



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA
DETERMINATASI NEL SETTORE DEL TRAFFICO E DELLA MOBILITÀ NEL
TERRITORIO DELLE PROVINCE DI TREVISO E VICENZA

SUPERSTRADA A PEDAGGIO PEDEMONTANA VENETA

CONCESSIONARIO



SPV srl
Via Inverio, 24/A
10146 Torino

Società di progetto ai sensi dell'art. 156 D.LGS 163/06
subentrato all'ATI



SIS Scpa
Via Inverio, 24/A
10146 Torino

Consorzio Stabile fra le Imprese:



Sacyr Construcción S.A.U. INC S.p.A.



SIPAL S.p.A.

INFRAESTRUCTURAS S.A.
Paseo de la Castellana, 63-65
28048 Madrid

PROGETTISTA



SIPAL

Your global engineering partner

SIPAL S.p.A.
Via Inverio, 24/A
10146 Torino



RESPONSABILE PROGETTAZIONE



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO
1211 Dott. Ing. Claudio Dogliani

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE



SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA E DELLE OPERE CIVILI



COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE



GEOLOGO



N. Progr. _____
CARTELLA N. _____

PROGETTO DEFINITIVO
(C.U.P. H51B03000050009)

LOTTO 3 - TRATTA "C"
dal Km. 74+075 al Km 75+625

TITOLO ELABORATO:

**PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA
OPERE D'ARTE MINORI: OPERE DI ATTRAVERSAMENTO
CAVALCAVIA VIA FELTRINA
Relazione di calcolo carpenteria metallica**

P V D S R A P C A 3 C 0 0 1 - 0 0 1 0 0 0 1 R A 0

SCALA: -

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
0	PRIMA EMISSIONE	SETECO	24/03/2014	SIPAL	26/03/2014	SIS	28/03/2014

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Giuseppe FASIOL

IL COMMISSARIO:

Ing. Silvano VERNIZZI

VALIDAZIONE:

PROTOCOLLO : _____

DEL: _____

INDICE

1	<u>GENERALITÀ</u>	<u>4</u>
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
1.2	CONSIDERAZIONE DI PROGETTO	5
1.2.1	FASI DI CALCOLO	5
1.2.2	DURABILITÀ DELL'IMPALCATO	6
1.2.3	ANALISI STRUTTURALE.....	7
1.2.4	COMBINAZIONI DI CARICO	10
1.3	PROCEDURA DI VERIFICA.....	17
1.3.1	VERIFICA DI RESISTENZA.	17
1.3.2	VERIFICHE DI STABILITÀ DELL'ANIMA	19
2	<u>NORMATIVA.....</u>	<u>20</u>
3	<u>MATERIALI IMPIEGATI, UNITÀ DI MISURA RESISTENZE DI PROGETTO</u>	<u>21</u>
3.1	MATERIALI	21
3.2	UNITÀ DI MISURA.....	23
3.3	RESISTENZE DI PROGETTO	23
4	<u>CARICHI DI PROGETTO.....</u>	<u>25</u>
4.1	ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	25
4.2	CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLE AZIONI SULLA STRUTTURA.....	25
4.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	26
4.4	CARATTERISTICHE DEI CARICHI.....	26
5	<u>ANALISI DEI CARICHI.....</u>	<u>27</u>
5.1	CARICHI PERMANENTI	28
5.1.1	FASE 1 – G1	28
5.1.2	FASE 2 – G2	29
5.2	CARICHI MOBILI – Q1K E Q1K	30
5.2.1	RIPARTIZIONE LONGITUDINALE DEI CARICHI	31
5.2.2	RIPARTIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI MOBILI.....	33
5.3	RITIRO.....	37
5.3.1	RITIRO E VISCOSITÀ DEL CALCESTRUZZO	37
5.3.2	CARICHI DA RITIRO	39
5.4	VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE	40
5.5	EFFETTI DEI CEDIMENTI.....	41
5.6	EFFETTI DELLA FRENATURA Q3.....	41
5.7	EFFETTI DELLA CENTRIFUGA – Q4.....	41
5.8	AZIONI DEL VENTO Q5	42
5.8.1	VENTO A PONTE SCARICO	42
5.8.2	VENTO A PONTE CARICO	44
5.8.3	VENTO IN FASE DI MONTAGGIO	45
5.9	AZIONI SISMICHE Q6	47
5.10	RESISTENZE PASSIVE DEI VINCOLI Q7.....	47
5.11	URTO DI VEICOLO IN SVIO Q8.....	47

6	<u>ANALISI STRUTTURALE</u>	48
6.1	DISCRETIZZAZIONE DELLA STRUTTURA	48
6.1.1	NODI.....	48
6.1.2	ELEMENTI	48
6.1.3	MODELLO DI CALCOLO	49
6.2	LARGHEZZE COLLABORANTI DI ANALISI E VERIFICA	52
6.3	CARATTERISTICHE STATICHE DELLE SEZIONI	53
6.3.1	TABELLA DI RIFERIMENTO SEZIONI DI ANALISI	53
6.3.2	CARATTERISTICHE STATICHE SEZIONI D'ANALISI	54
6.3.3	PROPRIETÀ STATICHE DIAFRAMMI.....	58
6.4	ANALISI GLOBALE E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	59
6.1	PROCEDURA DI VERIFICA	59
6.2	MASSIME AZIONI INTERNE	59
6.2.1	SOLLECITAZIONI DI VERIFICA	59
6.2.2	DIAGRAMMA DELLE MASSIME E MINIME SOLLECITAZIONI DI VERIFICA.....	59
7	<u>VERIFICHE DI RESISTENZA</u>	63
7.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI	63
7.2	VERIFICHE IN VERSIONE RIASSUNTIVA	66
7.3	VERIFICHE IN VERSIONE ESTESA	72
8	<u>VERIFICHE DI STABILITÀ DELLE ANIME</u>	74
8.1	VERIFICHE IN VERSIONE RIASSUNTIVA	74
8.2	VERIFICHE IN VERSIONE ESTESA	75
9	<u>VERIFICHE A FATICA</u>	76
9.1	MODELLI DI CARICO PER LE VERIFICHE A FATICA	76
9.2	CATEGORIE DI DETTAGLIO E CURVE S-N	78
9.3	VERIFICHE PER VITA A FATICA ILLIMITATA	80
9.3.1	IRRIGIDENTI TRASVERSALI SALDATI ALLE PIATTABANDE.....	81
9.3.2	SALDATURE DEI PIOLI ALLE PIATTABANDE SUPERIORI.....	82
9.3.3	SALDATURA DI COMPOSIZIONE DELLE TRAVI PRINCIPALI	82
9.3.4	GIUNTI SALDATI DELLE TRAVI PRINCIPALI	83
9.4	VERIFICHE IN VERSIONE RIASSUNTIVA	84
9.5	VERIFICHE IN VERSIONE ESTESA	87
10	<u>VERIFICHE INTEGRATIVE</u>	89
10.1	VERIFICA DELLA CONTROVENTATURA DI MONTAGGIO	89
10.2	VERIFICA DELLA PIATTABANDA SUPERIORE IN FASE DI MONTAGGIO	91
10.2.1	VERIFICA A SVERGOLAMENTO	91
10.2.2	VERIFICA AD IMBOZZAMENTO	93
10.3	VERIFICA SALDATURE DI COMPOSIZIONE	95
11	<u>IRRIGIDENTI</u>	96
11.1	IRRIGIDENTI LONGITUDINALI E TRASVERSALI CONCI C1	96

11.2	<u>IRRIGIDENTI LONGITUDINALI E TRASVERSALI CONCI C2</u>	99
12	<u>FRECCE E CONTROMONTE</u>	102
13	<u>CONNETTORI</u>	103
13.1	VALUTAZIONE PORTATA A TAGLIO DEI CONNETTORI	103
13.2	VERIFICA CONNETTORI TRAVI PRINCIPALI	104
14	<u>DIAFRAMMI INTERMEDI E DI SPALLA</u>	105
14.1	MASSIME SOLLECITAZIONI PER EFFETTO GLOBALE NEI DIAFRAMMI INTERMEDI	106
14.1.1	MOMENTO FLETTENTE	106
14.1.2	TAGLIO.....	108
14.2	MASSIMA REAZIONE ORIZZONTALE TRASVERSALE DA VENTO	110
14.3	SOLLECITAZIONI DI VERIFICA DEI DIAFRAMMI	111
14.4	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI DEI DIAFRAMMI SPALLA	112
14.4.1	VERIFICA BRIGLIA SUPERIORE	112
14.4.2	VERIFICA BRIGLIA INFERIORE.....	113
14.4.3	VERIFICA DIAGONALI.....	114
14.5	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI DEI DIAFRAMMI INTERMEDI	115
14.5.1	VERIFICA BRIGLIA SUPERIORE	115
14.5.2	VERIFICA BRIGLIA INFERIORE.....	116
14.5.3	VERIFICA DIAGONALI.....	117
14.6	VERIFICA DEI GIUNTI DIAFRAMMI SPALLA	118
14.6.1	BRIGLIA SUPERIORE.....	118
14.6.2	BRIGLIA INFERIORE.....	118
14.6.3	DIAGONALI	119
14.7	VERIFICA DEI GIUNTI DIAFRAMMI INTERMEDI	120
14.7.1	BRIGLIA SUPERIORE.....	120
14.7.2	BRIGLIA INFERIORE.....	120
14.7.3	DIAGONALI	121
15	<u>CARICHI SUGLI APPOGGI</u>	122
15.1	DISPOSIZIONE APPOGGI	122
15.2	SPALLA 1	123
15.2.1	SCHEMA DI VINCOLO	123
15.2.2	REAZIONI ELEMENTARI.....	124
15.3	SPALLA 2	125
15.3.1	SCHEMA DI VINCOLO	125
15.3.2	REAZIONI ELEMENTARI.....	126
16	<u>VERIFICA DELLE NERVATURE SULL'APPOGGIO DI SPALLA</u>	127

⊞ - ⊞ - ⊞ - ⊞ - ⊞

1 GENERALITÀ

1.1 Descrizione dell'opera

Nel presente documento si riportano i calcoli relativi al cavalcavia via Feltrina.

Il viadotto, di prima categoria, è realizzato in sistema misto acciaio-clt con schema statico di trave in semplice appoggio di luce media pari a 42.61 m in asse appoggi.

L'andamento planimetrico del viadotto è rettilineo con spalle e diaframmi inclinati rispetto all'andamento longitudinale del ponte con pendenze differenti

Le caratteristiche principali della piattaforma stradali sono così riassunte:

- larghezza complessiva di 13.00 m;
- larghezza del cordolo: 1.25 m;
- larghezza complessiva della carreggiata pari a 10.5 m;

Gli elementi di arredo sono costituiti dai guard rail e dalle barriera

La parte metallica dell'impalcato è costituita da:

- tre travi principali a doppio T di altezza pari a 2.40 m e con interasse di 4.5 m;
- diaframmi trasversali reticolari disposti ad interasse massimo di circa 6.2 m;
- una controventatura superiore parziale per stabilizzare la struttura in fase di montaggio.

Infine la sezione trasversale del ponte è completata da una soletta con spessore di 28 cm (di cui 6 cm di dalla), gettata su lastre prefabbricate e connessa alla carpenteria metallica tramite connettori tipo Nelson.

La soletta in calcestruzzo armato collaborante con le travi, garantisce, insieme ai traversi, la ripartizione dei carichi tra le travi dell'impalcato in esame

Lo schema di vincolo alle sottostrutture prevede l'impiego di isolatori sismici per la realizzazione di tutti gli appoggi.

1.2 Considerazione di progetto

1.2.1 Fasi di calcolo

La struttura è concepita, in esercizio, come un graticcio di travi unite trasversalmente da diaframmi posti ad interasse tipico di circa 6.10 m.

È presente una controventatura superiore per la fase di montaggio.

Come premesso, lo schema statico globale è di trave in semplice appoggio di luce media pari a 42.61 m.

Ai fini della stabilità d'anima vengono predisposti irrigidenti trasversali con passo massimo di circa 3.10 m.

Come prescritto dai regolamenti vigenti, pur predisponendo opportune contromonte d'officina, si limiteranno gli indici di deformabilità della struttura. In particolare, si controllerà che le frecce indotte dai carichi permanenti, prima e seconda fase, siano contenute entro il valore di $L/150$; quello effetto dei carichi mobili, terza fase, entro i limiti di $L/500$

Trattandosi, nel funzionamento globale dell'impalcato, di un sistema misto acciaio-clc, le azioni agenti vengono suddivise in tre fasi, corrispondenti al grado di maturazione del getto di clc, e quindi ai diversi livelli di rigidità e caratteristiche statiche delle sezioni.

Fase 1 : considera il peso proprio della struttura metallica, delle lastre prefabbricate e del getto della soletta che, in questa fase, è ancora inerte.

La sezione resistente corrisponde alla sola parte metallica.

Fase 2 : considera i successivi carichi permanenti applicati alla struttura (pavimentazione, G.R. ecc.) ai quali corrisponde invece una sezione resistente mista acciaio - calcestruzzo.

Per tenere in considerazione i fenomeni " lenti " che accompagnano questa fase, imputabili alla viscosità del calcestruzzo, si adotta un valore del modulo elastico del calcestruzzo corrispondente a quello suggerito dalla normativa, che si traduce, per le verifiche condotte con il metodo degli stati limiti, a considerare un valore del coefficiente di omogeneizzazione " n " pari a 17.67.

Anche gli effetti del ritiro sono da considerarsi " lenti " in quanto concomitanti agli effetti viscosi, e vengono pertanto anch'essi valutati con le caratteristiche di resistenza della sezione della fase 2.

In particolare gli effetti del ritiro sull'intera struttura del viadotto vengono tradotti con un 'azione di compressione accompagnata dal relativo momento flettente di trasporto dovuto all'eccentricità baricentro soletta - baricentro sezione mista ed applicate all'estremità della struttura per valutarne le successive ridistribuzioni.

Fase 3 : corrisponde al transito dei carichi accidentali.

Le sollecitazioni nella sezione resistente acciaio - calcestruzzo vengono calcolate considerando il rapporto tra i moduli elastici effettivi dei due materiali, che vale 6.24, per la classe di resistenza del calcestruzzo ipotizzata Rck 400.

Particolare attenzione viene rivolta alla determinazione delle lunghezze delle stese di carico per ottenere in ciascuna sezione la condizione di massimo valore di taglio, di momento flettente o di momento torcente.

In tale fase si tiene inoltre conto degli effetti dovuti alla variazione termica differenziale che si traduce in un'azione normale lungo l'asse del viadotto e relativo momento flettente di trasporto dovuto all'eccentricità baricentro soletta – baricentro sezione mista.

1.2.2 Durabilità dell'impalcato

La durabilità della soletta d'impalcato va garantita in modo particolare in considerazione del volume di traffico previsto e della localizzazione dell'opera.

Per conseguire tale obiettivo vengono adottate le precauzioni seguenti:

- classe elevata di cls.: Rck > 400 kg/cm²
- copriferro netto ≥ 3 cm
- armatura fitta in zona tesa, con passo max di 10 cm

1.2.3 *Analisi strutturale*

Il viadotto in oggetto è stato studiato analizzando un modello strutturale a graticcio di travi dotato di inerzie flessionali e torsionali variabili a seconda della fase. In particolare ad ogni elemento trave sono state assegnate aree, inerzie orizzontali e verticali, in base alla sezione in acciaio e alla relativa larghezza collaborante di analisi.

La larghezza di soletta collaborante, necessaria per la determinazione delle caratteristiche geometriche delle sezioni in fase 2 e fase 3 è stata determinata in accordo con il **D.M. 14.01.2008**.

L'origine del modello numerico è stata assunta in corrispondenza della spalla A.

I nodi di schema corrispondono a punti caratteristici della struttura quali irrigidenti, giunti, e diaframmi.

Nel modello discreto in corrispondenza dei nodi di diaframma sono state posti degli elementi trave, ortogonali all'asse dell'impalcato, dotati di proprie caratteristiche statiche, volti a ripartire i carichi flettenti tra i due fili strutturali.

L'analisi statica è stata eseguita impiegando il metodo elastico

L'estrapolazione delle sollecitazioni nei punti sopra menzionati consente così di effettuare rapidamente sia le verifiche ad imbozzamento dei pannelli di anima sia le verifiche dei giunti bullonati delle travi principali, ove presenti.

L'analisi strutturale delle travi principali e dei diaframmi è stata eseguita tramite il codice di calcolo SAP 2000 impiegando i seguenti files di studio:

FASE1 : file di analisi di **FASE I**

- carico di peso proprio Acciaio + Soletta
- caratteristiche statiche del solo acciaio

FASE2 : file di analisi di **FASE II**

- carico di pavimentazione, marciapiedi e guard-rails
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 17.67$

RITIRO : file di analisi di **FASE II**

- effetti di ritiro
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 17.67$

TERMIC : file di analisi di **FASE III**

- effetti dovuti a variazione termica differenziale
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

FITTIZ : file fittizio di analisi di **FASE III**

- carico nullo
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

Effetti del massimo carico verticale su trave 1 (trave lato marciapiede):**MDeM01** : file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti flettenti di max M+ in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

MDeV01 : file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti taglianti massimi in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

Effetti del massimo carico verticale su trave 201 (trave lato cordolo):**MDiM01** : file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti flettenti di max M+ in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

MDiV01 : file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti taglianti massimi in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

Effetti del massimo carico torcente su trave 1 (trave lato marciapiede):**T3EM01** : file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti flettenti di max M+ in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

T3EV01 : file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti taglianti massimi in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

Effetti del massimo carico torcente su trave 201 (trave lato cordolo):**T3IM01** : file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti flettenti di max M+ in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

T3IV01 : file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti taglianti massimi in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

Effetti del massimo carico verticale su trave 101 (trave centrale):**C3EM01**: file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti flettenti di max M+ in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

C3EV01: file di analisi di **FASE III**

- varie c.d.c. dovute alle diverse porzioni del carico mobile come schematizzato successivamente
- effetti taglianti massimi in campata 1
- caratteristiche statiche di Acciaio + Soletta con $n = 6.24$

1.2.4 Combinazioni di carico

In accordo con i paragrafi. 2.5.3 e 5.1.3.12 del DM 14/01/2008 si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si dovranno considerare, generalmente, le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV.

Tabella 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione $2,5 \text{ kN/m}^2$
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				
(*) Ponti di 3 ^a categoria						
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)						
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali						

La Tab. 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

Nella Tab. 5.1.V il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
 γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
 γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
 γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a $\gamma_P=1$

Altri valori di coefficienti parziali sono riportati nel Cap. 4 con riferimento a particolari azioni specifiche dei diversi materiali.

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI.

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00
⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO. ⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti. ⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna ⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali					

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

<i>Azioni</i>	<i>Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)</i>	<i>Coefficiente ψ_0 di combinazione</i>	<i>Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)</i>	<i>Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)</i>
<i>Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)</i>	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
<i>Vento q_5</i>	Vento a ponte scarico			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
<i>Neve q_5</i>	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
<i>Temperatura</i>	T_k	0,6	0,6	0,5

Per le opere di luce maggiore di 300 m è possibile modificare i coefficienti indicati in tabella previa autorizzazione del Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture, sentito il Consiglio Superiore dei lavori pubblici.

Nelle suddette combinazioni si trascurano le azioni del vento, della frenatura e della forza centrifuga, perché gli effetti che ne conseguono sono trascurabili ai fini della verifica delle membrature principali.

Ai fini del contenimento dei quantitativi di dati di output sono stati inseriti nella presente relazione i risultati sintetici ottenuti con un post-processore del SAP 2000 il WININVPLUS.

Il suddetto programma memorizza per ogni asta gli effetti massimi richiesti e le caratteristiche di sollecitazione associate, operando automaticamente una scelta fra tutti i files e le c.d.c. presentate come FASE III.

Per ogni elemento selezionato vengono quindi stampate tutte le caratteristiche di sollecitazione, associate alla caratteristica massimizzata, per ogni fase di carico.

Per ogni asta selezionata vengono quindi stampate tutte le caratteristiche di sollecitazione, associate alla caratteristica massimizzata, per ogni fase di carico.

Gli elementi forniti sono i seguenti:

- numero asta
- lunghezza asta
- fase di carico

RUN: identificazione del file nella singola fase che massimizza la caratteristica di sollecitazione selezionata

CC: condizione di carico nel file precedentemente definito

Ascissa: ascissa nell'asta in cui si verifica la caratteristica di sollecitazione.

N: carico assiale

V_2 : taglio secondo l'asse 2

M_{33} : momento intorno all'asse 3

V_3 : taglio secondo l'asse 3

M_{22} : momento intorno all'asse 2

T: momento torcente

I files riepilogativi contenenti le combinazioni dei carichi utilizzati per le verifiche di resistenza e stabilità delle travi principali sono i seguenti:

<i>Nome file riepilogativo</i>	<i>Coefficiente moltiplicativo</i>	<i>Files base</i>
<i>M22_SLU.SUM</i>	1.35	<i>FASE1.OUT</i>
	1.50	<i>FASE2.OUT</i>
	1.20	<i>CED+(*)</i>
	1.20	<i>CED-(*)</i>
	1.20	<i>RITIRO.OUT</i>
	1.20	<i>TERMICA.OUT</i>
	1.35	<i>FASE3+ (*)</i>
	1.35	<i>FASE3- (*)</i>
<i>V3_SLU.SUM</i>	1.35	<i>FASE1.OUT</i>
	1.50	<i>FASE2.OUT</i>
	1.20	<i>CED+(*)</i>
	1.20	<i>CED-(*)</i>
	1.20	<i>RITIRO.OUT</i>
	1.20	<i>TERMICA.OUT</i>
	1.35	<i>FASE3+ (*)</i>
	1.35	<i>FASE3- (*)</i>

(*) I files base CED+, CED-, FASE3+, FASE3- sono i massimi e i minimi ricavati dai files dei cedimenti e da quelli dei carichi mobili. Gli effetti dei cedimenti si considerano solo nel caso di travate continue.

I files riepilogativi contenenti le combinazioni dei carichi utilizzati per le verifiche agli stati limite d'esercizio:

<i>Nome file riepilogativo</i>	<i>Coefficiente moltiplicativo</i>	<i>Files base</i>
<i>M22_SLE.SUM</i>	1.0	<i>FASE1.OUT</i>
	1.0	<i>FASE2.OUT</i>
	1.0	<i>CED+ (*)</i>
	1.0	<i>CED- (*)</i>
	1.0	<i>RITIRO.OUT</i>
	1.0	<i>TERMICA.OUT</i>
	1.0	<i>FASE3+ (*)</i>
	1.0	<i>FASE3- (*)</i>
<i>V3_SLE.SUM</i>	1.0	<i>FASE1.OUT</i>
	1.0	<i>FASE2.OUT</i>
	1.0	<i>CED+ (*)</i>
	1.0	<i>CED- (*)</i>
	1.0	<i>RITIRO.OUT</i>
	1.0	<i>TERMICA.OUT</i>
	1.0	<i>FASE3+ (*)</i>
	1.0	<i>FASE3- (*)</i>

(*) I files base CED+, CED-, FASE3+, FASE3- sono i massimi e i minimi ricavati dai files dei cedimenti e da quelli dei carichi mobili. Gli effetti dei cedimenti si considerano solo nel caso di travate continue

1.3 Procedura di verifica

Impiegando una procedura di comprovata validità, come consentito ai punti 4.2.4.1.2 e 4.2.4.1.3.4 del DM2008 e C4.2.4.1.3.4 della circoalre applicativa, le verifiche saranno eseguite facendo riferimento al limite elastico degli elementi (*stato limite ultimo elastico*), indipendentemente dalla classificazione delle sezioni.

In tali ipotesi le verifiche di resistenza e stabilità saranno svolte con il metodo tensionale facendo riferimento alle istruzioni CNR 10011. In sostanza ciò significa considerare tutte le sezioni in classe 4 verificandone la stabilità locale senza impiegare il metodo delle larghezze efficaci.

1.3.1 Verifica di resistenza.

Lo stato limite ultimo adottato corrisponde allo stato limite elastico della sezione, ovvero il raggiungimento in un qualunque suo punto della resistenza limite elastica di calcolo.

Le verifiche di resistenza sono state condotte per tutte le sezioni del viadotto mediante un ulteriore post-processore il WINVER2010.

Questo programma legge le caratteristiche di sollecitazione dei files riepilogativi *.SUM e, servendosi di un file d'appoggio contenente tutte le indicazioni geometriche della sezione resistente, esegue le verifiche per tutte le sezioni indicate.

Il file d'appoggio tipico è *.SEZ nel quale, come detto, sono contenute le composizioni e la distribuzione dei singoli conci, la distribuzione dei conci lungo lo schema strutturale, quella dei pannelli d'anima, il numero delle travi costituenti la sezione trasversale ed il loro interasse. All'interno di questo file è inoltre possibile incrementare i carichi di fase III mediante appositi coefficienti, nonché introdurre la forza assiale dovuta al ritiro o alla variazione termica.

- **Versione sintetica** : utile per avere un quadro complessivo dello stato tensionale del viadotto (files in allegato):

- *.SNT - Max/min M22 da M22.SUM
- Max/min V3 da V3.SUM

- Nella versione sintetica sono indicati concio per concio:

- Geometria della sezione
- Max/Min tensione in ogni punto della sezione [kN/cm²]
- Max tensioni in valore assoluto nella soletta e nell'acciaio di armatura [N/cm²]

- **Versione estesa:** indicazioni di caratteristiche statiche e tensionali sezione per sezione, files *.EST, sezioni più significative. Nella stampa estesa sono riportati i seguenti dati :

- Elementi di verifica ed ascissa relativa
- Verso della caratteristica di sollecitazione massimizzata
- Composizione della sezione in acciaio
- Geometria della soletta collaborante e relativa armatura
- Caratteristiche statiche nelle varie fasi
- Effetti di ritiro
- Tensioni nelle varie fasi e globali
- Scorrimento unitario

E' presente anche una versione riassuntiva delle verifiche di resistenza (files *.max) nel quale per ogni tipo di sezione vengono riportate le massime e minime tensioni in ogni rettangolo costituente la sezione di acciaio, nella soletta e nelle armature; nella parte finale di questo file si trovano le verifiche in versione estesa delle aste nelle quali sono stati riscontrati tali valori.

1.3.2 Verifiche di stabilità dell'anima

Ove necessario le verifiche di stabilità dell'anima sono state condotte ai sensi del **DM 14.01.2008** e della **CNR 10011** per tutti i pannelli previsti mediante il post-processore **WINVERIF**.

Quest ultimo programma servendosi a sua volta del file d'appoggio *.SEZ esegue le verifiche per tutti i pannelli ed eventuali sottopannelli. Per default tutti i nodi dello schema risultano irrigiditi verticalmente ad eccezione dei nodi indicati in *.SEZ dopo la linea "NODI NON IRRIGIDITI". La suddivisione in subpannelli è sempre individuata nel file d'appoggio.

Anche per queste verifiche si forniscono stampe sintetiche ed estese.

La chiave di lettura della stampa sintetica è la seguente:

Colonna "Pannello"	: indica il pannello a destra del nodo indicato da cui prende il nome;
Colonna "Sub"	: indica i subpannelli generati dalla presenza di irrigidimenti longitudinali;
Colonna "M22"	: indica la sollecitazione massimizzata;
Colonne " β min"	: indica il valore min del coefficiente di sicurezza ai sensi della CNR 10011;
Colonne " β "	: indica il valore effettivo del coefficiente di sicurezza. Deve risultare $\beta \geq \beta$ min;
Colonne " $\sigma_{cr,rid}$, ecc"	: indicano i valori dei parametri in gioco nella verifica di stabilità.

I files ottenuti sono i seguenti:

***.IS** verifiche eseguite con le tensioni riportate nel file ***.SNT**

I suddetti files sono riportati in Allegato.

Nella stampa estesa sono riportati i seguenti dati:

- Geometria del pannello d'anima
- Tensioni ai due estremi del pannello

Per ciascun subpannello:

- Geometria
- Tensione di verifica
- Parametri di verifica
- Coefficiente di sicurezza minimo β_{min}
- Coefficiente di sicurezza effettivo β
- Confronto β , β_{min}

***.IE** - Verifiche più significative (tasso di sfruttamento della sezione)

E' presente anche una versione riassuntiva delle verifiche di imbozzamento (files *.mxi) nel quale per ogni tipo di sezione viene riportato in quale asta si ha il valore minimo del rapporto β , β_{min} ; nella parte finale di questo file si trovano le verifiche in versione estesa delle aste nelle quali sono stati riscontrati tali valori.

2 NORMATIVA

Nell'eseguire il dimensionamento dell'opera di cui alla presente relazione, si è fatto riferimento alla seguente normativa tecnica:

Legge 05.11.71 n. 1086	Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
D.M. 14.01.2008	Norme tecniche per le costruzioni.
Circolare del 02/02/2009	Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/01/2008.
UNI EN1993 -1-1.	EUROCODICE 3. Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1.3: Regole generali e regole per gli edifici.
UNI EN1993 -1-5.	EUROCODICE 3. Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1.5: Elementi strutturali a lastra
UNI EN1993 -1- 8.	EUROCODICE 3. Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1.8: Progettazione dei collegamenti
UNI EN1993-1-9	Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1.9: Fatica
UNI EN1993 -1-2.	EUROCODICE 3. Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 2: Ponti di acciaio.
UNI EN1994 -1-1.	EUROCODICE 4. Progettazione delle strutture composte acciaio- cls. Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
UNI EN1994 -2.	EUROCODICE 4. Progettazione delle strutture composte acciaio- cls. Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
CNR-UNI 10016/00	Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni
CNR-UNI 10011/97	Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
CNR 10030/87	Anime irrigidite di travi a parete piena.
CNR 10018-85	Apparecchi di appoggio in gomma e in PTFE nelle costruzioni.

3 MATERIALI IMPIEGATI, UNITÀ DI MISURA RESISTENZE DI PROGETTO

3.1 Materiali

A) Elementi saldati in acciaio:

S355J0W	(ex 510C)	per spessori	$t \leq 20$ mm
S355J2G3W	(ex 510D)	per spessori	$20 < t \leq 40$ mm
S355K2G3W	(ex 510DD)	per spessori	$t > 40$ mm

B) Elementi non saldati angolari e piastre sciolte:

S355J0W (ex 510c)

C) Imbottiture $t \leq 3$ mm

Acciaio tipo: S355J0W (ex 510c)

La tensione di snervamento nelle prove meccaniche nonché il CEV nell'analisi chimica dovranno essere nei limiti delle UNI ENV 10025.

Le tolleranze dimensionali per lamiere e profilati devono rispettare i limiti prescritti dalla UNI ENV 10029, classe di tolleranza minima prescritta: classe A.

D) Pioli di ancoraggio (secondo UNI EN ISO 13918 e DM 14/01/2008)

Pioli tipo NELSON $\phi=19$ mm

$H=0.6 * H_{soletta}$ (se non diversamente indicato)

Acciaio ex ST 37 – 3K (S235J2G3+C450)

$f_y > 350$ MPa

$f_u > 450$ MPa

Allungamento $> 15\%$

Strizione $> 50\%$

E) Bulloni
(secondo D.M. 14/01/2008 – UNI EN 14399-1)

Giunzioni a taglio per controventature orizzontali e diaframmi.

Bulloni conformi per caratteristiche dimensionali alle norme
UNI EN ISO 4016 2002 e UNI 5592 1968.

Classi di resistenza secondo norma UNI EN ISO 898-1 2001.

Giunzioni ad attrito per travi principali. (serraggio controllato).

Riferimenti Normativi

Viti e dadi: riferimento UNI EN 14399 2005, parti 3 e 4.

Rosette e piastrine: riferimento UNI EN 14399 2005, parti 5 e 6.

Proprietà dei materiali

Viti 8.8 – 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 2001.

Dadi 8 – 10 secondo UNI EN 20898-2 1994.

Rosette in acciaio C50 temperato e rinvenuto HRC32 ÷ 40, secondo
UNI EN 10083-2 2006.

Piastrine in acciaio C50 temperato e rinvenuto HRC32 ÷ 40, secondo
UNI EN 10083-2 2006.

F) Coppie di serraggio
(secondo UNI ENV 1993 – 1 – 1 EC3)

G) Saldature
(secondo DM 14/01/2008)

H) Soletta in c.a.

Calcestruzzo – C32/40 ($R_{ck} 40 \text{ N/mm}^2$), secondo D.M. 14/01/2008.

Acciaio per armatura lenta: B450C controllato in stabilimento saldabile con proprietà
meccaniche secondo UNI EN ISO 15630-1: 2004.

I) Controlli
(secondo DM 14/01/2008)

3.2 Unità di misura

Nel seguito della relazione si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per i carichi \Rightarrow **kN, kN/m², kN/m³**
- per le azioni di calcolo \Rightarrow **kN, kNm**
- per le tensioni \Rightarrow **kN/cm², daN/cm², N/cm²**

3.3 Resistenze di progetto

Stato limite ultimo: limite elastico della sezione

- ACCIAIO S355

La resistenza di calcolo f_d è definita mediante l'espressione:

$$f_d = f_{yk}/\gamma_M$$

essendo:

- Tabella 11.3.IX par. 11.3.4.1 DM 14/01/2008:

$$S355 \quad f_{yk} = 35.5 \text{ kN/cm}^2 \quad t \leq 40 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 33.5 \text{ kN/cm}^2 \quad t > 40 \text{ mm}$$

- Tabella 4.2.V par. 4.2.4.1.1 DM 14/01/2008:

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

- BULLONI

In accordo con i punti 4.2.8.1.1 e 11.3.4.6. risulta:

Giunzioni a taglio per controventature orizzontali e diaframmi:

Viti classi 10.9 $f_{V, RD} = 0.6f_{tb}/\gamma_{M2} = 48 \text{ kN/cm}^2$

Giunzioni ad attrito per travi principali (se bullonate):

Viti classe 10.9 $\nu = 0.30$ (coefficiente d'attrito)

$\gamma_{M3} = 1.10$ (coefficiente di sicurezza)

$F_{pc} \approx 320 \text{ kN}$ (precarico)

$V_{f0} = 174.5 \text{ kN}$ (portata in doppia sezione)

- SOLETTA

In accordo con i punti 4.3.3 e 11.2.10.1 risulta:

$\gamma_M = 1.5$ C32/40 (Rck 400) $f_{ck} = 0.86R_{ck} = 332 \text{ daN/cm}^2$

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 188.13 \text{ daN/cm}^2$

- ARMATURA

In accordo con i punti 4.3.3 e 11.3.2.1 risulta:

$\gamma_M = 1.15$ B450C $f_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$

$f_{yd} = 3913 \text{ daN/cm}^2$

4 **CARICHI DI PROGETTO**

4.1 **Elenco delle condizioni di carico elementari**

Si calcola l'opera sottoposta alle azioni indotte da:

- g₁ peso proprio delle strutture: Acciaio-cls. di soletta
- g₂ carichi permanenti portati: pavimentazione, veletta, NJ, marciapiedi, parapetti
- ε₂ ritiro del calcestruzzo e concomitanti effetti viscosi
- ε₃ variazioni termiche differenziali : Acciaio-cls.
- ε₄ cedimenti differenziali dei vincoli
- q₁ carichi mobili
- q₃ azioni longitudinali di frenamento
- q₄ azione centrifuga
- q₅ azioni del vento
- q₆ azioni sismiche
- q₇ resistenze parassite dei vincoli

Tali azioni saranno combinate secondo le prescrizioni delle normative vigenti.

4.2 **Criteri per la valutazione delle azioni sulla struttura**

Carichi permanenti

I carichi permanenti sono costituiti dai pesi propri delle strutture portanti e delle sovrastrutture. Si valutano moltiplicando il volume calcolato geometricamente per i pesi specifici dei materiali.

Azioni dei carichi variabili mobili

I carichi accidentali agenti sull'impalcato sono definiti al cap 5 del DM. 14.01.2008 per ponti di I^a categoria e saranno posizionati in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli ai fini della stabilità degli elementi dell'impalcato (travi, soletta, traversi).

Coefficiente dinamico

Ai sensi del D.M. 14.01.2008 par 5.1.3.3.3 gli schemi di carico impiegati per l'analisi statica sono già compresi eventuali effetti dinamici.

Ritiro e viscosità del calcestruzzo

Le azioni indotte da questi fenomeni sono valutate secondo le indicazioni del DM. 14.01.2008.

Azione del vento

Le azioni del vento si schematizzano calcolando, in funzione delle caratteristiche del sito e della geometria della struttura, una pressione cinetica di riferimento (rif par 3.3 del D.M. 14/01/2008) che si considera agente sulla sagoma trasversale del ponte tenendo conto dell'ingombro dei carichi accidentali presenti.

Azioni sismiche

Essendo la struttura isolata le azioni sismiche non sono dimensionanti.

4.3 Caratteristiche dei materiali

Peso specifico acciaio	78.5 kN/m ³
Peso specifico calcestruzzo	25.0 kN/m ³
Peso specifico binder	20.0 kN/m ³
Peso specifico manto di usura	20.0 kN/m ³
Peso impermeabilizzazione	0.5 kN/m ³

4.4 Caratteristiche dei carichi

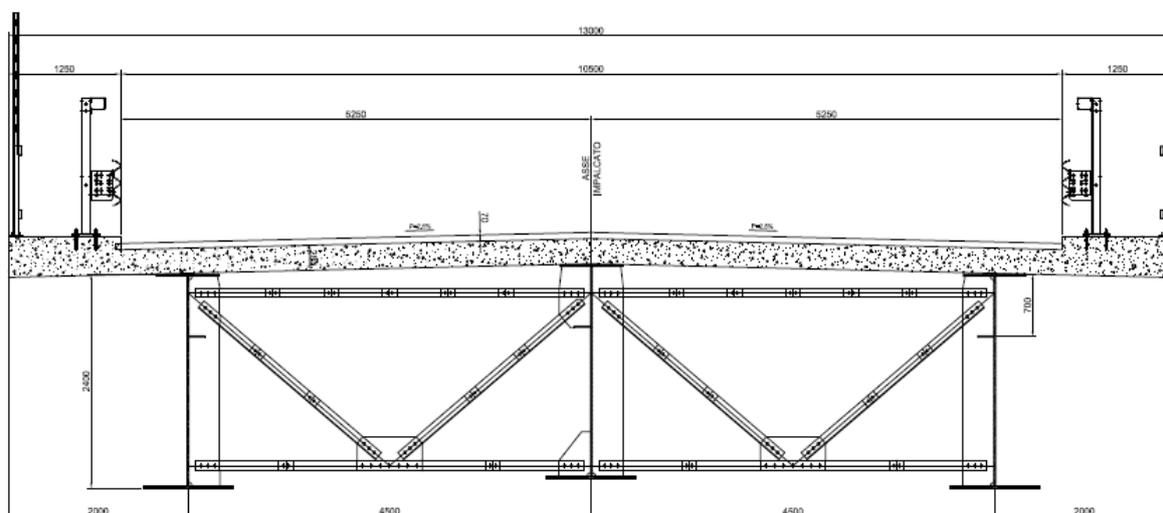
Sovraccarico accidentale:	valutato secondo le indicazioni del D.M. 14.01.2008.
Pressione del vento:	valutato secondo le indicazioni del D.M. 14.01.2008.
Coefficiente di attrito appoggi:	valutato secondo le indicazioni della Normativa C.N.R. 10018/85 ed in particolare: $v = 0.03$.

5 ANALISI DEI CARICHI

Per valutare l'entità dei carichi da applicare agli elementi del modello discreto si calcolano le reazioni dovute all'effettiva distribuzione delle azioni unitarie sulla sezione del viadotto, considerando gli elementi trave come vincoli fissi.

Lo schema statico adottato varia quindi a seconda della fase di carico, infatti in fase 1 lo schema è isostatico per tenere in conto che l'elemento ripartitore è la predalle (solitamente appoggiata in soli 2 punti).

SEZIONE TRASVERSALE TIPICA



5.1 Carichi permanenti

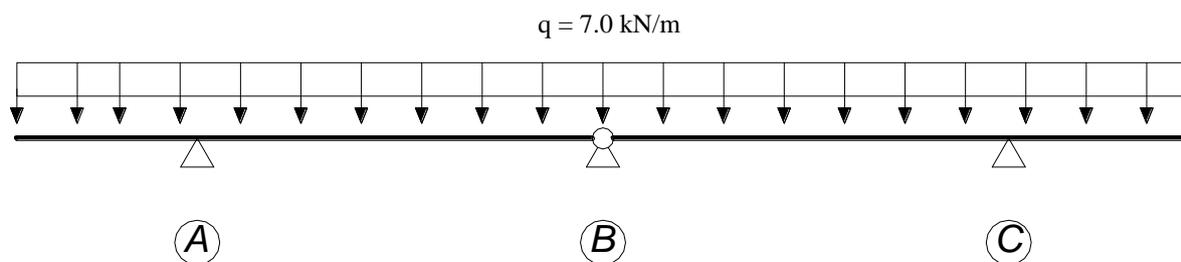
5.1.1 Fase 1 – g1

In questa fase si considerano agenti il peso proprio della struttura metallica, delle lastre prefabbricate e del getto della soletta che è ancora inerte.

La struttura resistente è costituita dalle sole travi metalliche.

Cls	$25.00 \text{ kN/m}^3 \times 0.28 \text{ m} \times 12.55 \text{ m}$	\cong	87.85 kN/m
Acciaio	$2.5 \text{ kN/m}^2 \times 12.55 \text{ m}$	\cong	31.375 kN/m
			119.225 kN/m
Totale			

Schema statico:



Il peso di una striscia di soletta di lunghezza unitaria è stato ripartito conservativamente impiegando lo schema statico rappresentato in figura, quello dell'acciaio è stato per aree di influenza tra le tre travi principali.

	R_A^* [kN/m]	R_B^* [kN/m]	R_C^* [kN/m]
Soletta	29.34	22.57	29.34
Acciaio	12.66	14.43	12.66
Totale fase I	42.00	37.00	42.00

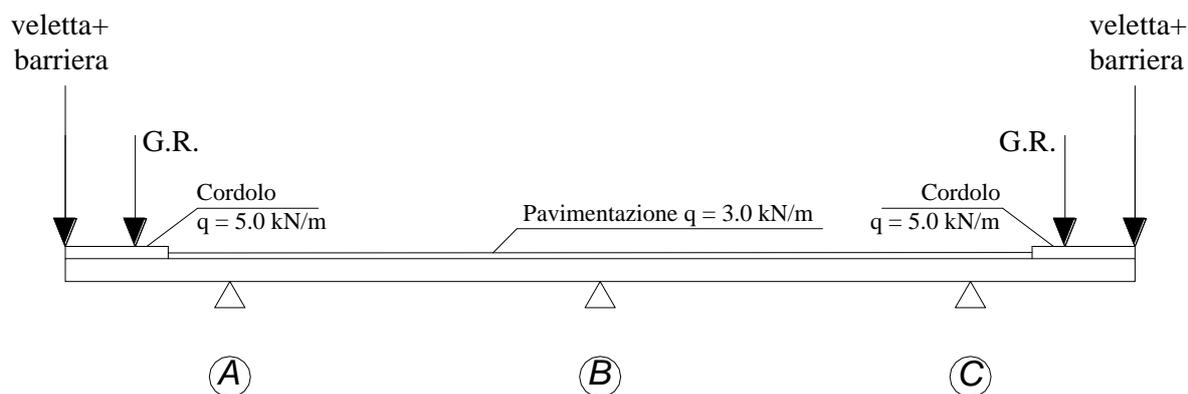
* R_A , R_B e R_C rappresentano i carichi a m lineare direttamente applicati agli elementi rappresentativi rispettivamente delle travi principali (fili 001, 101, 201 del modello FEM).

5.1.2 Fase 2 – g2

In questa fase la soletta è interamente reagente ed i carichi agenti sono i permanenti portati, la pavimentazione ed i parapetti.

Pavimentazione	$3.00 \text{ kN/m}^2 \times 10.5 \text{ m}$	=	31.50 kN/m
Cordoli	$25.00 \text{ kN/m}^3 \times 0.20 \text{ m} \times (1.25 + 1.25) \text{ m}$	≅	12.50 kN/m
Velette	1.00×2.0	=	2.00 kN/m
G.R.	1.50×2.0	=	3.00 kN/m
Barriera	2.00×2.0	=	4.00 kN/m
			53.00 kN/m

Schema statico:

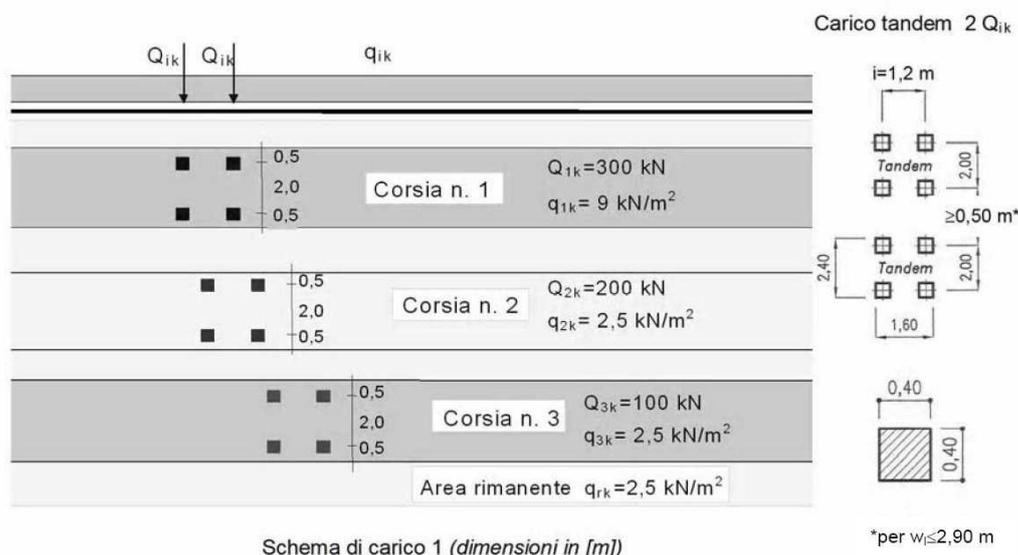


	R_A^* [kN/m]	R_B^* [kN/m]	R_C^* [kN/m]
Totale fase II	22.00	9.00	22.00

* R_A , R_B e R_C rappresentano i carichi a m lineare direttamente applicati agli elementi rappresentativi rispettivamente delle travi principali (fili 001, 101, 201 del modello FEM).

5.2 Carichi mobili – Q_{ik} e q_{ik}

Coerentemente con quanto indicato al par. 5.1.3.3.3 del DM 14/01/08 per l'analisi globale del ponte si fa riferimento allo schema di carico1.



Nel caso in oggetto si impiegano due corsie di carico costituite da:

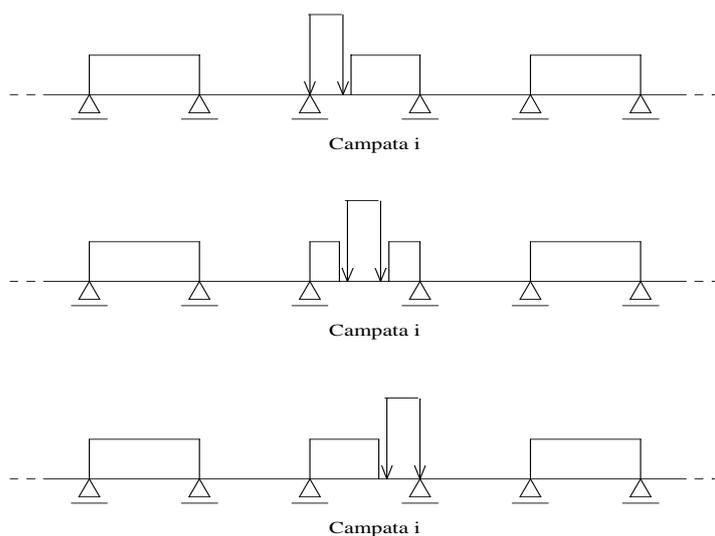
- una colonna di carichi costituita da un automezzo convenzionale Q_{1k} di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.20 m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di 2.00 m; un carico ripartito q_{1k} di 9 kN/m² distribuito linearmente in asse al convoglio.
- una seconda colonna di carichi, analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente al 400 kN di Q_{1k} e 2.5 kN/m² q_{1k} e posta ad interasse di 3.00 m. da essa.
- una colonna di carico q_{rk} = 2.5 kN/m² nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti.
- sul marciapiede, se presente, il carico q_{fk} = 5 kN/m² da considerare al 50 % nelle combinazioni in cui sono presenti i carichi stradali.

Per l'applicazione dei carichi al modello si è utilizzato un apposito preprocessore, il SAPBRIDGE che, una volta inseriti i risultati della ripartizione trasversale, produce per ogni distribuzione trasversale 'n' condizioni di carico, facendo "muovere" il carico concentrato Q_{1k} lungo tutto il viadotto con passo predefinito (~ 4 metri pari all'altezza delle travi principali) e segmentando il carico distribuito q_{1k} nel rispetto delle linee di influenza.

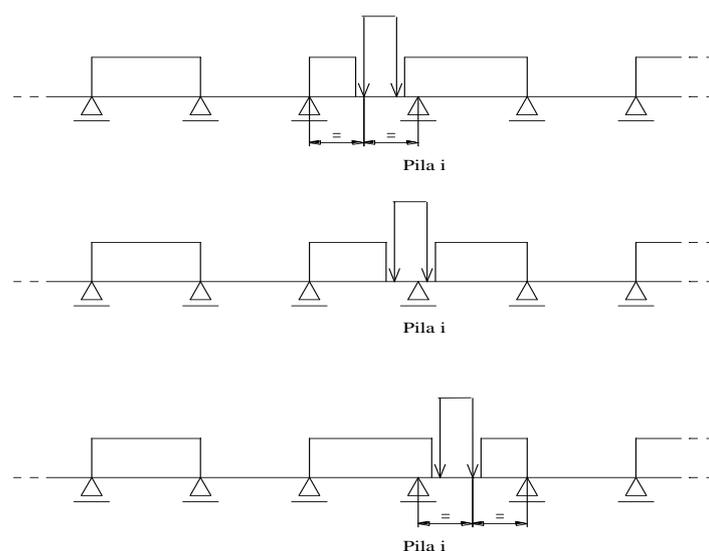
5.2.1 Ripartizione longitudinale dei carichi

La ripartizione longitudinale che massimizza il momento flettente nella i -esima campata viene ricavata spostando il carico Q_{1k} all'interno della campata stessa.

Nel modello di analisi i due carichi concentrati vengono sostituiti da un carico uniformemente distribuito equivalente della lunghezza di 2.4 m, criterio comunque cautelativo considerando l'impronta della ruota e l'effettiva diffusione del carico.

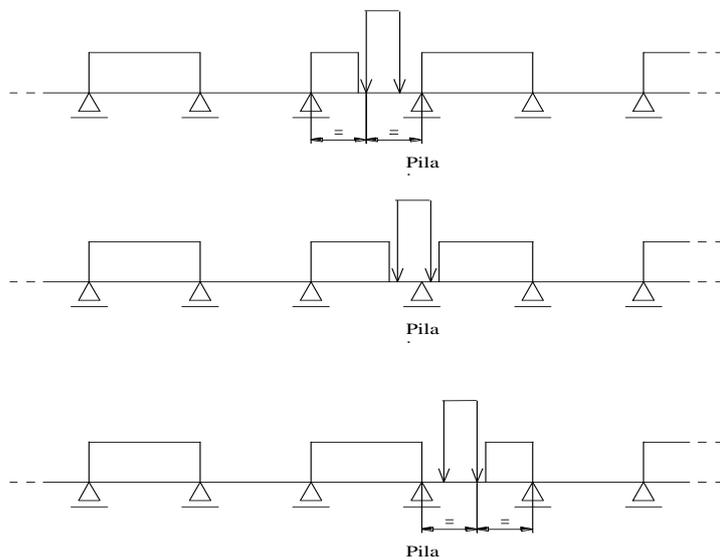


La ripartizione longitudinale che massimizza il momento flettente in corrispondenza della pila i -esima viene ricavata spostando il carico Q_{1k} equivalente, partendo dalla mezzeria della campata i -esima fino alla mezzeria della campata $i+1$ -esima.



Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

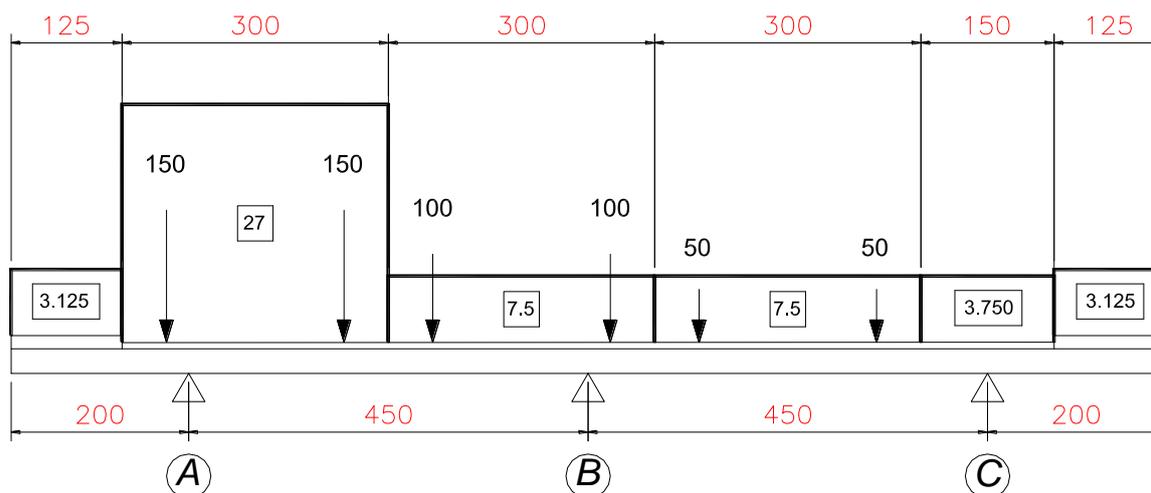
La ripartizione trasversale che massimizza il taglio nella travata è la stessa che massimizza il momento flettente. La ripartizione longitudinale viene ottenuta spostando il carico Q1k equivalente nel modo seguente.



5.2.2 Ripartizione trasversale dei carichi mobili

La ripartizione trasversale dei carichi è stata eseguita considerando le condizioni di carico di seguito riportate, in esse il valore del carico concentrato rappresenta la singola ruota, mentre i carichi distribuiti sono valutati a metro lineare.

5.2.2.1 Massimo carico su ponte spostato lato marciapiede (files MDe)

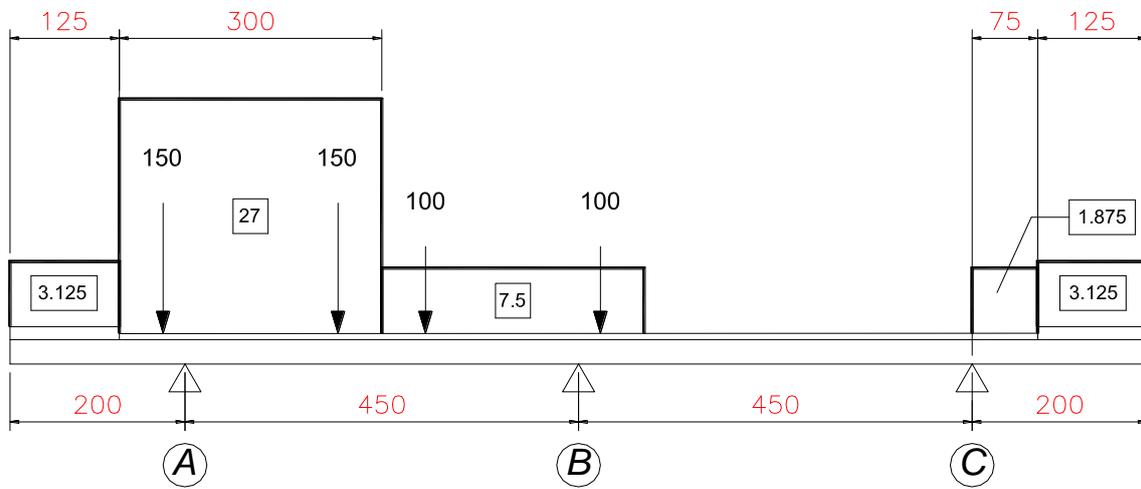


	Q_{1K} [kN]	q_f [kN/m]
R_A^* (filo 001)	270.16	26.53
R_B^* (filo 101)	293.00	15.17
R_C^* (filo 201)	36.83	10.29
TOTALE	600.00	52.00

* R_A , R_B e R_C rappresentano i carichi a m lineare direttamente applicati agli elementi rappresentativi rispettivamente delle travi principali (fili 001, 101 e 201 del modello FEM). (N.B.: come premesso al punto 5.2.1, il Q_{1K} viene trasformato in un carico distribuito nella fase di generazione dei file di fase III).

La distribuzione simmetrica rispetto alla mezzera viene nominata MDi

5.2.2.2 Massimo carico su trave esterna (files MEe)

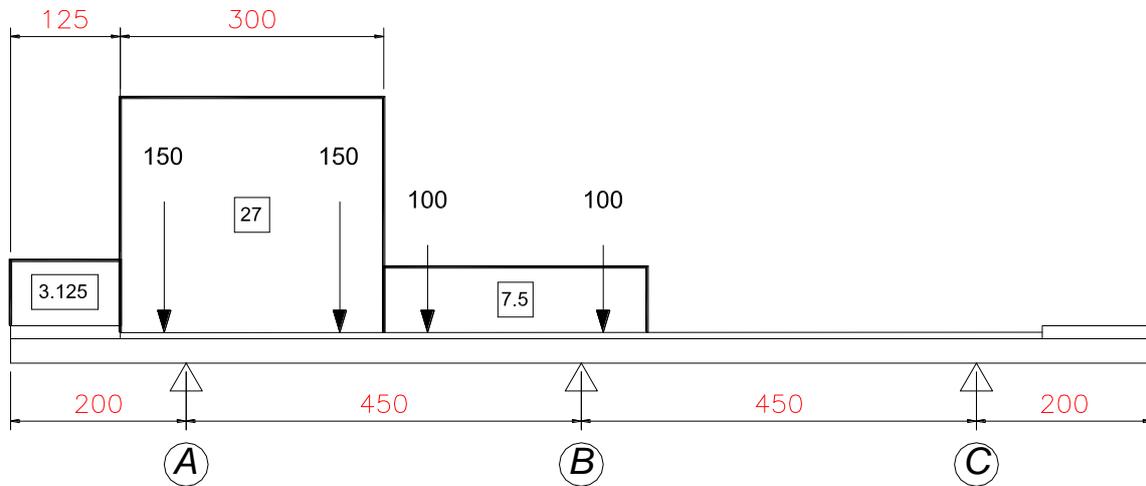


	Q_{1K} [kN]	q_f [kN/m]
R_A^* (filo 001)	274.41	26.90
R_B^* (filo 101)	234.51	10.54
R_C^* (filo 201)	-8.92	5.18
TOTALE	500.00	42.62

* R_A , R_B e R_C rappresentano i carichi a m lineare direttamente applicati agli elementi rappresentativi rispettivamente delle travi principali (fili 001, 101 e 201 del modello FEM). (N.B.: come premesso al punto 5.2.1, il Q_{1K} viene trasformato in un carico distribuito nella fase di generazione dei file di fase III).

La distribuzione simmetrica rispetto alla mezzeria viene nominata MEi

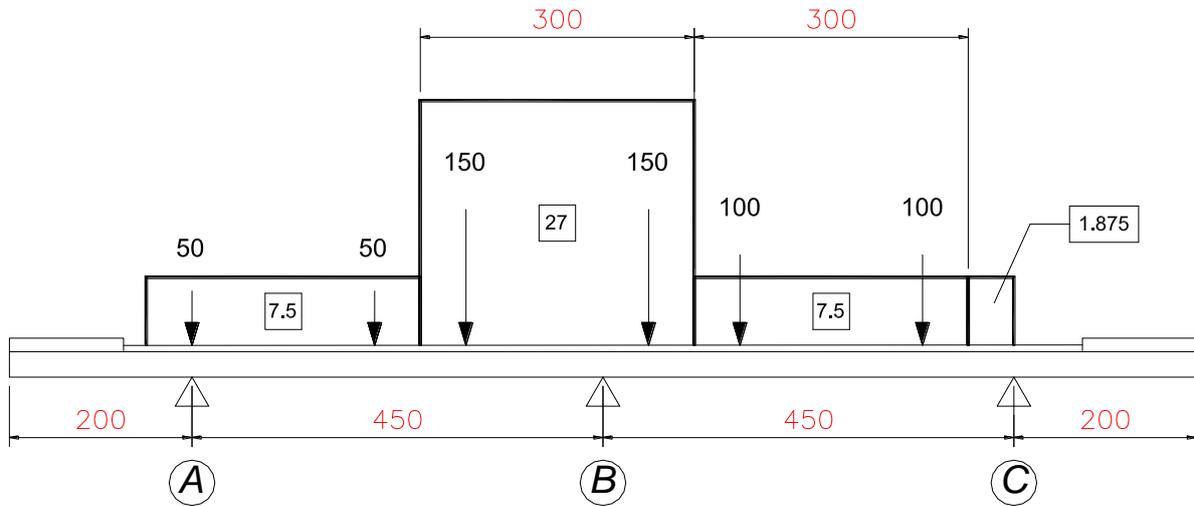
5.2.2.3 Massimo carico torcente su impalcato (files TEe)



	Q_{1K} [kN]	q_f [kN/m]
R_A^* (filo 001)	274.41	26.98
R_B^* (filo 101)	234.51	11.49
R_C^* (filo 201)	-8.92	-0.85
TOTALE	500.00	37.62

* R_A , R_B e R_C rappresentano i carichi a m lineare direttamente applicati agli elementi rappresentativi rispettivamente delle travi principali (fili 001, 101 e 201 del modello FEM). (N.B.: come premesso al punto 5.2.1, il Q_{1K} viene trasformato in un carico distribuito nella fase di generazione dei file di fase III).

La distribuzione simmetrica rispetto alla mezzeria viene nominata TEi

5.2.2.4 Massimo su trave centrale (files M_{Ce})

	Q_{1K} [kN]	q_f [kN/m]
R_A^* (filo 001)	105.25	8.38
R_B^* (filo 101)	389.50	29.98
R_C^* (filo 201)	105.25	4.89
TOTALE	600.00	43.25

* R_A , R_B e R_C rappresentano i carichi a m lineare direttamente applicati agli elementi rappresentativi rispettivamente delle travi principali (filo 001, 101 e 201 del modello FEM). (N.B.: come premesso al punto 5.2.1, il Q_{1K} viene trasformato in un carico distribuito nella fase di generazione dei file di fase III).

La distribuzione simmetrica rispetto alla mezzeria viene nominata M_{Ci}

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

5.3 Ritiro

5.3.1 Ritiro e Viscosità del calcestruzzo

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

Ritiro e viscosità del calcestruzzo

La valutazione del valore medio a tempo infinito della deformazione totale per ritiro $\varepsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$ è svolta in conformità con le indicazioni fornite dal D.M.14/01/08, “Norme tecniche per le costruzioni” (par. 11.2.10.6.).

A_c =	area sezione getto in calcestruzzo
u =	perimetro della sezione in calcestruzzo esposta all'aria
h_0 =	$2A_c/u$ (dimensione fittizia)
t_s =	età del cls a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro (3 ÷ 7 giorni)
S_m =	spessore medio getto
S_d =	spessore dalla
R_{ck} =	40 [N/mm ²] Resistenza cubica caratteristica
f_{ck} =	33.2 [N/mm ²] Resistenza cilindrica caratteristica
f_{cm} =	41.2 [N/mm ²] Resistenza cilindrica media
E_{cm} =	33643 [N/mm ²] Modulo elastico istantaneo cls
E_{cs} =	210000 [N/mm ²] Modulo elastico acciaio

risultano i seguenti valori:

Sezione corrente

larghezza impalcato =	13.00 [m]		
spessore soletta =	28 [cm]		
spessore dalla =	6 [cm]		
A_c =	2.86 [m ²]		
u =	13 [m]		
h_0 =	440 [mm]	dunque risulta:	$k_h = 0.715$ (tabella 11.2.Vb)

Considerando un'umidità atmosferica relativa pari al 65 % risulta:

$$\varepsilon_{c0} = -0.00038 \text{ deformazione da ritiro per essiccamento (tabella 11.2.Va)}$$

$$\varepsilon_{cd,\infty} = -0.000270 \text{ valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento}$$

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -0.000058 \text{ valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno}$$

$$\varepsilon_{cs,\infty} = -0.000328 \text{ deformazione totale da ritiro}$$

Il coefficiente di viscosità (assumendo cautelativamente $t_0 > 60$ gg.) risulta pari a:

$$\phi_{(\infty,t_0)} = 1.83 \quad (\text{tabelle 11.2.VI e 11.2.VII})$$

Calcolo dei coefficienti di omogeneizzazione:

$$\text{fase 3: } n_3 = \mathbf{6.24}$$

$$\text{fase 2: } n_2 = n_3 \cdot (1 + \phi_{(\infty,t_0)}) = \mathbf{17.67}$$

5.3.2 Carichi da ritiro

Le tensioni nella sezione trasversale sono calcolate sovrapponendo due effetti:

- Azione assiale N di trazione nella soletta in calcestruzzo
- Una presso flessione applicata alla sezione composta il cui contributo di compressione è valutato direttamente in verifica mentre la flessione viene applicata direttamente al modello nel relativo file di analisi.

File di analisi **RITIRO**

Le tensioni nella sezione trasversale sono calcolate sovrapponendo 2 effetti.

1) Azione assiale N_r di trazione nella sola soletta in calcestruzzo

2) Una pressoflessione applicata alla sezione composta il cui contributo di compressione è valutato direttamente in verifica mentre la flessione viene applicata direttamente al modello nel relativo file di analisi.

$$A_c = 2.86 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$n = n_2 = 17.67 \text{ coeff. di omogeneizzazione}$$

$$\varepsilon_{cs,\infty} = -0.000328 \text{ deformazione totale da ritiro}$$

$$b_2 = \text{baricentro getto cls - distanza baricentro sez. in Fase 2} = 2.4 + 0.06 + 0.22/2 - 1.62970306154327 = 0.940296938456732 \text{ [m]}$$

$$N_{r,eq} = (A_c \cdot \varepsilon_{cs,\infty} \cdot E_a) / n_2 = 11165 \text{ [kN]} \quad (\text{su intera sezione})$$

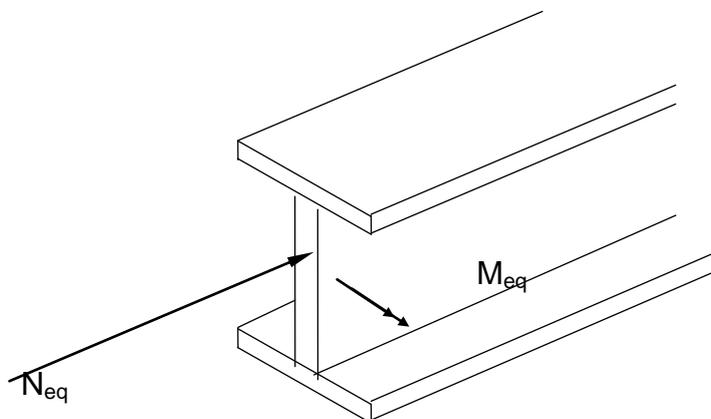
$$M_{r,eq} = N_{r,eq} \cdot b_2 = 10498 \text{ [kNm]} \quad (\text{su intera sezione})$$

$$N_{r,eq} \cong 3730 \text{ [kN]} \quad (\text{per ciascuna trave})$$

$$M_{r,eq} \cong 3500 \text{ [kNm]} \quad (\text{per ciascuna trave})$$

5.4 Variazione termica differenziale

Si considera un $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$ fra soletta e trave in acciaio, agente in tempi brevi e quindi con coefficiente di omogeneizzazione $n = 6.24$.



$$\begin{aligned}
 A_a &= \mathbf{1017} \text{ [cm}^2\text{]} \\
 \alpha &= 1.20\text{E-}05 \text{ coeff. di dilatazione acciaio} \\
 \Delta T &= 5 \text{ }^\circ\text{C} \\
 N_{t,eq} &\cong (\alpha \cdot \Delta T \cdot E_a \cdot A_a) = \mathbf{1290} \text{ [kN]} \quad (\text{per ciascuna trave})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_3 &= \text{baricentro getto cls - distanza baricentro sez. in Fase 3} \\
 &= 2.4 + 0.06 + 0.22/2 - 2.00290737269603 = 0.567092627303967 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

$$M_{t,eq} = N_{t,eq} \cdot b_3 = \mathbf{730} \text{ [kNm]} \quad (\text{per ciascuna trave})$$

5.5 Effetti dei cedimenti

Essendo la struttura isostatica il cedimento degli appoggi non comporta variazioni delle caratteristiche di sollecitazione

5.6 Effetti della frenatura q3

Secondo il D.M. 14/01/2008 l'azione longitudinale di frenamento è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1, ed è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6(2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

Nel caso in oggetto risultando:

$$0.6 \times 600 + 0.1 \times 27 \times 42.61 \text{ m} = 475 \cong 480 \text{ kN} < 900 \text{ kN}$$

Si assume $Q_3 = 480 \text{ kN}$

5.7 Effetti della centrifuga – q4

Essendo il ponte rettilineo, non si considera l'effetto della forza centrifuga

5.8 Azioni del vento q5

5.8.1 Vento a ponte scarico

CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO

Zona di riferimento		1	
Altezza s.l.m	a_s	100	m
Velocità base riferimento slm	$v_{b,0}$	25	m/s
	a_0	1000	m
	k_a	0.01	
Velocità base riferimento	v_b	25	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	kg/m ³
Tempo di ritorno	T_r	100	anni
Coefficiente di ritorno	α_r	1.04	
Velocità di riferimento progetto	$v_b(T_r)$	26	m/s
Pressione critica di riferimento	q_b	421.9	N/m ²

CALCOLO PRESSIONE CINETICA

Classe di rugosità		D	
Categoria di esposizione		4	
	k_r	0.22	
	z_0	0.3	m
	z_{min}	8	m
Coefficiente di topografia	$c_t(z)$	1	
	$c_t(z_{min})$	1	
Altezza del baricentro della sagoma	z	14	< 200 m
Coefficiente dinamico	c_d	1.00	
Coefficiente di esposizione	c_e	2.02	
Rapporto superficie/parte piena	$\phi (>0)$	1	
Coefficiente areodinamico	c_p	1.4	
Pressione cinetica di picco sopravento	$q_p(z)$	1.19	kN/m²

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

Altezza travi/e		2.400	m
Numero di travi		3	
Interasse travi		4.50	m
Altezza soletta + cordolo		0.48	m
Altezza barriere		3.00	m
Numero di barriere		2	
Distanza barriere		12.55	m
Pressione di picco su prima trave		1.19	
Coeff. di riduzione per seconda trave	μ	0.200	
Pressione di picco su seconda trave		0.24	kN/m ²
Coeff. di riduzione per terza trave	μ	0.040	
Pressione di picco su terza trave		0.05	kN/m ²
Pressione di picco su barriera sopravento		1.19	kN/m ²
Coeff. di riduzione per seconda barriera	μ	0.782	
Pressione di picco su seconda barriera		0.93	kN/m ²
CALCOLO AZIONE VENTO			
Azione del vento a metro di struttura:	q_w	10.49	kN/m

5.8.2 *Vento a ponte carico*

Per la presenza della barriera tale condizione si considera coincidente con la precedente.

5.8.3 Vento in fase di montaggio

CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO

Zona di riferimento		1	
Altezza s.l.m	a_s	100	m
Velocità base riferimento slm	$v_{b,0}$	25	m/s
	a_0	1000	m
	k_a	0.01	
Velocità base riferimento	v_b	25	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	kg/m ³
Tempo di ritorno	T_r	20	anni
Coefficiente di ritorno	α_r	0.95	
Velocità di riferimento progetto	$v_b(T_r)$	24	m/s
Pressione critica di riferimento	q_b	350.3	N/m ²

CALCOLO PRESSIONE CINETICA

Classe di rugosità		D	
Categoria di esposizione		4	
	k_r	0.22	
	z_0	0.3	m
	z_{min}	8	m
Coefficiente di topografia	$c_t(z)$	1	
	$c_t(z_{min})$	1	
Altezza del baricentro della sagoma	z	12.5	< 200 m
Coefficiente dinamico	c_d	1.00	
Coefficiente di esposizione	c_e	1.94	
Rapporto superficie/parte piena	$\varphi (>0)$	1	
Coefficiente aerodinamico	c_p	1.4	
Pressione cinetica di picco sopravvento	$q_p(z)$	0.95	kN/m²

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

Altezza travi/e		2.400	m
Numero di travi		3	
Interasse travi		4.50	m
Pressione di picco su prima trave		0.95	
Coeff. di riduzione per seconda trave	μ	0.200	
Pressione di picco su seconda trave		0.19	kN/m ²
Coeff. di riduzione per terza trave	μ	0.040	
Pressione di picco su terza trave		0.04	kN/m ²

CALCOLO AZIONE VENTO

Azione del vento a metro di struttura:	q_w	2.83	kN/m
--	-------	------	------

5.9 Azioni sismiche q6

Essendo l'impalcato isolato dalle sottostrutture le azioni sismiche non sono dimensionanti.

5.10 Resistenze passive dei vincoli q7

Secondo le indicazioni del D.M.14/01/2008 nel calcolo delle pile, delle spalle, delle fondazioni, degli apparecchi di appoggio e, se del caso, dell'impalcato, si devono considerare le forze che derivano dalle resistenze parassite dei vincoli.

Nel caso di appoggi in gomma dette forze andranno valutate sulla base delle caratteristiche dell'appoggio e degli spostamenti previsti.

5.11 Urto di veicolo in svio q8

Secondo le indicazioni del D.M. 14/01/2008 l'altezza dei parapetti non può essere inferiore a 1.10 m. I parapetti devono essere calcolati in base ad un'azione orizzontale di 1.5 kN/m applicata al corrimano.

Se non diversamente indicato, la forza deve essere considerata distribuita su 0.50 m ed applicata ad una quota h , misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni h_1 , h_2 , dove $h_1 = (\text{altezza della barriera} - 0.10\text{m})$, $h_2 = 1.00\text{m}$.

Ai sensi del DM 14/01/2008 nel progetto dell'impalcato deve essere considerata una condizione di carico eccezionale nella quale alla forza orizzontale d'urto su sicurvia si associa un carico verticale isolato costituito dallo schema di carico II, posizionato in adiacenza alla sicurvia stesso e disposto nella posizione più gravosa.

Tale condizione non è però dimensionante per la statica globale dell'impalcato e sarà considerata nella relazione di calcolo della soletta.

6 ANALISI STRUTTURALE

6.1 Discretizzazione della struttura

La struttura, analizzata con il metodo degli elementi finiti, è stata discretizzata seguendo il criterio il seguente criterio:

6.1.1 *Nodi*

I nodi, rispetto all'origine degli assi cartesiani, hanno la seguente numerazione:

001 – 018	Trave lato marciapiede
101 – 118	Trave centale
201 – 218	Trave lato cordolo

I nodi vincolati sono i seguenti:

001 – 101 - 201	Spalla A
018 – 118 - 218	Spalla B

6.1.2 *Elementi*

Gli elementi della struttura sono i seguenti:

Travi principali

001 – 017	Trave lato marciapiede
101 – 117	Trave centale
201 – 217	Trave lato cordolo

Diaframmi intermedi

403 - 503
406 - 506
408 - 508
411 - 411
413 - 413
416 - 416

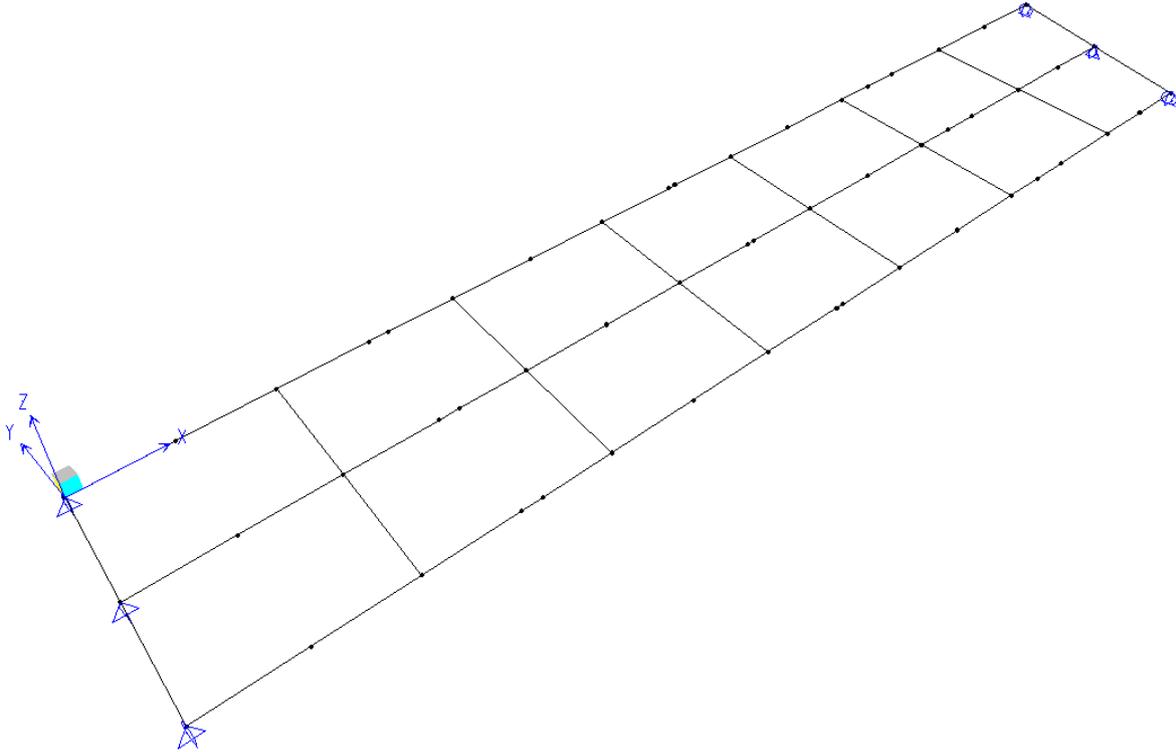
Diaframmi di spalla

401 - 501
418 - 518

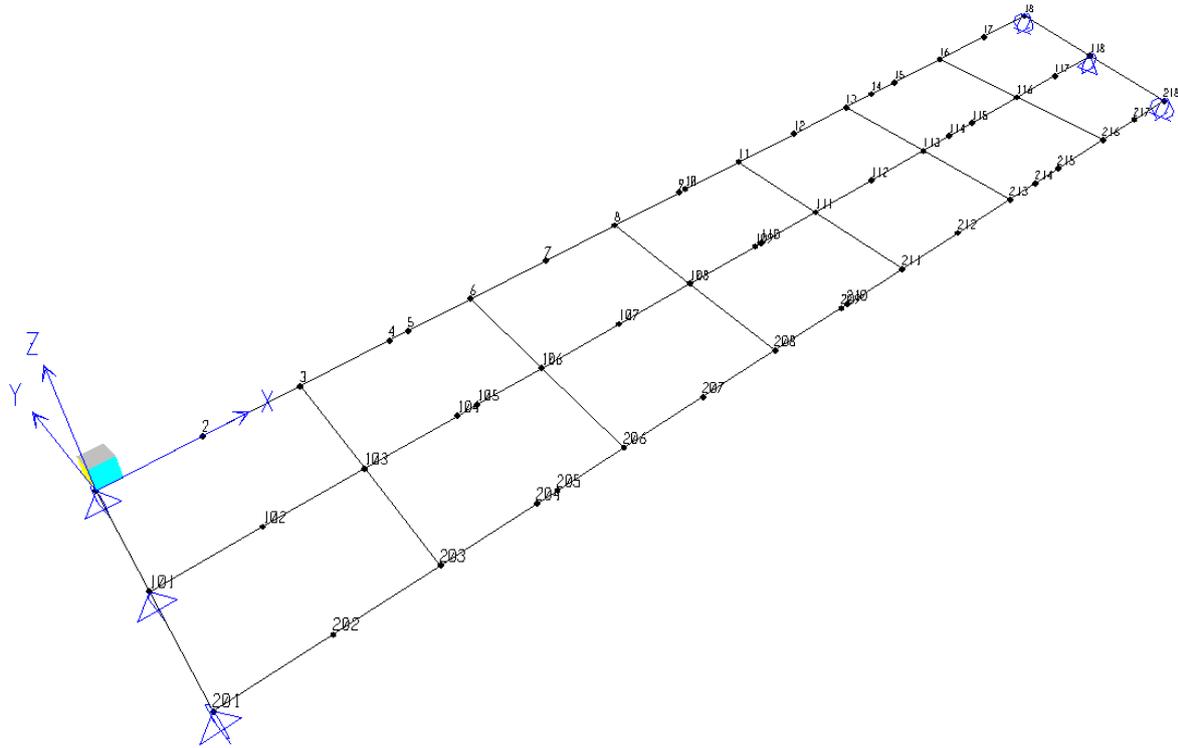
6.1.3 Modello di calcolo

Nel seguito si riportano i reticoli dei nodi e degli elementi per ciascuna campata del modello di calcolo esaminato.

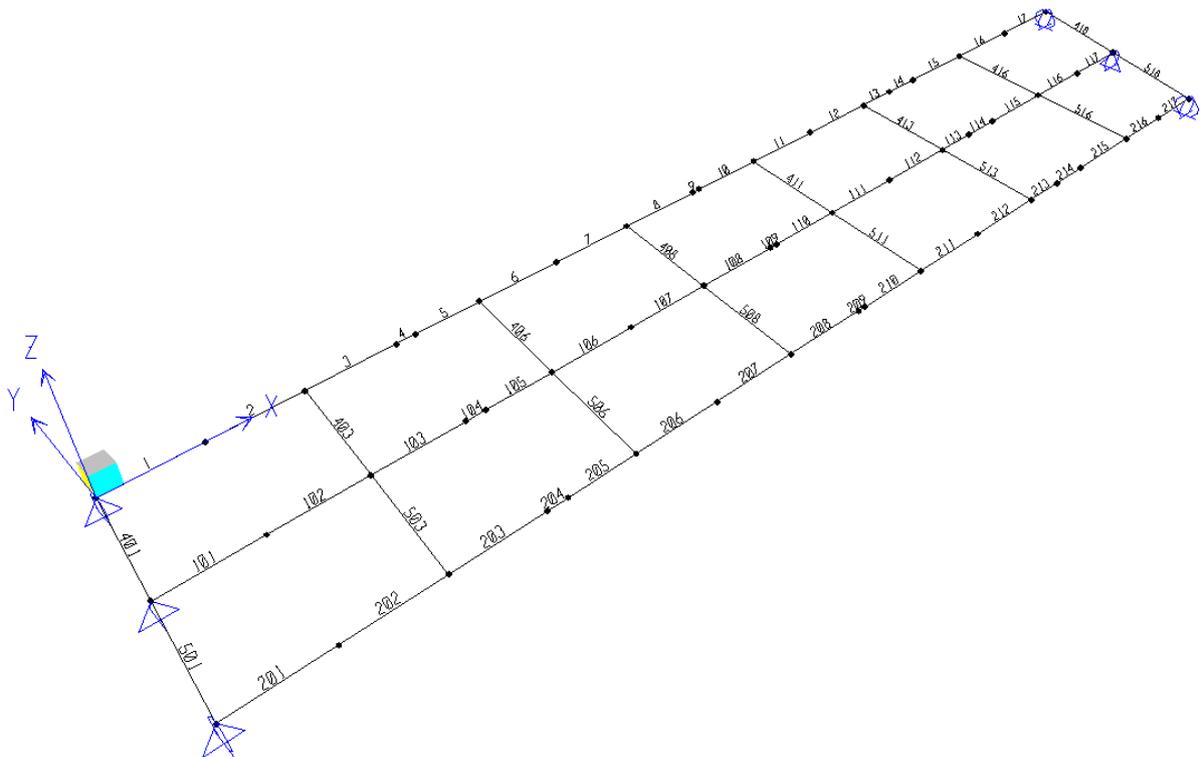
Modello completo



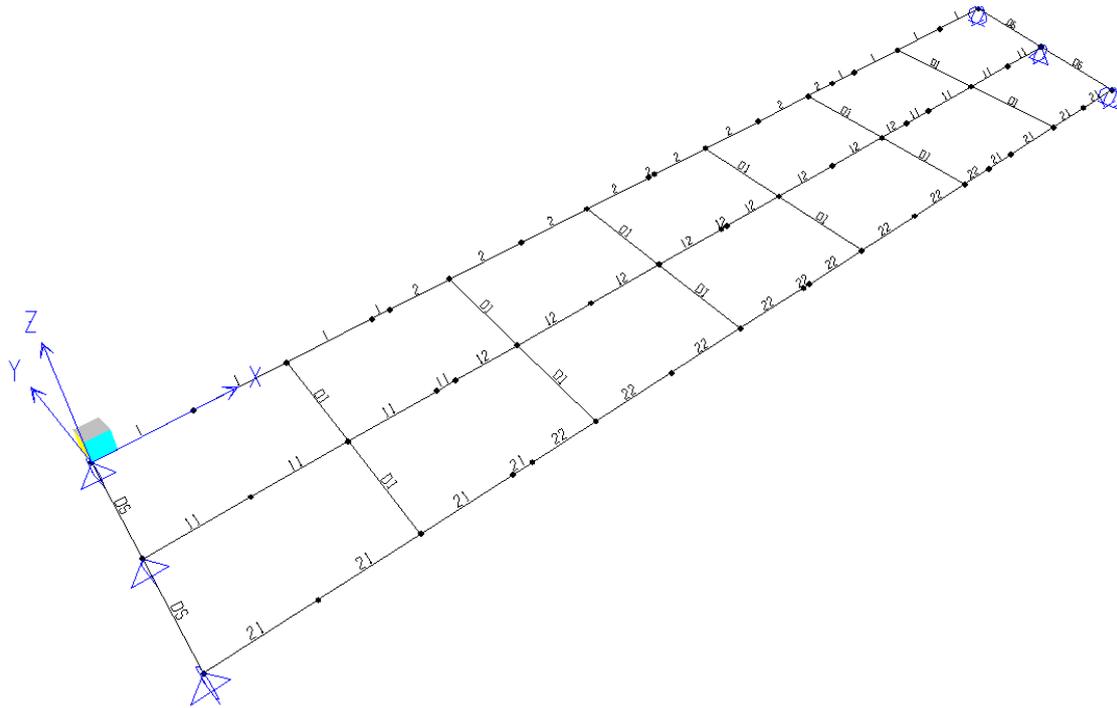
6.1.3.1 **Nodi**



6.1.3.2 **Elementi**



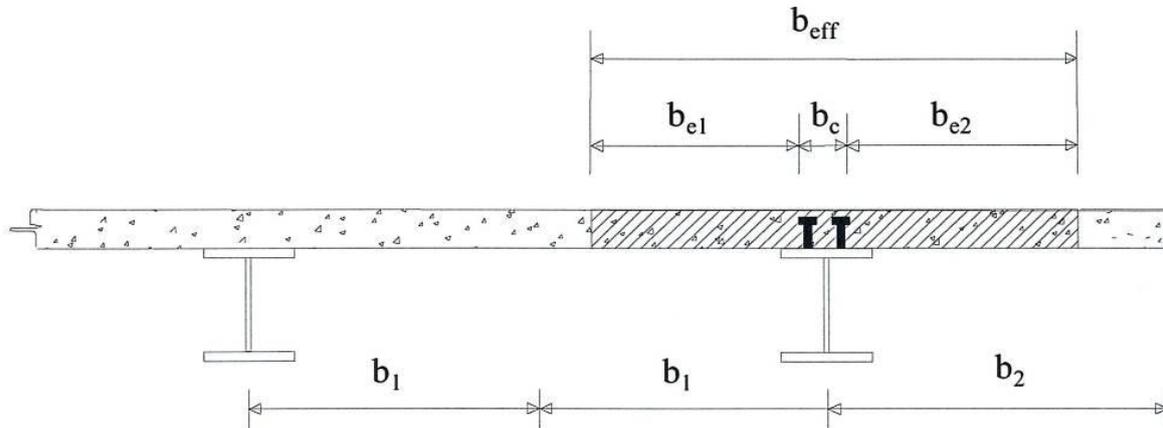
6.1.3.3 Sezioni d'analisi



6.2 Larghezze collaboranti di analisi e verifica

Le due travi principali sono poste a interasse pari a 4.50 m.

Gli sbalzi laterali hanno luci costanti pari a 2 m.



Trave 001

Sezione	L	$\lambda_0/8$ (cm)	B_{min} (cm)	s (cm)	i (cm)	$b_1 = s$ (cm)	$b_2 = i/2$ (cm)	b_c (cm)	b_{e1} (cm)	b_{e2} (cm)	β_1	β_2	B_{eff} (cm)
S1	42610	426	1300	200.0	450	200.0	225.0	50	175.0	200.0	1.000	1.000	425.0
S2	42610	426.1	1300	200	450	200.0	225.0	50	175.0	200.0	1.000	1.000	425.0

Trave 101

Sezione	L	$\lambda_0/8$ (cm)	B_{min} (cm)	s (cm)	i (cm)	$b_1 = i/2$ (cm)	$b_2 = i/4$ (cm)	b_c (cm)	b_{e1} (cm)	b_{e2} (cm)	β_1	β_2	B_{eff} (cm)
S11	42610	426	1300	200.0	450	225.0	225.0	50	200.0	200.0	1.000	1.000	450.0
S12	42610	426	1300	200.0	450	225.0	225.0	50	200.0	200.0	1.000	1.000	450.0

Trave 201

Sezione	L	$\lambda_0/8$ (cm)	B_{min} (cm)	s (cm)	i (cm)	$b_1 = i/2$ (cm)	$b_2 = i/4$ (cm)	b_c (cm)	b_{e1} (cm)	b_{e2} (cm)	β_1	β_2	B_{eff} (cm)
S21	42610	10/8 (cm)	1300	200.0	450	200.0	225.0	50	175.0	200.0	1.000	1.000	425.0
S22	42610	560	1300	200.0	450	200.0	225.0	50	175.0	200.0	1.000	1.000	425.0

6.3 Caratteristiche statiche delle sezioni

N.B.: in sede di analisi e verifica, la trave centrale è stata differenziata da quelle esterne. In sede di disegnazione, data la piccola differenza, i profili sono stati uniformati.

6.3.1 Tabella di riferimento sezioni di analisi

<i>Sezione d'analisi</i>	<i>Concio metallico di progetto</i>	<i>Posizione</i>
1	C1	<i>Trave esterna 1</i>
2	C2	
21	C1	<i>Trave esterna 2</i>
22	C2	
11	C1	<i>Trave centrale</i>
12	C2	

Altezza travi principali = 240 cm

6.3.2 Caratteristiche statiche sezioni d'analisi.

Considerando una “travata alla Courbon” (cioè priva di controventi di piano) per la valutazione dell'inerzia torsionale è stata impiegata la formula per le sezioni aperte.

Trascurando, in via cautelativa il contributo della soletta in fase 2 e 3, in tutte le fasi di calcolo si assegna alle travi principali l'inerzia torsionale della sola sezione in acciaio.

Risulta pertanto:

$$J_T = \sum \frac{b_i t_i^3}{3},$$

nella quale:

b_i è la lunghezza del singolo elemento,

t è la spessore del singolo elemento.

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

GEOMETRIA DELLA SEZIONE 1

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore
 Gap di 2 cm
 Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 25 mm
 Anima : base= 16 mm , altezza= 2340 mm
 Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 35 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	17.7	6.2
AREA OMOG.(cm2)	899	1572	2718
Jx OMOG. (cm4)	8607201	18213451	23672943
BARIC. da lembo inf.(cm)	97	165	203
ASSE N da lembo inf.(cm)	268	242	242
Ss anima(cm3)	24754	73633	101182
Si anima(cm3)	33441	57058	70368
WS cls. (cm3)	50422	176439	363090
WS acc. (cm3)	60316	242109	636394
Wi acc. (cm3)	88463	110537	116730
J Tors. (cm4)	2113	178110	500489
I Orizz.(cm4)	363125	97068149	274205718
A taglio orizz.(cm2)	525	1212	2469
A taglio vert. (cm2)	374	374	374

GEOMETRIA DELLA SEZIONE 2

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore
 Gap di 2 cm
 Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 35 mm
 Anima : base= 14 mm , altezza= 2315 mm
 Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 50 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	17.7	6.2
AREA OMOG.(cm2)	1069	1742	2887
Jx OMOG. (cm4)	10961914	21916685	28867377
BARIC. da lembo inf.(cm)	92	155	195
ASSE N da lembo inf.(cm)	268	242	242
Ss anima(cm3)	35740	87496	120131
Si anima(cm3)	44937	76338	96139
WS cls. (cm3)	62416	194256	394243
WS acc. (cm3)	74254	258380	638344
Wi acc. (cm3)	118670	141237	148207
J Tors. (cm4)	5379	181376	503755
I Orizz.(cm4)	516708	97221733	274359301
A taglio orizz.(cm2)	745	1432	2689
A taglio vert. (cm2)	324	324	324

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

GEOMETRIA DELLA SEZIONE 11

Soletta collaborante : base= 450 cm , altezza= 26 cm
 Armatura : num. 22 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore
 Armatura : num. 22 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore
 Gap di 2 cm
 Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 20 mm
 Anima : base= 16 mm , altezza= 2350 mm
 Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 30 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	17.7	6.2
AREA OMOG. (cm ²)	816	1528	2741
Jx OMOG. (cm ⁴)	7497331	17014904	21894517
BARIC. da lembo inf. (cm)	97	171	208
ASSE N da lembo inf. (cm)	268	242	242
Ss anima (cm ³)	19869	69598	94832
Si anima (cm ³)	28674	50743	61942
WS cls. (cm ³)	43865	174771	364751
WS acc. (cm ³)	52459	245329	683650
Wi acc. (cm ³)	77228	99710	105275
J Tors. (cm ⁴)	1408	187757	529100
I Orizz. (cm ⁴)	307167	97012191	274149759
A taglio orizz. (cm ²)	440	1127	2384
A taglio vert. (cm ²)	376	376	376

GEOMETRIA DELLA SEZIONE 12

Soletta collaborante : base= 450 cm , altezza= 26 cm
 Armatura : num. 22 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore
 Armatura : num. 22 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore
 Gap di 2 cm
 Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 25 mm
 Anima : base= 14 mm , altezza= 2340 mm
 Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 35 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	17.7	6.2
AREA OMOG. (cm ²)	853	1565	2777
Jx OMOG. (cm ⁴)	8367074	18208061	23406401
BARIC. da lembo inf. (cm)	96	168	206
ASSE N da lembo inf. (cm)	268	242	242
Ss anima (cm ³)	24977	73984	99625
Si anima (cm ³)	32996	58309	71553
WS cls. (cm ³)	48652	182715	378671
WS acc. (cm ³)	58114	254115	692254
Wi acc. (cm ³)	87136	108158	113520
J Tors. (cm ⁴)	2008	188358	529700
I Orizz. (cm ⁴)	363125	97068149	274205718
A taglio orizz. (cm ²)	525	1212	2469
A taglio vert. (cm ²)	328	328	328

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

GEOMETRIA DELLA SEZIONE 21

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore
 Gap di 2 cm
 Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 20 mm
 Anima : base= 16 mm , altezza= 2350 mm
 Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 30 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	17.7	6.2
AREA OMOG.(cm2)	816	1489	2634
Jx OMOG. (cm4)	7497331	16727757	21643763
BARIC. da lembo inf.(cm)	97	168	206
ASSE N da lembo inf.(cm)	268	242	242
Ss anima(cm3)	19869	68103	93548
Si anima(cm3)	28674	50080	61372
WS cls. (cm3)	43865	168005	349514
WS acc. (cm3)	52459	233735	637982
Wi acc. (cm3)	77228	99314	105029
J Tors. (cm4)	1408	177405	499784
I Orizz.(cm4)	307167	97012191	274149759
A taglio orizz.(cm2)	440	1127	2384
A taglio vert. (cm2)	376	376	376

GEOMETRIA DELLA SEZIONE 22

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore
 Gap di 2 cm
 Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 30 mm
 Anima : base= 14 mm , altezza= 2325 mm
 Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 45 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	17.7	6.2
AREA OMOG.(cm2)	986	1658	2804
Jx OMOG. (cm4)	9868018	20560016	27004280
BARIC. da lembo inf.(cm)	92	158	198
ASSE N da lembo inf.(cm)	268	242	242
Ss anima(cm3)	30821	82182	112926
Si anima(cm3)	40267	70070	87910
WS cls. (cm3)	55983	186843	383614
WS acc. (cm3)	66555	250614	636976
Wi acc. (cm3)	107575	130159	136658
J Tors. (cm4)	3880	179877	502256
I Orizz.(cm4)	460750	97165774	274303343
A taglio orizz.(cm2)	660	1347	2604
A taglio vert. (cm2)	326	326	326

6.3.3 Proprietà statiche diaframmi

Diaframmi	A [cm²]	I_t [cm⁴]	I_o [cm⁴]	I_v [cm⁴]	A_{v0} [cm²]	A_{vh} [cm²]
Int. (sez DI)	62	32	1.36E3	5.89E5	20	20
Spalla (sez DS)	93	76	2.98E3	8.82E5	30	30

A = area della sezione trasversale

I_t = inerzia torsionale

I_o = inerzia orizzontale

I_v = inerzia verticale

A_{w0} = area di taglio orizzontale

A_{wv} = area di taglio verticale

6.4 Analisi globale e calcolo delle sollecitazioni

L'analisi statica del viadotto in oggetto è stata eseguita impiegando il metodo elastico.

6.1 Procedura di verifica

Impiegando una procedura di comprovata validità, come consentito ai punti 4.2.4.1.2 e 4.2.4.1.3.4 del DM2008 e C4.2.4.1.3.4 della circoalre applicativa, le verifiche saranno eseguite facendo riferimento al limite elastico degli elementi (*stato limite ultimo elastico*), indipendentemente dalla classificazione delle sezioni.

In tali ipotesi le verifiche di resistenza e stabilità saranno svolte con il metodo tensionale facendo riferimento alle istruzioni CNR 10011. In sostanza ciò significa considerare tutte le sezioni in classe 4 verificandone la stabilità locale senza impiegare il metodo delle larghezze efficaci.

6.2 Massime azioni interne

6.2.1 Sollecitazioni di verifica

I files contenenti l'involuppo delle sollecitazioni elementari combinate come descritto al par. 0:

a) **M22.SUM** (max momento flettente)

b) **V3.SUM** (max taglio)

sono riportati in allegato

6.2.2 Diagramma delle massime e minime sollecitazioni di verifica

Si riportano di seguito i diagrammi relativi alle massime e minime caratteristiche di sollecitazione agenti sulle travi principali riferiti alle seguenti combinazioni di carico:

Somma +:

1.35 faseI.out + 1.5 fase II.out + 1.2 ritiro.out + 1.2 termic.out + 1.35 **FASE3+** (*)

Somma - :

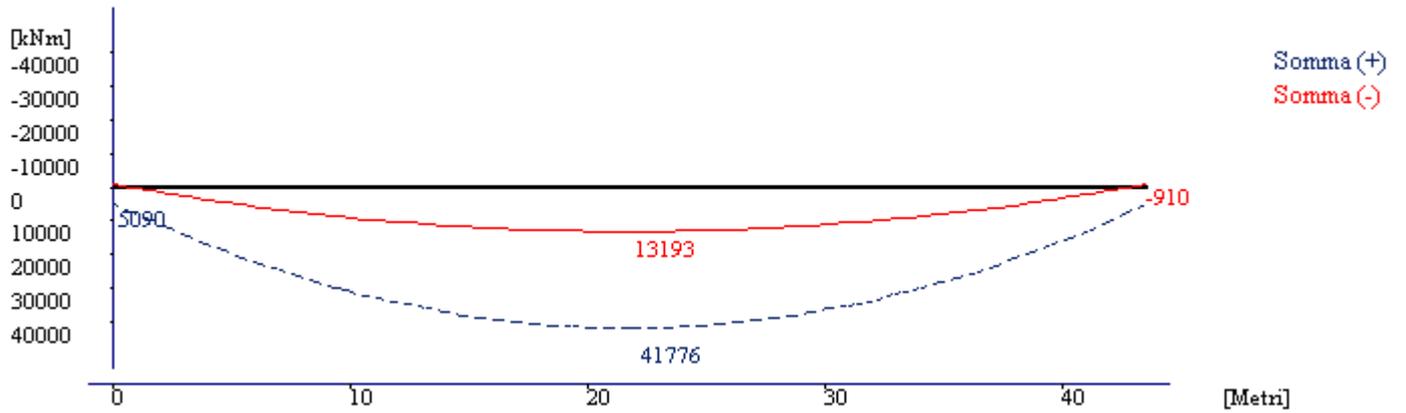
1.35 faseI.out + 1.5 fase II.out + 1.2 ritiro.out + 1.2 termic.out + 1.35 **FASE3-** (*)

(*)**CED+**, **CED-**, **FASE3+**, **FASE3-**

sono gli involuppi delle sollecitazioni effetto dei cedimenti dei carichi mobili.

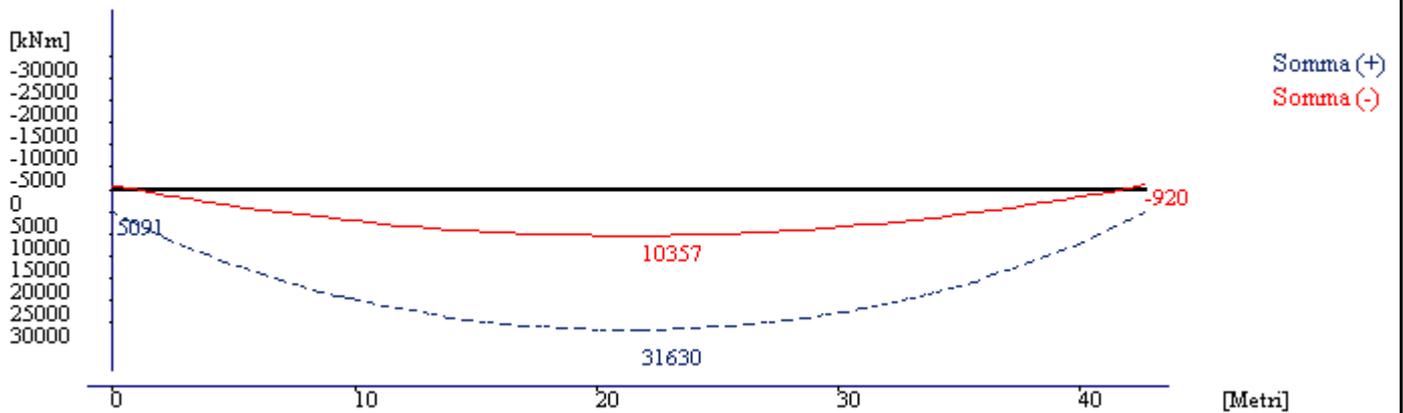
Trave principale (filo001) - Momento M2

Elementi 1-17



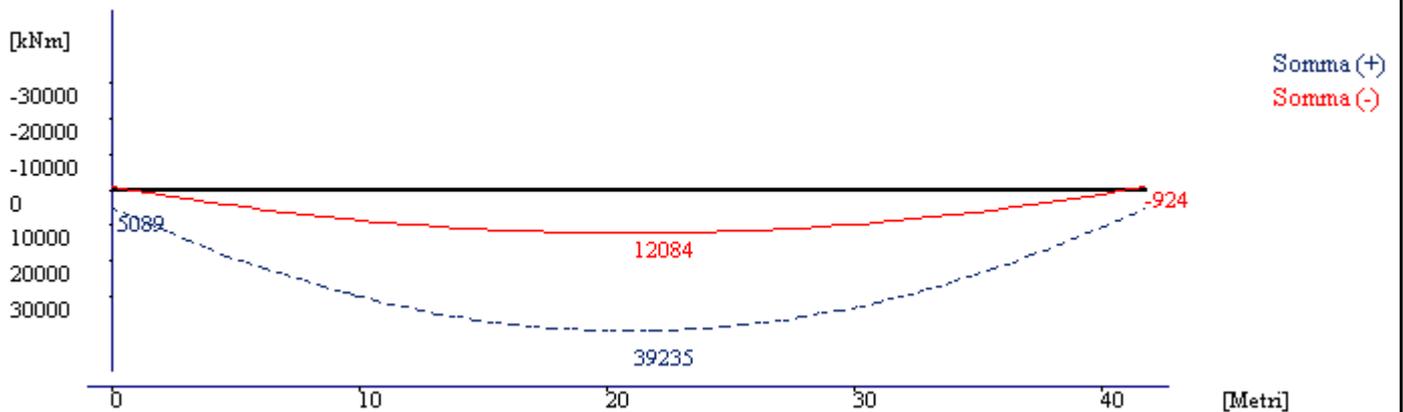
Trave principale (filo101) - Momento M2

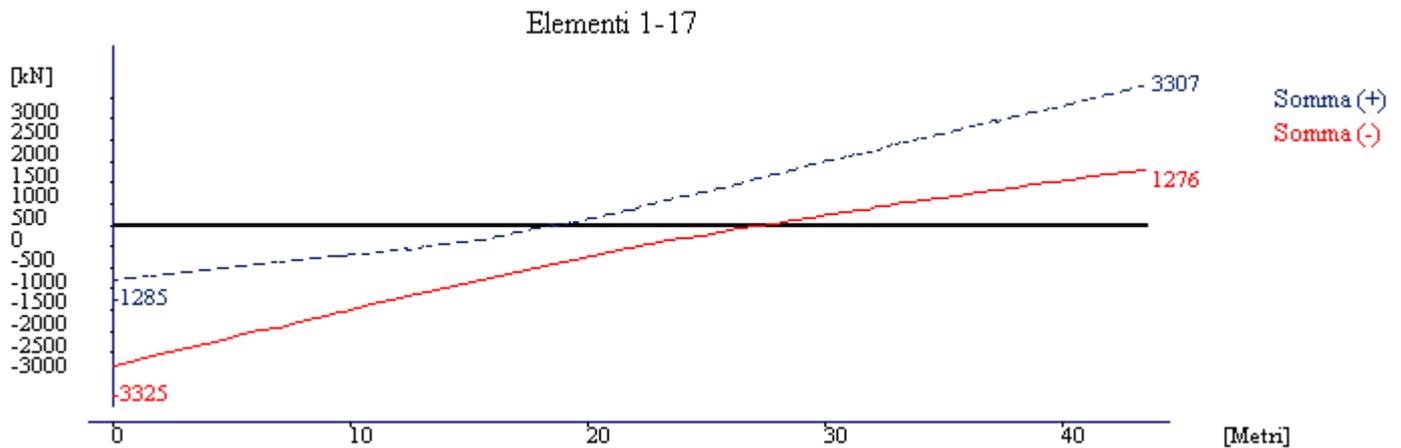
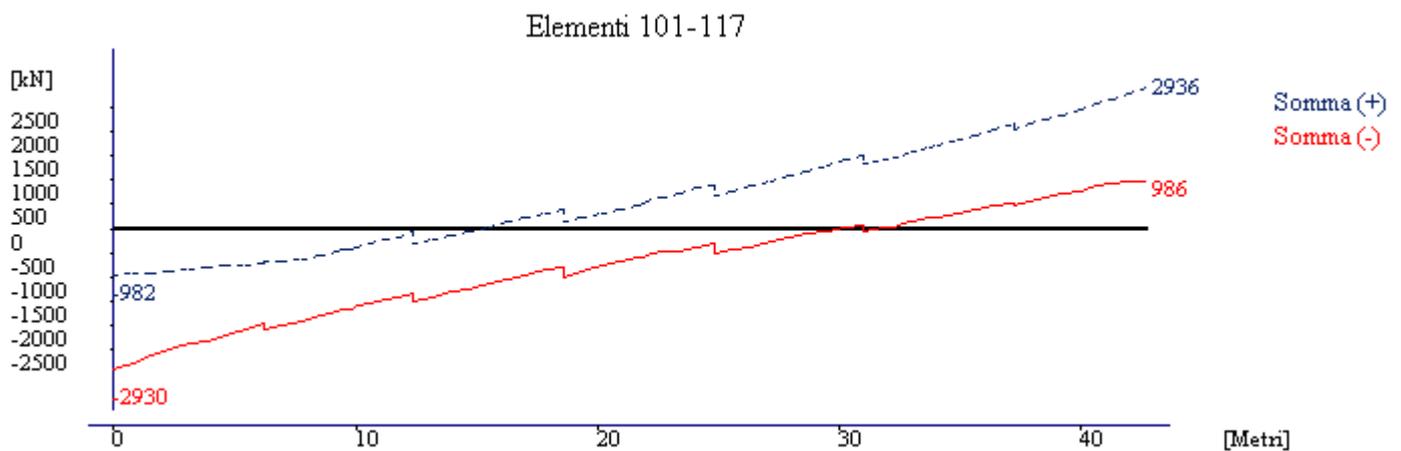
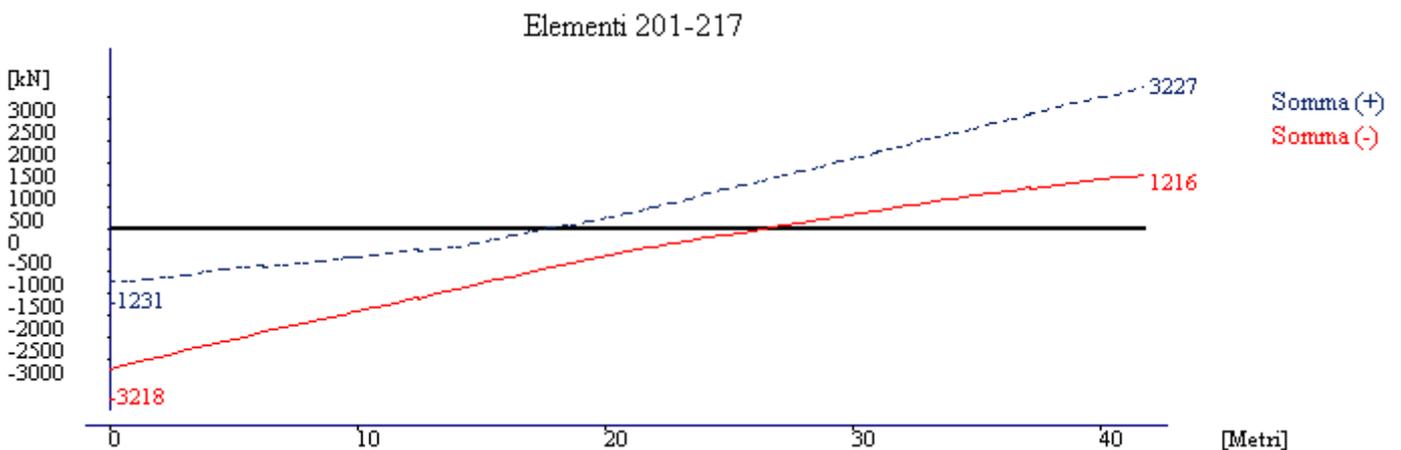
Elementi 101-117



Trave principale (filo201) - Momento M2

Elementi 201-217

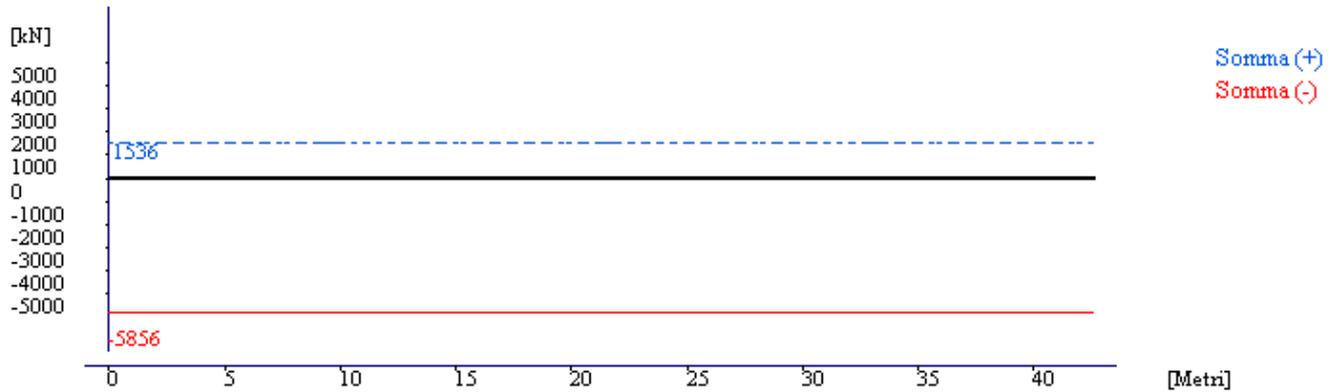


Trave principale (filo001) - Taglio V3Trave principale (filo101) - Taglio V3Trave principale (filo201) - Taglio V3

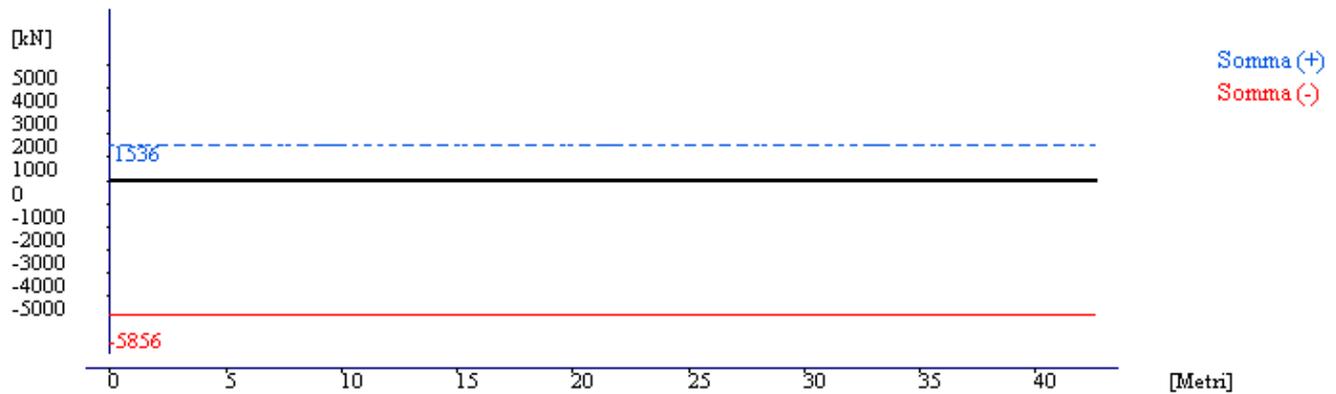
Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

Trave principale (filo001) - Normale N

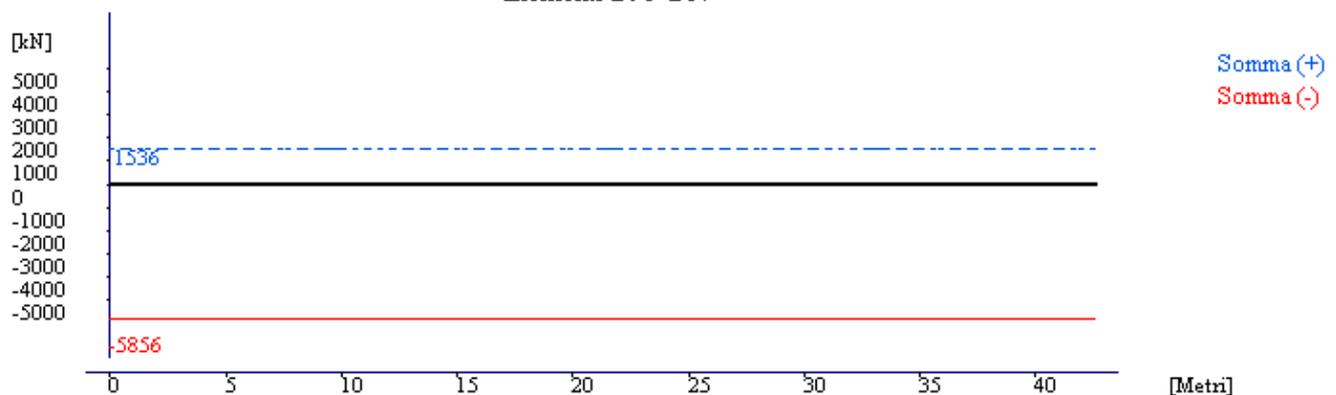
Elementi 1-17

Trave principale (filo101) - Normale N

Elementi 101-117

Trave principale (filo201) - Normale N

Elementi 201-217



7 VERIFICHE DI RESISTENZA

N.B.: in sede di analisi e verifica, la trave centrale è stata differenziata da quelle esterne. In sede di disegno, data la piccola differenza, i profili sono stati uniformati.

7.1 Caratteristiche geometriche delle travi principali

NOMI DEI FILES

File riassuntivo Fasi 1,2,3 = M22_SLU.irw,V3_SLU.irw,N_SLU.irw
 File stampa sintetica verifiche di resistenza . . = Felt.snt
 con squadratura della tabella ? (S/N) . . . = N
 File stampa estesa verifiche di resistenza . . . = Felt.est
 File stampa sintetica verifiche di imbozzamento . = Felt.is
 File stampa sintetica verifiche di imbozzamento . = Felt.imb
 File stampa estesa verifiche di imbozzamento . . = Felt.ie
 File stampa massimi verifiche di resistenza . . . = Felt.max
 con verifiche sulle tensioni ? (S/N) = S
 File stampa massimi verifiche di imbozzamento . . = Felt.mxi
 File stampa Sollecitazioni Giunti =
 File stampa Pesi concii = Felt.weg

DATI GENERALI

Numero delle travi resistenti = 1
 Trasformazione della torsione in tagli (S/N) . . = N
 Distanza tra le travi esterne (cm) =
 Larghezza impalcato = 1300
 Numero travi principali = 3
 Verifiche per: V2-M33 o V3-M22 (1/2) = 2
 Fy acciaio ="S355dn08"
 Rck [MPa] = 40
 Fy armatura [MPa] = 450
 Coefficiente sicurezza Gamma (acciaio) resistenza = 1.05
 Coefficiente sicurezza Gamma (acciaio) instabilità = 1.10
 Coefficiente di sicurezza Gamma (cls) = 2.126152 ; 1.5/0.85/0.83
 Coefficiente di sicurezza Gamma (armatura) . . . = 1.15
 Coefficiente di sicurezza NI (instabilità) = 1
 E modulo elasticità [mpa] = 210000
 G modulo elasticità tangenziale [mpa] = 80770
 Calcolo automatico N omogeneizzazione (S/N) . . = N
 Involuppo separato ritiro/termica (S/N) = N

COEFFICIENTI SPECIFICI Fase1

Tipo fase = 1

COEFFICIENTI SPECIFICI Fase2

Tipo fase = 2
 Coefficiente di omogeneizzazione = 17.67
 N . . . = 1.0
 V2 . . = 1.0
 M33 . . = 1.0
 V3 . . = 1.0
 M22 . . = 1.0
 T . . . = 1.0

COEFFICIENTI SPECIFICI Fase3

Tipo fase = 3
 Coefficiente di omogeneizzazione = 6.24
 N . . . = 1.0
 V2 . . = 1.0
 M33 . . = 1.0
 V3 . . = 1.0
 M22 . . = 1.0
 T . . . = 1.0

COEFFICIENTI SPECIFICI Ritiro

Tipo fase = 4
 Coefficiente di omogeneizzazione = 17.67
 N . . . = 1.0
 V2 . . = 1.0
 M33 . . = 1.0
 V3 . . = 1.0
 M22 . . = 1.0
 T . . . = 1.0

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

COEFFICIENTI SPECIFICI termica

Tipo fase = 5
 Coefficiente di omogeneizzazione = 6.24
 N = 1.0
 V2 = 1.0
 M33 = 1.0
 V3 = 1.0
 M22 = 1.0
 T = 1.0

DICHIARAZIONE DELLE SEZIONI

DEFINIZIONE NOMINALE

SEZIONE NUMERO = 1
 Soletta cls. = 425,26.0
 Armatura = 21,12,6
 = 21,12,21
 Gap. = 2
 Htot = 240
 Piattabanda superiore. = 70,2.5
 Anima implicita. = 1.6
 Piattabanda inferiore. = 100,3.5
 Delta sezione = 0

SEZIONE NUMERO = 2
 Soletta cls. = 425,26.0
 Armatura = 21,12,6
 = 21,12,21
 Gap. = 2
 Htot = 240
 Piattabanda superiore. = 70,3.5
 Anima implicita. = 1.4
 Piattabanda inferiore. = 100,5.0
 Delta sezione = 0

SEZIONE NUMERO = 11
 Soletta cls. = 450,26.0
 Armatura = 22,12,6
 = 22,12,21
 Gap. = 2
 Htot = 240
 Piattabanda superiore. = 70,2.0
 Anima implicita. = 1.6
 Piattabanda inferiore. = 100,3
 Delta sezione = 0

SEZIONE NUMERO = 12
 Soletta cls. = 450,26.0
 Armatura = 22,12,6
 = 22,12,21
 Gap. = 2
 Htot = 240
 Piattabanda superiore. = 70,2.5
 Anima implicita. = 1.4
 Piattabanda inferiore. = 100,3.5
 Delta sezione = 0

SEZIONE NUMERO = 21
 Soletta cls. = 425,26.0
 Armatura = 21,12,6
 = 21,12,21
 Gap. = 2
 Htot = 240
 Piattabanda superiore. = 70,2.0
 Anima implicita. = 1.6
 Piattabanda inferiore. = 100,3.0
 Delta sezione = 0

SEZIONE NUMERO = 22
 Soletta cls. = 425,26.0
 Armatura = 21,12,6
 = 21,12,21
 Gap. = 2
 Htot = 240
 Piattabanda superiore. = 70,3.0
 Anima implicita. = 1.4
 Piattabanda inferiore. = 100,4.5
 Delta sezione = 0

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

DICHIARAZIONE DELLE ASTE

1	1	1
2	2	1
3	3	1
4	4	1
5	5	2
6	6	2
7	7	2
8	8	2
9	9	2
10	10	2
11	11	2
12	12	2
13	13	2
14	14	1
15	15	1
16	16	1
17	17	1
;		
101	101	11
102	102	11
103	103	11
104	104	11
105	105	12
106	106	12
107	107	12
108	108	12
109	109	12
110	110	12
111	111	12
112	112	12
113	113	12
114	114	11
115	115	11
116	116	11
117	117	11
;		
201	201	21
202	202	21
203	203	21
204	204	21
205	205	22
206	206	22
207	207	22
208	208	22
209	209	22
210	210	22
211	211	22
212	212	22
213	213	22
214	214	21
215	215	21
216	216	21
217	217	21

NODI NON IRRIGIDITI

5	
10	
14	
;	
105	
110	
114	
;	
205	
210	
214	

PANNELLI IRRIGIDITI LONGITUDINALMENTE ASSOLUTI

1	17	2	70.0
101	117	2	70.0
201	217	2	70.0

GIUNTI

7.2 Verifiche in versione riassuntiva

Si riportano di seguito le verifiche riassuntive di tutte le sezioni (dal file Feltr.max) e Le relative verifiche estese. La verifica di tutte le altre sezioni in formato sintetico (Feltr.SNT) ed esteso (Feltr.EST) è riportata in allegato su supporto magnetico.

N. B. TENSIONI ACCIAIO TENSIONI C.L.S. TENSIONI BARRE D'ARMATURA

kN/cm²
N/cm²
N/cm²

SEZIONE :1

Aste :1 2 3 4 14 15 16 17

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm

Asta	1 asc x=	0.00	Sigma Sup Max =	0 <	1881 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	1 asc x=	0.00	Sigma Inf Max =	0 <	1881 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Sup Min =	-712 <	1881 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Inf Min =	-452 <	1881 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore

Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Min	=	-10824 <	39130 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
------	-----------	------	-----------	---	----------	-------------------------------------	---

Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore

Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Min	=	-9203 <	39130 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
------	-----------	------	-----------	---	---------	-------------------------------------	---

Gap di 2 cm

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 25 mm

Asta	17 asc x=	318.40	Sigma Sup Max =	0.75 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	17 asc x=	318.40	Sigma Inf Max =	0.74 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Sup Min =	-25.48 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Inf Min =	-24.93 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Anima : base= 16 mm , altezza= 2340 mm

Asta	17 asc x=	318.40	Sigma Sup Max =	0.74 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Inf Max =	26.91 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Sup Min =	-24.93 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	17 asc x=	318.40	Sigma Inf Min =	-0.21 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)

Asta	17 asc x=	318.40	Tau Sup Max =	7.71 <	19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	1 asc x=	0.00	Tau Inf Max =	7.85 <	19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)

Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Id. Sup =	26.04 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Id. Inf =	27.65 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Asta	1 asc x=	0.00	Tau Med	=	8.88 <	19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
------	----------	------	---------	---	--------	--------------------------------------	---

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 35 mm

Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Sup Max =	26.91 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	14 asc x=	0.00	Sigma Inf Max =	27.69 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	17 asc x=	318.40	Sigma Sup Min =	-0.21 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	17 asc x=	318.40	Sigma Inf Min =	-0.22 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

Scorrimento Acciaio-cl.s:

Asta	17 asc x=	318.40	Scorrim. max =	810.25 kN/m		M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
------	-----------	--------	----------------	-------------	--	---

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

SEZIONE :2

Aste :5 6 7 8 9 10 11 12 13

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm

Asta	5 asc x=	0.00	Sigma Sup Max =	-106 <	1881 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	5 asc x=	0.00	Sigma Inf Max =	-98 <	1881 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	9 asc x=	30.00	Sigma Sup Min =	-875 <	1881 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	10 asc x=	140.00	Sigma Inf Min =	-602 <	1881 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore

Asta	9 asc x=	7.50	Sigma Min	= -11746 <	39130 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
------	----------	------	-----------	------------	-------------------------------------	---

Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore

Asta	9 asc x=	7.50	Sigma Min	= -10195 <	39130 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
------	----------	------	-----------	------------	-------------------------------------	---

Gap di 2 cm

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 35 mm

Asta	5 asc x=	0.00	Sigma Sup Max =	-9.73 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	5 asc x=	0.00	Sigma Inf Max =	-9.47 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	9 asc x=	15.00	Sigma Sup Min =	-27.64 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	9 asc x=	15.00	Sigma Inf Min =	-26.83 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Anima : base= 14 mm , altezza= 2315 mm

Asta	5 asc x=	0.00	Sigma Sup Max =	-9.47 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	9 asc x=	30.00	Sigma Inf Max =	26.58 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	9 asc x=	15.00	Sigma Sup Min =	-26.83 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	5 asc x=	0.00	Sigma Inf Min =	7.54 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	5 asc x=	0.00	Tau Sup Max =	5.54 <	19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	5 asc x=	0.00	Tau Inf Max =	5.20 <	19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	8 asc x=	310.00	Sigma Id. Sup =	26.84 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	9 asc x=	30.00	Sigma Id. Inf =	26.58 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	5 asc x=	0.00	Tau Med =	6.23 <	19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 50 mm

Asta	9 asc x=	30.00	Sigma Sup Max =	26.58 <	31.90 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	9 asc x=	30.00	Sigma Inf Max =	27.74 <	31.90 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	5 asc x=	0.00	Sigma Sup Min =	7.54 <	31.90 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	5 asc x=	0.00	Sigma Inf Min =	7.90 <	31.90 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

Scorrimento Acciaio-cls:

Asta	5 asc x=	0.00	Scorrim. max =	-492.13 kN/m	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
------	----------	------	----------------	--------------	---

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

SEZIONE :11

Aste :101 102 103 104 114 115 116 117

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Soletta collaborante : base= 450 cm , altezza= 26 cm

Asta 101 asc x=	0.00	Sigma Sup Max =	0 <	1881 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 101 asc x=	0.00	Sigma Inf Max =	0 <	1881 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Sup Min =	-516 <	1881 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Inf Min =	-320 <	1881 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Armatura : num. 22 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore

Asta 117 asc x=	274.00	Sigma Max =	55 <	39130 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Min =	-9146 <	39130 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Armatura : num. 22 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore

Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Min =	-7795 <	39130 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
-----------------	------	-------------	---------	-------------------------------------	---

Gap di 2 cm

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 20 mm

Asta 117 asc x=	274.00	Sigma Sup Max =	0.76 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 117 asc x=	274.00	Sigma Inf Max =	0.75 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Sup Min =	-22.13 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Inf Min =	-21.75 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Anima : base= 16 mm , altezza= 2350 mm

Asta 117 asc x=	274.00	Sigma Sup Max =	0.75 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Inf Max =	22.70 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Sup Min =	-21.75 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 117 asc x=	274.00	Sigma Inf Min =	-0.31 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 117 asc x=	274.00	Tau Sup Max =	6.87 <	19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 101 asc x=	0.00	Tau Inf Max =	6.80 <	19.52 kN/cm ² Verificato!	N_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Id. Sup =	22.17 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Id. Inf =	23.06 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 117 asc x=	274.00	Tau Med =	7.81 <	19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 30 mm

Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Sup Max =	22.70 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 114 asc x=	0.00	Sigma Inf Max =	23.27 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 117 asc x=	274.00	Sigma Sup Min =	-0.31 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 117 asc x=	274.00	Sigma Inf Min =	-0.33 <	33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

Scorrimento Acciaio-cls:

Asta 117 asc x=	274.00	Scorrim. max =	786.63 kN/m	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
-----------------	--------	----------------	-------------	---

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

SEZIONE :12

Aste :105 106 107 108 109 110 111 112 113

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Soletta collaborante : base= 450 cm , altezza= 26 cm

Asta 105 asc x= 0.00	Sigma Sup Max = -82 < 1881 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 105 asc x= 0.00	Sigma Inf Max = -77 < 1881 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 108 asc x= 310.00	Sigma Sup Min = -647 < 1881 N/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 109 asc x= 22.50	Sigma Inf Min = -414 < 1881 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Armatura : num. 22 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore

Asta 109 asc x= 22.50	Sigma Min = -10184 < 39130 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
-----------------------	--	---

Armatura : num. 22 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore

Asta 109 asc x= 22.50	Sigma Min = -8768 < 39130 N/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
-----------------------	---	---

Gap di 2 cm

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 25 mm

Asta 105 asc x= 0.00	Sigma Sup Max = -9.69 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 105 asc x= 0.00	Sigma Inf Max = -9.51 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 108 asc x= 310.00	Sigma Sup Min = -26.35 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 108 asc x= 310.00	Sigma Inf Min = -25.78 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Anima : base= 14 mm , altezza= 2340 mm

Asta 105 asc x= 0.00	Sigma Sup Max = -9.51 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 108 asc x= 310.00	Sigma Inf Max = 26.90 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 108 asc x= 310.00	Sigma Sup Min = -25.78 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 105 asc x= 0.00	Sigma Inf Min = 8.13 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 105 asc x= 0.00	Tau Sup Max = 4.40 < 19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 105 asc x= 0.00	Tau Inf Max = 3.88 < 19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 108 asc x= 310.00	Sigma Id. Sup = 25.79 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 108 asc x= 310.00	Sigma Id. Inf = 26.90 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 105 asc x= 0.00	Tau Med = 4.93 < 19.52 kN/cm ² Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 35 mm

Asta 108 asc x= 310.00	Sigma Sup Max = 26.90 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 108 asc x= 310.00	Sigma Inf Max = 27.69 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta 105 asc x= 0.00	Sigma Sup Min = 8.13 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta 105 asc x= 0.00	Sigma Inf Min = 8.40 < 33.81 kN/cm ² Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

Scorrimento Acciaio-cls:

Asta 106 asc x= 0.00	Scorrim. max = -439.90 kN/m	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
----------------------	-----------------------------	---

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

SEZIONE :21

Aste :201 202 203 204 214 215 216 217

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm

Asta	217	asc	x=	229.60	Sigma	Sup	Max	=	0	<	1881	N/cm ²	Verificato!	V3_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	217	asc	x=	229.60	Sigma	Inf	Max	=	0	<	1881	N/cm ²	Verificato!	V3_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Sup	Min	=	-674	<	1881	N/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Inf	Min	=	-415	<	1881	N/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)

Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore

Asta	217	asc	x=	229.60	Sigma	Max	=	48	<	39130	N/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(-)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Min	=	-10744	<	39130	N/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)

Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore

Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Min	=	-9101	<	39130	N/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
------	-----	-----	----	-------	-------	-----	---	-------	---	-------	-------------------	-------------	---------	-----------------------------------	-----

Gap di 2 cm

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 20 mm

Asta	217	asc	x=	229.60	Sigma	Sup	Max	=	0.80	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(-)
Asta	217	asc	x=	229.60	Sigma	Inf	Max	=	0.79	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(-)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Sup	Min	=	-25.80	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Inf	Min	=	-25.35	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)

Anima : base= 16 mm , altezza= 2350 mm

Asta	217	asc	x=	229.60	Sigma	Sup	Max	=	0.79	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(-)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Inf	Max	=	27.71	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Sup	Min	=	-25.35	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	217	asc	x=	229.60	Sigma	Inf	Min	=	-0.30	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(-)
Asta	201	asc	x=	0.00	Tau	Sup	Max	=	7.41	<	19.52	kN/cm ²	Verificato!	V3_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(-)
Asta	217	asc	x=	229.60	Tau	Inf	Max	=	7.46	<	19.52	kN/cm ²	Verificato!	V3_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Id.	Sup	=	26.29	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Id.	Inf	=	28.37	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	217	asc	x=	229.60	Tau	Med	=	8.59	<	19.52	kN/cm ²	Verificato!	V3_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)	

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 30 mm

Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Sup	Max	=	27.71	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	204	asc	x=	70.00	Sigma	Inf	Max	=	28.39	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(+)
Asta	217	asc	x=	229.60	Sigma	Sup	Min	=	-0.30	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(-)
Asta	217	asc	x=	229.60	Sigma	Inf	Min	=	-0.31	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(-)

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

Scorrimento Acciaio-cls:

Asta	201	asc	x=	0.00	Scorrim.	max	=	-817.14	kN/m	M22_SLU	:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3	(-)
------	-----	-----	----	------	----------	-----	---	---------	------	---------	-----------------------------------	-----

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

SEZIONE :22

Aste :205 206 207 208 209 210 211 212 213

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm

Asta	213	asc	x=	161.00	Sigma	Sup	Max	=	-96	<	1881	N/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	213	asc	x=	161.00	Sigma	Inf	Max	=	-90	<	1881	N/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	208	asc	x=	232.50	Sigma	Sup	Min	=	-846	<	1881	N/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	208	asc	x=	310.00	Sigma	Inf	Min	=	-573	<	1881	N/cm ²	Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore

Asta	208	asc	x=	310.00	Sigma	Min	=	-11673	<	39130	N/cm ²	Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
------	-----	-----	----	--------	-------	-----	---	--------	---	-------	-------------------	-------------	---

Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore

Asta	208	asc	x=	310.00	Sigma	Min	=	-10101	<	39130	N/cm ²	Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
------	-----	-----	----	--------	-------	-----	---	--------	---	-------	-------------------	-------------	---

Gap di 2 cm

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 30 mm

Asta	213	asc	x=	161.00	Sigma	Sup	Max	=	-9.56	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	213	asc	x=	161.00	Sigma	Inf	Max	=	-9.35	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	208	asc	x=	232.50	Sigma	Sup	Min	=	-28.05	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	208	asc	x=	232.50	Sigma	Inf	Min	=	-27.34	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)

Anima : base= 14 mm , altezza= 2325 mm

Asta	213	asc	x=	161.00	Sigma	Sup	Max	=	-9.35	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	208	asc	x=	232.50	Sigma	Inf	Max	=	27.27	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	208	asc	x=	232.50	Sigma	Sup	Min	=	-27.34	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	213	asc	x=	161.00	Sigma	Inf	Min	=	7.38	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	213	asc	x=	161.00	Tau	Sup	Max	=	5.35	<	19.52	kN/cm ²	Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	213	asc	x=	161.00	Tau	Inf	Max	=	5.00	<	19.52	kN/cm ²	Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	208	asc	x=	232.50	Sigma	Id.	Sup	=	27.35	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	208	asc	x=	232.50	Sigma	Id.	Inf	=	27.27	<	33.81	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	213	asc	x=	161.00	Tau	Med	=	6.06	<	19.52	kN/cm ²	Verificato!	V3_SLU :Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)	

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 45 mm

Asta	208	asc	x=	232.50	Sigma	Sup	Max	=	27.27	<	31.90	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	208	asc	x=	232.50	Sigma	Inf	Max	=	28.32	<	31.90	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
Asta	213	asc	x=	161.00	Sigma	Sup	Min	=	7.38	<	31.90	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)
Asta	213	asc	x=	161.00	Sigma	Inf	Min	=	7.70	<	31.90	kN/cm ²	Verificato!	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (-)

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

Scorrimento Acciaio-cl.s:

Asta	213	asc	x=	161.00	Scorrim.	max	=	486.35	kN/m	M22_SLU:Fase1 Fase2 Ritiro TERMICA Fase3 (+)
------	-----	-----	----	--------	----------	-----	---	--------	------	---

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

7.3 Verifiche in versione estesa

Massimi riscontrati:

Soletta collaborante	: base= 425 cm , altezza= 26 cm	: Sigma Sup Min = -674 < 1881 N/cm ² Verificato!
Soletta collaborante	: base= 425 cm , altezza= 26 cm	: Sigma Inf Min = -415 < 1881 N/cm ² Verificato!
Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore		: Sigma Min = -10744 < 39130 N/cm ² Verificato!
Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore		: Sigma Min = -9101 < 39130 N/cm ² Verificato!
Piattabanda Superiore	: base= 700 mm , altezza= 20 mm	: Sigma Sup Min = -25.80 < 33.81 kN/cm ² Verificato!
Piattabanda Superiore	: base= 700 mm , altezza= 20 mm	: Sigma Inf Min = -25.35 < 33.81 kN/cm ² Verificato!
Anima	: base= 16 mm , altezza= 2350 mm	: Sigma Inf Max = 27.71 < 33.81 kN/cm ² Verificato!
Anima	: base= 16 mm , altezza= 2350 mm	: Sigma Sup Min = -25.35 < 33.81 kN/cm ² Verificato!
Anima	: base= 16 mm , altezza= 2350 mm	: Sigma Id. Sup = 26.29 < 33.81 kN/cm ² Verificato!
Anima	: base= 16 mm , altezza= 2350 mm	: Sigma Id. Inf = 28.37 < 33.81 kN/cm ² Verificato!
Piattabanda Inferiore	: base= 1000 mm , altezza= 30 mm	: Sigma Sup Max = 27.71 < 33.81 kN/cm ² Verificato!
Piattabanda Inferiore	: base= 1000 mm , altezza= 30 mm	: Sigma Inf Max = 28.39 < 33.81 kN/cm ² Verificato!

COMBINAZIONE N°: 1 M22_SLU:Fase1|Fase2|Ritiro|TERMICA|Fase3| (+)

Asta 204 ascissa x = 70.00 MASSIMI:	Fase1 : [1.35]*fase1	CC:1
	Fase2 : [1.5]*Fase2+[0]*Fittiz	CC:1/1
	Ritiro : [1.2]*ritiro	CC:1
	TERMICA : [-1.2]*temic	CC:1
	Fase3 : [1.35]*{MDiM01}+[1.5]*{[.6]*fittiz}	CC:11/1

GEOMETRIA DELLA SEZIONE

Soletta collaborante	: base= 425 cm , altezza= 26 cm
Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore	
Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore	
Gap di 2 cm	
Piattabanda Superiore	: base= 700 mm , altezza= 20 mm
Anima	: base= 16 mm , altezza= 2350 mm
Piattabanda Inferiore	: base= 1000 mm , altezza= 30 mm
Delta (angolo inclinazione anima) = 0°	

Coazione assiale (Ritiro) =4320 kN

Coazione assiale (TERMICA) =1536 kN

TABELLA RIASSUNTIVA	Fase1	Fase2	Ritiro	TERMICA	Fase3	TOTALI	
COEFF.OMDG.	inf	17.7	17.7	6.2	6.2		
AZIONE AS. (kN)	0.0	0.0	-4320.0	-1536.0	0.0	-5856.0	
MOMENTO (kNm)	871631.9	449539.6	431416.2	90167.7	1140466.6	2983222.1	
TAGLIO (kN)	-609.0	-297.2	-9.1	-2.1	-831.5	-1749.0	
AREA OMDG. (cm2)	816	1489	1489	2634	2634		
Jx OMDG. (cm4)	7497331	16727757	16727757	21643763	21643763		
BARIC. da lembo inf. (cm)	97.08	168.43	168.43	206.07	206.07		
ASSE N da lembo inf. (cm)	97.08	168.43	55.93	66.12	206.07		
Ss anima (cm3)	19869	68103	68103	93548	93548		
Si anima (cm3)	28674	50080	50080	61372	61372		
WS cls. (cm3)	43865	168005	168005	349514	349514		
WS acc. (cm3)	52459	233735	233735	637982	637982		
Wi acc. (cm3)	77228	99314	99314	105029	105029		
S(Ybar) (cm3)	-35755	-1271786	-1271786	-588830	-588830		
Tensioni SIGMA	Fase1	Fase2	Ritiro	TERMICA	Fase3	TOTALI	
SOLETTA dist. sup. (cm) [N/cm ²]							
0.00	0.00	-151.43	0.00	0.00	-522.92	-674.35	
26.00	0.00	-111.89	0.00	0.00	-303.37	-415.25	
ACCIAIO dist. sup. (cm) [kN/cm ²]							
28.00	-16.62	-1.92	-4.75	-0.72	-1.79	-25.80	
30.00	-16.38	-1.87	-4.70	-0.72	-1.68	-25.35	
265.00	10.94	4.45	1.37	0.26	10.70	27.71	
268.00	11.29	4.53	1.44	0.28	10.86	28.39	
ARMATURA dist. sup. (cm) [N/cm ²]							
6.00	0.00	-2514.51	-5314.69	32.23	-2946.85	-10743.83	
21.00	0.00	-2111.40	-4927.84	94.72	-2156.46	-9100.99	
Tensioni TAU & SigmaID	Fase1	Fase2	Ritiro	TERMICA	Fase3	TOTALI	
ACCIAIO dist. sup. (cm) [kN/cm ²]							
30.00	1.01	0.76	0.02	0.01	2.25	4.04	σi= 26.29
265.00	1.46	0.56	0.02	0.00	1.47	3.51	σi= 28.37
TAU MED (kN/cm ²)	-1.62	-0.79	-0.02	-0.01	-2.21	-4.65	
Scorrimento Acc-Cls (kN/m)	0.00	-103.46	-3.18	-0.86	-341.69	-449.18	

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

8 VERIFICHE DI STABILITÀ DELLE ANIME

N.B.: in sede di analisi e verifica, la trave centrale è stata differenziata da quelle esterne. In sede di disegno, data la piccola differenza, i profili sono stati uniformati.

Per la distribuzione dei pannelli e degli eventuali irrigidimenti d'anima vedere i disegni di riferimento.

8.1 Verifiche in versione riassuntiva

SEZIONE :1

Aste :1 2 3 4 14 15 16 17

Min Beta/BetaMin= 1.43 nell'Asta: 13 14 nel sottopannello n°1 (di 2); V3_SLU :Fase1|Fase2|Ritiro|TERMICA|Fase3| (+)

SEZIONE :2

Aste :5 6 7 8 9 10 11 12 13

Min Beta/BetaMin= 1.41 nell'Asta: 9 10 nel sottopannello n°1 (di 2); M22_SLU:Fase1|Fase2|Ritiro|TERMICA|Fase3| (+)

SEZIONE :11

Aste :101 102 103 104 114 115 116 117

Min Beta/BetaMin= 1.66 nell'Asta: 104 105 nel sottopannello n°1 (di 2); M22_SLU:Fase1|Fase2|Ritiro|TERMICA|Fase3| (+)

SEZIONE :12

Aste :105 106 107 108 109 110 111 112 113

Min Beta/BetaMin= 1.47 nell'Asta: 108 nel sottopannello n°1 (di 2); M22_SLU:Fase1|Fase2|Ritiro|TERMICA|Fase3| (+)

SEZIONE :21

Aste :201 202 203 204 214 215 216 217

Min Beta/BetaMin= 1.41 nell'Asta: 204 205 nel sottopannello n°1 (di 2); V3_SLU :Fase1|Fase2|Ritiro|TERMICA|Fase3| (-)

SEZIONE :22

Aste :205 206 207 208 209 210 211 212 213

Min Beta/BetaMin= 1.39 nell'Asta: 209 210 nel sottopannello n°1 (di 2); M22_SLU:Fase1|Fase2|Ritiro|TERMICA|Fase3| (+)

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

8.2 Verifiche in versione estesa

 VERIFICA IMBOZZAMENTO - norme CNR 10011/88; Pannello 209 210

GEOMETRIA DELLA TRAVE

Altezza anima trave = 232.5 cm
 Interasse irrigidimenti trasversali = 310.0 cm
 Spessore = 1.4 cm
 Coefficiente alpha complessivo = 1.33

Acciaio S355cm08: fy = 35.5 kN/cm²
 Gamma, coefficiente di sicurezza = 1.10

Numero di pannelli sull'altezza della trave = 2

M22_SLU:Fasel|Fase2|Ritiro|TERMICA|Fase3| MASSIMI

STATO TENSIONALE (compressione < 0)

...Estremo sinistro...
 Tensione normale estremo superiore anima = -27.31 kN/cm²
 Tensione normale estremo inferiore anima = 27.24 kN/cm²
 Tensione tangenziale media = 0.64 kN/cm²

...Estremo destro...
 Tensione normale estremo superiore anima = -26.55 kN/cm²
 Tensione normale estremo inferiore anima = 26.35 kN/cm²
 Tensione tangenziale media = 2.16 kN/cm²

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

...Sottopannello 1
 Altezza anima sottopannello = 67.0 cm

Tensioni di verifica: s = -27.23 t = 1.99

Parametri: a = 4.63 Y = 0.42

Coefficienti di imbozzamento: Ks = 5.51 Kt = 5.53

Tensioni id. di imbozzamento: s cr = 44.79 t cr = 44.93

Tensione id. di confronto: s cr,id = 30.55

Coeff. riduttivi tensione di confronto u = 1.00 b = 0.80

Condizione di verifica: $\frac{s_{cr,id}}{b \left(s^2 + 3t^2 \right)}$ = 1.39 ³ 1.00

Pannello Verificato (b/b min = 1.39)

...Sottopannello 2
 Altezza anima sottopannello = 165.5 cm

Tensioni di verifica: s = -11.52 t = 1.75

Parametri: a = 1.87 Y = -2.34

Coefficienti di imbozzamento: Ks = 23.90 Kt = 6.48

Tensioni id. di imbozzamento: s cr = 31.84 t cr = 8.63

Tensione id. di confronto: s cr,id = 27.94

Coeff. riduttivi tensione di confronto u = 1.00 b = 0.80

Condizione di verifica: $\frac{s_{cr,id}}{b \left(s^2 + 3t^2 \right)}$ = 2.93 ³ 1.00

Pannello Verificato (b/b min = 2.93)

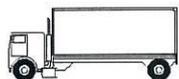
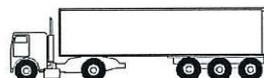
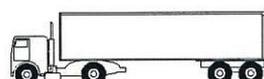
9 VERIFICHE A FATICA

N.B.: in sede di analisi e verifica, la trave centrale è stata differenziata da quelle esterne. In sede di disegno, data la piccola differenza, i profili sono stati uniformati.

9.1 Modelli di carico per le verifiche a fatica

In accordo con il punto 5.1.43.3 del DM 14/01/2008 le verifiche a fatica si eseguono facendo riferimento al modello di carico 2 applicato sulla corsia lenta.

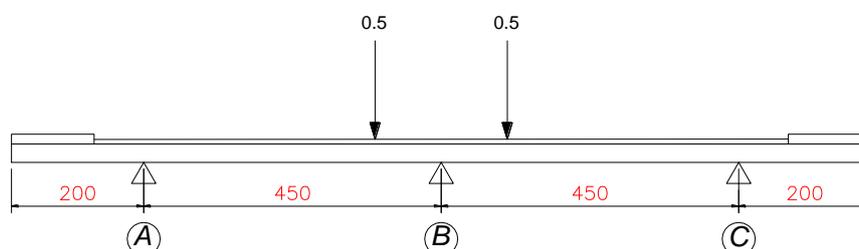
Tabella 5.1.VII – Modello di carico a fatica n. 2 – veicoli frequenti

SAGOMA del VEICOLO		Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
		4,5	90	A
			190	B
		4,20	80	A
		1,30	140	B
			140	B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120	C
			120	C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140	B
			140	B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120	C
		1,30	110	C
			110	C

I delta di tensione si determinano in base agli effetti più severi dei diversi autocarri, considerati separatamente, che viaggiano da soli sulla corsia.

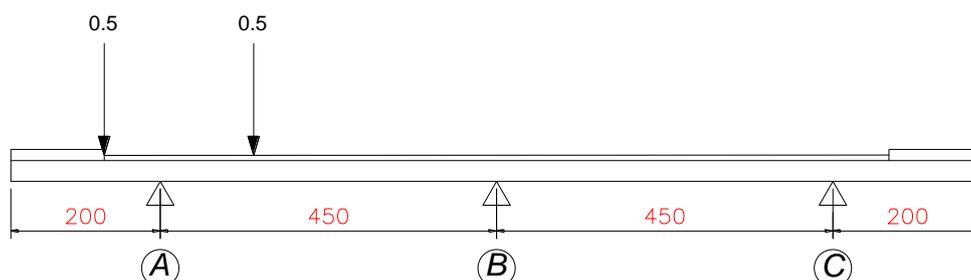
Nel caso in esame, detto P il peso di ogni asse, le verifiche a fatica saranno effettuate facendo riferimento alle seguenti ripartizioni trasversali dei carichi:

Condizione 1



	$Q_{1k} [kN]$
R_A^* (filo 001)	$0.07 \times P$
R_B^* (filo 101)	$0.86 \times P$
R_B^* (filo 101)	$-0.07 \times P$

Condizione 2



	$Q_{1k} [kN]$
R_A^* (filo 001)	$0.92 \times P$
R_B^* (filo 101)	$0.10 \times P$
R_B^* (filo 101)	$-0.02 \times P$

* R_A , R_B e R_C rappresentano i carichi a m lineare direttamente applicati agli elementi rappresentativi rispettivamente delle travi principali (filo 001, 101, 201 del modello FEM).

9.2 Categorie di dettaglio e curve S-N

I dettagli interessati dalle verifiche a fatica sono i seguenti:

- saldature degli irrigidenti trasversali sulle piattabande e sull'anima delle travi principali
- saldature dei pioli alle piattabande superiori
- saldature di composizione delle travi principali
- giunto trasversale saldato delle travi principali

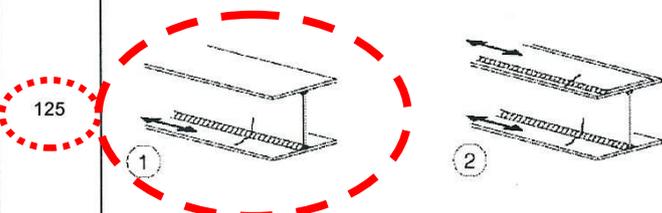
In accordo con la "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni", par. C4.2.4.1.4.4, per i dettagli indicati si assumono i seguenti valori di resistenza a fatica per $N = 2 \times 10^6$ cicli.

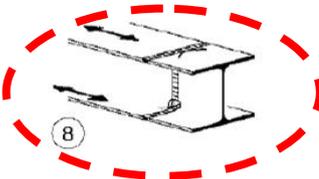
Dettagli costruttivi per attacchi ed irrigidenti saldati ($\Delta\sigma$).

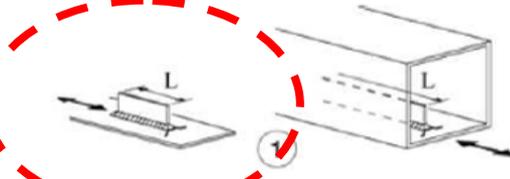
<p>80 (a) 71 (b)</p>		<p>Attacchi trasversali</p> <p>6) Saldati a una piastra</p> <p>7) Nervature verticali saldate a un profilo o a una trave composta</p> <p>8) Diagrammi di travi a cassone composte saldati all'anima o alla piattabanda</p> <p>(a) $l \leq 50$ mm</p> <p>(b) $50 < l \leq 80$ mm</p> <p>Le classi sono valide anche per nervature anulari</p>	<p>6) e 7) Le parti terminali delle saldature devono essere molate accuratamente per eliminare tutte le rientranze presenti</p> <p>7) Se la nervatura termina nell'anima, $\Delta\sigma$ deve essere calcolato usando le tensioni principali</p>
<p>80</p>		<p>9) Effetto della saldatura del piolo sul materiale base della piastra</p>	

Dettagli costruttivi per sezioni saldate ($\Delta\sigma$).

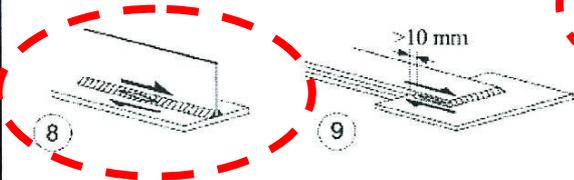
Tabella C4.2.XIV Dettagli costruttivi per sezioni saldate ($\Delta\sigma$)

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
125		<p>Saldatura longitudinali continue</p> <p>1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati</p> <p>2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo. Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 5) e 6) della tabella C4.2.XXI</p>	<p>1) e 2) Non sono consentite interruzioni/riprese, a meno che la riparazione sia eseguita da un tecnico qualificato e siano eseguiti controlli atti a verificare la corretta esecuzione della riparazione</p>

90		<p>8) Come il dettaglio 3), ma con lunette di scarico</p> <p>Per spessori $t > 25$ mm, si deve adottare una classe ridotta del coefficiente</p> $k_1 = (25/t)^{0.2}$	<p>Saldature effettuate da entrambi i lati, molate in direzione degli sforzi e sottoposte a controlli non distruttivi.</p> <p>Le saldature devono essere iniziate e terminate su tacchi d'estremità, da rimuovere una volta completata la saldatura</p> <p>I bordi esterni delle saldature devono essere molati in direzione degli sforzi</p> <p>I profili laminati devono avere le stesse dimensioni, senza differenze dovute a tolleranze</p>
----	---	--	---

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
80 (a) 71 (b) 63 (c) 56 (d)		<p>Attacchi saldati longitudinali</p> <p>1) La classe del dettaglio dipende dalla lunghezza dell'attacco</p> <p>(a) $L \leq 50$ mm (b) $50 < L \leq 80$ mm (c) $80 < L \leq 100$ mm (d) $L > 100$ mm</p>	<p>Spessore dell'attacco minore della sua altezza. In caso contrario vedi dettagli 5 e 6</p>

Dettagli costruttivi per sezioni saldate ($\Delta\tau$).

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
80		<p>8) Cordoni d'angolo continui soggetti a sforzi di sconnessione, quali quelli di composizione tra anima e piattabanda in travi composte saldate</p> <p>9) Giunzioni a sovrapposizione a cordoni d'angolo soggette a tensioni tangenziali</p>	<p>8) $\Delta\tau$ deve essere calcolato in riferimento alla sezione di gola del cordone</p> <p>9) $\Delta\tau$ deve essere calcolato in riferimento alla sezione di gola del cordone, considerando la lunghezza totale del cordone, che deve terminare a più di 10 mm dal bordo della piastra</p>

9.3 Verifiche per vita a fatica illimitata

In accordo con il par. 4.2.4.1.4 del DM 14/01/2008 e con i punti C4.2.4.1.4.4 e C4.2.4.1.4.6 delle “ Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni” si verifica che:

$$\Delta\sigma_{\max,d} \leq \Delta\sigma_D/\gamma_{Mf}$$

$$\Delta\tau_{\max,d} \leq \Delta\tau_D/\gamma_{Mf}$$

essendo:

$\Delta\sigma_{\max,d} - \Delta\tau_{\max,d}$ valori di progetto delle massime escursioni di tensione prodotte dal modello di carico a fatica

$\Delta\sigma_D = 0.737\Delta\sigma_c$ limite a fatica ad ampiezza costante per $N = 5 \times 10^6$.

$\Delta\sigma_c$ limite a fatica ad ampiezza costante per $N = 2 \times 10^6$, dedotto dalla relativa curva S-N di resistenza a fatica per il dettaglio considerato.

γ_{Mf} coefficiente parziale di sicurezza.

N.B. Le verifiche saranno eseguite impiegando un coefficiente parziale $\gamma_{Mf} = 1.35$

9.3.1 Irrigidenti trasversali saldati alle piattabande

Essendo lo spessore massimo l di irrigidente e saldature minore di 50 mm risulta:

$$\Delta\sigma_c^* = 8.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\gamma_m = 1.35$$

La resistenza di progetto a fatica è pari a:

$$\Delta\sigma_d = (8.0 \times 0.737) / 1.35 = 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

Piattabanda Superiore

Asta 208 ascissa $x = 155$ (Sezione 2)

$$\Delta\sigma_{\max} = 1.15 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{File Felt_fat.MAX})$$

Anima

Asta 1 ascissa $x = 0.00$ (Sezione 1)

In accordo con la CNR 10011 risulta che:

$$\max \Delta\tau = 1.40 \text{ kN/cm}^2 < 3.5 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Non è necessaria alcuna verifica}$$

Piattabanda inferiore

Asta 208 ascissa $x = 155$ (Sezione 2)

$$\Delta\sigma_{\max} = 3.56 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{File Felt_fat.MAX})$$

9.3.2 Saldature dei pioli alle piattabende superiori

$$\Delta\sigma_c^* = 8.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\gamma_m = 1.35$$

La resistenza di progetto a fatica è pari a:

$$\Delta\sigma_d = (8.0 \times 0.737) / 1.35 = 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

Asta 208 ascissa $x = 155$ (Sezione 2)

$$\Delta\sigma_{\max} = 1.15 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{File Felt_fat.MAX})$$

9.3.3 Saldatura di composizione delle travi principali

Saldature con 100% controllo NDT

$$\Delta\sigma_c^* = 12.5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\gamma_m = 1.35$$

La resistenza di progetto a fatica è pari a:

$$\Delta\sigma_D = (12.5 \times 0.737) / 1.35 = 6.82 \text{ kN/cm}^2$$

N.B. La verifica è sicuramente soddisfatta, essendo tale valore maggiore a quello del dettaglio dell'irrigidente trasversale.

9.3.4 Giunti saldati delle travi principali

Giunto trasversale saldato, saldature effettuate da entrambi i lati, molate in direzione degli sforzi e sottoposte a controlli non distruttivi.

$$\Delta\sigma^*_C = 9.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\gamma_m = 1.35$$

La resistenza di progetto a fatica è pari a:

$$\Delta\sigma_D = k_s \times 9.0 \times 0.737/1.35 = 4.91 \text{ kN/cm}^2$$

t < 25 mm, t = 25 mm	$\Rightarrow k_s = (25/t)^{0.2} = 1.00$	$\Rightarrow \Delta\sigma_D = 4.91 \text{ kN/cm}^2$
t = 30 mm	$\Rightarrow k_s = (25/t)^{0.2} = 0.964$	$\Rightarrow \Delta\sigma_D = 4.73 \text{ kN/cm}^2$
t = 35 mm	$\Rightarrow k_s = (25/t)^{0.2} = 0.935$	$\Rightarrow \Delta\sigma_D = 4.59 \text{ kN/cm}^2$
t = 40 mm	$\Rightarrow k_s = (25/t)^{0.2} = 0.910$	$\Rightarrow \Delta\sigma_D = 4.47 \text{ kN/cm}^2$
t = 55 mm	$\Rightarrow k_s = (25/t)^{0.2} = 0.854$	$\Rightarrow \Delta\sigma_D = 4.20 \text{ kN/cm}^2$

Risulta:

Asta 208 ascissa x = 155 (Sezione 2)

$$\Delta\sigma_{\max} = 3.15 \text{ kN/cm}^2 < 4.20 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{File Felt_fat.MAX})$$

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

9.4 Verifiche in versione riassuntiva

Aste :1 2 3 4 14 15 16 17

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 25 mm

Asta	4 asc x=	70.00	Sigma Sup Max =	0.35 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (-)
Asta	4 asc x=	70.00	Sigma Inf Max =	0.34 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (-)
Asta	4 asc x=	70.00	Sigma Sup Min =	-0.54 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (+)
Asta	4 asc x=	70.00	Sigma Inf Min =	-0.51 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (+)
Asta	4 asc x=	70.00	Delta Sup Max =	0.89 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3
Asta	4 asc x=	70.00	Delta Inf Max =	0.85 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3

Anima : base= 16 mm , altezza= 2340 mm

Asta	1 asc x=	0.00	Tau Med Max =	0.08 kN/cm ²	V3_FATLM2 :Fase3 (+)
Asta	1 asc x=	0.00	Tau Med Min =	-1.33 kN/cm ²	V3_FATLM2 :Fase3 (-)
Asta	1 asc x=	0.00	Delta Tau Med =	1.40 kN/cm ²	V3_FATLM2 :Fase3

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 35 mm

Asta	4 asc x=	70.00	Sigma Sup Max =	2.91 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (+)
Asta	4 asc x=	70.00	Sigma Inf Max =	2.96 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (+)
Asta	4 asc x=	70.00	Sigma Sup Min =	-0.26 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (-)
Asta	4 asc x=	70.00	Sigma Inf Min =	-0.27 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (-)
Asta	4 asc x=	70.00	Delta Sup Max =	3.17 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3
Asta	4 asc x=	70.00	Delta Inf Max =	3.23 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

SEZIONE :2

Aste :5 6 7 8 9 10 11 12 13

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 35 mm

Asta	8 asc x=	155.00	Sigma Sup Max =	0.41 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (-)
Asta	8 asc x=	155.00	Sigma Inf Max =	0.40 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (-)
Asta	8 asc x=	155.00	Sigma Sup Min =	-0.72 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (+)
Asta	8 asc x=	155.00	Sigma Inf Min =	-0.67 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (+)
Asta	8 asc x=	155.00	Delta Sup Max =	1.14 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3
Asta	8 asc x=	155.00	Delta Inf Max =	1.07 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3

Anima : base= 14 mm , altezza= 2315 mm

Asta	11 asc x=	0.00	Tau Med Max =	0.67 kN/cm ²	V3_FATLM2 :Fase3 (+)
Asta	11 asc x=	0.00	Tau Med Min =	-0.59 kN/cm ²	V3_FATLM2 :Fase3 (-)
Asta	11 asc x=	0.00	Delta Tau Med =	1.26 kN/cm ²	V3_FATLM2 :Fase3

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 50 mm

Asta	8 asc x=	232.50	Sigma Sup Max =	3.03 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (+)
Asta	8 asc x=	232.50	Sigma Inf Max =	3.11 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (+)
Asta	8 asc x=	232.50	Sigma Sup Min =	-0.28 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (-)
Asta	8 asc x=	232.50	Sigma Inf Min =	-0.29 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3 (-)
Asta	8 asc x=	232.50	Delta Sup Max =	3.31 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3
Asta	8 asc x=	232.50	Delta Inf Max =	3.40 kN/cm ²	M22_FATLM2:Fase3

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

SEZIONE :11

Aste :101 102 103 104 114 115 116 117

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 20 mm

Asta	104 asc x=	70.00	Sigma Sup Max =	0.00 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	104 asc x=	70.00	Sigma Inf Max =	0.00 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	104 asc x=	70.00	Sigma Sup Min =	-0.29 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	104 asc x=	70.00	Sigma Inf Min =	-0.28 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	104 asc x=	70.00	Delta Sup Max =	0.29 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3
Asta	104 asc x=	70.00	Delta Inf Max =	0.28 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3

Anima : base= 16 mm , altezza= 2350 mm

Asta	117 asc x=	274.00	Tau Med Max =	0.91 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3 (+)
Asta	117 asc x=	274.00	Tau Med Min =	0.00 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3 (-)
Asta	117 asc x=	274.00	Delta Tau Med =	0.91 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 30 mm

Asta	104 asc x=	70.00	Sigma Sup Max =	1.88 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	104 asc x=	70.00	Sigma Inf Max =	1.91 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	104 asc x=	70.00	Sigma Sup Min =	0.00 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	104 asc x=	70.00	Sigma Inf Min =	0.00 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	104 asc x=	70.00	Delta Sup Max =	1.88 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3
Asta	104 asc x=	70.00	Delta Inf Max =	1.91 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

SEZIONE :12

Aste :105 106 107 108 109 110 111 112 113

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 25 mm

Asta	108 asc x=	310.00	Sigma Sup Max =	0.00 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	108 asc x=	310.00	Sigma Inf Max =	0.00 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	108 asc x=	310.00	Sigma Sup Min =	-0.34 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	108 asc x=	310.00	Sigma Inf Min =	-0.32 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	108 asc x=	310.00	Delta Sup Max =	0.34 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3
Asta	108 asc x=	310.00	Delta Inf Max =	0.32 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3

Anima : base= 14 mm , altezza= 2340 mm

Asta	108 asc x=	0.00	Tau Med Max =	0.35 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3 (+)
Asta	108 asc x=	0.00	Tau Med Min =	-0.72 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3 (-)
Asta	108 asc x=	0.00	Delta Tau Med =	1.07 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 35 mm

Asta	108 asc x=	310.00	Sigma Sup Max =	2.05 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	108 asc x=	310.00	Sigma Inf Max =	2.09 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	108 asc x=	310.00	Sigma Sup Min =	0.00 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	108 asc x=	310.00	Sigma Inf Min =	0.00 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	108 asc x=	310.00	Delta Sup Max =	2.05 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3
Asta	108 asc x=	310.00	Delta Inf Max =	2.09 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

SEZIONE :21

Aste :201 202 203 204 214 215 216 217

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 20 mm

Asta	204 asc x=	70.00	Sigma Sup Max =	0.40 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	204 asc x=	70.00	Sigma Inf Max =	0.39 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	204 asc x=	70.00	Sigma Sup Min =	-0.53 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	204 asc x=	70.00	Sigma Inf Min =	-0.50 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	204 asc x=	70.00	Delta Sup Max =	0.93 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3
Asta	204 asc x=	70.00	Delta Inf Max =	0.89 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3

Anima : base= 16 mm , altezza= 2350 mm

Asta	201 asc x=	0.00	Tau Med Max =	0.07 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3 (+)
Asta	201 asc x=	0.00	Tau Med Min =	-1.31 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3 (-)
Asta	201 asc x=	0.00	Delta Tau Med =	1.39 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 30 mm

Asta	204 asc x=	70.00	Sigma Sup Max =	3.19 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	204 asc x=	70.00	Sigma Inf Max =	3.24 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	204 asc x=	70.00	Sigma Sup Min =	-0.30 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	204 asc x=	70.00	Sigma Inf Min =	-0.31 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	204 asc x=	70.00	Delta Sup Max =	3.49 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3
Asta	204 asc x=	70.00	Delta Inf Max =	3.55 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

SEZIONE :22

Aste :205 206 207 208 209 210 211 212 213

ELEMENTI COSTITUTIVI :

Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 30 mm

Asta	208 asc x=	155.00	Sigma Sup Max =	0.46 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	208 asc x=	155.00	Sigma Inf Max =	0.45 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	208 asc x=	155.00	Sigma Sup Min =	-0.69 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	208 asc x=	155.00	Sigma Inf Min =	-0.64 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	208 asc x=	155.00	Delta Sup Max =	1.15 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3
Asta	208 asc x=	155.00	Delta Inf Max =	1.10 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3

Anima : base= 14 mm , altezza= 2325 mm

Asta	208 asc x=	0.00	Tau Med Max =	0.46 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3 (+)
Asta	208 asc x=	0.00	Tau Med Min =	-0.80 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3 (-)
Asta	208 asc x=	0.00	Delta Tau Med =	1.26 kN/cm ²	V3_FATIM2 :Fase3

Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 45 mm

Asta	208 asc x=	155.00	Sigma Sup Max =	3.16 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	208 asc x=	155.00	Sigma Inf Max =	3.23 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (+)
Asta	208 asc x=	155.00	Sigma Sup Min =	-0.31 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	208 asc x=	155.00	Sigma Inf Min =	-0.32 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3 (-)
Asta	208 asc x=	155.00	Delta Sup Max =	3.47 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3
Asta	208 asc x=	155.00	Delta Inf Max =	3.56 kN/cm ²	M22_FATIM2:Fase3

Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

9.5 Verifiche in versione estesa

Massimi riscontrati:			
Plattabanda Superiore : base=	700 mm , altezza=	30 mm	: Sigma Sup Min = -0.69 kN/cm ²
Plattabanda Superiore : base=	700 mm , altezza=	30 mm	: Sigma Inf Min = -0.64 kN/cm ²
Plattabanda Inferiore : base=	1000 mm , altezza=	45 mm	: Sigma Sup Max = 3.16 kN/cm ²
Plattabanda Inferiore : base=	1000 mm , altezza=	45 mm	: Sigma Inf Max = 3.23 kN/cm ²

COMBINAZIONE N°: 1 M22_FATIM2:Fase3| (+)

Asta 208 ascissa x = 155.00 MASSIMI: Fase3 : veicoloI3M01 CC:13

GEOMETRIA DELLA SEZIONE

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore
 Gap di 2 cm
 Plattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 30 mm
 Anima : base= 14 mm , altezza= 2325 mm
 Plattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 45 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA	Fase3	TOTALI	
COEFF.OMD.	6.2		
AZIONE AS. (kN)	0.0	0.0	
MOMENTIO (kNcm)	442011.8	442011.8	
TAGLIO (kN)	49.9	49.9	
AREA OMDG. (cm ²)	2804		
Jx OMDG. (cm ⁴)	27004280		
BARIC. da lembo inf. (cm)	197.61		
ASSE N da lembo inf. (cm)	197.61		
Ss anima (cm ³)	112926		
Si anima (cm ³)	87910		
WS cls. (cm ³)	383614		
WS acc. (cm ³)	636976		
Wi acc. (cm ³)	136658		
S (Ybar) (cm ³)	-711440		
Tensioni SIGMA	Fase3	TOTALI	
SOLETTA dist. sup. (cm) [N/cm ²]			
0.00	-184.65	-184.65	
26.00	-116.45	-116.45	
ACCIAIO dist. sup. (cm) [kN/cm ²]			
28.00	-0.69	-0.69	
31.00	-0.64	-0.64	
263.50	3.16	3.16	
268.00	3.23	3.23	
ARMATURA dist. sup. (cm) [N/cm ²]			
6.00	-1054.02	-1054.02	
21.00	-808.50	-808.50	
Tensioni TAU & SigmaID	Fase3	TOTALI	
ACCIAIO dist. sup. (cm) [kN/cm ²]			
31.00	0.15	0.15	$\sigma_i = 0.69$
263.50	0.12	0.12	$\sigma_i = 3.17$
TAU MED (kN/cm ²)	0.15	0.15	
Scorrimento Acc-Cls (kN/m)	19.29	19.29	

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

Massimi riscontrati:

Piattabanda Superiore	: base= 700 mm , altezza= 30 mm	: Sigma Sup Max = 0.46 kN/cm ²
Piattabanda Superiore	: base= 700 mm , altezza= 30 mm	: Sigma Inf Max = 0.45 kN/cm ²
Piattabanda Inferiore	: base= 1000 mm , altezza= 45 mm	: Sigma Sup Min = -0.31 kN/cm ²
Piattabanda Inferiore	: base= 1000 mm , altezza= 45 mm	: Sigma Inf Min = -0.32 kN/cm ²

COMBINAZIONE N°: 1 M22_FATIM2:Fase3| (-)

Asta 208 ascissa x = 155.00 MINIMI: Fase3 : veicoloE3M01 CC:12

GEOMETRIA DELLA SEZIONE

Soletta collaborante : base= 425 cm , altezza= 26 cm
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 6 cm dal lembo superiore
 Armatura : num. 21 ferri diametro 12 mm a 21 cm dal lembo superiore
 Gap di 2 cm
 Piattabanda Superiore : base= 700 mm , altezza= 30 mm
 Anima : base= 14 mm , altezza= 2325 mm
 Piattabanda Inferiore : base= 1000 mm , altezza= 45 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA Fase3 TOTALI

COEFF.OMOG.	6.2	
AZIONE AS. (kN)	0.0	0.0
MOMENTO (kNcm)	-36230.7	-36230.7
TAGLIO (kN)	0.0	0.0

AREA OMOG. (cm ²)	1033
Jx OMOG. (cm ⁴)	11071287
BARIC. da lembo inf. (cm)	99.22
ASSE N da lembo inf. (cm)	99.22
Ss anima (cm ³)	36626
Si anima (cm ³)	43635
WS cls. (cm ³)	65595
WS acc. (cm ³)	78640
Wi acc. (cm ³)	111587
S (Ybar) (cm ³)	-311468

Tensioni SIGMA Fase3 TOTALI

SOLETTA dist. sup. (cm) [N/cm ²]		
0.00	0.00	0.00
26.00	0.00	0.00
ACCIAIO dist. sup. (cm) [kN/cm ²]		
28.00	0.46	0.46
31.00	0.45	0.45
263.50	-0.31	-0.31
268.00	-0.32	-0.32
ARMATURA dist. sup. (cm) [N/cm ²]		
6.00	532.71	532.71
21.00	483.62	483.62

Tensioni TAU & SigmaID Fase3 TOTALI

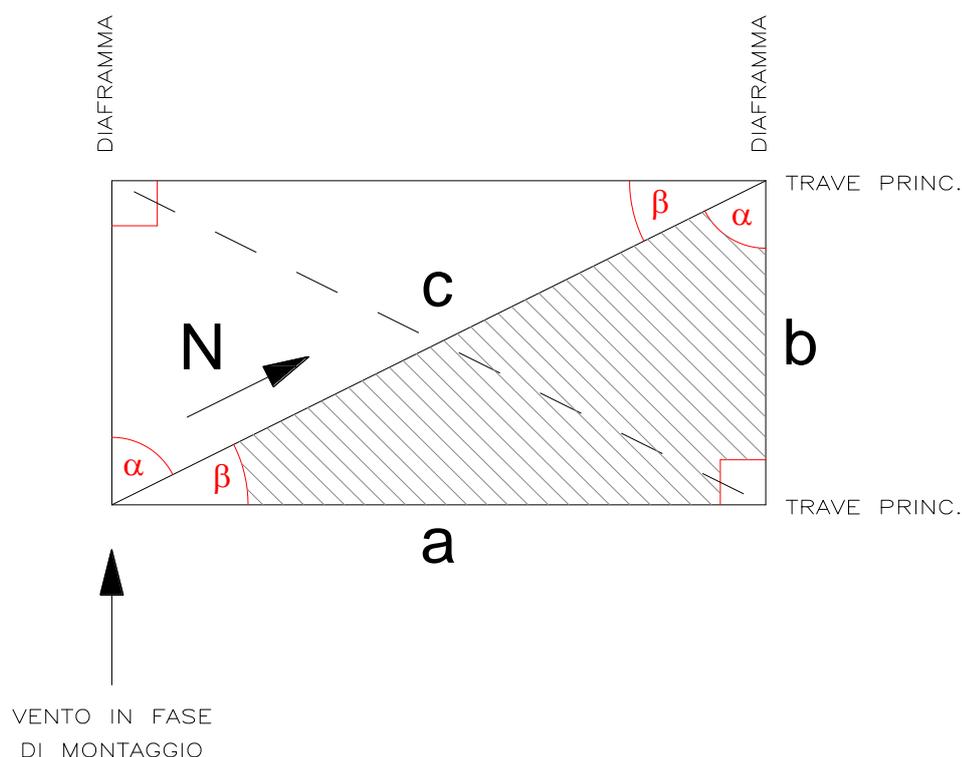
ACCIAIO dist. sup. (cm) [kN/cm ²]			
31.00	0.00	0.00	$\sigma_i = 0.45$
263.50	0.00	0.00	$\sigma_i = 0.31$
TAU MED (kN/cm ²)	0.00	0.00	
Scorrimento Acc-Cls (kN/m)	0.00	0.00	

10 VERIFICHE INTEGRATIVE

10.1 Verifica della controventatura di montaggio

La controventatura superiore è soggetta all'azione tagliante da vento in fase di montaggio (2.83 kN/m). Il taglio massimo vale $\cong 60$ kN.

Ipotizzando, in via estremamente cautelativa, la presenza di una sola diagonale di controvento (L100x100x8) tesa tra due travi principali e tra due diaframmi contigui, risulta:



$$N = (\text{VENTO IN FASE DI MONTAGGIO}) / \cos \alpha \quad \Rightarrow$$

$$N = (\text{VENTO IN FASE DI MONTAGGIO}) / (b / c) \quad \Rightarrow$$

$$N = (\text{VENTO IN FASE DI MONTAGGIO} \times c) / b$$

pertanto:

$$N \cong 1.5 \times 60 \times [(640^2 + 450^2)^{0.5}] / 450 \cong 157 \text{ kN} \quad \text{dove:}$$

$$a \cong 640 \text{ cm}$$

$$b \cong 450 \text{ cm}$$

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

Essendo:

$$A = 15.5 \text{ cm}^2 \quad (\text{L100x100x8})$$

$$A_n = 12.9 \text{ cm}^2 \quad (\text{L100x100x8})$$

Si ha:

Verifica resistenza diagonale

$$\sigma_{\square} = 160/12.9 \cong 12.5 \text{ kN/cm}^2 < 0.9 \times (51/1.25) = 36.7 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica resistenza bulloni (2M24, classe 10.9, singola sezione)

$$\tau_b = 160/(2 \times 4.52) \cong 17.7 \text{ kN/cm}^2 < 0.6 \times (100/1.25) = 48 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica a rifollamento della diagonale

$$e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\alpha = e_1/3d_0 = 0.641$$

$$k = 2.5$$

$$f_{b,rd} = 0.641 \times 2.5 \times 51/1.25 = 65.38 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{rif} = 160/(2 \times 1.0 \times 2.4) = 33.3 \text{ kN/cm}^2 < 65.38 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica della piastra di nodo

$$b_{eff} = 7.5 \times \text{tg}30 \times 2 = 8.66 \text{ cm}$$

$$A_n = (8.66 - 2.6) \times 1.0 \cong 6.06 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_n = N/A_n = 160/6.06 \cong 26.4 < 0.9 \times 51/1.25 = 36.7 \text{ kN/cm}^2$$

10.2 Verifica della piattabanda superiore in fase di montaggio

10.2.1 Verifica a svergolamento

Convenzionalmente si verifica la stabilità della piattabanda compressa supposta isolata dall'anima. Si ricercano, in funzione delle larghezze delle piattabande, le massime tensioni di compressione in esse agenti. Inoltre si assume l'interasse dei diaframmi come lunghezza libera di inflessione per la verifica di stabilità nei confronti della stabilità laterale (non si effettua la verifica dei diaframmi come ritegni in quanto essi vengono assunti a priori come tali)

Effetti del vento:

q_{wc} = carico da vento in fase di montaggio = 2.83 kN/m

i_d = interasse diaframmi \cong 6.20 m

i_t = interasse travi \cong 4.50 m (tra trave esterna e trave centrale)

M_{glob} = Momento trasversale sulle briglie superiori

$$= q_w \times B^2/8 = 2.83 \times 43.61^2/8 = 673 \text{ kNm}$$

Considerando le piattabande delle travi laterali come briglie di una trave si ha:

N_b = Carico assiale nelle briglie da vento = 673/4.50 \cong 150 kN

M_{loc} = Momento locale tra due diaframmi sulle piattabande

$$= 0.5 \times q_w \times B^2/8 = 0.5 \times 2.83 \times 6.40^2/8 = 7.25 \text{ kN m}$$

Come si può dedurre dalle verifiche che seguono non sarebbero necessari controventi superiori di montaggio in quanto le piattabande superiori sono in grado di riportare il carico da vento ai diaframmi, tuttavia in via del tutto conservativa, sono previsti ugualmente.

Effetti dei carichi permanenti sulla piattabanda superiore della trave principale (Fase 1):

$M_{1 \text{ MAX}}$ = Mom. verticale massimo ponderato di fase 1 (El.208, asc.232.5) = 1203757.8 kNcm

σ_1 = effetto dei carichi permanenti = -18.09 kN/cm^2

In via estremamente cautelativa si esegue la verifica considerando la piattabanda di caratteristiche statiche minori, supposta isolata dall'anima.

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

Piattabanda ≠ 700 x 30

$$A = \text{Area} = 70 \times 3.0 = 210 \text{ cm}^2$$

$$W = 70^2 \times 3.0 / 6 = 2450 \text{ cm}^3$$

$$i_o = (J_y/A)^{0.5} = B/12^{1/2} = 20.20 \text{ cm}$$

$$\beta_o = 1$$

$$\lambda_o = 1 \times 640 / 20.20 = 32$$

$$\omega \cong 1.15$$

$$\sigma_{\text{glob}} = N_b / A = 150/210 = 0.72 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{loc}} = M_{\text{loc}} / W = 725 / 2450 = 0.30 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{res}} = 17.22 + [1.5 \times (1.04 + 0.40)] = 19.10 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{stab}} = 1.15 \times 19.10 = 21.97 \text{ kN/cm}^2 < 35.5/1.1 = 32.3 \text{ kN/cm}^2$$

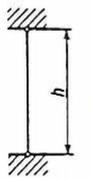
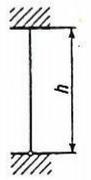
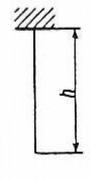
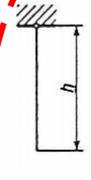
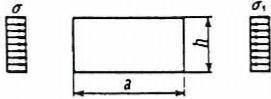
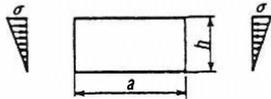
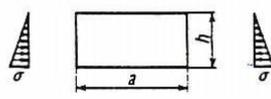
10.2.2 Verifica ad imbozzamento

In fase di montaggio le piattabande compresse con rapporti dimensionali elevati ($b/t > 12$) vengono verificate con una tensione ammissibile ridotta data dalla formula:

$$\sigma_{crit} = k \cdot 18620 \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2 \text{ kN/cm}^2$$

Essendo k il coefficiente di imbozzamento che si ricava dal prospetto 7- XII della CNR 10011

Prospetto 7-XII — Coefficienti di Imbozzamento k

Condizione di vincolo					
Condizione di carico	$\alpha \geq 1,0$	$\alpha \geq 0,8$	$\alpha \geq 0,7$	$\alpha \geq 1,6$	$\alpha \geq 1,5$
	4,00	5,40	6,97	1,28	0,43
	7,81	12,16	13,56	6,26	1,71
	7,81	9,89	13,56	1,64	0,57

In condizione di esercizio la piattabanda superiore compressa è stabilizzata dalla soletta.

Nel caso in esame risulta:

piattabanda superiore B= 700 mm

$t_{w \min} = 16 \text{ mm}$

$h = (700-14)/2 = 342 \text{ mm}$

$t_{f \min} = 20 \text{ mm}$

$$\sigma_{crit} = 0.43 \cdot 18620 \cdot \left(\frac{20}{342} \right)^2 = 27.22 \text{ kN/cm}^2 < f_y \Rightarrow \sigma_{d \text{ stab}} = \frac{27.22}{1.1} = 24.75 \text{ kN/cm}^2$$

Considerando quanto calcolata al paragrafo precedente, in via cautelativa risulta:

$$\sigma_{\text{MAX PTB SUP}} = 21.97 \text{ kN/cm}^2 < 24.75 \text{ kN/cm}^2$$

10.3 Verifica saldature di composizione

Di seguito si riportano i valori di massimo scorrimento tra anima e piattabande calcolati mediante la teoria approssimata del taglio (Ballio Mazzolani Strutture in acciaio par 7.7 pag. 379), considerando le azioni derivanti dall'involuppo dei massimi tagli sezione per sezione.

Date le dimensioni del cordone di saldatura utilizzato nel progetto, si calcola la τ sul cordone di saldatura che, in ogni caso, è minore della resistenza di progetto pari a $\beta_1 f_{yk} = 0.7 \times 35.5 = 24.85 \text{ kN/cm}^2$, in accordo con quanto specificato al punto 4.2.8.2.4 del DM 14/01/2008.

Felt.MAX - Saldatura superiore						
Sezione	t Anima (mm)	Scorr. Sup [kN/cm]	Ag minima [cm ²]	cordone [mm]	h gola. [mm]	τ [kN/cm ²]
1	16	12.34	0.50	8 x 8	5.7	10.9
2	14	7.76	0.31	7 x 7	4.9	7.8
11	16	10.99	0.44	8 x 8	5.7	9.7
12	14	6.16	0.25	7 x 7	4.9	6.2
21	16	11.86	0.48	8 x 8	5.7	10.5
22	14	7.49	0.30	7 x 7	4.9	7.6

Felt.MAX - Saldatura inferiore						
Sezione	t Anima (mm)	Scorr. Inf [kN/cm]	Ag minima [cm ²]	cordone [mm]	h gola. [mm]	τ [kN/cm ²]
1	16	12.56	0.51	8 x 8	5.7	11.1
2	14	7.28	0.29	7 x 7	4.9	7.4
11	16	10.88	0.44	8 x 8	5.7	9.6
12	14	5.43	0.22	7 x 7	4.9	5.5
21	16	11.94	0.48	8 x 8	5.7	10.6
22	14	7.00	0.28	7 x 7	4.9	7.1

11 IRRIGIDENTI

Si verificano gli irrigidenti trasversali ricercando, per ogni sezione, la condizione di carico più gravosa riscontrabile. Per la disposizione degli irrigidenti si rimanda alle tavole di carpenteria metallica.

11.1 Irrigidenti longitudinali e trasversali conci C1

Concio C1 - Pannello 204 205

Verifica irrigidente longitudinale

PIATTO	180	x	16
Altezza pannello anima	hw =	235	cm
Passo irrigidenti trasversali	a =	310.0	cm
Spessore anima	tw =	1.4	cm
Altezza irrig. dal lembo compresso	h1 =	70.0	cm
Altezza irrig. dal lembo compresso	h2 =	0.0	cm
Larghezza irrigidente	Li =	18	cm
Spessore irrigidente	ti =	1.6	cm
Sollecitazioni nel pannello [kN/cm ²]			
<u>Pannello sinistro</u>			
Tensione al lembo compresso (-)	$\sigma_1 =$	-24.15	
Tensione al lembo teso (+)	$\sigma_2 =$	25.15	
Tensione tangenziale	$\tau =$	5.29	
<u>Pannello destro</u>			
Tensione al lembo compresso (-)	$\sigma_1 =$	-23.30	
Tensione al lembo teso (+)	$\sigma_2 =$	21.39	
Tensione tangenziale	$\tau =$	4.91	
<u>Tensioni medie</u>			
Tensione al lembo compresso	$\sigma_1 =$	-23.73	
Tensione al lembo teso	$\sigma_2 =$	23.27	
Tensione tangenziale	$\tau =$	5.10	
Coefficienti adimensionali di verifica			
$\sigma_1/\tau =$		4.65	
$\alpha = a/h_w =$		1.319	
$\eta_1 = h_1/h_w =$		0.30	
$\eta_2 = h_2/h_w =$		0.00	
$\psi = \sigma_2/\sigma_1 =$		-0.98	
$\delta = (Li*ti)/(hw*tw) =$		0.09	
$mL = 0.015 * (hw/tw-70) =$		1.468	1.468

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

Calcolo di W	W	
	$\alpha \setminus \eta l$	0.25 0.33
	1	0.30 0.70
	1.5	1.65 7.00
		1.162 4.721
W =	3.292	
Calcolo di $\gamma_{L,\sigma}$	$\gamma_{L,\sigma}$	
	$\alpha \setminus \eta l$	0.25 0.33
	1	18.00 10.00
	1.5	36.00 20.00
		29.489 16.383
$\gamma_{L,\sigma} =$	21.646	
Calcolo di $\gamma_{L,\tau}$	$\gamma_{L,\tau}$	
	$\alpha \setminus \eta l$	0.25 0.33
	1	5.00 7.00
	1.5	23.00 34.00
		16.489 24.234
$\gamma_{L,\tau} =$	21.124	
Calcolo di γ_T	γ_T	
	$\alpha \setminus \eta l$	
	1	60.00
	1.5	12.00
		29.362
$\gamma_T =$	29.362	
nervatura longitudinale	$s_1/t > W \Rightarrow y_L = y_{Ls} = 21.646$	
nervatura trasversale	$\gamma_T = 29.362$	
Inerzia minima necessaria	$I_{min} =$	2049 cm ⁴
Inerzia nervatura di irrigidimento	$I_{irr} =$	3110 cm ⁴

Verifica irrigidenti trasversali**Pannello provvisto sia di nervature sia longitudinali, sia trasversali**

PIATTO	270	x	16
altezza pannello anima	hw =	235	cm
spessore anima	tw =	1.4	cm
passo irrigidenti trasversali	a =	310	cm
Larghezza irrigidente	Li =	18	cm
Spessore irrigidente	ti =	1.6	cm
Altezza irrigidente		27	cm
Spessore irrigidente		1.6	cm
Coefficienti adimensionali di verifica			
$\gamma_T =$		29.36	
Inerzia minima necessaria	l _{min} =	1893	cm ⁴
Inerzia nervatura di irrigidimento	l _{irr} =	7373	cm ⁴

11.2 Irrigidenti longitudinali e trasversali conci C2

Concio C1 - Pannello 209 210

Verifica irrigidente longitudinale

PIATTO	180	x	16
Altezza pannello anima	hw =	232.5	cm
Passo irrigidenti trasversali	a =	310.0	cm
Spessore anima	tw =	1.4	cm
Altezza irrig. dal lembo compresso	h1 =	70.0	cm
Altezza irrig. dal lembo compresso	h2 =	0.0	cm
Larghezza irrigidente	Li =	18	cm
Spessore irrigidente	ti =	1.6	cm
Sollecitazioni nel pannello [kN/cm ²]			
<u>Pannello sinistro</u>			
Tensione al lembo compresso (-)	$\sigma_1 =$	-27.31	
Tensione al lembo teso (+)	$\sigma_2 =$	27.24	
Tensione tangenziale	$\tau =$	0.64	
<u>Pannello destro</u>			
Tensione al lembo compresso (-)	$\sigma_1 =$	-26.55	
Tensione al lembo teso (+)	$\sigma_2 =$	26.35	
Tensione tangenziale	$\tau =$	2.16	
<u>Tensioni medie</u>			
Tensione al lembo compresso	$\sigma_1 =$	-26.93	
Tensione al lembo teso	$\sigma_2 =$	26.80	
Tensione tangenziale	$\tau =$	1.40	
Coefficienti adimensionali di verifica			
$\sigma_1/\tau =$		19.24	
$\alpha = a/h_w =$		1.333	
$\eta_1 = h_1/h_w =$		0.30	
$\eta_2 = h_2/h_w =$		0.00	
$\psi = \sigma_2/\sigma_1 =$		-0.99	
$\delta = (Li*ti)/(hw*tw) =$		0.09	
$mL = 0.015 * (hw/tw-70) =$		1.441	1.441

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

Calcolo di W	W	
	$\alpha \setminus \eta I$	0.25 0.33
	1	0.30 0.70
	1.5	1.65 7.00
		1.200 4.900
W =	3.562	
Calcolo di $\gamma_{L,\sigma}$	$\gamma_{L,\sigma}$	
	$\alpha \setminus \eta I$	0.25 0.33
	1	18.00 10.00
	1.5	36.00 20.00
		30.000 16.667
$\gamma_{L,\sigma} =$	21.487	
Calcolo di $\gamma_{L,\tau}$	$\gamma_{L,\tau}$	
	$\alpha \setminus \eta I$	0.25 0.33
	1	5.00 7.00
	1.5	23.00 34.00
		17.000 25.000
$\gamma_{L,\tau} =$	22.108	
Calcolo di γ_T	γ_T	
	$\alpha \setminus \eta I$	
	1	60.00
	1.5	12.00
		28.000
$\gamma_T =$	28.000	
nervatura longitudinale		
$s1/t > W \Rightarrow y_L = y_{Ls} = 21.487$		
nervatura trasversale		
$\gamma_T = 28.000$		
Inerzia minima necessaria	$I_{min} =$	1976 cm ⁴
Inerzia nervatura di irrigidimento	$I_{irr} =$	3110 cm ⁴

Verifica irrigidenti trasversali**Pannello provvisto sia di nervature sia longitudinali, sia trasversali**

PIATTO	270	x	14
altezza pannello anima	hw =	232.5	cm
spessore anima	tw =	1.4	cm
passo irrigidenti trasversali	a =	310	cm
Larghezza irrigidente	Li =	18	cm
Spessore irrigidente	ti =	1.6	cm
Altezza irrigidente		27	cm
Spessore irrigidente		1.4	cm
Coefficienti adimensionali di verifica			
$\gamma_T =$		28.00	
Inerzia minima necessaria	lmin =	1786	cm ⁴
Inerzia nervatura di irrigidimento	lirr =	4322	cm ⁴

12 FRECCE E CONTROMONTE

Di seguito si riportano i valori delle frecce d'inflessione delle travi principali e le corrispondenti controfrecce massime di montaggio. Si verifica che la deformazione indotta dai carichi permanenti ed accidentali risulti inferiore ai limiti di normativa.

La contromonta risulta superiore al valore di somma delle frecce indotte dai carichi permanenti per tenere in conto degli effetti dei sovraccarichi accidentali di fase 3.

Campata:	SpA - SpB					
Lunghezza (L):	42610 mm					
	<u>Trave 001</u>		<u>Trave 101</u>		<u>Trave 201</u>	
<i>Fase 1:</i>	-77 mm		-71 mm		-65 mm	
<i>Fase 2:</i>	-20 mm		-18 mm		-18 mm	
<i>Ritiro:</i>	-18 mm		-18 mm		-18 mm	
<i>Somma permanen</i>	-115 mm	= L/375 < L/150	-107 mm	= L/400 < L/150	-101 mm	= L/425 < L/150
<i>Fase 3:</i>	-40 mm	= L/1070 < L/500	-29 mm	= L/1470 < L/500	-37 mm	= L/1155 < L/500
Contromonta:	130 mm		130 mm		130 mm	

13 CONNETTORI

13.1 Valutazione portata a taglio dei connettori

La verifica si esegue secondo quanto specificato al par. 4.3.4.3.1 del DM 14/01/2008.

Pioli tipo Nelson ϕ 19, $h = 170$ mm ($h_{\min} = 0.6 \times h_{\text{sol}}$)

Soletta Cls Rck 400

f_u = resistenza ultima materiale pioli (max 50 kN/cm²) = 45 kN/cm²

γ_v = coeff. Parziale di sicurezza = 1.25

f_{ck} = 0.83 R_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 x 4 = 3.32 kN/cm²

E_{cm} = valore medio del modulo secante del cls = 3364 kN/cm²

h_{sc} = altezza piolo dopo la saldatura

α = 0.2 [(h_{sc}/ϕ) + 1] per $3 \leq h_{sc} / \phi \leq 4$

α = 1 per $h_{sc} / \phi \geq 4$

$h_{sc}/\phi > 4 \Rightarrow \alpha = 1$

La resistenza a taglio dei pioli è la minore tra:

P_{Rd} = 0.8 f_u ($\pi \phi^2/4$) / γ_v = 81.66 kN pioli ϕ 19

P_{Rd} = 0.29 $\alpha \phi^2 \sqrt{f_{ck} E_c}$ / γ_v = 88.51 kN calcestruzzo

$\Rightarrow P_{Rd} = 81.66$ kN

Nel caso di travate da ponte il taglio longitudinale di progetto, calcolato allo SLE, non deve eccedere 0.6 P_{Rd} (par. C4 3.4.3.3 della "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni")

Pertanto allo SLE lo scorrimento massimo R (kNcm) che i pioli possono equilibrare è pari a:

$$R = 0.6 \times P_{Rd} \times n_{\text{pioli}} \times 100 / p$$

dove " n_{pioli} " è il numero trasversale di pioli sulla piattabanda e "p" è il passo longitudinale dei pioli (pari a 20 cm).

13.2 Verifica connettori travi principali

Posizione	Concio metallico	S max Felt.SNT	n	passo	R
		[kN/m]		[cm]	[kN/m]
1	C1	590	4	20	980
2	C1	517	4	20	980
3	C1	448	3	20	735
4	C1	385	3	20	735
5	C2	358	3	20	735
6	C2	321	3	20	735
7	C2	258	3	20	735
8	C2	257	3	20	735
9	C2	179	3	20	735
10	C2	220	3	20	735
11	C2	248	3	20	735
12	C2	314	3	20	735
13	C2	353	3	20	735
14	C1	414	3	20	735
15	C1	485	3	20	735
16	C1	540	4	20	980
17	C1	585	4	20	980

14 DIAFRAMMI INTERMEDI E DI SPALLA

I diaframmi intermedi e di spalla hanno schema reticolare e sono costituiti da elementi angolari \square .

I diaframmi intermedi sono stati dimensionati valutando gli effetti globali dei carichi applicati.

I diaframmi di spalla, che costituiscono i vincoli del ponte, sono soggetti oltre che ai carichi dovuti agli effetti globali a tutti i carichi orizzontali agenti sulla struttura.

Gli effetti globali sono i momenti flettenti e gli sforzi di taglio delle varie fasi di carico, letti sul modello globale senza caricare la trave di spina (vedi relativo capitolo).

I carichi orizzontali sono le reazioni vincolari trasversali dovute al vento in corrispondenza degli appoggi di spalla.

14.1 Massime sollecitazioni per effetto globale nei diaframmi intermedi

Di seguito sono riassunti in tabella i valori massimi e minimi del momento flettente e degli sforzi di taglio per ogni elemento per effetto globale, nelle tre fasi di carico considerate.

14.1.1 Momento flettente

Effetti globali non ponderati, fase per fase

ASTA	FASE 1		FASE 2		CEDIMENTI		RITIRO		TERMICA		FASE 3	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
Elemento												
401	139	-74	19	-415	0	0	80	-38	14	-39	10072	-9907
403	15	-286	21	-5918	0	0	1478	-98	45	-333	28679	-2857
406	946	-29	45	-9237	0	0	1881	-61	29	-435	45231	-5090
408	1721	7	62	-10641	0	0	1889	-48	21	-450	51341	-5867
411	1593	15	107	-10587	0	0	1916	-48	21	-455	51026	-5696
413	376	30	175	-9071	0	0	1964	-73	32	-450	43984	-5265
416	16	-1637	256	-5669	0	0	1624	-41	12	-350	26036	-6608
418	138	-119	7	-262	0	0	423	-239	96	-180	8693	-7894
501	155	-85	-67	-157	0	0	163	-37	18	-83	10684	-9022
503	29	-291	174	-5993	0	0	1424	18	-7	-308	28395	-2786
506	934	29	114	-9274	0	0	1842	22	-5	-419	45156	-5087
508	1725	-11	65	-10644	0	0	1841	47	-16	-432	51309	-6005
511	1601	-20	19	-10541	0	0	1866	47	-16	-435	50975	-6087
513	379	-28	-18	-8967	0	0	1896	45	-13	-422	43922	-5416
516	-21	-1628	-115	-5388	0	0	1545	17	11	-320	26015	-5251
518	149	-126	-137	-180	0	0	235	-373	135	-105	13275	-11935

Effetti globali ponderati, fase per fase

ASTA	FASE 1		FASE 2		CEDIMENTI		RITIRO		TERMICA		FASE 3	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
Elemento	kN cm	kN cm	kN cm	kN cm	kN cm	kN cm	kN cm	kN cm	kN cm	kN cm	kN cm	kN cm
401	188	-100	29	-623	0	0	96	-46	17	-47	13597	-13374
403	20	-386	32	-8877	0	0	1774	-118	54	-400	38717	-3857
406	1277	-39	68	-13856	0	0	2257	-73	35	-522	61062	-6872
408	2323	9	93	-15962	0	0	2267	-58	25	-540	69310	-7920
411	2151	20	161	-15881	0	0	2299	-58	25	-546	68885	-7690
413	508	41	263	-13607	0	0	2357	-88	38	-540	59378	-7108
416	22	-2210	384	-8504	0	0	1949	-49	14	-420	35149	-8921
418	186	-161	11	-393	0	0	508	-287	115	-216	11736	-10657
501	209	-115	-101	-236	0	0	196	-44	22	-100	14423	-12180
503	39	-393	261	-8990	0	0	1709	22	-8	-370	38333	-3761
506	1261	39	171	-13911	0	0	2210	26	-6	-503	60961	-6867
508	2329	-15	98	-15966	0	0	2209	56	-19	-518	69267	-8107
511	2161	-27	29	-15812	0	0	2239	56	-19	-522	68816	-8217
513	512	-38	-27	-13451	0	0	2275	54	-16	-506	59295	-7312
516	-28	-2198	-173	-8082	0	0	1854	20	13	-384	35120	-7089
518	201	-170	-206	-270	0	0	282	-448	162	-126	17921	-16112

Considerando un'altezza degli assi schema pari a 190 cm in fase 1 e cautelativamente 190 cm in fase 2 e 3, risulta (valori ponderati a S.L.U.):

MOMENTO FLETTENTE M2						
ASTA	Combinazione dei Max	Combinazione dei Min	Br. Sup N+	Br. Sup N-	Br. Inf N+	Br. Inf N-
Elemento	kN cm	kN cm	kN	kN	kN	kN
401	13926	-14189	29	-29	73	-74
403	40596	-13637	30	-29	213	-70
406	64698	-21361	29	-35	340	-110
408	74019	-24470	28	-41	389	-126
411	73521	-24153	28	-40	387	-124
413	62544	-21301	28	-31	329	-109
416	37517	-20103	40	-29	197	-104
418	12555	-11713	29	-29	65	-60
501	14749	-12674	29	-30	78	-66
503	40334	-13491	30	-29	212	-69
506	64597	-21216	28	-35	340	-109
508	73883	-24550	29	-41	389	-126
511	73226	-24522	29	-40	386	-126
513	62039	-21252	29	-31	327	-109
516	36787	-17732	40	-28	194	-91
518	18361	-17126	29	-29	96	-88

Per cui i valori di verifica delle briglie superiori ed inferiori risultano (valori ponderati a S.L.U.):

Br. Sup max/min	Br. Inf max/min	Tipo Diaframma
kN	kN	Reticolare - Valori SLU
40	389	Max N+
-41	-126	Min N-

14.1.2 Taglio

Effetti globali non ponderati, fase per fase

ASTA	FASE 1		FASE 2		CEDIMENTI		RITIRO		TERMICA		FASE 3		
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
Elemento	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	
SOLLECITAZIONI EL. DIAFRAMMA	401	2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	33	-35
	403	2	0	13	13	0	0	-3	-3	0	0	6	-68
	406	-1	-3	21	21	0	0	-4	-4	1	1	11	-105
	408	-3	-5	24	24	0	0	-4	-4	1	1	14	-118
	411	-2	-5	24	24	0	0	-4	-4	1	1	15	-118
	413	0	-2	20	20	0	0	-4	-4	1	1	16	-102
	416	5	3	13	13	0	0	-4	-4	0	0	15	-59
	418	2	-1	0	0	0	0	1	1	0	0	31	-30
	501	1	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	32	-36
	503	0	-2	-14	-14	0	0	3	3	0	0	66	-8
	506	3	0	-21	-21	0	0	4	4	0	0	105	-13
	508	5	3	-24	-24	0	0	4	4	0	0	118	-14
	511	5	2	-23	-23	0	0	4	4	0	0	118	-13
	513	2	0	-20	-20	0	0	4	4	0	0	102	-8
	516	-2	-5	-12	-12	0	0	3	3	0	0	62	-7
	518	1	-2	0	0	0	0	1	1	0	0	36	-39

Effetti globali ponderati, fase per fase

ASTA	FASE 1		FASE 2		CEDIMENTI		RITIRO		TERMICA		FASE 3		
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
Elemento	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	
SOLLECITAZIONI EL. DIAFRAMMA	401	3	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	45	-47
	403	3	0	20	20	0	0	-4	-4	0	0	8	-92
	406	-1	-4	32	32	0	0	-5	-5	1	1	15	-142
	408	-4	-7	36	36	0	0	-5	-5	1	1	19	-159
	411	-3	-7	36	36	0	0	-5	-5	1	1	20	-159
	413	0	-3	30	30	0	0	-5	-5	1	1	22	-138
	416	7	4	20	20	0	0	-5	-5	0	0	20	-80
	418	3	-1	0	0	0	0	1	1	0	0	42	-41
	501	1	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	43	-49
	503	0	-3	-21	-21	0	0	4	4	0	0	89	-11
	506	4	0	-32	-32	0	0	5	5	0	0	142	-18
	508	7	4	-36	-36	0	0	5	5	0	0	159	-19
	511	7	3	-35	-35	0	0	5	5	0	0	159	-18
	513	3	0	-30	-30	0	0	5	5	0	0	138	-11
	516	-3	-7	-18	-18	0	0	4	4	0	0	84	-9
	518	1	-3	0	0	0	0	1	1	0	0	49	-53

Considerando una lunghezza delle diagonali pari a 290 cm risulta (valori ponderati a S.L.U.):

TAGLIO V3				
ASTA	Combinazione dei Max	Combinazione dei Min	Diag. N+	Diag. N-
Elemento	kN	kN	kN	kN
401	47	-50	75	-79
403	27	-76	42	-120
406	41	-118	65	-186
408	47	-134	75	-211
411	50	-134	79	-211
413	48	-114	76	-180
416	42	-61	66	-96
418	46	-41	72	-64
501	45	-51	70	-81
503	72	-31	113	-49
506	119	-44	188	-70
508	135	-46	213	-73
511	136	-45	215	-70
513	115	-36	182	-57
516	67	-31	105	-48
518	51	-54	81	-86

Per cui i valori di verifica delle diagonali risultano (valori ponderati a S.L.U.):

Diag. max/min	Tipo Diaframma
kN	Reticolare - Valori SLU
215	Max N+
-211	Min N-

14.2 Massima reazione orizzontale trasversale da vento

La massima reazione da vento agente sul ponte in oggetto risulta pari a:

$$q_w = 10.5 \text{ kN/m (vedi calcolo azione del vento a ponte carico)}$$

$$H_w = 10.5 \times 43.61 / 2 \cong 230 \text{ kN (valore non ponderato)}$$

L'azione H_t sollecita il diaframma di spalla a momento.

Baricentro della forza: 6.00/2 m dal lembo inf. della trave

Baricentro diaframma: 1.20 m dal lembo inf. della trave

$$M_w = H_w \times (6.00/2 - 1.20) = 230 \times 1.8 = 414 \text{ kNm} = 41400 \text{ kNcm}$$

Per cui le azioni assiali sulle componenti del diaframma risultano, allo S.L.U.:

$$N_{br \text{ inf}} = 1.5 M / 190 = 330 \text{ kN}$$

$$N_{diag} = 1.5 (H_w / 3) \times L_{diag} / (b/2) = 1.5 \times (230/3) \times 300/245 = 141 \text{ kN}$$

14.3 Sollecitazioni di verifica dei diaframmi

Diaframmi di spalla

In via estremamente cautelativa, per economia di calcolo, le sollecitazioni massime nei diaframmi di spalla si calcolano sommando, in via estremamente cautelativa, gli effetti del vento ed i massimi effetti globali:

Briglia superiore

Massima trazione: $40 + 0 \cong 50$ kN

Massima compressione: $-40 - 0 \cong -50$ kN

Briglia inferiore

Massima trazione: $389 + 320 \cong +750$ kN

Massima compressione: $-118 - 320 = -500$ kN

Diagonali

Massima trazione: $221 + 138 = 360$ kN

Massima compressione: $-217 - 138 = -360$ kN

Diaframmi intermedi

Briglia superiore

Massima trazione: $40 + 0 \cong 50$ kN

Massima compressione: $-40 - 0 \cong -50$ kN

Briglia inferiore

Massima trazione: $389 \cong 400$ kN

Massima compressione: $-118 \cong -130$ kN

Diagonali

Massima trazione: $221 \cong 230$ kN

Massima compressione: $-217 \cong -230$ kN

14.4 Verifiche degli elementi dei diaframmi spalla

14.4.1 Verifica briglia superiore

VERIFICA PER CARICO DI PUNTA-norme CNR-UNI 10011

COMMESSA : PEDEMONTANA VENETA CAV. VIA FELTRINA

DIAFRAMMA DI SPALLA - BRIGLIA SUPERIORE

DUE ANGOLARI ACCOPPIATI 120 X 10

PROFILO DI AREA EFFETTIVA.....A = 46.00 [cm²]

'' AREA EFFICACE A TRAZIONE..An= 40.80 [cm²]

LUCE LIBERA DI VERIFICA.....Lo= 450.0 [cm]

RAGGIO DI INERZIA DI VERIFICA.....i= 3.72 [cm]

SNELLEZZA DEL PROFILO.....Lambda= 120.9

VALORE DI OMEGA.....Ω= 3.40

RISULTATO DELLA VERIFICA

FORZA MAX DI COMPRESSIONE.....Nc= 50.00 [kN]

TENSIONE MAX A COMPRESSIONE.....σc= 3.70 [kN/cm²]

FORZA MAX DI TRAZIONE.....Nt= 50.00 [kN]

TENSIONE MAX A TRAZIONE.....σt= 1.23 [kN/cm²]

14.4.2 Verifica briglia inferiore

VERIFICA PER CARICO DI PUNTA-norme CNR-UNI 10011

COMMESSA : PEDEMONTANA VENETA CAV. VIA FELTRINA

DIAFRAMMA DI SPALLA - BRIGLIA INFERIORE

DUE ANGOLARI ACCOPPIATI 120 X 10

PROFILO DI AREA EFFETTIVA.....A = 46.00 [cm²]

'' AREA EFFICACE A TRAZIONE..An= 40.20 [cm²]

LUCE LIBERA DI VERIFICA.....Lo= 450.0 [cm]

RAGGIO DI INERZIA DI VERIFICA.....i= 5.74 [cm]

SNELLEZZA DEL PROFILO.....Lambda= 88.0

VALORE DI OMEGA.....Omega= 2.22

RISULTATO DELLA VERIFICA

FORZA MAX DI COMPRESSIONE.....Nc= 500.00 [kN]

TENSIONE MAX A COMPRESSIONE.....sigma_c= 24.13 [kN/cm²]

FORZA MAX DI TRAZIONE.....Nt= 750.00 [kN]

TENSIONE MAX A TRAZIONE.....sigma_t= 18.66 [kN/cm²]

14.4.3 Verifica diagonali

VERIFICA PER CARICO DI PUNTA-norme CNR-UNI 10011

COMMESSA : PEDEMONTANA VENETA CAV. VIA FELTRINA

DIAFRAMA DI SPALLA - BRIGLIA INFERIORE

DUE ANGOLARI ACCOPPIATI 120 X 10

PROFILO DI AREA EFFETTIVA.....A = 46.00 [cm²]

' ' AREA EFFICACE A TRAZIONE..An= 40.20 [cm²]

LUCE LIBERA DI VERIFICA.....Lo= 300.0 [cm]

RAGGIO DI INERZIA DI VERIFICA.....i= 3.72 [cm]

SNELLEZZA DEL PROFILO.....Lambda= 80.6

VALORE DI OMEGA.....Ω= 1.99

RISULTATO DELLA VERIFICA

FORZA MAX DI COMPRESSIONE.....Nc= 360.00 [kN]

TENSIONE MAX A COMPRESSIONE.....σc= 15.58 [kN/cm²]

FORZA MAX DI TRAZIONE.....Nt= 360.00 [kN]

TENSIONE MAX A TRAZIONE.....σt= 8.96 [kN/cm²]

14.5 Verifiche degli elementi dei diaframmi intermedi

14.5.1 Verifica briglia superiore

VERIFICA PER CARICO DI PUNTA-norme CNR-UNI 10011

COMMESSA : PEDEMONTANA VENETA CAV. VIA FELTRINA

DIAFRAMMI INTERMEDI - BRIGLIA SUPERIORE

DUE ANGOLARI ACCOPPIATI 100 X 8

PROFILO DI AREA EFFETTIVA.....A = 30.72 [cm²]

' ' AREA EFFICACE A TRAZIONE..An= 26.56 [cm²]

LUCE LIBERA DI VERIFICA.....Lo= 450.0 [cm]

RAGGIO DI INERZIA DI VERIFICA.....i= 3.11 [cm]

SNELLEZZA DEL PROFILO.....Lambda= 144.9

VALORE DI OMEGA.....Ω= 4.03

RISULTATO DELLA VERIFICA

FORZA MAX DI COMPRESSIONE.....Nc= 50.00 [kN]

TENSIONE MAX A COMPRESSIONE.....σc= 6.56 [kN/cm²]

FORZA MAX DI TRAZIONE.....Nt= 50.00 [kN]

TENSIONE MAX A TRAZIONE.....σt= 1.88 [kN/cm²]

14.5.2 Verifica briglia inferiore

VERIFICA PER CARICO DI PUNTA-norme CNR-UNI 10011

COMMESSA : PEDEMONTANA VENETA CAV. VIA FELTRINA

DIAFRAMMI INTERMEDI - BRIGLIA INFERIORE

DUE ANGOLARI ACCOPPIATI 100 X 8

PROFILO DI AREA EFFETTIVA.....A = 30.72 [cm²]

'' AREA EFFICACE A TRAZIONE..An= 26.56 [cm²]

LUCE LIBERA DI VERIFICA.....Lo= 450.0 [cm]

RAGGIO DI INERZIA DI VERIFICA.....i= 4.68 [cm]

SNELLEZZA DEL PROFILO.....Lambda= 104.2

VALORE DI OMEGA.....Omega= 2.30

RISULTATO DELLA VERIFICA

FORZA MAX DI COMPRESSIONE.....Nc= 130.00 [kN]

TENSIONE MAX A COMPRESSIONE.....sigma_c= 9.74 [kN/cm²]

FORZA MAX DI TRAZIONE.....Nt= 400.00 [kN]

TENSIONE MAX A TRAZIONE.....sigma_t= 15.07 [kN/cm²]

14.5.3 Verifica diagonali

VERIFICA PER CARICO DI PUNTA-norme CNR-UNI 10011

COMMESSA : PEDEMONTANA VENETA CAV. VIA FELTRINA

DIAFRAMMI INTERMEDI - DIAGONALI

DUE ANGOLARI ACCOPPIATI 100 X 8

PROFILO DI AREA EFFETTIVA.....A = 30.72 [cm²]

'' AREA EFFICACE A TRAZIONE..An= 26.56 [cm²]

LUCE LIBERA DI VERIFICA.....Lo= 300.0 [cm]

RAGGIO DI INERZIA DI VERIFICA.....i= 3.11 [cm]

SNELLEZZA DEL PROFILO.....Lambda= 96.6

VALORE DI OMEGA.....Ω= 2.47

RISULTATO DELLA VERIFICA

FORZA MAX DI COMPRESSIONE.....Nc= 230.00 [kN]

TENSIONE MAX A COMPRESSIONE.....σc= 18.49 [kN/cm²]

FORZA MAX DI TRAZIONE.....Nt= 230.00 [kN]

TENSIONE MAX A TRAZIONE.....σt= 8.66 [kN/cm²]

14.6 Verifica dei giunti diaframmi spalla

Per tutti gli elementi dei diaframmi intermedi i collegamenti si realizzano con tre bulloni M24 classe 10.9, passo 75 mm e pinza 60mm

14.6.1 Briglia superiore

2L 120 x 10

3 M24 classe 10.9 passo 75 mm e pinza 60 mm

N= 50 kN

La verifica è implicitamente soddisfatta da quella della briglia inferiore

14.6.2 Briglia inferiore

2L 120 x 10

N= 750kN

Verifica bulloni: 3 M 24 Classe 10.9 $A_{res} = 4.52 \text{ cm}^2$

$$\tau_b = \frac{N}{n_b \cdot n_{sez} \cdot A_{res}} = \frac{750}{3 \cdot 2 \cdot 4.52} = 27.7 \text{ kN/cm}^2 < 48 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica a rifollamento piastra:

$e_1 = 60 \text{ mm}$ $\alpha = e_1 / (3 \times 26) = 0.769$

$k = 2.5$

$$f_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} = \frac{2.5 \cdot 0.769 \cdot 51}{1.25} = 78.44 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{rif} = \frac{N}{n_b \cdot t \cdot d_b} = \frac{750}{3 \cdot 2.0 \cdot 2.4} = 52.1 \text{ kN/cm}^2 < 78.44 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica piastra di nodo:

$b_{eff} = (n_{bull} - 1) \times p_1 \times \text{tg } 30 \times 2 = (3 - 1) \times 7.5 \times \text{tg } 30 \times 2 = 17.32 \text{ cm}$

$A_n = (17.32 - 2.6) \times 2.0 = 29.44 \text{ cm}^2$

$$\sigma = \frac{N}{A_n} = \frac{750}{29.44} = 25.5 \text{ kN/cm}^2 < 36.7 \text{ kN/cm}^2$$

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

14.6.3 *Diagonali*

2L 120 x 10

3 M24 classe 10.9 passo 75 mm e pinza 60 mm

N= 360 kN

La verifica è implicitamente soddisfatta da quella della briglia inferiore

14.7 Verifica dei giunti diaframmi intermedi

Per tutti gli elementi dei diaframmi intermedi i collegamenti si realizzano con tre bulloni M24 classe 10.9, passo 75 mm e pinza 60mm

14.7.1 Briglia superiore

2L 100 x 8

3 M24 classe 10.9 passo 75 mm e pinza 60 mm

N= 50 kN

La verifica è implicitamente soddisfatta da quella della briglia inferiore

14.7.2 Briglia inferiore

2L 100 x 8

N_{max}= 420 kN

Verifica bulloni: 3 M 24 Classe 10.9 A_{res}= 4.52 cm²

$$\tau_b = \frac{N}{n_b \cdot n_{sez} \cdot A_{res}} = \frac{420}{3 \cdot 2 \cdot 4.52} = 15.5 \text{ kN/cm}^2 < 48 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica a rifollamento piastra:

e₁= 60 mm α= e₁/(3x26)= 0.769

k= 2.5

$$f_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} = \frac{2.5 \cdot 0.769 \cdot 51}{1.25} = 78.44 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{rif} = \frac{N}{n_b \cdot t \cdot d_b} = \frac{420}{3 \cdot 1.4 \cdot 2.4} = 41.7 \text{ kN/cm}^2 < 78.44 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica piastra di nodo:

b_{eff} = (n_{bull} - 1) x p₁ x tg 30 x 2= (3 - 1) x 7.5 x tg 30 x 2= 17.32 cm

A_n = (17.32 - 2.6) x 1.4 = 20.61 cm²

$$\sigma = \frac{N}{A_n} = \frac{420}{20.61} = 20.40 \text{ kN/cm}^2 < 36.7 \text{ kN/cm}^2$$

Cavalcavia via Feltrina – Relazione di calcolo carpenteria metallica

14.7.3 *Diagonali*

2L 100 x 8

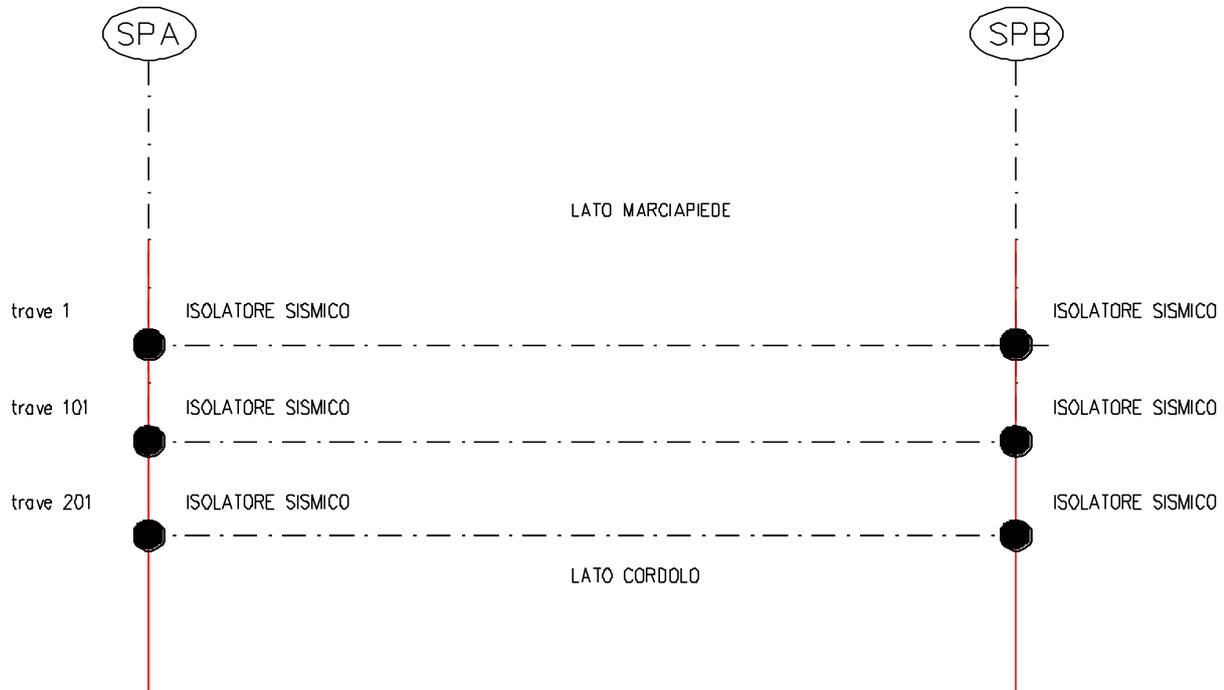
3 M24 classe 10.9 passo 75 mm e pinza 60 mm

N= 230 kN

La verifica è implicitamente soddisfatta da quella della briglia inferiore

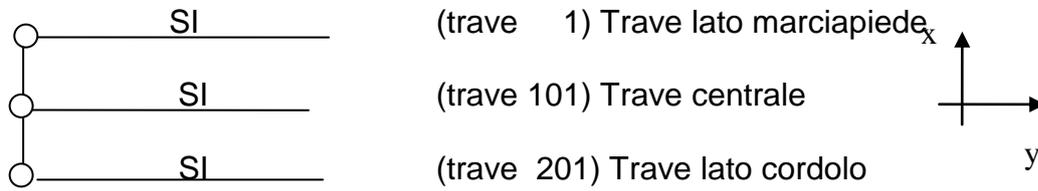
15 CARICHI SUGLI APPOGGI

15.1 Disposizione appoggi



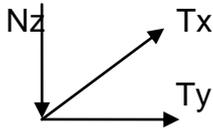
15.2 Spalla 1

15.2.1 Schema di vincolo



SI = isolatore sismico

N.B.



N(z) negativo se verso l'alto

15.2.2 Reazioni elementari

APPOGGI	Nodo 001		Nodo 101		Nodo 201	
	N (z) [kN]	T (x) [kN]	N (z) [kN]	T (x) [kN]	N (z) [kN]	T (x) [kN]
<i>Spalla A</i>						
Fase 1	930	0	750	0	890	0
Fase 2	450	0	320	0	430	0
Ritiro	20	0	-30	0	20	0
Max Permanenti	1400	0	1070	0	1340	0
Min Permanenti	1380	0	1040	0	1320	0
Max caricamento trave esterna **	1170	0	940	0	310	0
Max caricamento trave interna **	320	0	940	0	1140	0
Max carico torcente trave esterna **	1190	0	730	0	-40	0
Max carico torcente trave interna **	-30	0	730	0	1160	0
Max carico su trave centrale (est) **	560	0	1180	0	470	0
Max carico su trave centrale (int) **	480	0	1180	0	540	0
Vento Ponte Carico (±) *	90	80	0	90	-80	90
Vento Ponte Scarico (±) *	90	80	0	90	-80	90
Centrifuga (±)	0	0	0	0	0	0

EFFETTI CARICHI LONGITUDINALI	N (z) [kN]	T (y) [kN]	N (z) [kN]	T (y) [kN]	N (z) [kN]	T (y) [kN]
	Attrito (±)	0	130	0	120	0
Frenatura (±)	0	90	0	90	0	90

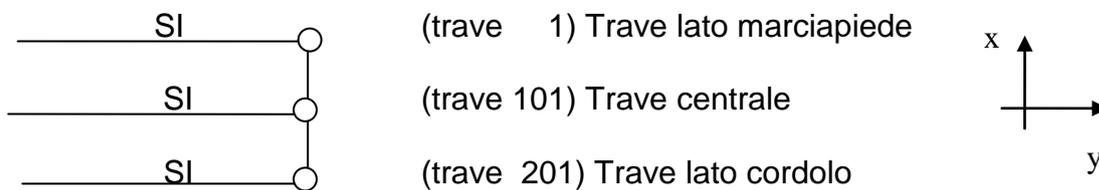
(*) Non ponderato: K=1

(**) In alternativa

(***) 0,05 (permanenti + accidentali)

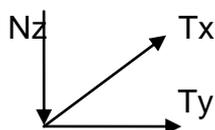
15.3 Spalla 2

15.3.1 Schema di vincolo



SI = isolatore sismico

N.B.



$N(z)$ negativo se verso l'alto

15.3.2 Reazioni elementari

APPOGGI	Nodo 018		Nodo 118		Nodo 218	
	N (z) [kN]	T (x) [kN]	N (z) [kN]	T (x) [kN]	N (z) [kN]	T (x) [kN]
<i>Spalla A</i>						
Fase 1	920	0	760	0	890	0
Fase 2	450	0	330	0	430	0
Ritiro	10	0	-20	0	10	0
Max Permanenti	1380	0	1090	0	1330	0
Min Permanenti	1370	0	1070	0	1320	0
Max caricamento trave esterna **	1160	0	950	0	300	0
Max caricamento trave interna **	330	0	920	0	1150	0
Max carico torcente trave esterna **	1180	0	750	0	-50	0
Max carico torcente trave interna **	-30	0	700	0	1180	0
Max carico su trave centrale (est) **	550	0	1180	0	480	0
Max carico su trave centrale (int) **	480	0	1180	0	560	0
Vento Ponte Carico (±) *	90	80	0	90	-80	90
Vento Ponte Scarico (±) *	90	80	0	90	-80	90
Centrifuga (±)	0	0	0	0	0	0

EFFETTI CARICHI LONGITUDINALI	N (z) [kN]	T (y) [kN]	N (z) [kN]	T (y) [kN]	N (z) [kN]	T (y) [kN]
	Attrito (±)	0	130	0	120	0
Frenatura (±)	0	90	0	90	0	90

(*) Non ponderato: K=1

(**) In alternativa

(***) 0,05 (permanenti + accidentali)

16 VERIFICA DELLE NERVATURE SULL'APPOGGIO DI SPALLA*CARATTERISTICHE GEOMETRICHE*

Spessore anima trave	16 mm	→	1.6 cm
Altezza anima trave	2340 mm	→	234.0 cm
Quota irrigidente long. da intradosso	2340 mm	→	234.0 cm
Larghezza piattabanda inferiore	1000 mm	→	100.0 cm
Spessore piattabanda inferiore	30 mm	→	3.0 cm
Contropiastra	0 mm	→	0.0 cm
Diametro dell'appoggio	440 mm	→	44.0 cm
Numero irrigidenti a tutta altezza	2		
Spessore irrigidente a tutta altezza	20 mm	→	2.0 cm
Larghezza irrigidente a tutta altezza	320 mm	→	32.0 cm
Numero nervature aggiuntive	4		
Spessore nervature	20 mm	→	2.0 cm
Larghezza nervature	200 mm	→	20.0 cm
Altezza nervature	500 mm	→	50.0 cm
Distanza nervature da irrigidenti	200 mm	→	20.0 cm
Lunghezza di diffusione del carico	50.0 cm		
Lunghezza di diffusione anima	50.0 cm		
Lunghezza di diffusione irrigidente	24.2 cm		
Lunghezza di diffusione nervatura	14.2 cm		
Area di diffusione totale	290 cm ²		
Area di diffusione anima	80 cm ²		
Area di diffusione irrigidenti	97 cm ²		
Area di diffusione nervature	114 cm ²		

Carico agente ponderato allo S.L.U.

Carichi permanenti	1982 kN
Carichi accidentali Fase 3	1620 kN
Vento	81 kN
$N_{Tot} =$	3683 kN

Si verifica l'irrigidimento di appoggio per un carico agente pari a **3700 kN**

Verifica di stabilità della sezione a croce

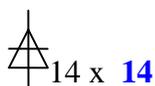
Si verifica la stabilità della sezione a croce data dalle larghezze efficaci (12 x spessore) dell'anima e degli irrigidenti come asta incernierata soggetta ad un carico di punta pari alla quota parte di reazione proporzionale all'area di diffusione della croce della croce stessa.

Lunghezza efficace anima	19.2	cm		
Lunghezza efficace irrigidenti	24.0	cm		
Area efficace sezione a croce	157.4	cm ²		
Carico agente sulla sezione	2253	kN		
Momento di inerzia della sezione	43704	cm ⁴		
Raggio di inerzia sezione	16.7	cm		
Snellezza	14.0	→	$\omega =$	1.00
Tensione di verifica :	14.3	kN/cm ²	<	32.27 kN/cm ²

Verifica saldatura anima – piattabanda inferiore

Si verifica la saldatura dell'anima alla piattabanda inferiore considerando agente un carico pari alla quota parte della reazione totale proporzionale all'area di diffusione dell'anima stessa.

Carico agente 1019 kN



$$\text{Area di gola: } A_g = 2 \times b_{\text{cor}} \times \sqrt{2}/2 \times L_{\text{diff Anima}} = 99.0 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = 10.30 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{//} = \mathbf{7.79} \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = 12.91 \text{ kN/cm}^2 < 24.85 \text{ kN/cm}^2$$

Per $\tau_{//}$ vedi paragrafo: *Saldature di composizione*

Verifica saldature irrigidenti - anima

Si verifica la saldatura degli irrigidenti all'anima considerando agente un carico pari alla quota parte della reazione proporzionale all'area di diffusione degli irrigidenti stessi.

Carico agente 1233 kN

$$2 \times \frac{1233}{10} \times 10 = 2466 \text{ kN}$$

Slot per saldature 4.0 cm

Lunghezza efficace saldatura: $L_{\text{eff}} = 226.0$ cm

$$\text{Area di gola: } A_g = \text{Num Irrigidenti} \times (2 \times b_{\text{cor}} \times \sqrt{2}/2 \times L_{\text{eff}}) = 639.2 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = 1.93 \text{ kN/cm}^2 < 24.85 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica saldature nervature aggiuntive - anima

Si verifica la saldatura delle nervature aggiuntive all'anima considerando agente un carico pari alla quota parte della reazione proporzionale all'area di diffusione delle nervature stesse.

Carico agente 1447 kN

$$2 \times \frac{1447}{10} \times 10 = 2894 \text{ kN}$$

Slot per saldature 4.0 cm

Lunghezza efficace saldatura: $L_{\text{eff}} = 46.0$ cm

$$\text{Area di gola: } A_g = \text{Num. Nervature} \times (2 \times b_{\text{cor}} \times \sqrt{2}/2 \times L_{\text{eff}}) = 260.2 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = 5.56 \text{ kN/cm}^2 < 24.85 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica saldature irrigidenti – piattabanda inferiore

Si verifica la saldatura degli irrigidenti e delle nervature aggiuntive alla piattabanda inferiore considerando agente un carico pari alla quota parte della reazione proporzionale all'area di diffusione degli irrigidenti e delle nervature aggiuntive stesse.

Carico agente	1233	kN
Slot per saldature	4.0	cm
Battuta	3.0	mm

Saldatura a parziale penetrazione con battuta 3 mm.

Se la battuta è ≤ 3 mm la sezione efficace risultante è pari all'intero spessore dell'elemento.

Area di saldatura: $A_{sal} = (\neq \text{Irrigidente} - \text{Battuta}) \times (L_{diff \text{ Irr}} - \text{Slot}) \times \text{Num. Irrigidenti}$

$$A_{sal} = 80.8 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = 15.26 \text{ kN/cm}^2 < 24.85 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica saldature nervature aggiuntive – piattabanda inferiore

Si verifica la saldatura degli irrigidenti e delle nervature aggiuntive alla piattabanda inferiore considerando agente un carico pari alla quota parte della reazione proporzionale all'area di diffusione degli irrigidenti e delle nervature aggiuntive stesse.

Carico agente	1447	kN
Slot per saldature	4.0	cm
Battuta	3.0	mm

Saldatura a parziale penetrazione con battuta 3 mm.

Se la battuta è ≤ 3 mm la sezione efficace risultante è pari all'intero spessore dell'elemento.

Area di saldatura: $A_{sal} = (\neq \text{Nervature} - \text{Battuta}) \times (L_{diff \text{ Nerv}} - \text{Slot}) \times \text{Num. Nervature}$

$$A_{sal} = 81.6 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = 17.74 \text{ kN/cm}^2 < 24.85 \text{ kN/cm}^2$$