E+4	1.83E+6	2.32E+3
3b max	-1.19E+4	-3.09E+5	-7.75E+5	9.04E+4

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

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3b	F. 3b	Totale	Totale	Totale	$\Delta\sigma$, $\Delta\tau$
		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Max	Min	Max	Non Fess.	Max	Min

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_8	0	0.6	0	0.8	0	0	0	1.2	0	0.4	0	-0.2	0	3	0	2.4	0	0
σ_7	0	9.4	17.8	13	25	0	0	6.8	22.7	2.3	8	-1.1	-3.6	31.4	73.5	28.1	61.9	15.3
σ_6	0	8.3	16.2	11.4	22.8	0	0	5.6	20.8	1.9	7.3	-0.9	-3.3	27.2	67.1	24.4	56.5	10.5
σ_5	0	0.5	0	0.7	0	0	0	0.9	0	0.3	0	-0.1	0	2.3	0	1.9	0	0
σ_4	68.8	7.5	15.2	10.4	21.3	0	0	4.9	19.5	1.6	6.8	-0.8	-3.1	93.1	131.5	90.7	121.7	9.8
σ_3	66.1	7	14.5	9.7	20.4	0	0	4.3	18.6	1.4	6.5	-0.7	-2.9	88.6	126	86.5	116.7	9.4
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.1	0.3	-0.1	-0.3	0	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2
σ_1	-57.7	-15.9	-17.2	-21.9	-23.7	0	0	-19.1	-21.4	-7.2	-8.3	3	3.3	-121.8	-128.2	-111.6	-116.6	11.6
σ_0	-60.3	-16.4	-17.9	-22.6	-24.6	0	0	-19.6	-22.3	-7.4	-8.6	3.1	3.5	-126.3	-133.6	-115.8	-121.6	12
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	0.1
τ_3	-21	-8.5	-7.8	-0.7	-0.7	0	0	0	0	-0.7	-0.6	-4.9	-4.4	-30.8	-30.8	-35.1	-35.1	4.3
τ_2	-27.2	-8.9	-9.1	-0.7	-0.8	0	0	0	0	-0.7	-0.7	-5	-5.1	-37.5	-37.5	-41.8	-41.8	4.3
τ_1	-22.5	-6.7	-7.3	-0.6	-0.6	0	0	0	0	-0.5	-0.6	-3.6	-4.1	-30.3	-30.3	-33.4	-33.4	3.1
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 = 3.02 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.29 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 = 2.43 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.87 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.58E+6	1.25E+7	1.52E+5
2a	-2.76E+3	-5.48E+5	3.93E+6	8.96E+4
2b	4.2E+4	4.59E+4	2.99E+6	-6.1E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.14E+4	5.68E+0	-7.75E+6	3.8E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-1.53E+4	3.98E+4	-2.73E+5	-1.09E+4
3b max	-1.69E+4	-3.63E+5	-5.81E+5	3.53E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	0.6	0	0.5	0	0	0	-1.8	0	-0.1	0	-0.1	0	-0.9	0	-0.9	0	0.1
σ_7	0	9.4	17.8	7.2	13.7	0	0	-10.6	-35.5	-0.4	-1.3	-0.8	-2.7	5.6	-5.3	5.1	-6.7	0.4
σ_6	0	8.3	16.2	6.3	12.6	0	0	-8.8	-32.5	-0.3	-1.2	-0.7	-2.5	5.5	-4.9	5.1	-6.2	0.3
σ_5	0	0.5	0	0.4	0	0	0	-1.3	0	-0.1	0	-0.1	0	-0.5	0	-0.6	0	0.1
σ_4	68.8	7.5	15.2	5.7	11.8	0	0	-7.6	-30.4	-0.3	-1.1	-0.6	-2.3	74.1	64.2	73.8	63	0.3
σ_3	66.1	7	14.5	5.4	11.2	0	0	-6.8	-29	-0.3	-1.1	-0.5	-2.2	71.4	61.7	71.2	60.6	0.3
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	-0.2	-0.4	0	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	-0.3	0
σ_1	-57.7	-15.9	-17.2	-11.9	-12.8	0	0	29.9	33.5	1	1.1	2.2	2.5	-54.6	-53.1	-53.4	-51.8	1.2
σ_0	-60.3	-16.4	-17.9	-12.3	-13.4	0	0	30.7	34.8	1.1	1.2	2.3	2.6	-57.3	-55.6	-56.1	-54.2	1.2
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.3	-0.3	0.1
τ_3	-21	-8.5	-7.8	0.7	0.7	0	0	0	0	0.6	0.6	-5.8	-5.2	-28.1	-28.1	-34.6	-34.6	6.4
τ_2	-27.2	-8.9	-9.1	0.7	0.8	0	0	0	0	0.6	0.7	-5.9	-6	-34.7	-34.7	-41.2	-41.2	6.5
τ_1	-22.5	-6.7	-7.3	0.6	0.6	0	0	0	0	0.5	0.5	-4.3	-4.8	-28.2	-28.2	-32.9	-32.9	4.7
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = -0.86 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = -0.54 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -0.93 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = -0.6 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	1.99 x 0.928 x 1 x 1 = 1.847 < 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.386 x 0.928 x 1 x 1 = 2.214 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	66
	Luce per il taglio (m):	26.4
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	18.16	92.593	0.196
Piattabanda inferiore	22.246	92.593	0.24
Anima	9.589	74.074	0.129
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.839 x 112 = 94$ N/mm ²	18.162	69.637	0.261
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.839 x 112 = 94$ N/mm ²	22.246	69.637	0.319
Attacco anima-piattabanda superiore	17.326	82.963	0.209
Attacco anima-piattabanda inferiore	21.41	82.963	0.258
Attacco irrigidente verticale - anima	21.41	59.259	0.361
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	17.326	59.259	0.292
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	21.41	59.259	0.361
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Piattabanda superiore	0.55	92.593	0.006
Piattabanda inferiore	2.254	92.593	0.024
Anima	14.442	74.074	0.195
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s \cdot \Delta\sigma_c$ $= 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	0.548	69.637	0.008
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s \cdot \Delta\sigma_c$ $= 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	2.254	69.637	0.032
Attacco anima-piattabanda superiore	0.49	82.963	0.006
Attacco anima-piattabanda inferiore	2.196	82.963	0.026
Attacco irrigidente verticale - anima	2.196	59.259	0.037
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	0.49	59.259	0.008
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	2.196	59.259	0.037
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 21.11 / (90 / 1.15) = 0.27$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 18.16 / (80 / 1.35) = 0.306$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.27 + 0.306 = 0.576$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 31.79 / (90 / 1.15) = 0.406$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 0.55 / (80 / 1.35) = 0.009$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.406 + 0.009 = 0.415$
VERIFICA SODDISFATTA	

13.13 SEZIONE C10_47

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x60 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	22x2780 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.812E+5	2.864E+5	2.894E+5	2.715E+5	4.229E+5	2.066E+5
Z _G (mm)	1355.94	1987.585	1998.846	1927.668	2340.22	1565.821
J _y (mm ⁴)	2.798E+11	4.77E+11	4.806E+11	4.582E+11	5.88E+11	3.447E+11

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$W_{y,0}$ (mm ³)	-2.063E+8	-2.4E+8	-2.404E+8	-2.377E+8	-2.513E+8	-2.201E+8
$W_{y,1}$ (mm ³)	-2.159E+8	-2.475E+8	-2.479E+8	-2.453E+8	-2.579E+8	-2.289E+8
$W_{y,3}$ (mm ³)	1.885E+8	5.596E+8	5.713E+8	5.022E+8	1.177E+9	2.705E+8
$W_{y,4}$ (mm ³)	1.812E+8	5.228E+8	5.333E+8	4.713E+8	1.05E+9	2.584E+8
$W_{y,5}$ (mm ³)	1E+300	4.906E+8	5E+8	4.439E+8	9.487E+8	2.472E+8
$W_{y,6}$ (mm ³)	1E+300	4.749E+8	4.839E+8	4.305E+8	9.021E+8	2.417E+8
$W_{y,7}$ (mm ³)	1E+300	4.183E+8	4.256E+8	3.817E+8	7.464E+8	2.207E+8
$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	3.935E+8	4.001E+8	3.601E+8	6.839E+8	2.109E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	8.751E+7	1.292E+8	1.299E+8	1.252E+8	1.525E+8	1.014E+8
$S_{y,2}$ (mm ³)	1.06E+8	1.701E+8	1.713E+8	1.636E+8	2.097E+8	1.263E+8
$S_{y,3}$ (mm ³)	8.176E+7	1.621E+8	1.635E+8	1.545E+8	2.069E+8	1.084E+8
$S_{y,4}$ (mm ³)	-1.49E-8	1.144E+8	1.165E+8	1.036E+8	1.783E+8	3.802E+7
n_E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	5.65E+3	-1.82E+6	9.31E+6	4.8E+5
2a	-3.72E+3	-6.34E+5	2.7E+6	2.07E+5
2b	5.04E+4	-5.51E+4	6.41E+6	-7.24E+5
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.13E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	8.21E+4	-5.34E+0	7.46E+6	-2.98E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.23E+6	-1.12E+6	1.2E+7	4.47E+5
Totale	-6.77E+6	-3.63E+6	3.17E+7	3.8E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	126.36	2316.8	0.81	-0.86	4
Piattabanda superiore	7.32				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-6.766E+6	M_{Ed} (Nm)	3.173E+7	N_{Ed} (N)	-6.766E+6
N_{Rd} (N)	-9.384E+7	M_{Rd} (Nm)	8.351E+7	M_{Ed} (Nm)	3.173E+7
				M_{Rd} (Nm)	8.52E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.072	M_{Ed}/M_{Rd}	0.38	M_{Ed}/M_{Rd}	0.372

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	0.4	0	3.1	0	0	0	0	1.8	0	2.3	0	0	0
σ_7	0	6.4	12.2	-18.7	29.3	0	0	41.5	10.2	34.2	13.1	48.3	124.1	0.317
σ_6	0	5.7	11.2	-18.8	26.8	0	0	37.9	8.5	31.3	10.4	43.6	112.8	0.288
σ_5	0	0.3	0	3	0	0	0	0	1.3	0	1.6	0	0	0
σ_4	51.4	5.2	10.4	-18.9	25.1	0	0	86.9	7.3	29.3	8.5	40.4	156.6	0.491
σ_3	49.4	4.8	10	-18.9	23.9	0	0	83.3	6.5	28	7.3	38.3	149.6	0.469

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_2	0	0	0	-19.4	0.2	0	0	0.3	0.2	0.4	-2.9	-6	-5.3	0.016
σ_1	-43.1	-10.9	-11.8	-20.6	-27.8	0	0	-82.7	-28.7	-32.2	-49.4	-58.3	-173.2	0.543
σ_0	-45.1	-11.3	-12.3	-20.6	-28.9	0	0	-86.2	-29.5	-33.5	-50.6	-60.4	-180.1	0.565

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.565 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.46 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.37 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.57 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.21 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	60	---	---	---	1	27000
Piattabanda superiore DX	450	60	---	---	---	1	27000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2780
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.9
σ_{sup} (N/mm ²)	148.15
σ_{inf} (N/mm ²)	-180.73
ψ	-0.82
K_σ	19.54
λ_p	1.24
b _c (mm)	1527.69
b _{c sup} (mm)	916.61
b _{c sup} (mm)	611.08
ρ_{loc}	0.73
b _{ceff} (mm)	1116.31
b _{ceff sup} (mm)	669.79
b _{ceff sup} (mm)	446.52
ϕ_{Foro} (mm)	411.38

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c Edge sup}	2.017E+4	1129.4	1.412E+9
A _{c 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c Edge inf}	1.344E+4	365.5	4.183E+8
A _{c tot}	3.361E+4	823.8	6.537E+9
A _c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff Edge sup}	1.474E+4	1252.8	5.509E+8
A _{c,eff 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff Edge inf}	9.824E+3	283.3	1.632E+8
A _{c,eff tot}	2.456E+4	865	6.255E+9
A _{c,eff,loc}	0E+00		

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p} (p)$	232.48	$\sigma_{cr,c} (c)$	1
$\beta_{ac} (p)$	1	$\beta_{ac} (c)$	8.109
λ_p	1.236	λ_c	0.731
ρ_p	0.731	ρ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.474E+4	1252.8	5.509E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.824E+3	283.3	1.632E+8
Totale	2.456E+4	865	6.255E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-9.05E+3	712.2	-1.276E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.721E+5	2.773E+5	4.138E+5	2.624E+5	4.138E+5	1.976E+5
z _G (mm)	1389.79	2029.207	2375.824	1969.584	2375.824	1604.926
Δz_{Geff} (mm)	-33.85	-41.62	-35.6	-41.92	-35.6	-39.1
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.757E+11	4.617E+11	5.634E+11	4.443E+11	5.634E+11	3.377E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.984E+8	-2.275E+8	-2.371E+8	-2.256E+8	-2.371E+8	-2.104E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.073E+8	-2.345E+8	-2.433E+8	-2.326E+8	-2.433E+8	-2.186E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.901E+8	5.694E+8	1.214E+9	5.104E+8	1.214E+9	2.734E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.826E+8	5.302E+8	1.075E+9	4.775E+8	1.075E+9	2.607E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.96E+8	9.644E+8	4.486E+8	9.644E+8	2.492E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.795E+8	9.143E+8	4.345E+8	9.143E+8	2.434E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	4.202E+8	7.49E+8	3.835E+8	7.49E+8	2.217E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.943E+8	6.835E+8	3.611E+8	6.835E+8	2.117E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	8.975E+7	1.319E+8	1.548E+8	1.28E+8	1.548E+8	1.039E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	1.031E+8	1.627E+8	1.988E+8	1.567E+8	1.988E+8	1.221E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	7.993E+7	1.555E+8	1.964E+8	1.484E+8	1.964E+8	1.053E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	2.282E-291	1.1E+8	1.697E+8	9.979E+7	1.697E+8	3.703E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	5.11
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	-1.911E+2	1.455E+2	-1.972E+3	0E+00	-3.212E+3	4.827E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	-1.911E+2	1.549E+2	2.333E+5	0E+00	-2.925E+3	4.395E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_8	0	0.4	0	3	0	0	0	0	1.8	0	2.3	0	0	0
σ_7	0	6.4	12.2	-18.8	29.2	0	0	41.3	10.2	34	13.1	48	123.4	0.315
σ_6	0	5.6	11.1	-19	26.6	0	0	37.7	8.4	31	10.2	43.2	111.9	0.286
σ_5	0	0.3	0	3	0	0	0	0	1.3	0	1.5	0	0	0
σ_4	51	5.1	10.3	-19.1	24.8	0	0	86.2	7.1	29	8.2	39.9	155.1	0.486
σ_3	49	4.7	9.9	-19.1	23.7	0	0	82.5	6.3	27.7	6.9	37.8	148	0.464
σ_2	0	0	0	-20	0.3	0	0	0.3	0.2	0.4	-3	-6.2	-5.6	0.016
σ_1	-44.9	-11.5	-12.4	-22.2	-29.1	0	0	-86.3	-30.5	-33.7	-52.4	-61.3	-181.3	0.568
σ_0	-46.9	-11.9	-12.9	-22.3	-30.2	0	0	-89.9	-31.2	-35	-53.7	-63.4	-188.4	0.59

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.59 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.45 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.35 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.57 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.14 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

$$h_w/t_w=126.364 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.229 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 6.648E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.484, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.157$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.095E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 5.522E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.535, \quad \lambda_w = 1.552, \quad \tau_{cr} = 85.2, \quad C = 1176.3$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 3.964E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 5.835E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.679$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.433E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.648E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.546, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.595, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.59$$

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. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	5.65E+3	-1.82E+6	9.31E+6	4.8E+5
2a	-3.72E+3	-6.34E+5	2.7E+6	2.07E+5
2b	5.04E+4	-5.51E+4	6.41E+6	-7.24E+5
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.13E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	8.21E+4	-5.34E+0	7.46E+6	-2.98E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.23E+6	-2.1E+6	2.43E+6	8.01E+5
Totale	-6.76E+6	-4.61E+6	2.22E+7	7.34E+5

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	$z_{pl} (mm)$	α	ψ	Classe
Anima	126.36	2316.63	0.81	-0.87	4
Piattabanda superiore	7.32				1
Piattabanda inferiore	8.98				3
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
$N_{Ed} (N)$	-6.763E+6	$M_{Ed} (Nm)$	2.218E+7	$N_{Ed} (N)$	-6.763E+6
$N_{Rd} (N)$	-9.384E+7	$M_{Rd} (Nm)$	8.351E+7	$M_{Ed} (Nm)$	2.218E+7
				$M_{Rd} (Nm)$	8.52E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.072	M_{Ed}/M_{Rd}	0.266	M_{Ed}/M_{Rd}	0.26

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	0.4	0	3.1	0	0	0	0	1.8	0	0.1	0	0	0
σ_7	0	6.4	12.2	-18.7	29.3	0	0	41.5	10.2	34.2	0.3	5	80.8	0.206
σ_6	0	5.7	11.2	-18.8	26.8	0	0	37.9	8.5	31.3	-0.2	4.1	73.3	0.187
σ_5	0	0.3	0	3	0	0	0	0	1.3	0	-0.1	0	0	0
σ_4	51.4	5.2	10.4	-18.9	25.1	0	0	86.9	7.3	29.3	-0.6	3.4	119.6	0.375
σ_3	49.4	4.8	10	-18.9	23.9	0	0	83.3	6.5	28	-0.8	3	114.3	0.358
σ_2	0	0	0	-19.4	0.2	0	0	0.3	0.2	0.4	-2.9	-6	-5.3	0.016
σ_1	-43.1	-10.9	-11.8	-20.6	-27.8	0	0	-82.7	-28.7	-32.2	-12.3	-16.6	-131.4	0.412
σ_0	-45.1	-11.3	-12.3	-20.6	-28.9	0	0	-86.2	-29.5	-33.5	-12.6	-17	-136.7	0.429

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.429 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.46 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.37 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.34 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.6 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β	$A*\beta$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	450	60	---	---	---	1	27000
Piattabanda superiore DX	450	60	---	---	---	1	27000
Piattabanda inferiore SX	550	60	---	---	---	1	33000
Piattabanda inferiore DX	550	60	---	---	---	1	33000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

Anima	
b (mm)	2780
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.9

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_{sup} (N/mm ²)	113.2
σ_{inf} (N/mm ²)	-137.09
ν	-0.83
K_{σ}	19.67
λ_p	1.23
b_c (mm)	1522.67
$b_{c\ sup}$ (mm)	913.6
$b_{c\ sup}$ (mm)	609.07
ρ_{loc}	0.73
b_{ceff} (mm)	1116.38
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	669.83
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	446.55
ϕ_{Foro} (mm)	406.29

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A _c Edge sup	2.01E+4	1125.9	1.398E+9
A _c 1	0E+00	0	0E+00
A _c 2	0E+00	0	0E+00
A _c Edge inf	1.34E+4	364.5	4.142E+8
A _c tot	3.35E+4	821.3	6.472E+9
A _c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmin)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A _{c,eff} Edge sup	1.474E+4	1247.8	5.51E+8
A _{c,eff} 1	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff} 2	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff} Edge inf	9.824E+3	283.3	1.633E+8
A _{c,eff} tot	2.456E+4	862	6.197E+9
A _{c,eff,loc}	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmin)

	Piastra	Colonna	
$\sigma_{cr,p}$ (p)	234.08	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	8.109
λ_p	1.231	λ_c	0.733
ρ_p	0.733	χ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	1.474E+4	1247.8	5.51E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	9.824E+3	283.3	1.633E+8
Totale	2.456E+4	862	6.197E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA (mm ²)	z_G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-8.938E+3	709.7	-1.23E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.722E+5	2.774E+5	4.139E+5	2.625E+5	4.139E+5	1.977E+5
z_G (mm)	1389.48	2028.756	2375.428	1969.134	2375.428	1604.534
Δz_{Geff} (mm)	-33.54	-41.17	-35.21	-41.47	-35.21	-38.71

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	2.757E+11	4.618E+11	5.636E+11	4.444E+11	5.636E+11	3.377E+11
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-1.984E+8	-2.276E+8	-2.373E+8	-2.257E+8	-2.373E+8	-2.105E+8
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-2.074E+8	-2.346E+8	-2.434E+8	-2.328E+8	-2.434E+8	-2.187E+8
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	1.901E+8	5.693E+8	1.213E+9	5.103E+8	1.213E+9	2.734E+8
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	1.825E+8	5.301E+8	1.074E+9	4.774E+8	1.074E+9	2.607E+8
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+300	4.959E+8	9.641E+8	4.485E+8	9.641E+8	2.492E+8
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+300	4.795E+8	9.141E+8	4.344E+8	9.141E+8	2.434E+8
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+300	4.201E+8	7.489E+8	3.835E+8	7.489E+8	2.217E+8
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	3.943E+8	6.835E+8	3.61E+8	6.835E+8	2.117E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	8.973E+7	1.319E+8	1.548E+8	1.28E+8	1.548E+8	1.039E+8
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	1.031E+8	1.628E+8	1.989E+8	1.568E+8	1.989E+8	1.222E+8
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	7.995E+7	1.555E+8	1.965E+8	1.485E+8	1.965E+8	1.054E+8
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.282E+7	1.101E+8	1.698E+8	9.983E+7	1.698E+8	3.704E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	5.05
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	-1.893E+2	1.441E+2	-1.953E+3	0E+00	-3.18E+3	4.769E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	-1.893E+2	1.532E+2	2.307E+5	0E+00	-2.892E+3	4.337E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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	0.4	0	3	0	0	0	0	1.8	0	0.1	0	0	0
σ_7	0	6.4	12.2	-18.8	29.2	0	0	41.3	10.2	34.1	0.3	4.9	80.3	0.205
σ_6	0	5.6	11.1	-19	26.6	0	0	37.7	8.4	31	-0.3	3.9	72.6	0.186
σ_5	0	0.3	0	3	0	0	0	0	1.3	0	-0.1	0	0	0
σ_4	51	5.1	10.3	-19.1	24.8	0	0	86.2	7.1	29	-0.7	3.3	118.5	0.371
σ_3	49	4.7	9.9	-19.1	23.7	0	0	82.6	6.3	27.7	-0.9	2.8	113.1	0.354
σ_2	0	0	0	-20	0.3	0	0	0.3	0.2	0.4	-3	-6.2	-5.5	0.016
σ_1	-44.8	-11.5	-12.4	-22.2	-29.1	0	0	-86.3	-30.4	-33.7	-13.1	-17.6	-137.5	0.431
σ_0	-46.9	-11.9	-12.8	-22.3	-30.2	0	0	-89.9	-31.2	-35	-13.4	-18	-142.9	0.448

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.448 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.45 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.35 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.33 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.56 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

$$h_w/t_w = 126.364 > 31/\eta_1 * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.229 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 6.848E+6$ N

Essendo:

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$a/h_w=1.484$, $\eta=1.2$, $K_\tau=7.157$
contributo anima: $V_{bw,Rd}=6.095E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=7.528E+5$ N
 $\chi_w=0.535$, $\lambda_w=1.552$, $\tau_{cr}=85.2$, $C=1176.3$
 $M_{Ed}=M_{Ed,eq}=3.008E+7$ Nm, $M_{f,Rd}=5.835E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.516$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=1.433E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=6.848E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.673, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.756, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.448$$

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	4.18E+3	-1.35E+6	6.89E+6	3.55E+5
2a	-2.76E+3	-4.69E+5	2E+6	1.53E+5
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.34E+6	-6.03E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.1E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.97E+6	-1.99E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.5E+5	-8.33E+5	8.85E+6	3.16E+5
Totale	-5.47E+6	-2.69E+6	2.3E+7	2.02E+5

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	0.3	0	2.5	0	0	0	0	1.2	0	1.8	0	0	0	0
σ_7	0	4.8	9.1	-15.6	24.4	0	0	33.5	6.8	22.8	9.8	36	92.3	92.3	0.256
σ_6	0	4.2	8.3	-15.7	22.3	0	0	30.6	5.6	20.8	7.8	32.5	83.9	83.9	0.233
σ_5	0	0.2	0	2.5	0	0	0	0	0.9	0	1.2	0	0	0	0
σ_4	38.1	3.8	7.7	-15.7	20.9	0	0	66.7	4.9	19.5	6.4	30.1	116.3	116.3	0.347
σ_3	36.6	3.6	7.4	-15.8	20	0	0	63.9	4.4	18.6	5.5	28.6	111.2	128.5	0.383
σ_2	0	0	0	-16.2	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	-2	-4.1	-3.6	79.1	0.223
σ_1	-31.9	-8.1	-8.8	-17.1	-23.1	0	0	-63.8	-19.2	-21.5	-36.3	-42.8	-128	143.3	0.428
σ_0	-33.4	-8.3	-9.1	-17.2	-24.1	0	0	-66.6	-19.7	-22.3	-37.2	-44.3	-133.2	133.2	0.398
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	0	-0.3	-0.1	-0.2		
τ_3	-17.9	-7.2	-6.7	-0.7	-0.7	0	0	-25.2	0	0	-13.3	-11.9	-37.2		
τ_2	-23.2	-7.6	-7.8	-0.7	-0.8	0	0	-31.8	0	0	-13.5	-13.9	-45.6		
τ_1	-19.1	-5.8	-6.3	-0.6	-0.6	0	0	-26	0	0	-9.8	-11.1	-37.2		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.428 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.84 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.78 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.78 N/mm²

- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.81 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.35E+6	6.89E+6	3.55E+5
2a	-2.76E+3	-4.69E+5	2E+6	1.53E+5
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.34E+6	-6.03E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.1E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.97E+6	-1.99E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.48E+5	-1.56E+6	1.81E+6	6E+5
Totale	-5.47E+6	-3.42E+6	1.59E+7	4.86E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	0.3	0	2.5	0	0	0	0	1.2	0	0.1	0	0	0	0
σ_7	0	4.8	9.1	-15.6	24.4	0	0	33.5	6.8	22.8	0.4	4.1	60.3	60.3	0.168
σ_6	0	4.2	8.3	-15.7	22.3	0	0	30.6	5.6	20.8	0	3.4	54.8	54.8	0.152
σ_5	0	0.2	0	2.5	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0
σ_4	38.1	3.8	7.7	-15.7	20.9	0	0	66.7	4.9	19.5	-0.3	2.9	89.1	89.1	0.266
σ_3	36.6	3.6	7.4	-15.8	20	0	0	63.9	4.4	18.6	-0.5	2.6	85.1	118.4	0.353
σ_2	0	0	0	-16.2	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	-2	-4.1	-3.6	100	0.282
σ_1	-31.9	-8.1	-8.8	-17.1	-23.1	0	0	-63.8	-19.2	-21.5	-9	-12	-97.3	126.6	0.378
σ_0	-33.4	-8.3	-9.1	-17.2	-24.1	0	0	-66.6	-19.7	-22.3	-9.2	-12.3	-101.2	101.2	0.302
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	0	-0.5	-0.2	-0.3		
τ_3	-17.9	-7.2	-6.7	-0.7	-0.7	0	0	-25.2	0	0	-24.9	-22.3	-47.5		
τ_2	-23.2	-7.6	-7.8	-0.7	-0.8	0	0	-31.8	0	0	-25.2	-25.9	-57.7		
τ_1	-19.1	-5.8	-6.3	-0.6	-0.6	0	0	-26	0	0	-18.3	-20.8	-46.8		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.378 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.84 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.78 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.13 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.62 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.35E+6	6.89E+6	3.55E+5
2a	-2.76E+3	-4.69E+5	2E+6	1.53E+5
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.34E+6	-6.03E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.1E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.97E+6	-1.99E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.69E+5	-3.63E+5	4.68E+6	7.85E+4
Totale	-4.79E+6	-2.22E+6	1.88E+7	-3.58E+4

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	0.3	0	2.5	0	0	0	0	1.2	0	1	0	0
σ_7	0	4.8	9	-15.7	24.3	0	0	33.3	6.8	22.7	5.9	20.3	76.4
σ_6	0	4.2	8.2	-15.8	22.2	0	0	30.4	5.6	20.7	4.7	18.4	69.5
σ_5	0	0.2	0	2.5	0	0	0	0	0.8	0	0.7	0	0
σ_4	37.8	3.8	7.7	-15.9	20.7	0	0	66.2	4.8	19.4	4	17.2	102.8
σ_3	36.3	3.5	7.3	-15.9	19.8	0	0	63.4	4.2	18.5	3.5	16.3	98.2
σ_2	0	0	0	-16.6	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	-0.4	-0.8	-0.4
σ_1	-33.1	-8.5	-9.1	-18.3	-24.1	0	0	-66.3	-20.2	-22.4	-19.5	-22.2	-110.9
σ_0	-34.6	-8.7	-9.5	-18.4	-25.1	0	0	-69.1	-20.7	-23.2	-20	-23	-115.4

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.84 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.77 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.06 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.33 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2780
σ_{sup} (N/mm ²)	98.33
σ_{inf} (N/mm ²)	-110.55
σ_{Ed} (N/mm ²)	110.55
K_{σ}	21.14
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.9
τ_{Ed} (N/mm ²)	33.04
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	251.57
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	5.4
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	251.57
K_{τ}	7.16
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.613
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.35E+6	6.89E+6	3.55E+5
2a	-2.76E+3	-4.69E+5	2E+6	1.53E+5
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.34E+6	-6.03E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.1E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.97E+6	-1.99E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.25E+5	-8.54E+5	-3.31E+5	3.65E+5
Totale	-4.75E+6	-2.72E+6	1.38E+7	2.51E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 2 tot	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3 tot
--	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	-------	-------	-------	-------	----------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	
σ_8	0	0.3	0	2.5	0	0	0	0	1.2	0	-0.1	0	0
σ_7	0	4.8	9	-15.7	24.3	0	0	33.4	6.8	22.7	-0.7	-2.1	54
σ_6	0	4.2	8.2	-15.8	22.2	0	0	30.4	5.6	20.7	-0.7	-2	49.2
σ_5	0	0.2	0	2.5	0	0	0	0	0.9	0	-0.1	0	0
σ_4	37.9	3.8	7.7	-15.9	20.7	0	0	66.3	4.8	19.4	-0.6	-1.9	83.8
σ_3	36.4	3.5	7.3	-15.9	19.8	0	0	63.5	4.3	18.5	-0.6	-1.8	80.1
σ_2	0	0	0	-16.6	0.2	0	0	0.2	0.1	0.3	-0.3	-0.6	-0.1
σ_1	-33	-8.5	-9.1	-18.3	-24.1	0	0	-66.2	-20.1	-22.3	1	0.9	-87.7
σ_0	-34.5	-8.7	-9.5	-18.3	-25	0	0	-69	-20.6	-23.2	1.1	0.9	-91.3

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.84 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.77 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.9 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.51 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2780
σ_{sup} (N/mm ²)	80.21
σ_{inf} (N/mm ²)	-87.42
σ_{Ed} (N/mm ²)	87.42
K_{σ}	21.82
σ_{cr0E} (N/mm ²)	11.9
τ_{Ed} (N/mm ²)	40.3
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	259.59
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	5.4
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	259.59
K_{τ}	7.16
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.62
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (N)	81656.28

Verifica elastica allo SLU

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

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)	-797.5
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/v_{Rd}	0.488
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-6.337E+5	1.101E+8	4.618E+11	-151.1
Fase 2b	-5.514E+4	1.12E+8	4.651E+11	-13.3
Fase 2c	0E+00	9.983E+7	4.444E+11	0
Fase 3a	-5.339E+0	1.698E+8	5.636E+11	0
Fase 3b	-2.102E+6	1.698E+8	5.636E+11	-633.2
Totale				-797.5

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)	-595.8
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/v_{Rd}	0.608
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	-4.694E+5	1.144E+8	4.77E+11	-112.6
Fase 2b	-4.595E+4	1.165E+8	4.806E+11	-11.1
Fase 2c	0E+00	1.036E+8	4.582E+11	0
Fase 3a	-3.559E+0	1.783E+8	5.88E+11	0
Fase 3b	-1.557E+6	1.783E+8	5.88E+11	-472
Totale				-595.8

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.35E+6	6.89E+6	3.55E+5
2a	-2.76E+3	-4.69E+5	2E+6	1.53E+5
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.34E+6	-6.03E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.1E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.97E+6	-1.99E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-5.94E+4	-4.18E+4	1.69E+6	8.76E+3
3b max	-1.17E+4	-2.77E+5	-1.62E+6	1.38E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	0.3	0	2.5	0	0	0	1.2	0	0.4	0	-0.4	0	4.4	0	3.6	0	0
σ_7	0	4.8	9.1	-15.6	24.4	0	0	6.8	22.8	2.1	7.4	-2.2	-7.4	-1.9	63.6	-6.2	48.9	20.3
σ_6	0	4.2	8.3	-15.7	22.3	0	0	5.6	20.8	1.7	6.7	-1.8	-6.8	-4.1	58.1	-7.7	44.6	13.5
σ_5	0	0.2	0	2.5	0	0	0	0.9	0	0.3	0	-0.3	0	3.9	0	3.4	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_4	38.1	3.8	7.7	-15.7	20.9	0	0	4.9	19.5	1.5	6.3	-1.6	-6.3	32.5	92.4	29.5	79.9	12.6
σ_3	36.6	3.6	7.4	-15.8	20	0	0	4.4	18.6	1.3	6	-1.4	-6.1	30.1	88.5	27.4	76.5	12
σ_2	0	0	0	-16.2	0.2	0	0	0.1	0.3	-0.1	-0.3	0	-0.1	-16.2	0.2	-16.1	0.4	0.2
σ_1	-31.9	-8.1	-8.8	-17.1	-23.1	0	0	-19.2	-21.5	-6.7	-7.7	6.3	7	-83	-92.9	-70	-78.2	14.7
σ_0	-33.4	-8.3	-9.1	-17.2	-24.1	0	0	-19.7	-22.3	-6.9	-8	6.4	7.3	-85.4	-96.8	-72.1	-81.6	15.3
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.1
τ_3	-17.9	-7.2	-6.7	-0.7	-0.7	0	0	0	0	-0.7	-0.6	-4.4	-4	-26.5	-26.5	-30.3	-30.3	3.8
τ_2	-23.2	-7.6	-7.8	-0.7	-0.8	0	0	0	0	-0.7	-0.7	-4.5	-4.6	-32.2	-32.2	-36	-36	3.8
τ_1	-19.1	-5.8	-6.3	-0.6	-0.6	0	0	0	0	-0.5	-0.6	-3.3	-3.7	-26	-26	-28.7	-28.7	2.8
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 = 4.4 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 3.9 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 = 3.64 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 3.36 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	-1.35E+6	6.89E+6	3.55E+5
2a	-2.76E+3	-4.69E+5	2E+6	1.53E+5
2b	4.2E+4	4.59E+4	3.23E+6	-6.18E+5
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.1E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.14E+4	5.68E+0	-7.78E+6	-3.6E+4
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-1.78E+4	3.96E+4	-1.22E+5	-2.22E+4
3b max	-1.51E+4	-3.38E+5	-1.53E+6	1.21E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	0.3	0	2.2	0	0	0	-1.9	0	0	0	-0.4	0	0.6	0	0.3	0	0
σ_7	0	4.8	9.1	-20.6	14.9	0	0	-10.6	-35.6	-0.2	-0.6	-2.1	-7	-26.6	-12.4	-28.5	-18.7	6
σ_6	0	4.2	8.3	-20	13.6	0	0	-8.8	-32.6	-0.2	-0.6	-1.7	-6.4	-24.8	-11.3	-26.4	-17.1	5.8
σ_5	0	0.2	0	2.3	0	0	0	-1.3	0	0	0	-0.3	0	1.1	0	0.9	0	0
σ_4	38.1	3.8	7.7	-19.7	12.7	0	0	-7.6	-30.5	-0.2	-0.6	-1.5	-6	14.4	27.5	13.1	22	5.4
σ_3	36.6	3.6	7.4	-19.4	12.2	0	0	-6.8	-29.1	-0.1	-0.5	-1.3	-5.7	13.8	26.4	12.6	21.2	5.2
σ_2	0	0	0	-16.2	0.2	0	0	-0.2	-0.4	0	-0.1	0	-0.1	-16.4	-0.3	-16.4	-0.3	0
σ_1	-31.9	-8.1	-8.8	-8.6	-13.9	0	0	30	33.6	0.4	0.4	5.9	6.6	-18.2	-20.6	-12.8	-14.4	6.2
σ_0	-33.4	-8.3	-9.1	-8.4	-14.5	0	0	30.8	34.9	0.4	0.5	6.1	6.9	-18.9	-21.6	-13.3	-15.2	6.4
τ_4	0	-0.1	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.1
τ_3	-17.9	-7.2	-6.7	0.7	0.7	0	0	0	0	0.6	0.6	-5.4	-4.8	-23.8	-23.8	-29.8	-29.8	6
τ_2	-23.2	-7.6	-7.8	0.7	0.8	0	0	0	0	0.6	0.7	-5.5	-5.6	-29.4	-29.4	-35.5	-35.5	6.1
τ_1	-19.1	-5.8	-6.3	0.6	0.6	0	0	0	0	0.5	0.5	-4	-4.5	-23.9	-23.9	-28.3	-28.3	4.4
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 = 0.63 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 1.15 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 = 0.3 N/mm²

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 0.91 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	1.99 x 0.928 x 1 x 1 = 1.847 < 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.386 x 0.928 x 1 x 1 = 2.214 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	66
	Luce per il taglio (m):	26.4
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	1.55 x 0.953 x 1 x 1 = 1.477
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

Verifica a fatica dei dettagli di carpenteria

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	23.24	92.593	0.251
Piattabanda inferiore	28.202	92.593	0.305
Anima	8.448	74.074	0.114
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	23.241	69.637	0.334
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	28.202	69.637	0.405
Attacco anima-piattabanda superiore	22.177	82.963	0.267
Attacco anima-piattabanda inferiore	27.138	82.963	0.327
Attacco irrigidente verticale - anima	27.138	59.259	0.458
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	22.177	59.259	0.374
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	27.138	59.259	0.458
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	10.05	92.593	0.109
Piattabanda inferiore	11.846	92.593	0.128
Anima	13.543	74.074	0.183
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c$	10.05	69.637	0.144

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$=0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$			
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s \cdot \Delta\sigma_c$	11.846	69.637	0.17
$=0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$			
Attacco anima-piattabanda superiore	9.597	82.963	0.116
Attacco anima-piattabanda inferiore	11.393	82.963	0.137
Attacco irrigidente verticale - anima	11.393	59.259	0.192
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	9.597	59.259	0.162
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	11.393	59.259	0.192
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 18.59 / (90 / 1.15) = 0.238$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 23.24 / (80 / 1.35) = 0.392$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.238 + 0.392 = 0.63$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 \cdot 29.81 / (90 / 1.15) = 0.381$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 \cdot 10.05 / (80 / 1.35) = 0.17$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.381 + 0.17 = 0.55$
VERIFICA SODDISFATTA	

13.14 SEZIONE C11_CRACKED_42

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	1100x70 mm
Piattabanda inferiore	1100x80 mm
Anima	25x2750 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 mm
Raccordo	700x60 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 72 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 32 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 220 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.338E+5	3.644E+5	3.674E+5	3.495E+5	5.009E+5	2.846E+5
z _G (mm)	1386.765	1991.089	1999.929	1944.699	2287.832	1685.936
J _y (mm ⁴)	3.716E+11	6.103E+11	6.138E+11	5.918E+11	7.287E+11	4.888E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.68E+8	-3.065E+8	-3.069E+8	-3.043E+8	-3.185E+8	-2.9E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.844E+8	-3.194E+8	-3.197E+8	-3.174E+8	-3.301E+8	-3.044E+8
W _{y,3} (mm ³)	2.575E+8	7.275E+8	7.395E+8	6.685E+8	1.344E+9	4.273E+8
W _{y,4} (mm ³)	2.456E+8	6.715E+8	6.82E+8	6.195E+8	1.19E+9	4.027E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$W_{y,5}$ (mm ³)	1E+300	6.299E+8	6.394E+8	5.829E+8	1.084E+9	3.837E+8
$W_{y,6}$ (mm ³)	1E+300	6.098E+8	6.187E+8	5.651E+8	1.035E+9	3.743E+8
$W_{y,7}$ (mm ³)	1E+300	5.368E+8	5.441E+8	5.002E+8	8.674E+8	3.39E+8
$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	5.048E+8	5.115E+8	4.715E+8	7.989E+8	3.229E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	1.185E+8	1.717E+8	1.725E+8	1.676E+8	1.978E+8	1.448E+8
$S_{y,2}$ (mm ³)	1.399E+8	2.173E+8	2.186E+8	2.111E+8	2.587E+8	1.771E+8
$S_{y,3}$ (mm ³)	1.138E+8	2.086E+8	2.099E+8	2.013E+8	2.551E+8	1.607E+8
$S_{y,4}$ (mm ³)	0E+00	1.413E+8	1.433E+8	1.304E+8	2.106E+8	6.993E+7
n_E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	5.64E+3	2.59E+6	3.08E+7	-2.09E+5
2a	-3.72E+3	8.71E+5	9.93E+6	-6.93E+4
2b	5.04E+4	-5.51E+4	6.88E+6	1.17E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	8.21E+4	-2.48E+4	7.48E+6	2.6E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.04E+6	-2.28E+6	2.46E+7	9.45E+4
Totale	-9.08E+5	1.1E+6	7.97E+7	8.82E+4

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	clt	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	110	2479.19	0.87	-0.85	4
Piattabanda superiore	7.68				1
Piattabanda inferiore	6.72				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-9.082E+5	M_{Ed} (Nm)	7.973E+7	N_{Ed} (N)	-9.082E+5
N_{Rd} (N)	-1.202E+8	M_{Rd} (Nm)	1.144E+8	M_{Ed} (Nm)	7.973E+7
				M_{Rd} (Nm)	1.142E+8
N_{Ed}/N_{Rd}	0.008	M_{Ed}/M_{Rd}	0.697	M_{Ed}/M_{Rd}	0.698

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	1.2	0	0.8	0	0	0	0	1.5	0	4.6	0	0	0
σ_7	0	18.5	29.3	12.8	20.5	0	0	49.8	8.8	22.4	26.3	68.9	141	0.36
σ_6	0	16.3	26.5	11.3	18.6	0	0	45.1	7.4	20.3	21.7	62.1	127.4	0.326
σ_5	0	0.9	0	0.7	0	0	0	0	1.1	0	3.3	0	0	0
σ_4	125.6	14.8	24.7	10.2	17.3	0	0	167.5	6.5	18.9	18.6	57.4	243.8	0.764
σ_3	119.8	13.6	23.2	9.4	16.3	0	0	159.3	5.7	17.8	16.2	53.9	231	0.724
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	-2.1	-3.7	-3.2	0.009
σ_1	-108.4	-31.1	-32.6	-21.4	-22.4	0	0	-163.4	-22.5	-24.3	-76.6	-84.5	-272.2	0.853
σ_0	-115	-32.4	-34.3	-22.3	-23.5	0	0	-172.8	-23.3	-25.5	-79.3	-88.5	-286.9	0.899

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.899 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.99 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.6 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 8.12 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.03 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	550	70	---	---	---	1	38500
Piattabanda superiore DX	550	70	---	---	---	1	38500
Piattabanda inferiore SX	550	80	---	---	---	1	44000
Piattabanda inferiore DX	550	80	---	---	---	1	44000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2750
σ_{cr0E} (N/mm ²)	15.7
σ_{sup} (N/mm ²)	230.99
σ_{inf} (N/mm ²)	-272.24
ψ	-0.85
K_σ	20.19
λ_p	1.06
b_c (mm)	1487.72
$b_{c, sup}$ (mm)	892.63
$b_{c, sup}$ (mm)	595.09
ρ_{loc}	0.84
b_{ceff} (mm)	1248.63
$b_{ceff, sup}$ (mm)	749.18
$b_{ceff, sup}$ (mm)	499.45
ϕ_{Foro} (mm)	239.1

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c, Edge sup}	2.232E+4	1121.4	1.482E+9
A _{c, 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c, 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c, Edge inf}	1.488E+4	377.5	4.39E+8
A _{c, tot}	3.719E+4	823.9	6.86E+9
A _c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c, eff Edge sup}	1.873E+4	1193.1	8.76E+8
A _{c, eff 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c, eff 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c, eff Edge inf}	1.249E+4	329.7	2.596E+8
A _{c, eff tot}	3.122E+4	847.8	6.72E+9
A _{c, eff, loc}	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	316.99	$\sigma_{cr,c}$ (c)
		1

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$\beta_{ac}(p)$	1	$\beta_{ac}(c)$	7.136
λ_p	1.058	λ_c	0.839
ρ_p	0.839	ρ_c	

Anima depurata per instabilità locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
Edge sup	1.873E+4	1193.1	8.76E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	1.249E+4	329.7	2.596E+8
Totale	3.122E+4	847.8	6.72E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-5.977E+3	699	-2.848E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.278E+5	3.584E+5	4.949E+5	3.435E+5	4.949E+5	2.787E+5
z_G (mm)	1404.814	2012.636	2307.021	1966.373	2307.021	1707.106
Δz_{Geff} (mm)	-18.05	-21.55	-19.19	-21.67	-19.19	-21.17
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	3.687E+11	6.001E+11	7.134E+11	5.824E+11	7.134E+11	4.829E+11
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-2.624E+8	-2.982E+8	-3.092E+8	-2.962E+8	-3.092E+8	-2.829E+8
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-2.783E+8	-3.105E+8	-3.203E+8	-3.087E+8	-3.203E+8	-2.968E+8
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	2.587E+8	7.342E+8	1.364E+9	6.743E+8	1.364E+9	4.3E+8
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	2.466E+8	6.763E+8	1.203E+9	6.238E+8	1.203E+9	4.048E+8
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+300	6.335E+8	1.093E+9	5.861E+8	1.093E+9	3.854E+8
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+300	6.128E+8	1.042E+9	5.678E+8	1.042E+9	3.758E+8
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+300	5.381E+8	8.69E+8	5.013E+8	8.69E+8	3.398E+8
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	5.054E+8	7.989E+8	4.721E+8	7.989E+8	3.234E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	1.201E+8	1.736E+8	1.995E+8	1.695E+8	1.995E+8	1.467E+8
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	1.378E+8	2.124E+8	2.519E+8	2.064E+8	2.519E+8	1.738E+8
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	1.124E+8	2.041E+8	2.485E+8	1.971E+8	2.485E+8	1.58E+8
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.262E-291	1.384E+8	2.055E+8	1.279E+8	2.055E+8	6.885E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	-1.019E+2	7.879E+1	-1.068E+3	0E+00	-1.739E+3	2.207E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	-1.019E+2	8.019E+1	-1.085E+3	0E+00	-1.576E+3	2.001E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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	1.2	0	0.8	0	0	0	0	1.5	0	4.6	0	0	0
σ_7	0	18.4	29.2	12.7	20.4	0	0	49.6	8.8	22.3	26.2	68.7	140.7	0.36
σ_6	0	16.2	26.4	11.2	18.5	0	0	44.9	7.4	20.2	21.5	61.8	126.9	0.324
σ_5	0	0.9	0	0.7	0	0	0	0	1.1	0	3.3	0	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_4	125	14.7	24.5	10.2	17.2	0	0	166.7	6.4	18.8	18.4	57.1	242.6	0.76
σ_3	119.2	13.5	23.1	9.4	16.2	0	0	158.5	5.7	17.7	15.9	53.5	229.7	0.72
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	-2.1	-3.7	-3.3	0.01
σ_1	-110.8	-32	-33.5	-22	-23	0	0	-167.2	-23.2	-24.9	-79	-86.7	-278.9	0.874
σ_0	-117.4	-33.3	-35.1	-22.9	-24.1	0	0	-176.7	-24	-26.2	-81.7	-90.8	-293.7	0.92

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.92 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.99 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 8.12 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.99 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

$$h_w/t_w = 110 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.075 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 7.85E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.5, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.118$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 7.85E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 0E+00 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.613, \quad \lambda_w = 1.354, \quad \tau_{cr} = 111.8, \quad C = 1263.2$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 8.307E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 8.307E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 1$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.61E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 7.85E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.14, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.14, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.92$$

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. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	5.64E+3	-2.54E+6	3.08E+7	2.05E+5
2a	-3.72E+3	-8.56E+5	9.93E+6	6.63E+4
2b	5.04E+4	-7.46E+4	6.86E+6	1.17E+4
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	8.21E+4	-2.48E+4	7.48E+6	2.6E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-4.63E+5	-2.68E+6	2.02E+7	5.1E+5
Totale	-3.29E+5	-6.18E+6	7.53E+7	1.05E+6

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	<i>c/t</i>	<i>z_{pl}</i> (mm)	<i>α</i>	<i>ψ</i>	Classe
Anima	110	2444.9	0.86	-0.87	4
Piattabanda superiore	7.68				1
Piattabanda inferiore	6.72				1
classe della sezione					4
Analisi plastica: NON APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-3.286E+5	M _{Ed} (Nm)	7.529E+7	N _{Ed} (N)	-3.286E+5
N _{Rd} (N)	-1.202E+8	M _{Rd} (Nm)	1.144E+8	M _{Ed} (Nm)	7.529E+7
				M _{Rd} (Nm)	1.143E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.003	M _{Ed} /M _{Rd}	0.658	M _{Ed} /M _{Rd}	0.659
VERIFICA NON SIGNIFICATIVA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	1.2	0	0.8	0	0	0	0	1.5	0	3.9	0	0	0
σ ₇	0	18.5	29.3	12.7	20.4	0	0	49.7	8.8	22.4	22.4	58	130	0.332
σ ₆	0	16.3	26.5	11.2	18.5	0	0	45	7.4	20.3	18.6	52.3	117.6	0.301
σ ₅	0	0.9	0	0.7	0	0	0	0	1.1	0	2.8	0	0	0
σ ₄	125.5	14.8	24.7	10.2	17.2	0	0	167.4	6.5	18.9	16	48.5	234.8	0.736
σ ₃	119.7	13.6	23.2	9.4	16.2	0	0	159.2	5.7	17.8	14.1	45.6	222.6	0.698
σ ₂	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	-0.9	-1.6	-1.1	0.003
σ ₁	-108.4	-31.1	-32.6	-21.3	-22.4	0	0	-163.4	-22.5	-24.3	-62.1	-68	-255.6	0.801
σ ₀	-115	-32.4	-34.3	-22.2	-23.5	0	0	-172.7	-23.3	-25.5	-64.3	-71.3	-269.5	0.845

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.845 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.99 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.6 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.42 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.57 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

Componente	<i>b</i> (mm)	<i>t</i> (mm)	<i>λ_p</i>	<i>ρ</i>	<i>A_{c,eff}</i> (mm ²)	<i>β</i>	<i>A*β</i> (mm ²)
Piattabanda superiore SX	550	70	---	---	---	1	38500
Piattabanda superiore DX	550	70	---	---	---	1	38500
Piattabanda inferiore SX	550	80	---	---	---	1	44000
Piattabanda inferiore DX	550	80	---	---	---	1	44000

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

Anima	
<i>b</i> (mm)	2750
σ _{cr0E} (N/mm ²)	15.7
σ _{sup} (N/mm ²)	222.63
σ _{inf} (N/mm ²)	-255.63
ψ	-0.87
K _σ	20.71

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

λ_p	1.04
b_c (mm)	1469.88
$b_{c\ sup}$ (mm)	881.93
$b_{c\ sup}$ (mm)	587.95
ρ_{loc}	0.85
b_{ceff} (mm)	1249.05
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	749.43
$b_{ceff\ sup}$ (mm)	499.62
ϕ_{Foro} (mm)	220.83

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	$A(mm^2)$	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	2.205E+4	1108.9	1.429E+9
A_c 1	0E+00	0	0E+00
A_c 2	0E+00	0	0E+00
A_c Edge inf	1.47E+4	374	4.234E+8
A_c tot	3.675E+4	814.9	6.616E+9
A_c	0E+00		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmin)

	$A(mm^2)$	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff}$ Edge sup	1.874E+4	1175.2	8.769E+8
$A_{c,eff}$ 1	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ 2	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ Edge inf	1.249E+4	329.8	2.598E+8
$A_{c,eff}$ tot	3.123E+4	837	6.492E+9
$A_{c,eff,loc}$	0E+00		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmin)

	<i>Piastra</i>		<i>Colonna</i>
$\sigma_{cr,p}$ (p)	325.13	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	7.136
λ_p	1.045	λ_c	0.85
ρ_p	0.85	ρ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	$A(mm^2)$	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	1.874E+4	1175.2	8.769E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	1.249E+4	329.8	2.598E+8
Totale	3.123E+4	837	6.492E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	$\Delta A(mm^2)$	z_G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-5.521E+3	690	-2.244E+7
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	2.282E+5	3.589E+5	4.954E+5	3.44E+5	4.954E+5	2.791E+5
z_G (mm)	1403.618	2011.103	2305.638	1964.834	2305.638	1705.634
Δz_{Geff} (mm)	-16.85	-20.01	-17.81	-20.14	-17.81	-19.7
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	3.688E+11	6.008E+11	7.144E+11	5.83E+11	7.144E+11	4.832E+11
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-2.628E+8	-2.987E+8	-3.099E+8	-2.967E+8	-3.099E+8	-2.833E+8
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-2.787E+8	-3.111E+8	-3.21E+8	-3.093E+8	-3.21E+8	-2.973E+8
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	2.586E+8	7.337E+8	1.363E+9	6.738E+8	1.363E+9	4.298E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

$W_{y,4eff}$ (mm ³)	2.465E+8	6.759E+8	1.202E+9	6.234E+8	1.202E+9	4.046E+8
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+300	6.332E+8	1.092E+9	5.858E+8	1.092E+9	3.852E+8
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+300	6.125E+8	1.041E+9	5.676E+8	1.041E+9	3.757E+8
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+300	5.379E+8	8.688E+8	5.012E+8	8.688E+8	3.397E+8
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	5.053E+8	7.988E+8	4.72E+8	7.988E+8	3.234E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	1.2E+8	1.735E+8	1.994E+8	1.694E+8	1.994E+8	1.466E+8
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	1.38E+8	2.128E+8	2.524E+8	2.068E+8	2.524E+8	1.74E+8
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	1.125E+8	2.044E+8	2.489E+8	1.974E+8	2.489E+8	1.582E+8
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.263E-291	1.386E+8	2.059E+8	1.281E+8	2.059E+8	6.893E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	-9.512E+1	7.331E+1	-9.935E+2	0E+00	-1.618E+3	9.121E+3
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	-9.512E+1	7.449E+1	-1.008E+3	0E+00	-1.463E+3	8.245E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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	1.2	0	0.8	0	0	0	0	1.5	0	3.9	0	0	0
σ_7	0	18.5	29.2	12.7	20.4	0	0	49.6	8.8	22.3	22.3	57.8	129.7	0.332
σ_6	0	16.2	26.4	11.2	18.4	0	0	44.9	7.4	20.2	18.5	52.1	117.2	0.3
σ_5	0	0.9	0	0.7	0	0	0	0	1.1	0	2.8	0	0	0
σ_4	125.1	14.7	24.5	10.1	17.1	0	0	166.7	6.4	18.8	15.9	48.3	233.8	0.733
σ_3	119.2	13.5	23.1	9.3	16.1	0	0	158.4	5.7	17.7	13.9	45.4	221.5	0.694
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	-0.9	-1.7	-1.2	0.003
σ_1	-110.6	-31.9	-33.4	-21.9	-22.9	0	0	-166.9	-23.1	-24.9	-63.9	-69.6	-261.4	0.819
σ_0	-117.3	-33.3	-35.1	-22.8	-24	0	0	-176.4	-24	-26.1	-66.1	-73	-275.5	0.863

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.863 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.99 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.59 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.42 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.53 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

$$h_w/t_w = 110 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.075 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 8.061E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 1.5, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.118$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 7.85E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.109E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.613, \quad \lambda_w = 1.354, \quad \tau_{cr} = 111.8, \quad C = 1263.2$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 7.804E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 8.34E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.936$$

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.61E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 8.061E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.766, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.787, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.863$$

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	4.18E+3	1.92E+6	2.28E+7	-1.55E+5
2a	-2.76E+3	6.45E+5	7.36E+6	-5.13E+4
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.73E+6	9.73E+3
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-1.65E+4	4.99E+6	1.73E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-7.37E+5	-1.69E+6	1.82E+7	5.27E+4
Totale	-6.39E+5	8.09E+5	5.91E+7	2.99E+4

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	0.9	0	0.7	0	0	0	0	1	0	3.4	0	0	0	0
σ_7	0	13.7	21.7	10.6	17.1	0	0	38.7	5.9	14.9	19.5	51.1	104.8	104.8	0.291
σ_6	0	12.1	19.6	9.4	15.5	0	0	35.1	4.9	13.5	16.1	46.1	94.7	94.7	0.263
σ_5	0	0.7	0	0.6	0	0	0	0	0.8	0	2.5	0	0	0	0
σ_4	93	10.9	18.3	8.5	14.4	0	0	125.7	4.3	12.6	13.8	42.6	180.9	180.9	0.54
σ_3	88.7	10.1	17.2	7.9	13.6	0	0	119.5	3.8	11.9	12.1	40	171.4	172.1	0.514
σ_2	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0.2	0.1	0.2	-1.5	-2.6	-2.2	22.3	0.063
σ_1	-80.3	-23	-24.2	-17.8	-18.7	0	0	-123.1	-15	-16.2	-56.6	-62.4	-201.8	202.7	0.605
σ_0	-85.2	-24	-25.4	-18.6	-19.6	0	0	-130.2	-15.6	-17	-58.6	-65.4	-212.6	212.6	0.635
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	-0.4	-0.2	-0.1		
τ_3	23.5	8.8	8.5	-0.6	-0.6	0	0	31.4	-0.2	-0.2	-23.7	-22.2	8.9		
τ_2	28.9	9.2	9.3	-0.7	-0.7	0	0	37.6	-0.2	-0.2	-24	-24.5	12.8		
τ_1	24.5	7.3	7.6	-0.5	-0.5	0	0	31.6	-0.2	-0.2	-18.4	-20	11.3		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.635 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.55 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.25 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.99 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.46 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmin)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	1.92E+6	2.28E+7	-1.55E+5
2a	-2.76E+3	6.45E+5	7.36E+6	-5.13E+4
2b	4.2E+4	-6.21E+4	5.72E+6	9.73E+3
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-1.65E+4	4.99E+6	1.73E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-3.07E+5	-1.98E+6	1.5E+7	3.61E+5
Totale	-2.09E+5	5.04E+5	5.59E+7	3.38E+5

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	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	0.9	0	0.7	0	0	0	0	1	0	2.9	0	0	0	0
σ_7	0	13.7	21.7	10.6	17	0	0	38.7	5.9	14.9	16.7	43.1	96.7	96.7	0.269
σ_6	0	12.1	19.6	9.4	15.4	0	0	35.1	4.9	13.5	13.9	38.9	87.5	87.5	0.243
σ_5	0	0.7	0	0.6	0	0	0	0	0.8	0	2.1	0	0	0	0
σ_4	93	10.9	18.3	8.5	14.3	0	0	125.6	4.3	12.6	12	36.1	174.3	174.3	0.52
σ_3	88.7	10.1	17.2	7.8	13.5	0	0	119.4	3.8	11.9	10.5	34	165.3	165.5	0.494
σ_2	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0.2	0.1	0.2	-0.6	-1.1	-0.7	14.5	0.041
σ_1	-80.3	-23	-24.2	-17.8	-18.6	0	0	-123.1	-15	-16.2	-46	-50.3	-189.6	190	0.567
σ_0	-85.2	-24	-25.4	-18.5	-19.6	0	0	-130.1	-15.6	-17	-47.6	-52.7	-199.9	199.9	0.597
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	-0.5	-0.3	-0.2		
τ_3	23.5	8.8	8.5	-0.9	-0.8	0	0	31.2	-0.2	-0.2	-27.7	-26.1	4.9		
τ_2	28.9	9.2	9.3	-0.9	-0.9	0	0	37.3	-0.2	-0.2	-28.1	-28.7	8.4		
τ_1	24.5	7.3	7.6	-0.7	-0.7	0	0	31.4	-0.2	-0.2	-21.5	-23.5	7.7		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.597 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.55 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.24 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.48 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.11 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmax)

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	1.92E+6	2.28E+7	-1.55E+5
2a	-2.76E+3	6.45E+5	7.36E+6	-5.13E+4
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.73E+6	9.73E+3
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-1.65E+4	4.99E+6	1.73E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-2.01E+5	-8.61E+5	8.75E+6	1.05E+5
Totale	-1.03E+5	1.64E+6	4.97E+7	8.24E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (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
--	------	-----------------------	----------------	-----------------------	----------------	-----------------------	----------------	----------	-----------------------	----------------	-----------------------	----------------	----------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.	
σ_8	0	0.9	0	0.7	0	0	0	0	1	0	1.7	0	0
σ_7	0	13.7	21.6	10.6	17	0	0	38.7	5.9	14.9	9.7	25.1	78.6
σ_6	0	12	19.6	9.3	15.4	0	0	35	4.9	13.5	8	22.6	71.1
σ_5	0	0.7	0	0.6	0	0	0	0	0.8	0	1.2	0	0
σ_4	92.7	10.9	18.2	8.5	14.3	0	0	125.2	4.3	12.5	6.9	20.9	158.7
σ_3	88.4	10	17.1	7.8	13.5	0	0	119	3.8	11.8	6	19.7	150.5
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	-0.4	-0.7	-0.4
σ_1	-81.8	-23.6	-24.7	-18.2	-19.1	0	0	-125.6	-15.4	-16.6	-27.6	-30.1	-172.3
σ_0	-86.8	-24.6	-25.9	-19	-20	0	0	-132.7	-16	-17.4	-28.6	-31.6	-181.7

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.55 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.24 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.26 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.21 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmax)

	Anima
b (mm)	2750
σ_{sup} (N/mm ²)	151.12
σ_{inf} (N/mm ²)	-168.8
σ_{Ed} (N/mm ²)	168.8
K_{σ}	21.28
σ_{cr0E} (N/mm ²)	15.7
τ_{Ed} (N/mm ²)	21.95
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	334.14
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	6.97
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	334.14
K_{τ}	7.12
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.549
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmin)

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	1.92E+6	2.28E+7	-1.55E+5
2a	-2.76E+3	6.45E+5	7.36E+6	-5.13E+4
2b	4.2E+4	-6.21E+4	5.72E+6	9.73E+3
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-1.65E+4	4.99E+6	1.73E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.32E+5	-1.07E+6	6.54E+6	1.11E+5
Totale	-3.35E+4	1.42E+6	4.74E+7	8.84E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	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_8	0	0.9	0	0.7	0	0	0	0	1	0	1.3	0	0
σ_7	0	13.7	21.7	10.6	17	0	0	38.6	5.9	14.9	7.3	18.8	72.3

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_6	0	12	19.6	9.3	15.4	0	0	35	4.9	13.5	6	17	65.4
σ_5	0	0.7	0	0.6	0	0	0	0	0.8	0	0.9	0	0
σ_4	92.7	10.9	18.2	8.4	14.3	0	0	125.2	4.3	12.5	5.2	15.7	153.4
σ_3	88.4	10	17.1	7.8	13.5	0	0	119	3.8	11.8	4.5	14.8	145.5
σ_2	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0.2	0.1	0.2	-0.3	-0.5	-0.1
σ_1	-81.8	-23.6	-24.7	-18.2	-19	0	0	-125.5	-15.4	-16.5	-20.6	-22.4	-164.4
σ_0	-86.7	-24.6	-25.9	-18.9	-20	0	0	-132.6	-15.9	-17.4	-21.3	-23.5	-173.5

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.55 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.24 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.84 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.91 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmin)

	Anima
b (mm)	2750
σ_{sup} (N/mm ²)	146.16
σ_{inf} (N/mm ²)	-161.25
σ_{Ed} (N/mm ²)	161.25
K_{σ}	21.55
σ_{cr0E} (N/mm ²)	15.7
τ_{Ed} (N/mm ²)	19.02
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	338.33
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	6.97
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	338.33
K_{τ}	7.12
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.512
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

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 $P_{Rd} = \text{Min}(P_{Rd1}, P_{Rd2})$, (N)	81656.28

Verifica elastica allo SLU

Coefficiente di utilizzo (Comb. Vmin)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} K_s$ (N/mm)	1633.1
Fattore di riduzione, K_s	1.00

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo V_{Ed} (N/mm)	-992.9
Coefficiente di utilizzo V_{Ed}/V_{Rd}	0.608
VERIFICA SODDISFATTA	

Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo (Comb. Vmin)

Fase	V_{Ed} (N)	$S_{y,4eff}$ (mm ³)	$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	V_{Ed} (N/mm)
Fase 2a	-8.558E+5	1.386E+8	6.008E+11	-197.5
Fase 2b	-7.456E+4	1.407E+8	6.042E+11	-17.4
Fase 2c	0E+00	1.281E+8	5.83E+11	0
Fase 3a	-2.48E+4	2.059E+8	7.144E+11	-7.1
Fase 3b	-2.675E+6	2.059E+8	7.144E+11	-770.9
Totale				-992.9

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)	-442.5
Coefficiente di utilizzo V_{Ed}/V_{Rd}	0.452
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	6.452E+5	1.413E+8	6.103E+11	149.3
Fase 2b	-6.213E+4	1.433E+8	6.138E+11	-14.5
Fase 2c	0E+00	1.304E+8	5.918E+11	0
Fase 3a	-1.653E+4	2.106E+8	7.287E+11	-4.8
Fase 3b	-1.981E+6	2.106E+8	7.287E+11	-572.6
Totale				-442.5

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	1.92E+6	2.28E+7	-1.55E+5
2a	-2.76E+3	6.45E+5	7.36E+6	-5.13E+4
2b	4.2E+4	-4.6E+4	5.73E+6	9.73E+3
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-1.65E+4	4.99E+6	1.73E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-6.61E+4	-2.66E+5	2.11E+6	4.21E+4
3b max	-1.15E+4	3.99E+4	-5.02E+5	-8.19E+3

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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.	F. 3b Fess. Max	F. 3b 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	0.9	0	0.7	0	0	0	1	0	0.4	0	-0.1	0	3	0	2.5	0	0
σ_7	0	13.7	21.7	10.6	17.1	0	0	5.9	14.9	2.3	6	-0.6	-1.5	32.5	59.6	29.6	52.1	8.8
σ_6	0	12.1	19.6	9.4	15.5	0	0	4.9	13.5	1.9	5.4	-0.5	-1.4	28.3	54	25.9	47.3	6.8
σ_5	0	0.7	0	0.6	0	0	0	0.8	0	0.3	0	-0.1	0	2.3	0	1.9	0	0
σ_4	93	10.9	18.3	8.5	14.4	0	0	4.3	12.6	1.6	5	-0.4	-1.3	118.4	143.2	116.3	136.9	6.3
σ_3	88.7	10.1	17.2	7.9	13.6	0	0	3.8	11.9	1.4	4.7	-0.4	-1.2	111.9	136	110.1	130.1	5.9
σ_2	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0.1	0.2	-0.1	-0.2	0	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2
σ_1	-80.3	-23	-24.2	-17.8	-18.7	0	0	-15	-16.2	-6.5	-7.2	1.5	1.6	-142.7	-146.5	-134.7	-137.7	8.8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

σ_0	-85.2	-24	-25.4	-18.6	-19.6	0	0	-15.6	-17	-6.7	-7.5	1.6	1.7	-150.1	-154.7	-141.8	-145.5	9.2
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	-0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
τ_3	23.5	8.8	8.5	-0.6	-0.6	0	0	-0.2	-0.2	-3.7	-3.5	0.6	0.5	27.7	27.7	32	32	4.3
τ_2	28.9	9.2	9.3	-0.7	-0.7	0	0	-0.2	-0.2	-3.8	-3.9	0.6	0.6	33.4	33.4	37.7	37.7	4.3
τ_1	24.5	7.3	7.6	-0.5	-0.5	0	0	-0.2	-0.2	-2.9	-3.1	0.4	0.5	28.1	28.1	31.5	31.5	3.3
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 = 2.97 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.29 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 = 2.47 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.92 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.18E+3	1.92E+6	2.28E+7	-1.55E+5
2a	-2.76E+3	6.45E+5	7.36E+6	-5.13E+4
2b	4.2E+4	4.59E+4	5.73E+6	9.96E+3
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.14E+4	2.7E+4	-7.8E+6	-2.9E+5
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-1.14E+4	3.96E+5	9.14E+5	-8.19E+3
3b max	-9.22E+3	-3.96E+5	9.25E+5	-5.76E+3

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess. Max	F. 3b Fess. Max	F. 3b 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	0.9	0	0.7	0	0	0	-1.6	0	0.2	0	0.2	0	0.1	0	0.1	0	0
σ_7	0	13.7	21.7	10.6	17.1	0	0	-9.2	-23.3	1	2.7	1	2.7	16.2	18.1	16.2	18.2	0.1
σ_6	0	12.1	19.6	9.4	15.5	0	0	-7.7	-21.1	0.9	2.4	0.9	2.4	14.6	16.4	14.6	16.4	0
σ_5	0	0.7	0	0.6	0	0	0	-1.2	0	0.1	0	0.1	0	0.2	0	0.2	0	0
σ_4	93	10.9	18.3	8.5	14.4	0	0	-6.7	-19.6	0.7	2.2	0.8	2.3	106.5	108.2	106.5	108.3	0
σ_3	88.7	10.1	17.2	7.9	13.6	0	0	-6	-18.5	0.7	2.1	0.7	2.1	101.4	103	101.4	103.1	0
σ_2	0	0	0	0.1	0.1	0	0	-0.2	-0.3	0	0	0	0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	0
σ_1	-80.3	-23	-24.2	-17.8	-18.7	0	0	23.5	25.3	-2.8	-3	-2.8	-3.1	-100.5	-100.9	-100.5	-100.9	0
σ_0	-85.2	-24	-25.4	-18.6	-19.6	0	0	24.3	26.6	-2.9	-3.2	-2.9	-3.2	-106.3	-106.8	-106.4	-106.8	0
τ_4	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.3	0.3	0	0	0.2
τ_3	23.5	8.8	8.5	0.6	0.6	0	0	0.4	0.4	5.5	5.2	-5.6	-5.2	38.9	38.9	27.8	27.8	11.1
τ_2	28.9	9.2	9.3	0.7	0.7	0	0	0.4	0.4	5.6	5.7	-5.6	-5.7	44.7	44.7	33.5	33.5	11.3
τ_1	24.5	7.3	7.6	0.5	0.5	0	0	0.3	0.3	4.3	4.7	-4.3	-4.7	36.8	36.8	28.2	28.2	8.6
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 = 0.14 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 0.2 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 = 0.15 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 0.2 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 – Viadotto San Leonardo

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.35
Fattore equivalente di danno per flessione per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.06 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 1.912 < 2.448$ (Appoggio)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.06 \times 0.928 \times 1 \times 1 = 1.912$ (Appoggio)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Appoggio)
	Luce per il momento (m):	66
	Luce per il taglio (m):	66
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	$1.55 \times 0.953 \times 1 \times 1 = 1.477$
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	12.02	92.593	0.13
Piattabanda inferiore	17.565	92.593	0.19
Anima	8.299	74.074	0.112
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.814 \times 112 = 91.2 \text{ N/mm}^2$	12.019	67.523	0.178
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.792 \times 112 = 88.8 \text{ N/mm}^2$	17.565	65.744	0.267
Attacco anima-piattabanda superiore	11.304	82.963	0.136
Attacco anima-piattabanda inferiore	16.749	82.963	0.202
Attacco irrigidente verticale - anima	16.749	59.259	0.283
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	11.304	59.259	0.191
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	16.749	59.259	0.283
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	0.06	92.593	0.001
Piattabanda inferiore	0.055	92.593	0.001
Anima	21.507	74.074	0.29
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.814 \times 112 = 91.2 \text{ N/mm}^2$	0.064	67.523	0.001
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = \kappa_s * \Delta\sigma_c = 0.792 \times 112 = 88.8 \text{ N/mm}^2$	0.055	65.744	0.001
Attacco anima-piattabanda superiore	0.061	82.963	0.001

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Attacco anima-piattabanda inferiore	0.051	82.963	0.001
Attacco irrigidente verticale - anima	0.061	59.259	0.001
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	0.061	59.259	0.001
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	0.051	59.259	0.001
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 23.01 / (90 / 1.15) = 0.294$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 12.02 / (80 / 1.35) = 0.203$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.294 + 0.203 = 0.497$
VERIFICA SODDISFATTA	

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 59.64 / (90 / 1.15) = 0.762$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 0.06 / (80 / 1.35) = 0.001$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.762 + 0.001 = 0.763$
VERIFICA SODDISFATTA	

13.15 SEZIONE C12_53

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2900 mm
Piattabanda superiore	900x30 mm
Piattabanda inferiore	1100x60 mm
Anima	18x2810 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5625x240 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 15/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4125 mm
Tipo	T da un solo lato
Piatto 1	240x20 mm
Piatto 2	200x16 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.436E+5	2.41E+5	2.44E+5	2.261E+5	3.775E+5	1.613E+5
z _G (mm)	1072.397	1882.563	1897.201	1803.712	2315.537	1290.217
J _y (mm ⁴)	2.015E+11	4.351E+11	4.393E+11	4.123E+11	5.607E+11	2.638E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.879E+8	-2.311E+8	-2.316E+8	-2.286E+8	-2.422E+8	-2.044E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.991E+8	-2.387E+8	-2.391E+8	-2.364E+8	-2.486E+8	-2.144E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.121E+8	4.406E+8	4.516E+8	3.867E+8	1.011E+9	1.67E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.103E+8	4.277E+8	4.381E+8	3.761E+8	9.594E+8	1.639E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.038E+8	4.134E+8	3.566E+8	8.701E+8	1.58E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.929E+8	4.02E+8	3.475E+8	8.314E+8	1.552E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.488E+8	3.564E+8	3.109E+8	6.885E+8	1.434E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.303E+8	3.372E+8	2.953E+8	6.34E+8	1.381E+8

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

S _{y,1} (mm ³)	6.88E+7	1.223E+8	1.232E+8	1.171E+8	1.508E+8	8.317E+7
S _{y,2} (mm ³)	7.802E+7	1.522E+8	1.536E+8	1.444E+8	1.966E+8	9.68E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.894E+7	1.434E+8	1.451E+8	1.342E+8	1.939E+8	7.433E+7
S _{y,4} (mm ³)	2.235E+8	1.163E+8	1.184E+8	1.05E+8	1.785E+8	3.127E+7
n _E	1E+300	16.924	16.314	20.809	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	5.68E+3	4.5E+4	-1.1E+7	-1.36E+4
2a	-3.72E+3	1.82E+4	-4.42E+6	-1.95E+3
2b	4.89E+4	-5.48E+0	4.37E+6	6.11E+3
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.7E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-1.22E+5	8.52E+0	-1.15E+7	-4.59E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.19E+6	-1.86E+5	-2.67E+7	2.69E+4
Totale	-6.92E+6	-1.23E+5	-5.6E+7	1.28E+4

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	clt	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	156.11	2543.64	0.12	-1.19	1
Piattabanda superiore	14.7				1
Piattabanda inferiore	9.02				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)	M _{Ed} (Nm)	N _{Ed} (N)
N _{Rd} (N)	M _{Rd} (Nm)	M _{Ed} (Nm)
		M _{Rd} (Nm)
N _{Ed} /N _{Rd}	M _{Ed} /M _{Rd}	M _{Ed} /M _{Rd}

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	2.4	0	0	0	0	-3	0	-7.3	0	-8.7	0.46
σ ₇	0	-12.7	-30.9	-29.6	30.8	0	0	0	-17.1	-81.3	-41.9	-193.6	-101.3	0.259
σ ₆	0	-11.3	-28.5	-28.8	28.5	0	0	0	-14.2	-75.2	-35.3	-179.5	-89.6	0.229
σ ₅	0	-0.6	0	2.4	0	0	0	0	-2.2	0	-5.4	0	-5.8	0.309
σ ₄	-99.4	-10.4	-27	-28.3	27	0	0	-99.4	-12.4	-71.2	-31	-170.4	-181.4	0.537
σ ₃	-97.8	-10	-26.5	-28.2	26.5	0	0	-97.8	-11.7	-69.9	-29.6	-167.3	-177.3	0.524
σ ₂	0	0	0	-23	0.3	0	0	0.3	-0.3	-0.8	-3.1	-7.4	-26.5	0.078
σ ₁	55.1	18.5	20.6	-13.3	-20.1	0	0	55.6	46.1	53.1	104.3	117.2	210.8	0.661
σ ₀	58.4	19.1	21.6	-13	-21.1	0	0	58.9	47.4	55.7	107.2	123.3	219	0.687

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.687 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.57 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.79 N/mm²

- La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -8.65 N/mm²
4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.81 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
 $h_w/t_w=156.111 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=56.383$ Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd}=4.457E+6$ N

Essendo:

$a/h_w=1.468$, $\eta=1.2$, $K_\tau=7.196$
contributo anima: $V_{bw,Rd}=4.092E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=3.651E+5$ N
 $\chi_w=0.434$, $\lambda_w=1.912$, $\tau_{cr}=56.1$, $C=1204.8$
 $M_{Ed}=-5.597E+7$ Nm, $M_{f,Rd}=-7.022E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.797$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=1.185E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.457E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.028$, (=> VERIFICA SODDISFATTA)
 $\eta_3=V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.03$, $\eta_1=M_{Ed}/M_{Rd}=0.597$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

$\eta_3 < 0.5$, $M_{Ed}/M_{f,Rd} < 1$
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	5.68E+3	4.5E+4	-1.1E+7	-1.36E+4
2a	-3.72E+3	1.82E+4	-4.42E+6	-1.95E+3
2b	5.04E+4	5.51E+4	5.02E+6	-2.85E+4
Rit.Iso	-5.67E+6	0	-6.7E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-1.22E+5	8.52E+0	-1.15E+7	-4.59E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.26E+6	1.03E+6	-1.72E+7	-4.01E+5
Totale	-4.48E+6	1.15E+6	-4.58E+7	-4.5E+5

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	156.11	2744.72	0.04	-1.1	1
Piattabanda superiore	14.7				1
Piattabanda inferiore	9.02				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)	-4.476E+6	M _{Ed} (Nm)	-4.582E+7	N _{Ed} (N)	-4.476E+6

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

N_{Rd} (N)	-7.927E+7	M_{Rd} (Nm)	-9.054E+7	M_{Ed} (Nm)	-4.582E+7
				M_{Rd} (Nm)	-9.294E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.056	M_{Ed}/M_{Rd}	0.506	M_{Ed}/M_{Rd}	0.493
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	-0.8	0	2.5	0	0	0	0	-3	0	-3.8	0	-5.1	0.271
σ_7	0	-12.7	-30.9	-27.7	35.3	0	0	4.5	-17.1	-81.3	-21.6	-112.2	-79.2	0.202
σ_6	0	-11.3	-28.5	-27.2	32.6	0	0	4.1	-14.2	-75.2	-17.4	-103	-70	0.179
σ_5	0	-0.6	0	2.5	0	0	0	0	-2.2	0	-2.6	0	-2.9	0.155
σ_4	-99.4	-10.4	-27	-26.9	30.9	0	0	-95.5	-12.4	-71.2	-14.6	-97.2	-163.6	0.484
σ_3	-97.8	-10	-26.5	-26.7	30.4	0	0	-93.9	-11.7	-69.9	-13.7	-95.2	-160	0.473
σ_2	0	0	0	-23	0.3	0	0	0.3	-0.3	-0.8	3.3	7.8	-20	0.059
σ_1	55.1	18.5	20.6	-16	-23.1	0	0	52.6	46.1	53.1	72.5	88	176.3	0.553
σ_0	58.4	19.1	21.6	-15.7	-24.2	0	0	55.8	47.4	55.7	74.4	92	183.5	0.575

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.575 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.69 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.89 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.09 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.92 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

$$h_w/t_w = 156.111 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 56.383 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 4.649E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 1.468, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.196$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 4.092E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 5.572E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.434, \quad \lambda_{tw} = 1.912, \quad \tau_{cr} = 56.1, \quad C = 1204.8$$

$$M_{Ed} = -4.582E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -6.881E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.666$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.185E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.649E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.247, \quad (= \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.28, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.493$$

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)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.21E+3	3.33E+4	-8.12E+6	-1.01E+4
2a	-2.76E+3	1.35E+4	-3.27E+6	-1.45E+3
2b	4.07E+4	-4.56E+0	3.65E+6	5.09E+3
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.58E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.14E+4	5.68E+0	-7.7E+6	-3.06E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-7.82E+5	-1.38E+5	-1.98E+7	2.01E+4
Totale	-5.54E+6	-9.13E+4	-4.08E+7	1.06E+4

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	2	0	0	0	0	-2	0	-5.3	0	-5.9	5.9	0.298
σ_7	0	-9.4	-22.9	-24.6	25.7	0	0	2.8	-11.4	-54.2	-30.8	-142.8	-76.2	76.2	0.212
σ_6	0	-8.3	-21.1	-24	23.7	0	0	2.6	-9.5	-50.1	-25.9	-132.3	-67.7	67.7	0.188
σ_5	0	-0.5	0	2	0	0	0	0	-1.5	0	-4	0	-3.9	3.9	0.194
σ_4	-73.6	-7.7	-20	-23.6	22.5	0	0	-71.1	-8.2	-47.5	-22.7	-125.6	-135.8	135.8	0.383
σ_3	-72.4	-7.4	-19.6	-23.5	22.1	0	0	-70	-7.8	-46.6	-21.6	-123.3	-132.8	132.8	0.374
σ_2	0	0	0	-19.2	0.3	0	0	0.3	-0.2	-0.5	-2.1	-4.8	-21.5	21.7	0.061
σ_1	40.8	13.7	15.3	-11.1	-16.7	0	0	39.3	30.8	35.4	77.5	87.4	151.7	151.7	0.453
σ_0	43.2	14.2	16	-10.8	-17.6	0	0	41.7	31.6	37.2	79.6	91.9	157.8	157.8	0.471
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
τ_3	0.4	0.2	0.2	0	0	0	0	0.7	0	0	-2.7	-2.2	-2		
τ_2	0.7	0.3	0.3	0	0	0	0	1	0	0	-2.7	-2.8	-1.7		
τ_1	0.6	0.2	0.2	0	0	0	0	0.9	0	0	-2.1	-2.4	-1.2		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.471 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.38 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.55 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.93 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.87 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica a stato limite delle tensioni (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.21E+3	3.33E+4	-8.12E+6	-1.01E+4
2a	-2.76E+3	1.35E+4	-3.27E+6	-1.45E+3
2b	4.2E+4	4.59E+4	4.18E+6	-2.38E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.58E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.14E+4	5.68E+0	-7.7E+6	-3.06E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	8.36E+5	7.61E+5	-1.27E+7	-2.97E+5
Totale	-3.92E+6	8.54E+5	-3.32E+7	-3.36E+5

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 – Viadotto San Leonardo

σ_8	0	-0.6	0	2.1	0	0	0	0	-2	0	-2.9	0	-3.4	3.4	0.169
σ_7	0	-9.4	-22.9	-23.1	29.4	0	0	6.6	-11.4	-54.2	-16.3	-83.7	-60.2	60.2	0.167
σ_6	0	-8.3	-21.1	-22.7	27.2	0	0	6.1	-9.5	-50.1	-13.1	-77	-53.6	53.6	0.149
σ_5	0	-0.5	0	2.1	0	0	0	0	-1.5	0	-2	0	-1.8	1.8	0.091
σ_4	-73.6	-7.7	-20	-22.4	25.8	0	0	-67.8	-8.2	-47.5	-11.1	-72.6	-123	123	0.346
σ_3	-72.4	-7.4	-19.6	-22.3	25.3	0	0	-66.7	-7.8	-46.6	-10.4	-71.2	-120.4	123.6	0.348
σ_2	0	0	0	-19.2	0.3	0	0	0.3	-0.2	-0.5	2.2	5.2	-17.2	33.6	0.095
σ_1	40.8	13.7	15.3	-13.3	-19.2	0	0	36.8	30.8	35.4	53.5	64.6	125.5	127.4	0.38
σ_0	43.2	14.2	16	-13.1	-20.2	0	0	39.1	31.6	37.2	54.9	67.5	130.7	130.7	0.39
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0.3		
τ_3	0.4	0.2	0.2	0.8	0.7	0	0	1.4	0	0	14.6	11.9	16.2		
τ_2	0.7	0.3	0.3	0.9	0.9	0	0	1.9	0	0	14.8	15.5	16.7		
τ_1	0.6	0.2	0.2	0.7	0.8	0	0	1.7	0	0	11.4	13.3	12.9		
τ_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.39 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.48 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.63 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.37 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.81 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.21E+3	3.33E+4	-8.12E+6	-1.01E+4
2a	-2.76E+3	1.35E+4	-3.27E+6	-1.45E+3
2b	4.07E+4	-4.56E+0	3.65E+6	5.09E+3
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.58E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.14E+4	5.68E+0	-7.7E+6	-3.06E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	4.96E+4	-9.69E+4	-1.11E+7	1.14E+4
Totale	-4.71E+6	-5.01E+4	-3.21E+7	1.91E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	-0.6	0	1.9	0	0	0	0	-2	0	-2.8	0	-3.4
σ_7	0	-9.5	-24.5	-25.7	27.5	0	0	3	-11.4	-58.1	-15.9	-82.5	-62.6
σ_6	0	-8.5	-22.7	-25.1	25.5	0	0	2.8	-9.5	-53.8	-13.2	-76.4	-56.2
σ_5	0	-0.5	0	2	0	0	0	0	-1.4	0	-2	0	-2
σ_4	-82.9	-7.8	-21.5	-24.6	24.2	0	0	-80.2	-8.2	-51.1	-11.4	-72.5	-134.9
σ_3	-81.6	-7.6	-21.1	-24.5	23.8	0	0	-78.9	-7.8	-50.2	-10.8	-71.2	-132.3
σ_2	0	0	0	-20	0.3	0	0	0.3	-0.2	-0.5	0.1	0.3	-20.1
σ_1	40.3	13.6	15	-11.6	-16.5	0	0	38.8	30.8	34.9	44.9	51.3	117.9
σ_0	42.9	14.1	15.8	-11.4	-17.4	0	0	41.3	31.6	36.7	46	53.9	123.2

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 = 1.48 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.45 N/mm²

- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.98 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Mmin)

Anima	
b (mm)	2810
σ_{sup} (N/mm ²)	-131.39
σ_{inf} (N/mm ²)	118.05
σ_{Ed} (N/mm ²)	131.39
K_{σ}	21.36
σ_{cr0E} (N/mm ²)	7.8
τ_{Ed} (N/mm ²)	0.89
$\sigma_{cr}(P)$ (N/mm ²)	166.51
$\sigma_{cr}(C)$ (N/mm ²)	3.61
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	166.51
K_{τ}	7.2
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.789
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

SLE: Verifica a web breathing (Comb. Vmax)

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.21E+3	3.33E+4	-8.12E+6	-1.01E+4
2a	-2.76E+3	1.35E+4	-3.27E+6	-1.45E+3
2b	4.2E+4	4.59E+4	4.18E+6	-2.38E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.58E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.14E+4	5.68E+0	-7.7E+6	-3.06E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.55E+4	4.47E+5	-8.24E+6	-1.64E+5
Totale	-4.77E+6	5.4E+5	-2.87E+7	-2.02E+5

Tensioni normali sulla sezione efficace (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_8	0	-0.6	0	2	0	0	0	0	-2	0	-2.1	0	-2.7
σ_7	0	-9.5	-24.6	-24.3	31.7	0	0	7.1	-11.4	-58.4	-12	-62	-57.1
σ_6	0	-8.5	-22.8	-23.8	29.4	0	0	6.6	-9.4	-54.2	-9.9	-57.5	-51.6
σ_5	0	-0.5	0	2	0	0	0	0	-1.4	0	-1.5	0	-1.4
σ_4	-83.8	-7.8	-21.7	-23.5	27.9	0	0	-77.6	-8.2	-51.4	-8.6	-54.6	-131.9
σ_3	-82.5	-7.6	-21.3	-23.4	27.4	0	0	-76.4	-7.8	-50.5	-8.1	-53.6	-129.4
σ_2	0	0	0	-20.1	0.3	0	0	0.3	-0.2	-0.5	0	-0.1	-20.3
σ_1	40.1	13.6	15	-14	-18.9	0	0	36.2	30.8	34.8	33.2	37.7	103.8
σ_0	42.7	14.1	15.8	-13.8	-19.9	0	0	38.6	31.7	36.6	34.1	39.6	108.8

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.4 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.56 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.66 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.41 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Verifica dell'intera anima (Comb. Vmax)

<i>Anima</i>	
b (mm)	2810
σ_{sup} (N/mm ²)	-128.52
σ_{inf} (N/mm ²)	103.96
σ_{Ed} (N/mm ²)	128.52
K_{σ}	19.3
σ_{cr0E} (N/mm ²)	7.8
τ_{Ed} (N/mm ²)	9.65
σ_{cr} (P) (N/mm ²)	150.45
σ_{cr} (C) (N/mm ²)	3.61
ξ	1
σ_{cr} (N/mm ²)	150.45
K_{τ}	7.2
$K_{\tau sl}$	0
Coefficienti di utilizzo	0.875
Esito	VERIFICA SODDISFATTA

Verifica connessione trave soletta

Caratteristiche generali

Numero di pioli per unita' di lunghezza, n (m ⁻¹)	15
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. Vmax)

Resistenza di progetto per unita' di lunghezza, $v_{Rd} = n P_{Rd} \kappa_s$ (N/mm)	1224.8
Fattore di riduzione, κ_s	1.00
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	346.9
Coefficiente di utilizzo v_{Ed} / v_{Rd}	0.283
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	1.824E+4	1.163E+8	4.351E+11	4.9
Fase 2b	5.514E+4	1.184E+8	4.393E+11	14.9
Fase 2c	0E+00	1.05E+8	4.123E+11	0
Fase 3a	8.517E+0	1.785E+8	5.607E+11	0
Fase 3b	1.028E+6	1.785E+8	5.607E+11	327.1
Totale				346.9

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)	734.9
---	-------

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Fattore di riduzione, κ_s	0.6
Flusso di taglio all'interfaccia acciaio calcestruzzo v_{Ed} (N/mm)	258.3
Coefficiente di utilizzo v_{Ed}/v_{Rd}	0.351
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	1.351E+4	1.163E+8	4.351E+11	3.6
Fase 2b	4.595E+4	1.184E+8	4.393E+11	12.4
Fase 2c	0E+00	1.05E+8	4.123E+11	0
Fase 3a	5.678E+0	1.785E+8	5.607E+11	0
Fase 3b	7.612E+5	1.785E+8	5.607E+11	242.3
Totale				258.3

Verifiche allo stato limite di fatica

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.21E+3	3.33E+4	-8.12E+6	-1.01E+4
2a	-2.76E+3	1.35E+4	-3.27E+6	-1.45E+3
2b	4.33E+4	-1.63E+0	4.7E+6	5.13E+3
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.58E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	5.48E+4	-3.56E+0	4.92E+6	2.08E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	-4.08E+4	3.91E+4	7.65E+5	-2.18E+4
3b max	2.07E+4	8.57E+3	-3.91E+6	-4.52E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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	-0.6	0	2.2	0	0	0	1.3	0	0.2	0	-1	0	3	0	1.9	0	0
σ_7	0	-9.4	-22.9	-21.6	33.1	0	0	7.3	34.7	1	5.1	-5.6	-27.1	-22.7	50	-29.4	17.8	53.4
σ_6	0	-8.3	-21.1	-21.4	30.6	0	0	6.1	32.1	0.8	4.7	-4.6	-25.1	-22.8	46.2	-28.3	16.5	29.7
σ_5	0	-0.5	0	2.2	0	0	0	0.9	0	0.1	0	-0.7	0	2.8	0	1.9	0	0
σ_4	-73.6	-7.7	-20	-21.2	29	0	0	5.3	30.4	0.7	4.4	-4	-23.7	-96.5	-29.9	-101.2	-58	28.1
σ_3	-72.4	-7.4	-19.6	-21.1	28.4	0	0	5	29.8	0.6	4.3	-3.8	-23.3	-95.3	-29.5	-99.8	-57.1	27.6
σ_2	0	0	0	-19.2	0.3	0	0	0.1	0.3	-0.1	-0.3	0.1	0.1	-19.1	0.4	-19	0.7	0.4
σ_1	40.8	13.7	15.3	-15.5	-21.7	0	0	-19.7	-22.6	-3.2	-3.8	15.8	18.4	16.2	8	35.2	30.2	22.2
σ_0	43.2	14.2	16	-15.4	-22.7	0	0	-20.2	-23.7	-3.3	-4	16.2	19.2	18.6	8.8	38	32	23.2
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
τ_3	0.4	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0.8	0.6	0.2	0.1	1.4	1.4	0.9	0.9	0.6
τ_2	0.7	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.2	0.2	1.7	1.7	1.1	1.1	0.6
τ_1	0.6	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0.6	0.7	0.1	0.2	1.4	1.4	1	1	0.5
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 = 3.02 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 2.77 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 = 1.86 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 1.93 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata (m.)

Sollecitazioni per dettagli di carpenteria e pioli (Comb. Vmax)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	4.21E+3	3.33E+4	-8.12E+6	-1.01E+4
2a	-2.76E+3	1.35E+4	-3.27E+6	-1.45E+3
2b	4.2E+4	4.59E+4	4.18E+6	-2.38E+4
Rit.Iso	-4.72E+6	0	-5.58E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	-8.14E+4	5.68E+0	-7.7E+6	-3.06E+3
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b max	1.78E+4	1.72E+5	-3.6E+6	-4.48E+4
3b max	1.78E+4	-1.72E+5	-3.6E+6	4.47E+4

Tensioni normali sulla sezione lorda per dettagli di carpenteria e pioli (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. 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	-0.6	0	2.1	0	0	0	-2	0	-0.9	0	-0.9	0	-1.4	0	-1.4	0	0
σ_7	0	-9.4	-22.9	-23.1	29.4	0	0	-11.4	-54.2	-5.2	-25	-5.2	-25	-49.1	-72.6	-49.1	-72.6	0
σ_6	0	-8.3	-21.1	-22.7	27.2	0	0	-9.5	-50.1	-4.3	-23.1	-4.3	-23.1	-44.8	-67.1	-44.8	-67.1	0
σ_5	0	-0.5	0	2.1	0	0	0	-1.5	0	-0.7	0	-0.7	0	-0.5	0	-0.5	0	0
σ_4	-73.6	-7.7	-20	-22.4	25.8	0	0	-8.2	-47.5	-3.7	-21.9	-3.7	-21.9	-115.6	-137.2	-115.6	-137.2	0
σ_3	-72.4	-7.4	-19.6	-22.3	25.3	0	0	-7.8	-46.6	-3.5	-21.5	-3.5	-21.5	-113.5	-134.8	-113.5	-134.8	0
σ_2	0	0	0	-19.2	0.3	0	0	-0.2	-0.5	0	0.1	0	0.1	-19.3	-0.1	-19.3	-0.1	0
σ_1	40.8	13.7	15.3	-13.3	-19.2	0	0	30.8	35.4	14.5	16.9	14.5	16.9	86.5	89.2	86.5	89.2	0
σ_0	43.2	14.2	16	-13.1	-20.2	0	0	31.6	37.2	14.9	17.7	14.9	17.7	90.8	93.9	90.8	93.9	0
τ_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	-0.1	0	0.1	0.1	0	0	0.1
τ_3	0.4	0.2	0.2	0.8	0.7	0	0	0	0	3.3	2.7	-3.3	-2.7	4.9	4.9	-1.8	-1.8	6.6
τ_2	0.7	0.3	0.3	0.9	0.9	0	0	0	0	3.4	3.5	-3.4	-3.5	5.2	5.2	-1.5	-1.5	6.7
τ_1	0.6	0.2	0.2	0.7	0.8	0	0	0	0	2.6	3	-2.6	-3	4.1	4.1	-1	-1	5.2
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 = -1.4 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = -0.47 N/mm²
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = -1.4 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = -0.47 N/mm²
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Non 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:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	1.99 x 0.928 x 1 x 1 = 1.847 < 2 (Campata)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	2.386 x 0.928 x 1 x 1 = 2.214 (Campata)
Dati per il calcolo di λ_1	Collocazione della sezione:	(Campata)
	Luce per il momento (m):	66
	Luce per il taglio (m):	26.4
Dati per il calcolo di λ_2, λ_{v2}	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

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

	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, λ_{v3}	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
Fattore equivalente di danno per i pioli:	$\lambda_v = \lambda_{v1} * \lambda_{v2} * \lambda_{v3} * \lambda_{v4} =$	$1.55 \times 0.953 \times 1 \times 1 = 1.477$
Coefficienti parziali di sicurezza per i pioli:	γ_{Ff}	1
	γ_{Mf}	1.15

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	51.96	92.593	0.561
Piattabanda inferiore	42.916	92.593	0.463
Anima	1.317	74.074	0.018
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.964 \times 112 = 108 \text{ N/mm}^2$	51.963	79.992	0.65
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	42.916	69.637	0.616
Attacco anima-piattabanda superiore	50.982	82.963	0.615
Attacco anima-piattabanda inferiore	40.953	82.963	0.494
Attacco irrigidente verticale - anima	50.982	59.259	0.86
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	50.982	59.259	0.86
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	40.953	59.259	0.691
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

	$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}$	$\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u.
Piattabanda superiore	0	92.593	0
Piattabanda inferiore	0.001	92.593	0
Anima	14.873	74.074	0.201
Giunzione piattabanda superiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.964 \times 112 = 108 \text{ N/mm}^2$	0	79.992	0
Giunzione piattabanda inferiore $\Delta\sigma_{c,red} = k_s * \Delta\sigma_c = 0.839 \times 112 = 94 \text{ N/mm}^2$	0.001	69.637	0
Attacco anima-piattabanda superiore	0	82.963	0
Attacco anima-piattabanda inferiore	0.001	82.963	0
Attacco irrigidente verticale - anima	0.001	59.259	0
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	0	59.259	0
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	0.001	59.259	0
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima			
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

Verifica a fatica dei pioli

Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)

$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	$= 1 * 3.37 / (90 / 1.15) = 0.043$
$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	$= 1 * 51.96 / (80 / 1.35) = 0.877(*)$
$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} / (\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	$= 0.043 + 0.877 = 0.92(*)$
VERIFICA SODDISFATTA	

(*) Verifica non significativa (Piattabanda superiore compressa)

RELAZIONE DI CALCOLO – Viadotto San Leonardo

Coefficienti di utilizzo (Comb. Vmax)

$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) \leq 1$	= $1 * 38.12 / (90 / 1.15) = 0.487$
$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1$	= $1 * 0 / (80 / 1.35) = 0(*)$
$\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E,2} / (\Delta \tau_c / \gamma_{Mf,s}) + \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} / (\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}) \leq 1.3$	= $0.487 + 0 = 0.487(*)$
VERIFICA SODDISFATTA	

(*) Verifica non significativa (Piattabanda superiore compressa)