

S.G.C. E78 GROSSETO - FANO

Tratto Selci Lama (E45) - S. Stefano di Gaifa.
Adeguamento a 2 corsie del tratto della Variante di Urbania

PROGETTO DEFINITIVO

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Claudio Müller</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GPI INGEGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>(Mandante)</p> <p>cooprogetti cocoprogetti</p> <p>(Mandante)</p> <p>engeko</p> <p>(Mandante)</p> <p>AIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 2):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Vincenzo Catone</i></p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

OPERE D'ARTE MAGGIORI

VIADOTTI E PONTI

PONTE CERRETO

Impalcato – Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T00VI05STRRE01_B		
DPAN247	D	22	CODICE ELAB. T00VI05STRRE01	B	-
D					
C					
B	Rev. Ist.U.0039705 24/01/22 e Ist.U.0057794 01/02/22	Feb.'22	Sigmund	Muller	Guiducci
A	Emissione	Ottobre '21	Sigmund	Muller	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	5
1.1. DESCRIZIONE GENERALE	5
1.2. VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	7
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	8
3. MATERIALI, UNITA' DI MISURA E RESISTENZE DI PROGETTO.....	11
3.1. STRUTTURA METALLICA.....	11
3.2. BULLONI E SALDATURE	13
3.3. CLASSE DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO.....	14
3.3.1. Classe di conseguenze	14
3.3.2. Categoria di servizio e di produzione.....	14
3.3.3. Determinazione della classe di esecuzione	16
3.4. SOLETTA MISTA ACCIAIO-CALCESTRUZZO.....	17
3.4.1. Connettori a piolo.....	17
3.4.2. Calcestruzzo	18
3.4.3. Acciaio per armature	21
3.4.4. Resistenze di calcolo.....	22
3.5. UNITA' DI MISURA	24
4. ANALISI DEI CARICHI.....	25
4.1. CARICHI PERMANENTI (G_1 E G_2).....	25
4.1.1. Carichi permanenti strutturali (G_1).....	25
4.1.2. Carichi permanenti portati (G_2).....	27
4.2. CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q_1).....	28
4.2.1. Ripartizione longitudinale dei carichi	29
4.2.2. Massimo momento flettente in campata.....	30
4.2.3. Massimo taglio in campata.....	31
4.2.4. Ripartizione trasversale dei carichi mobili.....	32
4.3. AZIONE DEL RITIRO.....	36
4.3.1. Ritiro e viscosità: ε_2 e ε_3	36
4.3.2. Deformazione da ritiro e coefficiente di viscosità.....	37
4.4. CEDIMENTI VINCOLARI: ε_4	39
4.5. FRENATURA (Q_3).....	39
4.6. AZIONE CENTRIFUGA (Q_4)	40
4.7. AZIONE DEL VENTO (Q_5).....	40

PROGETTAZIONE ATI:

4.7.1.	Vento sull'impalcato	41
4.8.	AZIONE TERMICA (Q ₇).....	44
4.8.1.	Variazione termica differenziale	44
4.8.2.	Variazione termica uniforme.....	46
4.9.	URTO DI VEICOLO IN SVIO (Q ₈).....	47
4.10.	AZIONE SISMICA (E).....	48
5.	<u>CRITERI DI CALCOLO.....</u>	51
5.1.	CRITERI DI CALCOLO E DI VERIFICA PER LE AZIONI STATICHE	51
5.2.	ANALISI GLOBALE ELASTICA.....	52
5.2.1.	Fasi di calcolo	53
5.3.	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	55
5.3.1.	Azioni nelle verifiche agli stati limite	57
5.3.2.	Stati limite ultimi	57
5.3.3.	Stati limite di esercizio.....	58
6.	<u>MODELLI DI CALCOLO ADOTTATI.....</u>	59
6.1.	DISCRETIZZAZIONE DELLA STRUTTURA	60
6.1.1.	Nodi	60
6.1.2.	Elementi.....	61
6.2.	MODELLO DI CALCOLO AGLI ELEMENTI FINITI	63
6.2.1.	Modello completo.....	63
6.2.2.	Nodi	64
6.2.3.	Elementi travi, diaframmi e elementi soletta	65
6.2.4.	Carichi applicati al modello.....	66
6.3.	CARATTERISTICHE STATICHE DELLE SEZIONI	69
6.3.1.	Larghezze collaboranti	69
6.3.2.	Assegnazione delle sezioni agli elementi di analisi.....	72
6.3.3.	Caratteristiche statiche delle travi principali.....	73
6.3.4.	Inerzie dei diaframmi.....	102
6.3.5.	Elementi soletta.....	102
6.4.	ANALISI GLOBALE E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	103
6.5.	MASSIME AZIONI INTERNE	103
6.5.1.	Sollecitazioni di verifica	103
6.5.2.	Diagrammi delle massime e minime sollecitazioni di verifica.....	105
6.6.	ANALISI SISMICA.....	107
6.6.1.	ANALISI MODALE	109

PROGETTAZIONE ATI:

6.6.2.	Reazioni degli appoggi allo SLC-SLU.....	112
6.6.3.	Spostamenti allo SLC - SLU.....	113
6.6.4.	Corsa massima giunti di dilatazione	115
7.	<u>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</u>	116
7.1.	DISTRIBUZIONE DELLE SEZIONI STRUTTURALI	116
7.2.	TRAVI LONGITUDINALI – VERIFICHE SLU	118
7.2.1.	Verifica delle sezioni	120
7.3.	TRAVI LONGITUDINALI – VERIFICHE SLE	176
7.3.1.	Verifica S.L.E. tensionale – riepilogo coefficienti di sfruttamento	177
7.3.2.	Verifica S.L.E. “Web breathing” tensionale – riepilogo coefficienti di sfruttamento.....	178
7.3.3.	Verifica dei pioli allo SLE – riepilogo coefficienti di sfruttamento.....	180
7.4.	VERIFICHE A FATICA	186
7.4.1.	Modello di carico	186
7.4.2.	Classi di dettaglio.....	188
7.4.3.	Verifiche a vita illimitata.....	190
7.5.	SALDATURA DI COMPOSIZIONE.....	194
7.6.	VERIFICA DEI PIOLI.....	195
7.7.	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ.....	198
8.	<u>DIAFRAMMI E CONTROVENTI.....</u>	200
8.1.	DIAFRAMMI.....	200
8.1.1.	Diaframmi di spalla.....	201
8.1.2.	Diaframmi intermedi	209
8.2.	CONTROVENTI DI MONTAGGIO.....	214
8.2.1.	Valori massimi di verifica allo SLU.....	214
9.	<u>SOLETTA D’IMPALCATO.....</u>	217
9.1.	DESCRIZIONE E MODALITÀ DI CALCOLO DELLA SOLETTA.....	217
9.2.	FASE 1.....	218
9.2.1.	ANALISI DEI CARICHI.....	218
9.2.2.	MODELLO DI CALCOLO	219
9.2.3.	VERIFICA TRALICCIO PREDALLE FASE I-A.....	223
9.2.4.	VERIFICA TRALICCIO PREDALLE FASE I-B.....	226
9.3.	FASE II	229
9.3.1.	ANALISI DEI CARICHI.....	229
9.3.2.	Modello di calcolo.....	230
9.4.	FASE III.....	232

PROGETTAZIONE ATI:

9.4.1.	<i>Ripartizione trasversale dei carichi mobili su soletta</i>	232
9.4.2.	<i>Larghezze collaboranti</i>	235
9.4.3.	<i>Effetti dei carichi da traffico</i>	239
9.4.4.	<i>Momento minimo su trave esterna</i>	240
9.4.5.	<i>Momento minimo su trave interna</i>	241
9.4.6.	<i>Momento massimo in campata</i>	243
9.4.7.	<i>Taglio massimo su trave esterna</i>	245
9.4.8.	<i>Taglio massimo su trave interna</i>	246
9.5.	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI	247
9.6.	COMBINAZIONI DI CARICO	248
9.7.	AZIONI DI VERIFICA	248
9.8.	VERIFICHE DELLA SOLETTA NELLE SEZIONI CORRENTI.....	249
9.8.1.	<i>VERIFICHE ALLO SLU</i>	249
9.8.2.	<i>VERIFICHE ALLO SLE</i>	253
9.9.	VERIFICHE DEGLI SBALZI LATERALI	263
9.10.	VERIFICHE LOCALI IN CODIZIONI DI SVIO	267
9.10.1.	<i>ANALISI DEI CARICHI</i>	267
9.10.2.	<i>SOLLECITAZIONI</i>	270
9.10.3.	<i>VERIFICHE IN COMBINAZIONE ECCEZIONALE</i>	271
10.	<u>APPARECCHI DI APPOGGIO</u>	274
10.1.	CONDIZIONI ELEMENTARI	274
10.1.1.	<i>SPALLA SPA – SPB</i>	274
10.2.	INVILUPPO.....	276
10.2.1.	<i>SPALLA SPA – SPB</i>	276
11.	<u>VERIFICHE IN FASE DI VARO</u>	277
11.1.	VERIFICHE TRAVI PRINCIPALI	278
12.	<u>GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI</u>	282
12.1.	CONTROLLO DELLE REAZIONI	282
12.1.1.	<i>Fase 1</i>	282
12.1.2.	<i>Fase 2</i>	282
13.	<u>ALLEGATI</u>	283

1. INTRODUZIONE

1.1. DESCRIZIONE GENERALE

La presente relazione illustra il calcolo del nuovo viadotto costituito da un impalcato a travata.

Il viadotto, con sistema costruttivo misto acciaio-calcestruzzo, presenta una campata da 83 m. Lo schema di vincolo prevede l'adozione di appoggi isolatori ad alto smorzamento (HDRB).

La sezione trasversale dell'impalcato presenta 3 travi a doppio T in composizione saldata, disposte a interasse di 4 m, la cui altezza è costante e pari a 4 m. I traversi intermedi sono di tipo reticolare mentre quelli di spalla sono formati da profili in parete piena composti saldati disposti a interasse longitudinale variabili con un massimo pari a 9.00 m. Per l'assemblaggio delle travi si prevedono unioni saldate tra conchi d'officina, mentre per il collegamento di tutti gli elementi secondari (traversi e controventi) si prevedono unioni bullonate a taglio.

La stabilizzazione della porzione compressa della struttura metallica durante le fasi antecedenti alla realizzazione e solidarizzazione della soletta in c.a. è assicurata da un sistema di controventi realizzato mediante profili angolari singoli di sezione L100x12. La soletta presenta una larghezza di circa 12.0 m e spessore costante pari a 27 cm (6 cm di predalla e 21 cm di getto). La connessione soletta-travi è realizzata mediante pioli Nelson.

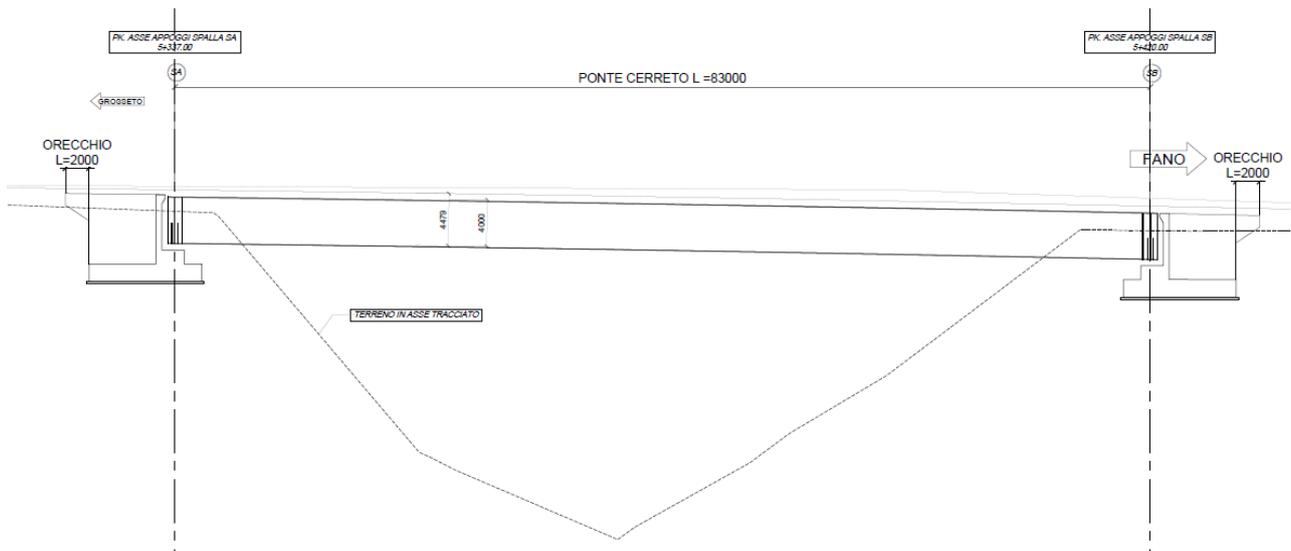


Figura 1.1 Profilo longitudinale

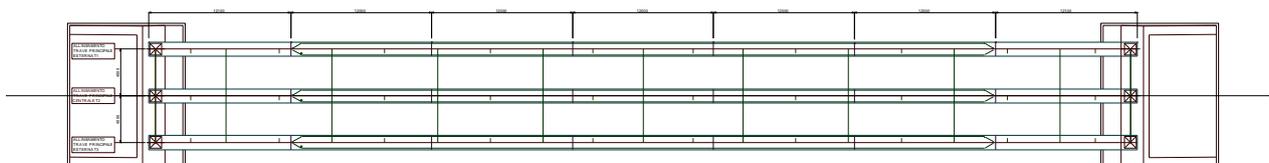


Figura 1.2. Pianta inferiore impalcato

PROGETTAZIONE ATI:

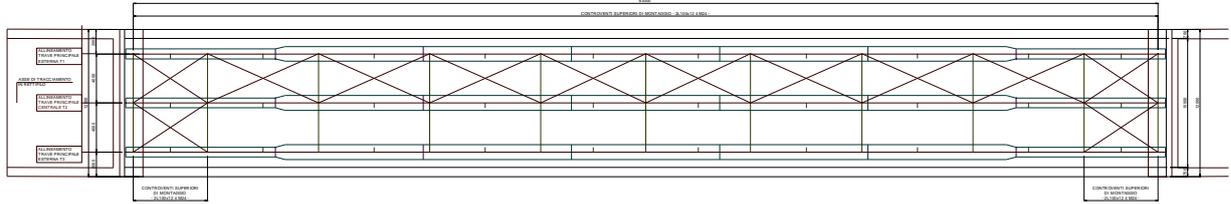


Figura 1.3 pianta superiore impalcato

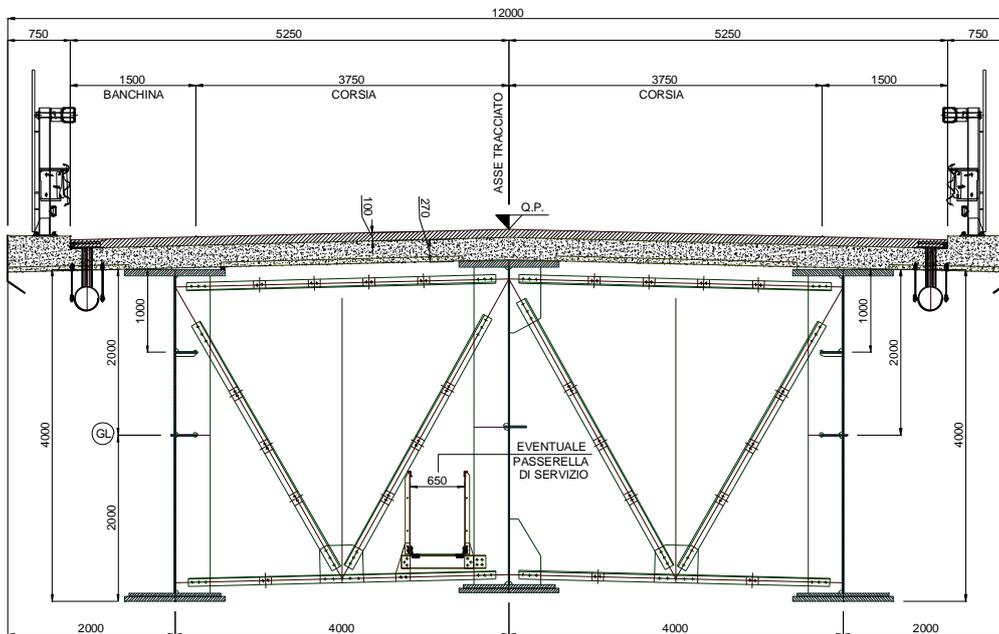


Figura 1.4 Sezione trasversale dell'impalcato

PROGETTAZIONE ATI:

1.2. VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

La vita nominale di una struttura V_N è definita nel punto 2.4.1 del D.M. 17 gennaio 2018 come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata nella tabella 2.4.I del D.M. 17 gennaio 2018. Nel caso in esame, la costruzione è di tipo 2 ed è caratterizzata quindi dalla vita nominale $V_N = 50$ anni.

Tipi di Costruzione		V_N [anni]
1	Opere provvisorie - Opere Provvisionali - Strutture in fase costruttiva.	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.	≥ 100

Tabella 1.1 Vita nominale.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, il punto 2.4.2 del D.M. 17 gennaio 2018 prevede che le costruzioni siano suddivise tra 4 classi d'uso, definite nella seguente tabella.

Classe d'uso	
Classe I	Costruzioni con la presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse a funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 1.2 Classi d'uso

La struttura in esame rientra nella Classe IV, quindi il suo coefficiente d'uso C_u è pari a 2.0.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Nella redazione del progetto strutturale si fa riferimento al quadro normativo ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018. Il riferimento principale per la determinazione dei carichi agenti sulle strutture, le verifiche di sicurezza degli elementi strutturali di impalcato sarà pertanto:

- **D.M. 17 gennaio 2018** - “*Norme tecniche per le costruzioni*” con la relativa circolare applicativa del 1
- 1 febbraio 2019 n. 617 - “Istruzione per l’applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni”.

Nei casi in cui le enunciate normative italiane si presentino carenti di informazioni in relazione a particolari studi specifici, si fa riferimento a normative europee e al sistema degli eurocodici, in particolare:

- **UNI EN 1990:2006 - EUROCODICE 0** - “*Criteri generali di progettazione strutturale*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1991-1-1:2004 - EUROCODICE 1 Parte 1-1** - “*Azioni sulle strutture - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1991-1-4:2005 - EUROCODICE 1 Parte 1-4** - “*Azioni in generale - Azioni del vento*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1991-1-5:2004 - EUROCODICE 1 Parte 1-5** - “*Azioni in generale - Azioni termiche*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1991-2:2005 - EUROCODICE 1 Parte 2** - “*Carichi da traffico sui ponti*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1992-1-1:2005 - EUROCODICE 2 Parte 1-1** - “*Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1993-1-1:2005 - EUROCODICE 3 Parte 1-1** - “*Progettazione delle strutture di acciaio - Regole generali e regole per gli edifici*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1993-1-5:2007 - EUROCODICE 3 Parte 1-5** - “*Progettazione delle strutture di acciaio - Elementi strutturali a lastra*” con il relativo NAD del 25.02.2011;
- **UNI EN 1993-1-8:2005 - EUROCODICE 3 Parte 1-8** - “*Progettazione delle strutture di acciaio - Progettazione dei collegamenti*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1993-1-9:2005 - EUROCODICE 3 Parte 1-9** - “*Progettazione delle strutture di acciaio - Fatica*” con il relativo NAD del 25.02.2011;
- **UNI EN 1993-1-10:2005 - EUROCODICE 3 Parte 1-10** - “*Progettazione delle strutture di acciaio - Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1993-2:2007 - EUROCODICE 3 Parte 2** - “*Progettazione delle strutture in acciaio Ponti di acciaio*” con il relativo NAD del 25.02.2011;
- **UNI EN 1994-1-1:2005 - EUROCODICE 4 parte 1-1** - “*Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici*” con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1994-2:2006 - EUROCODICE 4 parte 2** - “*Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Regole generali e regole per i ponti*” con il relativo NAD del 24.09.2010;

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

- **UNI EN 1997-1:2005 - EUROCODICE 7 parte 1** - "Progettazione geotecnica - Regole generali" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1998-1:2005 - EUROCODICE 8 parte 1** - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1998-2:2011 - EUROCODICE 8 parte 2** - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Ponti" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- **UNI EN 1998-5:2005 - EUROCODICE 8 parte 5** - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici" con il relativo NAD del 25.02.2011.

Per gli apparecchi di appoggio si è fatto riferimento alla norma:

- **CNR 10018/85** - "Apparecchi d'appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni – Istruzioni per il calcolo e l'impiego".

Per quanto concerne le caratteristiche del materiale calcestruzzo armato, si considerano:

- **UNI EN 206:2016** - "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- **UNI 11104:2016** - "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206";
- **UNI EN 10080:2005** - "Acciaio saldabile per cemento armato - Generalità".

Per quanto concerne le caratteristiche del materiale acciaio e dei sistemi di connessione, si considerano:

- **UNI EN 10025-1:2005** - "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura";
- **UNI EN 10025-5:2005** - "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica";
- **UNI EN ISO 4016:2011** - "Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato - Categoria C".
- **UNI EN ISO 4034:2013** - "Dadi esagonali normali (tipo 1) - Categoria C";
- **UNI EN 14399-1:2005** - "Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 1: Requisiti generali";
- **UNI EN 14399-3:2005** - "Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato Parte 3: Sistema HR - Assieme vite e dado esagonali";
- **UNI EN 14399-4:2005** - "Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 4: Sistema HV - Assieme vite e dado esagonali";
- **UNI EN 14399-5:2005** - "Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 5: Rondelle piane";
- **UNI EN 14399-6:2005** - "Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 6: Rondelle piane smussate";
- **UNI EN ISO 898-1:2013** - "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine";

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

- **UNI EN ISO 898-2:2012** - "*Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine*";
- **UNI EN ISO 4063:2011** - "*Saldatura e tecniche affini - Nomenclatura e codificazione numerica dei processi*";
- **UNI EN ISO 13918:2009** - "*Saldatura - Prigionieri e ferrule ceramiche per la saldatura ad arco dei prigionieri*";
- **UNI EN ISO 14555:2014** - "*Saldatura - Saldatura ad arco dei prigionieri di materiali metallici*".

Per l'esecuzione delle strutture, si considerano le regole contenute nei seguenti documenti:

- **UNI EN 13670** - "Esecuzione di strutture di calcestruzzo";
- **UNI EN 1090-2:2018** - "Esecuzione di strutture di acciaio - Requisiti tecnici per strutture di acciaio";
- **UNI 11011:1962** - "Codice di pratica per la preparazione dei lembi nella saldatura per fusione di strutture in acciaio".

PROGETTAZIONE ATI:

3. MATERIALI, UNITA' DI MISURA E RESISTENZE DI PROGETTO

La struttura dell'impalcato è costituita da elementi di carpenteria metallica (profili saldati composti, piastre, angolari, bulloni e pioli) e dal calcestruzzo per il getto di completamento delle solette.

3.1. STRUTTURA METALLICA

Per la determinazione delle caratteristiche dei materiali da utilizzare per la struttura metallica (piatti per profili saldati composti di travi longitudinali e trasversi, piatti per coprigiunti ed irrigidimenti, angolari), si fa riferimento ai paragrafi 11.3.4 del D.M. 2018, alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025-5 (per i laminati con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica) e alla sezione 3 dell'Eurocodice 3 EN 1993-1-1:2005.

Utili informazioni sulla determinazione dei massimi valori ammissibili dello spessore degli elementi e sulla scelta del grado di resilienza sono state ricavate dalla UNI EN 1993-1-10:2005 e dalla UNI EN 10164:2005.

L'acciaio impiegato per l'impalcato è di tipo S355W (ex Fe510 Corten), suddiviso nei gradi J0, J2 e K2 a seconda dello spessore della lamiera.

Le varie tipologie presentano caratteristiche meccaniche differenziate a seconda che lo spessore sia inferiore o superiore ai 40 mm, come indicato dal D.M. 17 gennaio 2018 al paragrafo 4.2.1.1 e riportato nella seguente tabella.

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di acciaio	S 355 J0W, S 355 J2W, S 355 K2W		
Carico unitario di rottura a trazione	f_{tk}	510 [N/mm ²] per $t \leq 40$ [mm] 490 [N/mm ²] per $t > 40$ [mm]	[Tab. 11.3.IX]
Carico unitario di snervamento	f_{yk}	355 [N/mm ²] per $t \leq 40$ [mm] 335 [N/mm ²] per $t > 40$ [mm]	[Tab. 11.3.IX]
Modulo di elasticità	E	210000 [N/mm ²]	[11.3.4.1]
Coefficiente di Poisson	ν	0.3	[11.3.4.1]
Coefficiente di dilatazione termica	α_c	0.000012 [°C ⁻¹]	[11.3.4.1]
Massa volumica	ρ_c	7850 [kg/m ³]	[11.3.4.1]

Tabella 3.1 proprietà caratteristiche dell'acciaio secondo D. M. 2018 (paragrafo 11.3.4.1) per profili a sezione aperta laminati a caldo (UNI EN 10025-5), al variare dello spessore.

Al fine di scongiurare il fenomeno dello strappo lamellare all'atto della saldatura, il costruttore dovrà verificare, in funzione delle tecniche e degli accorgimenti di saldatura utilizzati, se sia necessario l'impiego di lamiere qualificate secondo la UNI EN 10164:2005. Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio non dipendono tuttavia dalla classe qualitativa, pertanto rimangono valide le caratteristiche riportate nella precedente tabella.

La resistenza di calcolo si pone nella forma (D. M. 17 gennaio 2018 punto 4.2.4.1.1):

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

in cui:

R_k è il valore caratteristico della resistenza (a trazione, compressione, flessione, taglio e torsione) della membratura, determinata dai valori caratteristici dei materiali e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti della classe della sezione;

γ_M è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato:

- $\gamma_{M0} = 1.05$ per la resistenza delle sezioni di Classe 1-2-3-4;

- $\gamma_{M1} = 1.10$ per la resistenza all'instabilità delle membrature;

- $\gamma_{M2} = 1.25$ per la resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori).

3.2. BULLONI E SALDATURE

Per i bulloni utilizzati nelle giunzioni a taglio (conformi alle UNI EN ISO 4016:2011, UNI 4034:2013 e UNI EN ISO 898-1:2001) e a attrito (conformi alle UNI EN 14399-3:2005 e 14399-4:2005) vengono sempre impiegati bulloni ad alta resistenza, con le seguenti resistenze di progetto:

Classe	f_{tb} [N/mm ²]	f_{yb} [N/mm ²]
10.9	1000	900

Tabella 3.2 resistenze di progetto dei bulloni utilizzati (tabella 11.3.XII.b del D. M. 2018).

Le rosette per le giunzioni ad attrito devono essere conformi alle caratteristiche dimensionali previste dalle norme UNI EN 14399-5:2005 e UNI EN 14399-6:2005 e realizzate in acciaio C50 secondo le UNI EN 10083-2:2006 temperato e rinvenuto HRC 32-40.

I bulloni disposti con asse verticale devono avere, se possibile, la testa della vite verso l'alto e il dado verso il basso. Devono essere previste una rosetta sotto la vite e una sotto il dado (UNI EN 14399-5,6:2005).

Per la verifica dei bulloni e delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo, si utilizzano i coefficienti di sicurezza indicati nella tabella 4.2.XIV del D.M. 2018, ovvero $\gamma_{M2} = 1.25$

Per la verifica delle saldature a piena penetrazione, in conformità con quanto indicato nel paragrafo 4.2.8.2.1 del D.M. 2018 e in considerazione del fatto che generalmente vengono realizzati con materiali d'apporto aventi resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati, si assume che la resistenza di calcolo dei collegamenti sia pari alla resistenza di progetto del più debole degli elementi connessi.

3.3. CLASSE DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO

Per le strutture in acciaio e miste acciaio-calcestruzzo, le UNI EN 1090-2 introducono, al punto 4.1.2, la classe di esecuzione. Vengono fornite quattro classi di esecuzione da 1 a 4, identificate da EXC1 a EXC4, per le quali il requisito restrittivo cresce da EXC1 a EXC4. L'Appendice B della UNI EN 1090-2 fornisce una guida per la scelta della corretta classe di esecuzione.

3.3.1. CLASSE DI CONSEGUENZE

Il primo passo per la scelta della classe di esecuzione è la determinazione della classe di conseguenze, il cui riferimento è l'Appendice B (informativa) della UNI EN 1990, che individua 3 livelli ai fini della differenziazione dell'affidabilità.

Classe d'uso	Descrizione	Esempi di edifici ed opere civili
CC3 (ALTA)	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	Gradinate in impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (es.: sala da concerti)
CC2 (STANDARD)	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (es.: edificio per uffici)
CC1 (BASSA)	Conseguenze basse per perdita di vite umane, conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	Costruzioni agricole, nelle quali generalmente nessuno entra (es.: magazzini), serre

Tabella 3.3 classe di conseguenza per diversi tipi di opere (prospetto B.1 dell'UNI EN 1990).

Per il caso in esame si individua la classe di conseguenze standard CC2.

3.3.2. CATEGORIA DI SERVIZIO E DI PRODUZIONE

Durante le fasi di esecuzione e di esercizio della struttura, possono insorgere rischi dovuti alla complessità dell'esecuzione dei lavori ed all'incertezza delle azioni gravanti sulla struttura, che possono evidenziare difetti nella struttura durante il suo utilizzo.

Per tenere in conto di queste tipologie di rischio, sono state introdotte le categorie di servizio e le categorie di produzione.

<i>Categoria di servizio</i>	<i>Criterio</i>
SC1	- Strutture e componenti progettate solo per azioni quasi statiche (esempio: Edifici); - Strutture e componenti con connessioni progettate per bassa duttilità in zone a bassa sismicità; - Strutture e componenti progettate per la fatica degli apparecchi di sollevamento (classe S0).
SC2	- Strutture e componenti progettate per le azioni fatica secondo la EN 1993 (esempi: Ponti stradali e ferroviari, gru (classe da S1 a S9), strutture suscettibili alle vibrazioni indotte da vento, dalla folla o dalla rotazione di macchine); - Strutture e componenti con connessioni progettate per media (CD"B") o alta (CD"A") duttilità in zona a media o alta sismicità.

Tabella 3.4 criteri suggeriti per la determinazione della categoria di servizio (prospetto B.1 dell'UNI EN 1090-2).

<i>Categoria di produzione</i>	<i>Criterio</i>
PC1	- Componenti non saldati realizzati con qualsiasi tipo di acciaio; - Componenti saldati realizzati con acciai di qualità inferiore a S355;
PC2	- Componenti saldati realizzati con acciai di qualità uguale o superiore a S355; - Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati mediante saldatura in cantiere; - Componenti formati a caldo o che ricevono un trattamento termico durante la fabbricazione; - Strutture tralicciate realizzate con profili tubolari circolari.

Tabella 3.5 criteri suggeriti per la determinazione della categoria di produzione (prospetto B.2 dell'UNI EN 1090-2).

Si osserva che l'impalcato in esame appartiene alla categoria di servizio SC2 ed alla categoria di produzione PC2.

3.3.3. DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI ESECUZIONE

La classe di esecuzione delle strutture viene determinata combinando la classe di conseguenze e le categorie di servizio e produzione secondo il seguente schema fornito al punto B.3 delle UNI EN 1090-2.

Classe di Conseguenze		CC1		CC2		CC3	
Categoria di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categoria di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4

Tabella 3.6 matrice raccomandata per la determinazione delle classi di esecuzione (prospetto B.3 dell'UNI EN 1090-2).

Come si può rilevare, la classe di esecuzione raccomandata per l'impalcato in esame è la EXC3.

L'elenco dei requisiti relativi alle classi di esecuzione è fornito nel punto A.3 della. Si UNI EN 1090-2, al quale si rimanda per i dettagli.

Si evidenzia che per la EXC3 è richiesta la completa tracciabilità e la marcatura dei prodotti.

3.4. SOLETTA MISTA ACCIAIO-CALCESTRUZZO

I materiali costituenti la soletta mista sono il calcestruzzo utilizzato per le lastre predalles e per il getto e le barre di armatura superiore e inferiore della soletta. Vi sono inoltre i connettori a piolo tipo Nelson per il collegamento con la struttura in carpenteria metallica.

3.4.1. CONNETTORI A PIOLO

Per i connettori a piolo, il paragrafo 11.3.4.7 del D.M. 2018 prevede che l'acciaio utilizzato per essi sia idoneo al processo di formazione dello stesso piolo e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli stessi.

Nel caso in esame, si utilizzano pioli di tipo Nelson, per i quali la ditta produttrice prevede l'utilizzo di acciaio S 235J2G3+C450, secondo la UNI EN ISO 13918:2009.

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio non dipendono dalla classe qualitativa; pertanto, in conformità con il paragrafo 11.3.4.1 del D.M. 17 gennaio 2018, si hanno le seguenti caratteristiche meccaniche:

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di acciaio	S 235 J2G3 + C450		
Carico unitario di rottura a trazione	f_{tk}	450 [N/mm ²]	-
Carico unitario di snervamento	f_{yk}	350 [N/mm ²]	-
Modulo di elasticità	E	210000 [N/mm ²]	[11.3.4.1]
Coefficiente di Poisson	ν	0.3	[11.3.4.1]
Coefficiente di dilatazione termica	α_c	0.000012 [°C ⁻¹]	[11.3.4.1]
Massa volumica	ρ_c	7850 [kg/m ³]	[11.3.4.1]

Tabella 3.7 proprietà caratteristiche dell'acciaio secondo D. M. 2018 (paragrafo 11.3.4.1) per i pioli di tipo Nelson, secondo quanto richiesto dal produttore (riferimento UNI EN 10025).

Il paragrafo 11.3.4.7 del D.M. 2018 prevede il rispetto di alcuni requisiti addizionali, riportati nella seguente tabella.

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di acciaio	S 235 J2G3 + C450		
Rapporto tra rottura e snervamento caratteristici	$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.20	[11.3.4.7]
Allungamento a rottura	L_0	≥ 12%	[11.3.4.7]

Tabella 3.8 requisiti addizionali per l'acciaio utilizzato per i connettori a piolo secondo D. M. 2018 (paragrafo 11.3.4.7).

Nelle verifiche relative alle connessioni, il paragrafo 4.3.3 del D.M. 2018 prevede che venga utilizzato un coefficiente parziale di sicurezza pari a $\gamma_V = 1.25$.

3.4.2. CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo impiegato per il getto della soletta e per le dalle è caratterizzato dalla classe di resistenza C32/40, dalla classe di esposizione ambientale XC4 e dalla classe di consistenza S4.

Nella seguente tabella sono riassunte le proprietà di confezionamento del calcestruzzo previsto, con indicata la norma che prevede, per il tipo impiegato, il valore più restrittivo delle varie proprietà.

Proprietà	Valore	Norma di Riferimento	Riferimento
Tipo di calcestruzzo	C32/40	UNI 11104:2016	[Prospetto 8]
Vita nominale V_N	≥ 50 [anni]	D.M. 17.01.2018	[Tab. 2.4.I]
Classe di esposizione ambientale	XC 4	UNI 11104:2016	[Prospetto 1]
Rapporto Acqua/Cemento max	0.50	UNI 11104:2016	[Prospetto 5]
Classe minima di consistenza del getto	S4	UNI EN 206-1:2016	[Prospetto 3]
Contenuto minimo di cemento	360 [kg/m ³] (di classe 42.5R per getti eseguiti con T < 10 °C)	UNI 11104:2016	[Prospetto 5]
Copriferro nominale	40 [mm]	Circolare 7/2018	[Tab. C4.1.IV]

Tabella 3.9 proprietà di confezionamento del calcestruzzo C32/40 utilizzato per la soletta dell'impalcato.

Per il calcestruzzo di classe C32/40 adottato, il D. M. 17 gennaio 2018, al paragrafo 11.2.10, prevede le proprietà meccaniche riportate nella seguente tabella.

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di calcestruzzo	C32/40		
Resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	3.10 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$	2.17 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Modulo di elasticità istantaneo	$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm} / 10]^{0.3}$	33643 [N/mm ²]	[11.2.10.3]
Coefficiente di Poisson	ν	0 ÷ 0.2	[11.2.10.4]
Coefficiente di dilatazione termica	α_c	0.00001 [°C ⁻¹]	[11.2.10.5]
Massa volumica	ρ_c	2500 [kg/m ³]	-

Tabella 3.10 proprietà meccaniche caratteristiche del calcestruzzo C32/40, utilizzato per la soletta dell'impalcato, secondo D.M. 2018 (paragrafo 11.2.10)

Il calcestruzzo impiegato per il getto dei cordoli è caratterizzato dalla classe di resistenza C35/45, dalla classe di esposizione ambientale XC4+XD3 e dalla classe di consistenza S4.

Nella seguente tabella sono riassunte le proprietà di confezionamento del calcestruzzo previsto, con indicata la norma che prevede, per il tipo impiegato, il valore più restrittivo delle varie proprietà.

Proprietà	Valore	Norma di Riferimento	Riferimento
Tipo di calcestruzzo	C35/45	UNI 11104:2016	[Prospetto 8]
Vita nominale V_N	≥ 50 [anni]	D.M. 17.01.2018	[Tab. 2.4.I]
Classe di esposizione ambientale	XC4+XD3	UNI 11104:2016	[Prospetto 1]
Rapporto Acqua/Cemento max	0.45	UNI 11104:2016	[Prospetto 5]
Classe minima di consistenza del getto	S4	UNI EN 206-1:2016	[Prospetto 3]
Contenuto minimo di cemento	360 [kg/m ³] (di classe 42.5R per getti eseguiti con T < 10 °C)	UNI 11104:2016	[Prospetto 5]
Copriferro nominale	50 [mm]	Circolare 7/2018	[Tab. C4.1.IV]

Tabella 3.11 proprietà di confezionamento del calcestruzzo C35/45 utilizzato per i cordoli.

Per il calcestruzzo di classe C35/45 adottato, il D. M. 17 gennaio 2018, al paragrafo 11.2.10, prevede le proprietà meccaniche riportate nella seguente tabella.

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di calcestruzzo	C35/45		
Resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	45.4 [N/mm ²]	[11.2.10.1]
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	3.82 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$	2.67 [N/mm ²]	[11.2.10.2]
Modulo di elasticità istantaneo	$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm} / 10]^{0.3}$	34625 [N/mm ²]	[11.2.10.3]
Coefficiente di Poisson	ν	0 ÷ 0.2	[11.2.10.4]
Coefficiente di dilatazione termica	α_c	0.00001 [°C ⁻¹]	[11.2.10.5]
Massa volumica	ρ_c	2500 [kg/m ³]	-

Tabella 3.12 proprietà meccaniche caratteristiche del calcestruzzo C35/45, utilizzato per i cordoli, secondo D.M. 2018 (paragrafo 11.2.10)

3.4.3. ACCIAIO PER ARMATURE

L'acciaio utilizzato per le armature è del tipo B450C, per il quale il D. M. 17 gennaio 2018, al paragrafo 11.3.2.1, prevede le proprietà riportate nella seguente tabella.

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di acciaio	B450C		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450 [N/mm ²]	[Tab. 11.3.lb]
Tensione caratteristica di rottura a trazione	f_{tk}	540 [N/mm ²]	[Tab. 11.3.lb]
Rapporto tra rottura e snervamento caratteristici	$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 < 1.35	[Tab. 11.3.lb]
Rapporto tra snervamento reale e nominale	$(f_y/f_{y,nom})_k$	≤ 1.25	[Tab. 11.3.lb]
Allungamento a rottura	$(A_{gt})_k$	≥ 7.5%	[Tab. 11.3.lb]
Modulo di elasticità medio	E_s	210000 [N/mm ²]	-
Coefficiente di dilatazione termica	α_s	0.00001 [°C ⁻¹]	-
Massa volumica	ρ_s	7850 [kg/m ³]	[11.3.2.4]

Tabella 3.13 proprietà caratteristiche dell'acciaio per armature B450C secondo D.M. 2018 (paragrafo 11.3.2.1)

3.4.4. RESISTENZE DI CALCOLO

Le proprietà dei materiali riportate ai punti precedenti conducono, attraverso l'applicazione dei coefficienti di sicurezza parziali per i materiali previsti dal D.M. 17 gennaio 2018 al paragrafo 4.1.2, alla determinazione dei seguenti valori di progetto per calcestruzzo ed acciaio.

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di calcestruzzo	C32/40		
Coefficiente di sicurezza parziale	γ_c	1.5	[4.1.2.1]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	18.81 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.1]
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$	1.47 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.2]
Tensione di aderenza ultima; barre ad aderenza migliorata	$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$	3.30 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.4]
Deformazione convenzionale di rottura	ϵ_{cu}	-0.35 %	[4.1.2.1.2.2]

Tabella 3.14 valori di progetto per il calcestruzzo C32/40, utilizzato per le strutture dell'impalcato, secondo D.M. 2018 (paragrafo 4.1.2)

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di calcestruzzo	C35/45		
Coefficiente di sicurezza parziale	γ_c	1.5	[4.1.2.1]
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	21.16 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.1]
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$	1.78 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.2]
Tensione di aderenza ultima; barre ad aderenza migliorata	$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$	4.00 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.4]
Deformazione convenzionale di rottura	ϵ_{cu}	-0.35 %	[4.1.2.1.2.2]

Tabella 3.15 valori di progetto per il calcestruzzo C35/45, utilizzato per i cordoli, secondo D.M. 2018 (paragrafo 4.1.2)

<i>Proprietà</i>	<i>Simbolo e formula di calcolo</i>	<i>Valore numerico e unità di misura</i>	<i>Riferimento D. M. 2018</i>
<i>Tipo di acciaio</i>	B450C		
<i>Coefficiente di sicurezza parziale</i>	γ_s	1.15	[4.1.2.1.1.3]
<i>Resistenza di calcolo</i>	$f_{ys} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$	391.3 [N/mm ²]	[4.1.2.1.1.3]
<i>Deformazione di snervamento</i>	$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{ys}}{E_s}$	0.186 %	-
<i>Deformazione convenzionale di rottura</i>	ε_{sd}	0.01	[4.2.1.1]

Tabella 3.16 valori di progetto per l'acciaio per armature B450C, utilizzato per la soletta dell'impalcato, secondo D.M. 2018 (paragrafo 4.1.2)

3.5. UNITA' DI MISURA

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

- per i carichi kN, kN/m², kN/m³
- per le azioni di calcolo kN, kNm, kNcm
- per le tensioni MPa, kN/cm², daN/cm², N/cm²

Dove non diversamente specificato le unità di misura sono kN e m.

PROGETTAZIONE ATI:

4. ANALISI DEI CARICHI

4.1. CARICHI PERMANENTI (G_1 E G_2)

4.1.1. CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G_1)

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

La struttura resistente in questa fase di carico è costituita unicamente dalle travi metalliche.

Il peso di analisi della carpenteria metallica è considerato pari a circa 650 kg/m² di impalcato.

Soletta	25 kN/m ³ x (0.27 m x 12.00 m)	=	81.00 kN/m
Carpenteria metallica	6.50 kN/m ² x 12.00 m	=	78.00 kN/m
Veletta metallica	1.00 kN/m x 2	=	2.00 kN/m
Passerella di ispezione metallica	1.00 kN/m x 3	=	3.00 kN/m
			164.00kN/m

La ripartizione trasversale dei carichi è stata calcolata mediante lo schema statico sotto riportato.



Figura 4.1 Modello di calcolo per carichi permanenti strutturali

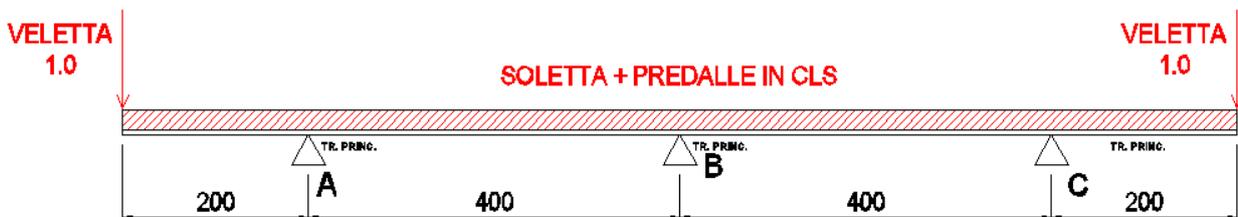


Figura 4.2 Carichi propri strutturali

I valori delle reazioni sono i seguenti:

	R_A* [kN/m]	R_B* [kN/m]	R_C* [kN/m]
Soletta	30.38	20.25	30.38
Carpenteria metallica	26.00	26.00	26.00
Veletta	1.50	-1.00	1.50
Passerella di ispezione	1.00	1.00	1.00
Fase 1, totale	58.88	46.25	58.88

Tabella 4.1 reazioni per carichi permanenti strutturali

4.1.2. CARICHI PERMANENTI PORTATI (G_2)

In questa fase la soletta è interamente reagente ed i carichi agenti sono i permanenti portati di impalcato come pavimentazione, cordoli, sicurvia, impianti, etc.

Pavimentazione	3.00 kN/m ² x 10.50 m	= 31.50 kN/m
Cordolo	2 x 4.25 kN/m ² x 0.75 m	= 6.38 kN/m
Guard Rail con rete integrata	3.00 x 2 kN/m	= 6.00 kN/m
Smaltimento acque	1.50 x 2 kN/m	= 3.00 kN/m
		46.88 kN/m

La ripartizione trasversale dei carichi è stata calcolata mediante lo schema statico sotto riportato.



Figura 4.3 Modello di calcolo per carichi permanenti portati



Figura 4.4 carichi permanenti portati.

I valori delle reazioni sono i seguenti:

	R_A^* [kN/m]	R_B^* [kN/m]	R_C^* [kN/m]
Pavimentazione	9.14	13.22	9.14
Cordolo	5.09	-3.81	5.09
Guard Rail + rete	4.79	-3.59	4.79
Smaltimento acque	2.19	-1.38	2.19
Fase 2, totale	21.22	4.44	21.22

Tabella 4.2 reazioni per carichi permanenti portati.

4.2. CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q₁)

I carichi variabili da traffico sono definiti dagli Schemi di Carico descritti nel §5.1.3.3 delle NTC2018.

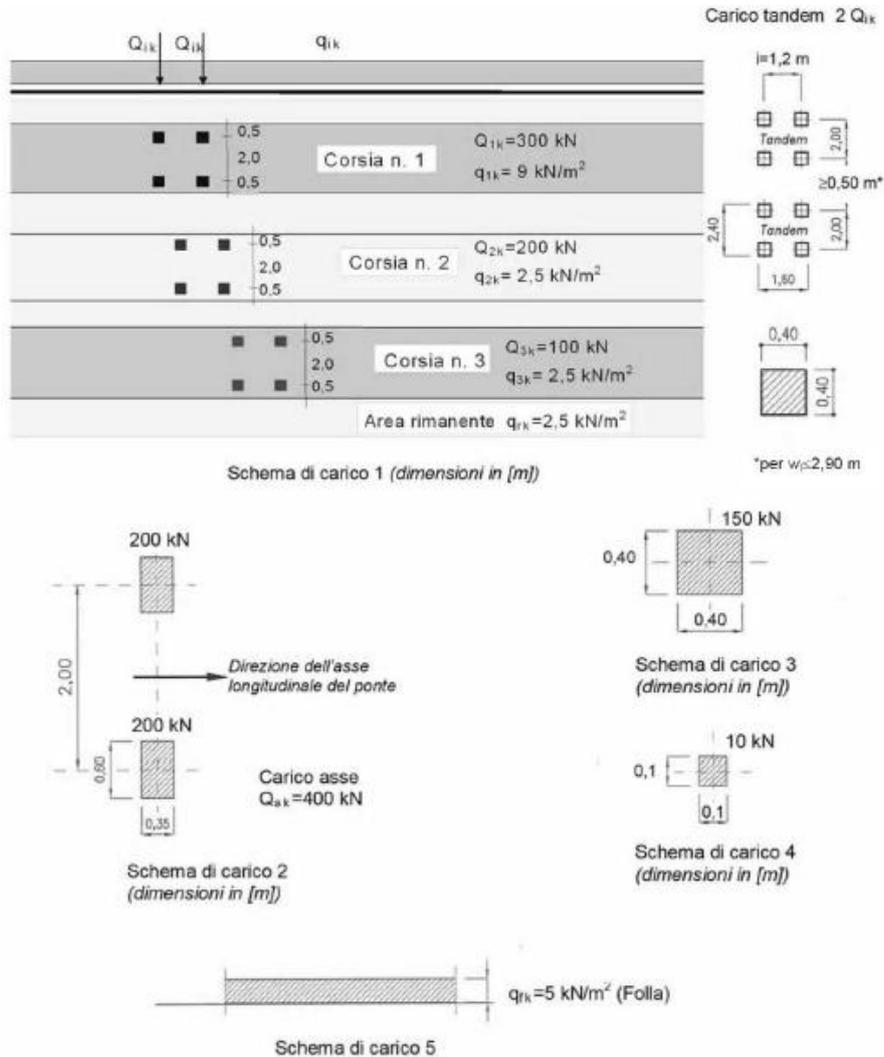


Figura 4.5 Schemi di carico 1÷5, dimensioni in m [Figura 5.1.2 – NTC2018].

La tabella seguente (Tab. 5.1.II - NTC2018) riepiloga l'intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie.

Posizione	Carico asse Q _{ik} [kN]	q _{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9.00
Corsia Numero 2	200	2.50
Corsia Numero 3	100	2.50
Altre corsie	0	2.50

Tabella 4.3 Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Lo Schema di Carico 2 è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0.60 m ed altezza 0.35 m.

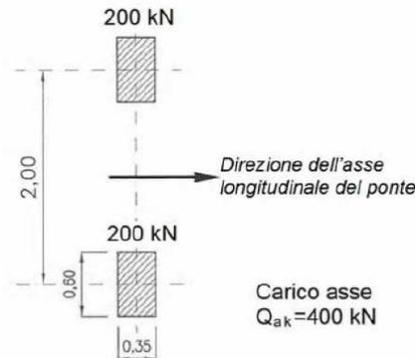


Figura 4.6 Schema di Carico 2 (Figura 5.1.2 – NTC2018).

4.2.1. 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, corrispondenti al singolo asse del veicolo Q_{1k} , vengono schematizzati con un carico uniformemente distribuito equivalente della lunghezza di 2.4 m applicato sulle travi principali, ripartizione sicuramente cautelativa considerando l'impronta della ruota e l'effettiva diffusione del carico al baricentro delle travi metalliche. Oltre al carico tandem sono previsti i carichi uniformemente distribuiti (q_{1k} , q_{rk} , q_{fk}) i quali oltre che nella campata in cui è presente il carico tandem vengono applicati e parzializzati nelle rimanenti campate in funzione della linea di influenza della caratteristica di sollecitazione massimizzata (momento flettente o taglio).

4.2.2. MASSIMO MOMENTO FLETTENTE IN CAMPATA

Per massimizzare il momento flettente positivo in ogni sezione della campata si fa avanzare di 1.5 m il carico Tandem partendo dall'appoggio iniziale della campata e facendolo arrivare all'estremo opposto della campata, così come illustrato nel grafico sottostante.

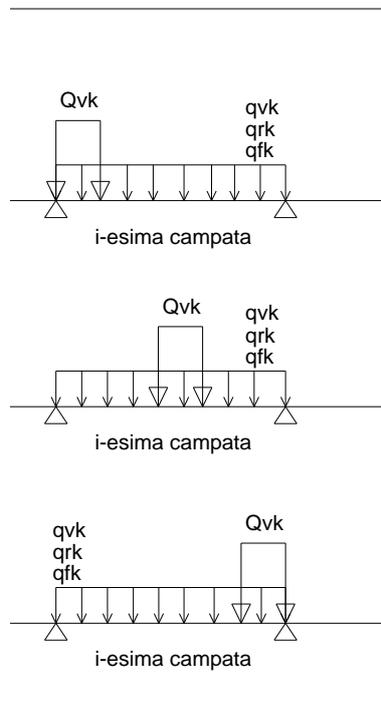


Figura 4.7 Disposizione dei carichi mobili per massimizzare il momento positivo in campata.

4.2.3. MASSIMO TAGLIO IN CAMPATA

Per massimizzare il taglio di ogni sezione trasversale della campata si fa avanzare di 1.5 m il carico Tandem partendo dall'inizio della campata e facendolo arrivare alla mezzeria, così come illustrato nel grafico sottostante.

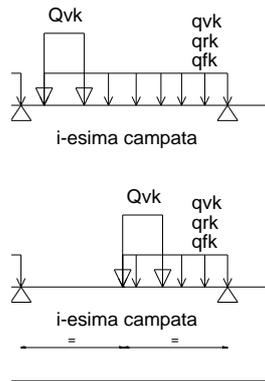


Figura 4.8 Disposizione dei carichi mobili per massimizzare il taglio.

4.2.4. 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.

La ripartizione trasversale dei carichi è stata calcolata mediante uno schema statico di trave su 3 appoggi con due sbalzi esterni.

4.2.4.1. Massimo carico verticale su impalcato (files Mext)

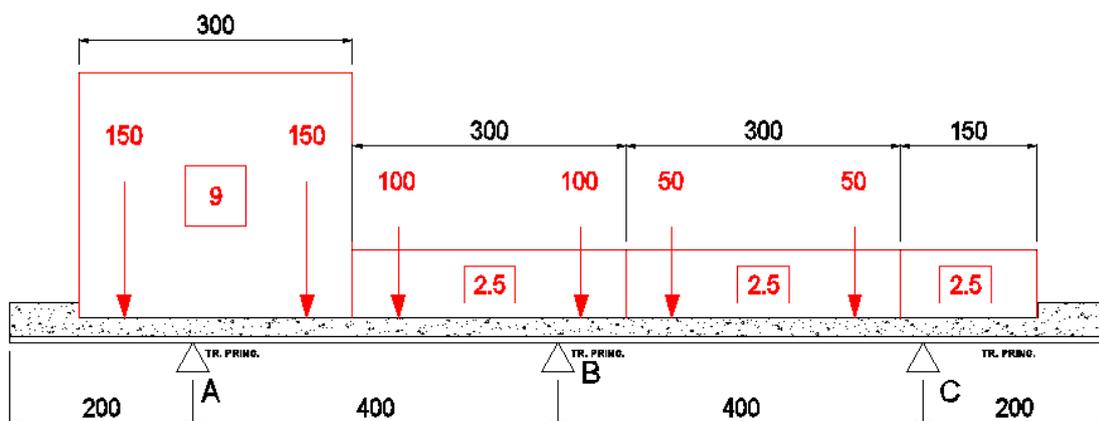


Figura 4.9 Schema di carico.

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_A^*	302.35	25.65	-
R_B^*	257.79	12.74	-
R_C^*	39.85	7.36	-
TOTALE	600	45.75	-

Tabella 4.4 reazioni per carichi da traffico Mext.

4.2.4.2. Massimo carico su trave interna (files Mint)

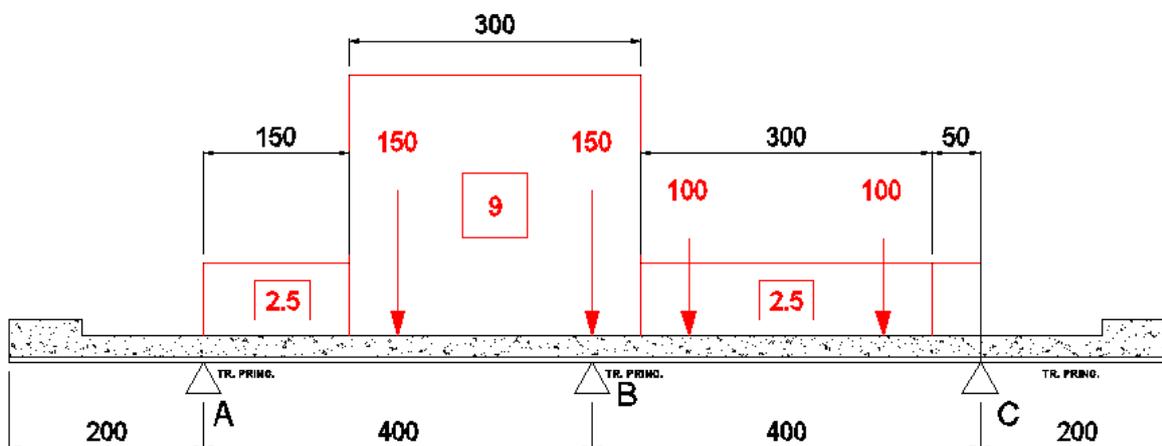


Figura 4.10 Schema di carico.

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_r [kN/m]
R_A^*	47.33	7.58	-
R_B^*	380.33	29.21	-
R_C^*	72.33	2.71	-
TOTALE	500	39.5	-

Tabella 4.5 reazioni per carichi da traffico Mint.

4.2.4.3. Massimo carico torcente su trave esterna (files T2ext)

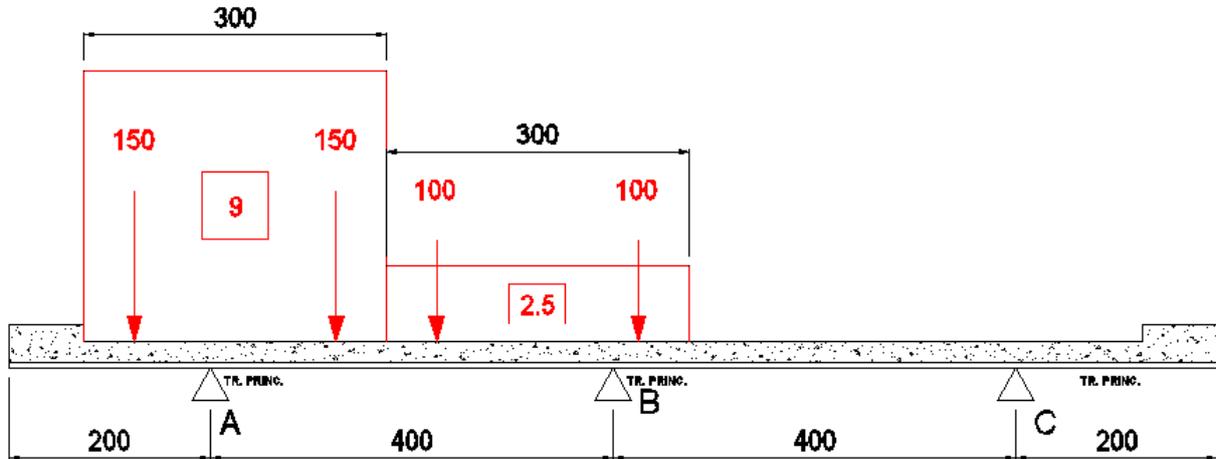


Figura 4.11 Schema di carico.

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_A^*	309.04	26.07	-
R_B^*	200.68	9.07	-
R_C^*	-9.71	-0.65	-
TOTALE	500	34.5	-

Tabella 4.6 reazioni per carichi da traffico T2ext

4.2.4.4. Massimo carico su traverso (files T1ext)

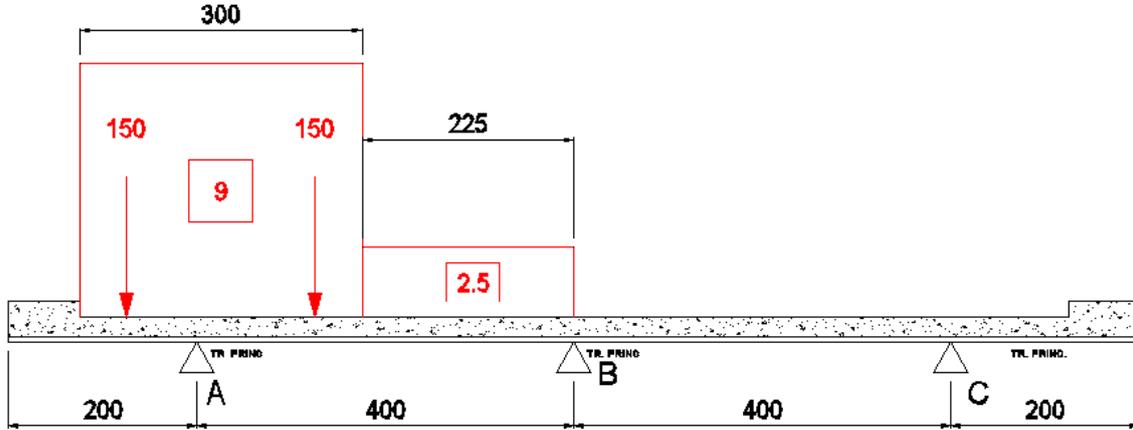


Figura 4.12 Schema di carico.

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_r [kN/m]
R_A^*	277.54	26.14	-
R_B^*	26.18	7.23	-
R_C^*	-3.71	-0.75	-
TOTALE	300	32.62	-

Tabella 4.7 reazioni per carichi da traffico T1ext.

4.3. AZIONE DEL RITIRO

4.3.1. RITIRO E VISCOSITÀ: ϵ_2 E ϵ_3

Gli effetti del ritiro e dello scorrimento viscoso del calcestruzzo vengono valutati secondo la teoria approssimata del metodo di Mörsch (cfr. “Impalcato in sistema misto acciaio-calcestruzzo”, Matildi-Mele, Edizioni Italsider), ossia sul concetto di deformazione del calcestruzzo totalmente impedita dalla trave metallica.

Per effetto della deformazione impedita nasce una azione assiale di trazione nella soletta e di compressione (eccentrica) per la sezione composta trave+soletta, come evidenziato nella seguente figura.

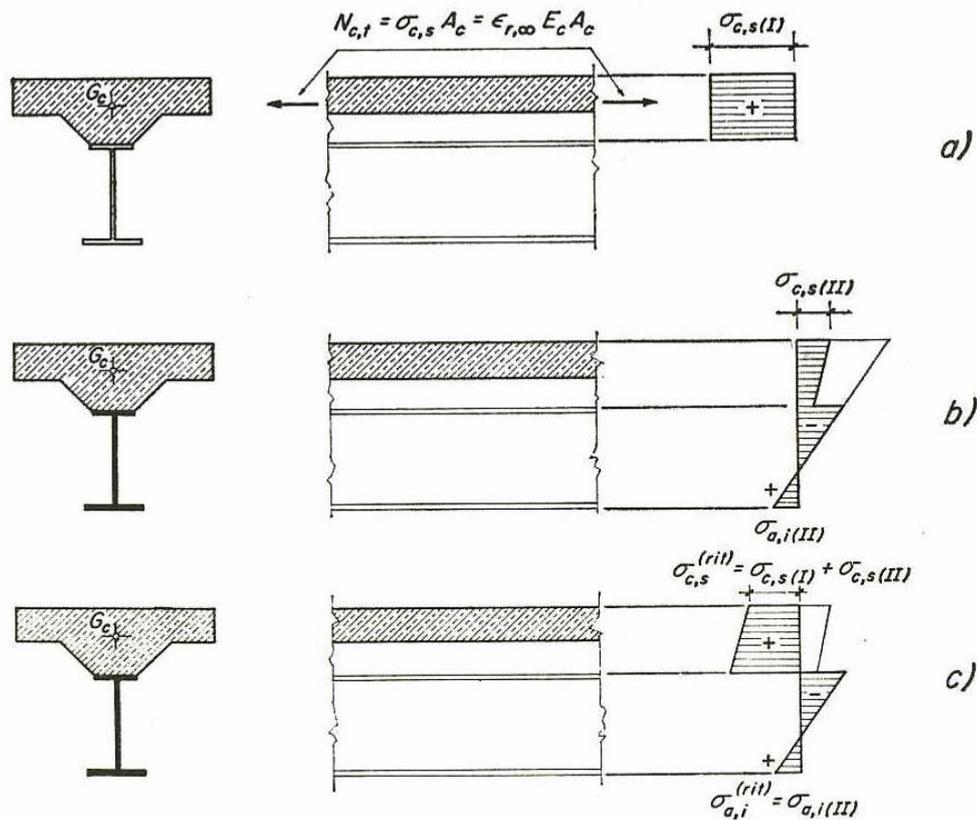


Figura 4.13 Andamento tensioni interne per l'effetto del ritiro del calcestruzzo della soletta.

4.3.2. DEFORMAZIONE DA RITIRO E COEFFICIENTE DI VISCOSITÀ

Ritiro e viscosità del calcestruzzo

Nel presente paragrafo si riporta, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (D.M. 14/01/08 par. 11.2.10.6), il calcolo della deformazione a tempo infinito per ritiro e il relativo coefficiente di viscosità.

Proprietà della sezione tipica dell'impalcato

Larg. impalcato=	12.00	m	
S_{getto} =	27.00	cm	Spessore soletta
S_{predalla} =	6.00	cm	Spessore predalla

da cui si ottiene

A_c =	2.52	m ²	area sezione getto in calcestruzzo
u =	12.00	m	perimetro della sezione in calcestruzzo esposta all'aria
h_0 =	420.00	mm	$2A_c/u$ (dimensione fittizia)
k_h =	0.72		(tabella 11.2.Vb)

Proprietà del calcestruzzo utilizzato	
R_{ck} =	40 N/mm ²
E_{cm} =	33643 N/mm ²
E_a =	210000 N/mm ²
f_{ck} =	33 N/mm ²
f_{cm} =	41 N/mm ²

Si riportano quindi i seguenti valori di deformazione ottenuti in funzione dell'umidità di progetto assunta (80%) il coefficiente di Viscosità e quelli di omogeneizzazione derivanti

Deformazione da ritiro per essiccamento	ϵ_{c0} =	-0.00026
Valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento	$\epsilon_{cd,\infty}$ =	-0.00019
Valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,\infty}$ =	-0.00006
Deformazione totale da ritiro	$\epsilon_{cs,\infty}$ =	-0.00025
Coefficiente di viscosità ($t_0 > 60$)	$\phi_{(\infty,t_0)}$ =	1.660
Coefficiente di omogeneizzazione per azioni di breve durata (Fase 3)	n_3 =	6.24
Coefficiente di omogeneizzazione per azioni di lunga durata (Fase 2)	$n_2 = n_3 \cdot (1 + \phi_{(\infty,t_0)})$ =	16.60

PROGETTAZIONE ATI:

L'azione del ritiro, ossia la deformazione del calcestruzzo (ritiro) durante le fasi di indurimento, porta a una coazione interna dovuta all'opposizione della trave metallica a detta deformazione.

L'effetto è quello di una trazione agente sul baricentro del getto che quindi rispetto al baricentro della trave metallica è eccentrica e crea un momento flettente

L'effetto del ritiro si valuta, quindi, mediante la sovrapposizione di due effetti:

- 1) Una trazione agente nel baricentro della soletta (N_r)
- 2) Una pressoflessione applicata alla sezione composta: l'effetto flessionale è valutato applicando un momento al modello di calcolo, mentre la compressione è applicata direttamente in fase di verifica.

Nel seguito si riporta il calcolo dell'azione Normale e del conseguente effetto flettente

$A_c =$	2.52 m ²	
$n = n_2 =$	16.60	Coeff. di omogeneizzazione
$\epsilon_{cs,\infty} =$	-0.00025	Deformazione totale da ritiro
$b =$	1.839 m	Distanza baricentro getto cls - baricentro medio sez. mista in Fase 2

$$N_{r,eq} = (A_c \cdot \epsilon_{cs,\infty} \cdot E_a) / n_2 = 7824 \text{ kN}$$

$$M_{r,eq} = N_{r,eq} \cdot b_2 = 14384 \text{ kNm}$$

$$N_{r,eq} \cong 2610 \text{ kN} \quad (\text{per ciascuna trave})$$

$$M_{r,eq} \cong 4800 \text{ kNm} \quad (\text{per ciascuna trave})$$

4.4. CEDIMENTI VINCOLARI: ε_4

Poiché il ponte è isostatico i cedimenti non producono nessun effetto.

4.5. FRENATURA (Q_3)

Secondo il D.M. 17/01/2018 l'azione longitudinale di frenamento è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1, e è uguale a:

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

Considerando la lunghezza massima del viadotto risulta:

$$Q_3 = (0.6 \times 2 \times 300 + 0.1 \times 9 \times 3 \times 83) \text{ kN} = 584 \text{ kN} < 900 \text{ kN} \Rightarrow Q_3 = \mathbf{584 \text{ kN}}$$

Poiché la definizione dei gruppi di carico di cui alla tabella 5.1.IV del D. Min. 17/01/2018 non prevede la compresenza tra carichi orizzontali e carichi verticali caratteristici (gruppo 1), prevedendo la loro combinazione solo al gruppo 2 (in concomitanza ai carichi mobili frequenti), la presenza dell'azione della frenatura non è stata presa in considerazione nel dimensionamento dell'impalcato.

4.6. AZIONE CENTRIFUGA (Q₄)

Non presente

4.7. AZIONE DEL VENTO (Q₅)

Si valuta la pressione del vento in accordo con il paragrafo 3.3 del DM. 17/01/2018. La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p_w = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d,$$

dove:

q_b = è la pressione cinetica di riferimento;

c_e = è il coefficiente di esposizione;

c_p = è il coefficiente di pressione (o di forma, o aerodinamico);

c_d = è il coefficiente dinamico.

AZIONE VENTO

Zona		3	[-]
Velocità di riferimento zona	$v_{b,0} =$	27	[m/s]
Classe di Rugosità		C	[-]
Distanza dal mare		100	[km]
quota sito s.l.m.	$a_s =$	100	[m]
Categoria		III	[-]
parametri sito	$a_0 =$	500	[m]
parametri sito	$k_a =$	0.02	[1/s]
Velocità di riferimento sito	$v_b =$	27	[m/s]
Tempo di ritorno	$T_R =$	50	[anni]
	$\alpha_R =$	1.00	[-]
Velocità di picco	$v_r = v_b \cdot \alpha_R =$	27.02	[m/s]
altezza caratteristica struttura	$z =$	12	[m]
parametro sito	$k_r =$	0.2	[-]
altezza di riferimento sito	$z_0 =$	0.1	[m]
altezza minima	$z_{min} =$	5	[m]
densità aria	$\rho =$	1.25	[kg/m ³]
pressione cinetica base	$q_b =$	456	[N/m ²]
Coefficiente di Topografia	$c_t =$	1	[-]
Coefficiente di Esposizione	$c_e =$	2.26	[-]
Coefficiente Dinamico	$c_d =$	1	[-]

$$q_d = c_e \cdot c_d \cdot q_b = 1.03 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

PROGETTAZIONE ATI:

4.7.1. VENTO SULL'IMPALCATO

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento è assimilata ad una parete rettangolare continua di altezza costante pari a 3 m, dalla pavimentazione stradale.

In riferimento alla distanza del baricentro della generica sezione d'impalcato dal limite superiore di soletta, si calcolano il carico orizzontale e il momento torcente dovuto al vento scarico, il carico orizzontale e il momento torcente dovuto al vento carico.

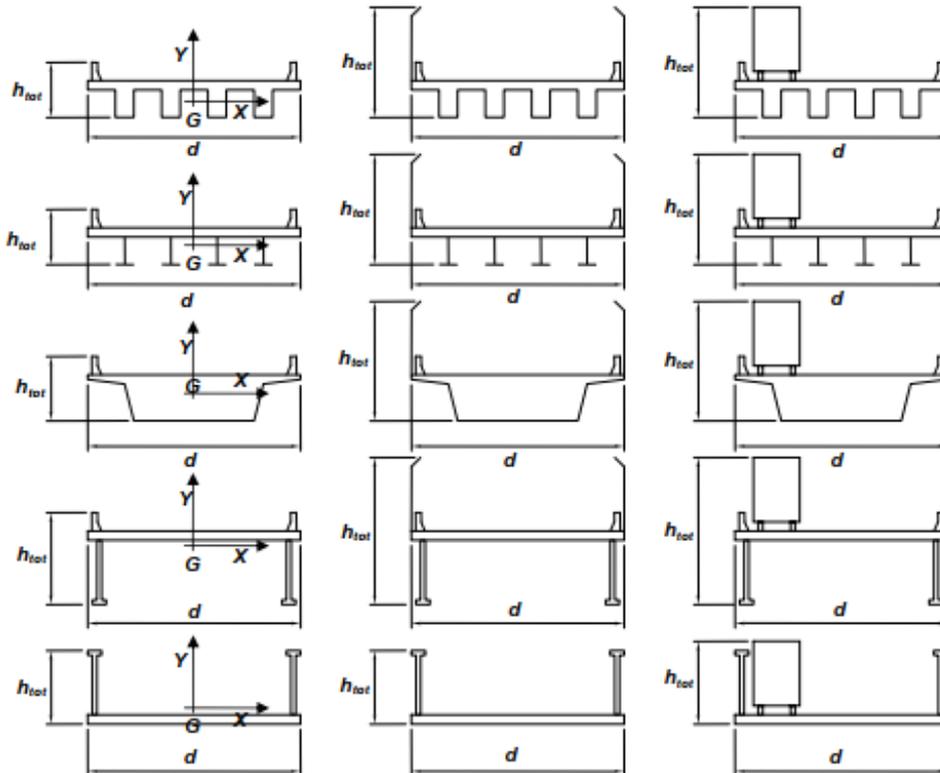


Figura 4.14 Tipi di impalcato da ponte trattati nel presente paragrafo delle CNR-DT 207/2008.

Ammettendo che il vento agisca in direzione prevalentemente orizzontale e ortogonalmente all'asse dell'impalcato, esso esercita nel piano della sezione un sistema di azioni aerodinamiche per unità di lunghezza riconducibili a una forza parallela alla direzione del vento, fX , a una forza verticale, fY , e a un momento intorno alla linea d'asse, mZ (Figura G.54, Eq. (3.14), paragrafo 3.3.4). Tali azioni sono quantificate mediante una coppia di coefficienti di forza, cfX e cfY , e mediante un coefficiente di momento, cmZ .

Azione del vento lungo x (trasversale)

È necessario, inoltre, determinare il coefficiente di forza in direzione x, che è calcolato facendo riferimento al §8.3 dell'UNI EN 1991-1-4:2005 e facendo la distinzione tra la condizione di ponte carico e quella di ponte scarico.

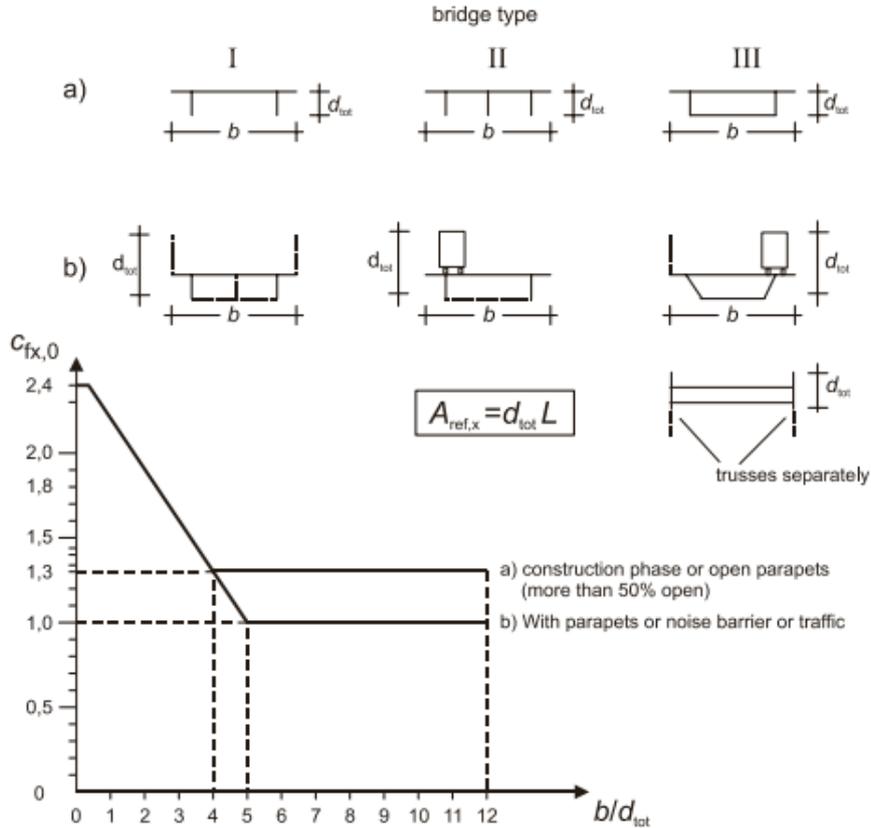


Figure 8.3 — Force coefficient for bridges, $C_{fx,0}$

Nel caso di ponte scarico si ha che:

Altezza trave	$h_1 =$	<input type="text" value="4"/>	[m]
Altezza soletta+cordolo	$h_s =$	<input type="text" value="0.44"/>	[m]
Altezza sistema di ritenuta	$d_1 =$	<input type="text" value="1.50"/>	[m]
Altezza totale (struttura + sistema di ritenuta)	$d_{tot} =$	5.94	[m]
Larghezza impalcato	$b =$	<input type="text" value="12"/>	[m]
	$b/d_{tot} =$	2.0	
Coefficiente di forza	$c_{f,x} =$	1.9	
Lunghezza del ponte	$L =$	<input type="text" value="83"/>	[m]
Area di riferimento x	$A_{ref,x} =$	493.0	[m ²]
Azione concentrata dovuta al vento	$F_x = A_{ref,x} * q_d * c_{f,x} =$	979	[kN]

Azione totale X vento su impalcato $p_{xtot} = F_x/L =$ **11.79 [kN/m]**

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Nel caso di ponte carico si ha che:

Altezza trave	$h_1 =$	<input type="text" value="4"/>	[m]
Altezza soletta+pavimentazione	$h_s =$	<input type="text" value="0.37"/>	[m]
Altezza stesa di carico	$h_c =$	<input type="text" value="3.00"/>	[m]
Altezza totale (struttura + stesa di carico)	$d_{tot} =$	7.37	[m]
Larghezza impalcato	$b =$	<input type="text" value="12"/>	[m]
	$b/d_{tot} =$	1.6	
Coefficiente di forza	$c_{f,x} =$	2.0	
Lunghezza del ponte	$L =$	<input type="text" value="83"/>	[m]
Area di riferimento x	$A_{ref,x} =$	611.7	[m ²]
Azione concentrata dovuta al vento	$F_x = A_{ref,x} * q_d * c_{f,x} =$	1291	[kN]

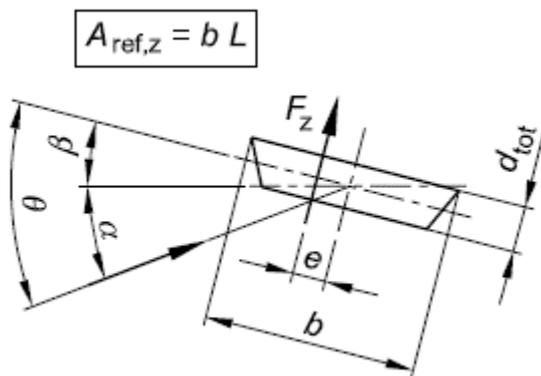
Azione totale X vento su impalcato	$p_{xtot} = F_x/L =$	15.55 [kN/m]
---	----------------------	---------------------

Azione del vento lungo y (longitudinale)

Si assume che la forza del vento agente lungo y sia pari al 25% della forza del vento agente lungo x nel caso di ponte scarico.

Azione totale Y vento su impalcato	$p_{ytot} = 0.25 * p_{xtot} =$	2.95 [kN/m]
---	--------------------------------	--------------------

Azione del vento lungo z (verticale)



Larghezza impalcato	$b =$	<input type="text" value="12"/>	[m]
Area di riferimento z	$A_{ref,z} = b * L =$	996.0	[m ²]
Coefficiente di forza verso alto e basso	$c_{f,z} =$	<input type="text" value="0.9"/>	(vedere EC1-1-4 §8.3.3)
Azione concentrata dovuta al vento	$F_z = A_{ref,z} * q_d * c_{f,z} =$	923	[kN]
Eccentricità applicazione carico	$e = b/4 =$	3.00	[m]

Azione totale Z vento su impalcato	$p_{ztot} = F_z/L =$	11.12 [kN/m]
---	----------------------	---------------------

PROGETTAZIONE ATI:

4.8. AZIONE TERMICA (Q₇)

4.8.1. VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE

La trattazione teorica della variazione termica differenziale sulla sezione mista acciaio-clc è del tutto analoga a quella del ritiro e viene effettuata sulla base delle ripartizioni di temperatura estiva ed invernale previste dalle norme UNI EN 1991-2-5 (di cui si riporta uno stralcio nella figura sottostante).

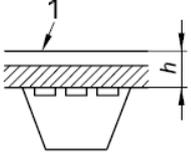
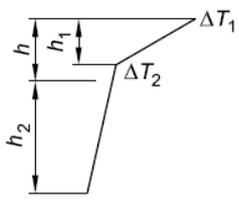
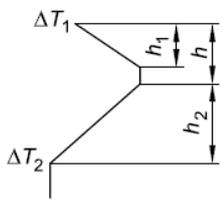
Tipo di Costruzione	Differenza di Temperatura (ΔT)																									
	(a) Riscaldamento	(b) Raffreddamento																								
 <p>2a. Impalcato di calcestruzzo su travi di acciaio a cassone, travi di acciaio reticolari o a parete piena 1 100 mm di rivestimento</p>	<p>Procedura normale</p>  <p>$h_1 = 0,6 \text{ m}$ $h_2 = 0,4 \text{ m}$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>ΔT_1</th> <th>ΔT_2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>m</td> <td>°C</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>13</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>16</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	h	ΔT_1	ΔT_2	m	°C	°C	0,2	13	4	0,3	16	4	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>ΔT_1</th> <th>ΔT_2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>m</td> <td>°C</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>0,2</td> <td>-3,5</td> <td>-8</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>-5,0</td> <td>-8</td> </tr> </tbody> </table>	h	ΔT_1	ΔT_2	m	°C	°C	0,2	-3,5	-8	0,3	-5,0	-8
h	ΔT_1	ΔT_2																								
m	°C	°C																								
0,2	13	4																								
0,3	16	4																								
h	ΔT_1	ΔT_2																								
m	°C	°C																								
0,2	-3,5	-8																								
0,3	-5,0	-8																								

Figura 4.15 Andamento temperature interne all'impalcato.

Dalle valutazioni rigorose sul calcolo dei gradienti termici efficaci nelle usuali sezioni da ponte si evidenzia che la soletta risulta nelle due configurazioni (riscaldamento e raffreddamento), in termini di parametri efficaci, sempre “più calda” della trave metallica. Per tale ragione la condizione di variazione termica differenziale nell'impalcato si potrebbe ritenere sempre discorde con il ritiro: tuttavia a favore di sicurezza ritiro e termica, in fase di inviluppo delle sollecitazioni di progetto, potranno essere concordi o discordi allo scopo di massimizzarne gli effetti sulla sezione.

Molto a favore di sicurezza si è lo stesso considerato un $\Delta T = \pm 10 \text{ °C}$ fra soletta e trave in acciaio, agente in tempi brevi e quindi con coefficiente di omogeneizzazione di fase 3.

In analogia con quanto già illustrato per il ritiro sulle sezioni miste l'effetto della termica differenziale si può tradurre nella seguente considerazione: l'acciaio varia la sua temperatura più rapidamente del clc, il quale contrasta la deformazione delle travi in acciaio. La congruenza fra i due materiali limita la deformazione della trave metallica generando quindi uno stato coattivo composto da:

- Tensoflessione nella trave metallica ipotizzata isolata
- Pressoflessione per la sezione mista.

L'azione equivalente che si genera dovrebbe essere calcolata imponendo una deformazione nulla nelle fibre che separano l'acciaio dal cls. Quindi per annullare la deformazione termica in corrispondenza dell'estradosso della trave metallica deve nascere un'azione dall'equilibrio della sola sezione di acciaio:

$$N_{eq}/A_2 + (N_{eq} e_2) / [J_2 / e_2] = \alpha \Delta T E_2 \quad \text{da cui:}$$

$$N_{eq} = \alpha \Delta T E_2 A_2 \cdot [J_2 / (J_2 + A_2 e_2^2)]$$

A= area

J= momento d'inerzia

Cautelativamente non si considera l'equilibrio alla rotazione e si pone quindi il termine riduttivo da esso derivante pari a $[J_2 / (J_2 + A_2 e_2^2)] = 1$

$$\text{Conseguentemente } N_{eq} = \alpha \Delta T E_2 A_2$$

In funzione del valore medio della sezione metallica sullo sviluppo dell'impalcato e del gradiente termico ipotizzato si ottiene quindi il seguente valore dell'azione assiale e del relativo momento di trasporto:

Calcolo azione termica

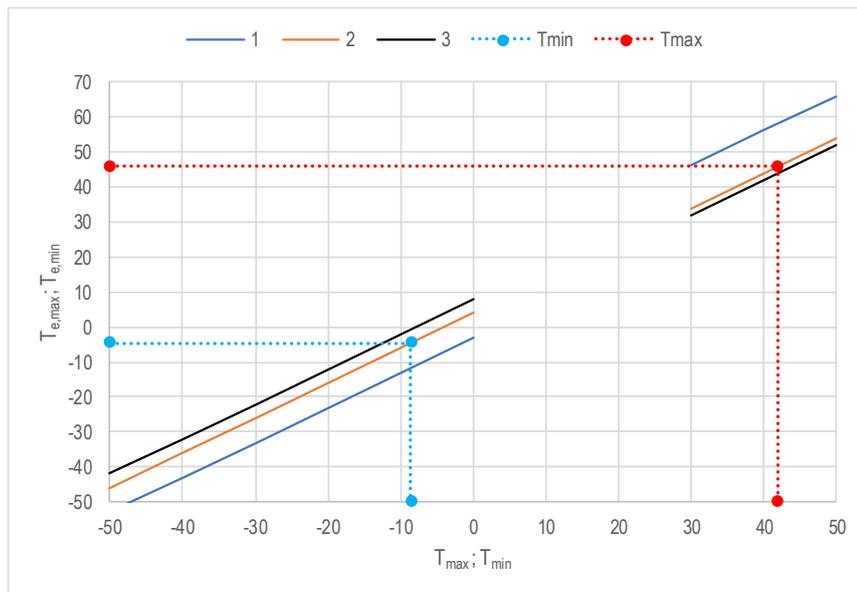
$A_a =$	2258 cm ²	Area media della sezione metallica
$\alpha =$	1.20E-05	Coeff. di dilatazione termica acciaio
$\Delta T =$	10 °C	
$N_{t,eq} \cong$	$(\alpha \cdot \Delta T \cdot E_a \cdot A_a) =$	5690 kN (per ciascuna trave)
$b_3 =$	1.382 m	Distanza baricentro soletta - baricentro sez. mista in Fase 3
$M_{t,eq} =$	$N_{t,eq} \cdot b_3 =$	7870 kNm (per ciascuna trave)

4.8.2. VARIAZIONE TERMICA UNIFORME

La componente di temperatura uniforme dipende dalla minima e dalla massima temperatura che un ponte raggiunge. Questo porta a un intervallo di variazione uniforme di temperatura che, in una struttura non vincolata porterebbe a una variazione nella lunghezza dell'elemento

Azioni termiche sui ponti

Nome del sito	<input type="text" value="Grosseto"/>		
Regione	<input type="text" value="Toscana"/>		
Zona	<input type="text" value="II"/>		
a _s (Quota su l.m.m. del sito)	<input type="text" value="100"/>	m	
Tempo di ritorno	<input type="text" value="50"/>	anni	
Temperatura minima aria esterna	T _{min} =	<input type="text" value="-9"/>	°C
Temperatura massima aria esterna	T _{max} =	<input type="text" value="42"/>	°C
Tipo di impalcato	<input type="text" value="Impalcato a struttura composta"/>		
Curva di riferimento	<input type="text" value="2"/>		



Temperatura uniforme minima	T _{e,min} =	<input type="text" value="-5"/>	°C
Temperatura uniforme massima	T _{e,max} =	<input type="text" value="46"/>	°C
Temperatura iniziale all'atto della regolazione degli appoggi	T ₀ =	<input type="text" value="15"/>	°C
Tipo di installazione	<input type="text" value="Stima temperatura accurata e preregolazione"/>		
Variazione di temperatura iniziale	ΔT ₀ =	<input type="text" value="10"/>	°C
Variazione termica in fase di riscaldamento	ΔT _{exp,d} =T _{e,max} -T ₀ +ΔT ₀ =	<input type="text" value="41"/>	°C
Variazione termica in fase di raffreddamento	ΔT _{con,d} =T _{e,min} -T ₀ -ΔT ₀ =	<input type="text" value="-30"/>	°C

PROGETTAZIONE ATI:

4.9. URTO DI VEICOLO IN SVIO (Q₈)

Le azioni eccezionali q₈ previste riguardano l'urto dei veicoli in svio contro i guardrails posti ai bordi dell'impalcato stradale.

Il punto 5.1.3.10 del D.M. 2018 rimanda al punto 3.6.3.3.2 dello stesso decreto, che prevede che, in assenza di specifiche prescrizioni, nel progetto strutturale dei ponti si può tener conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN.

Essa deve essere considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 100 mm sotto la sommità dell'elemento o 1.0 m sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo. Questa forza deve essere applicata su una linea lunga 0.5 m.

Per la verifica si considera una combinazione di carico eccezionale nella quale all'azione d'urto applicato al sicurvia si associa un carico verticale isolato pari ad una ruota del secondo schema di carico (200 kN su un'impronta 0.35 x 0.60 m).

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

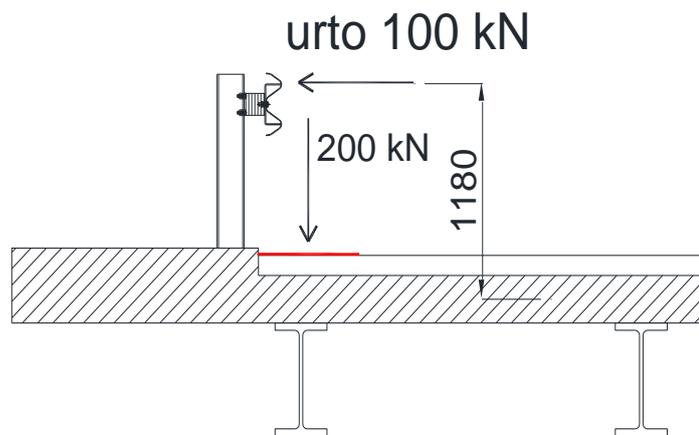


Figura 4.16 Urto del veicolo in svio.

4.10. AZIONE SISMICA (E)

Si riporta il calcolo dell'azione sismica in accordo alle NTC2018 eseguito con il foglio di calcolo fornito dal Ministero dei Lavori Pubblici.



Figura 4.17 Localizzazione geografica del ponte.



Figura 4.18 Vita nominale e classe d'uso del ponte.

PROGETTAZIONE ATI:

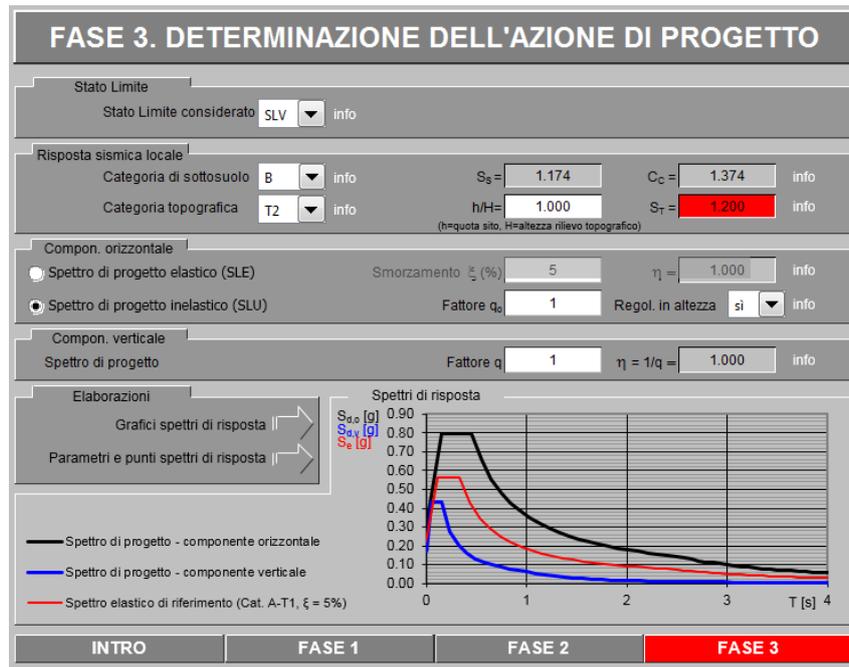


Figura 4.19 Spettri di risposta elastici con smorzamento convenzionale del 5%.

Di seguito si riportano gli spettri smorzati utilizzati. Lo spettro si considera smorzato in corrispondenza di periodi superiori a $0.8 \times T_{is}$.

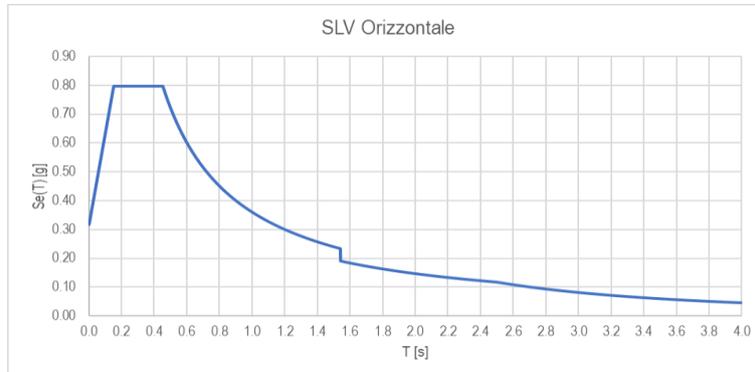


Figura 4.20 Spettro di risposta orizzontale SLV con smorzamento equivalente del 10%.

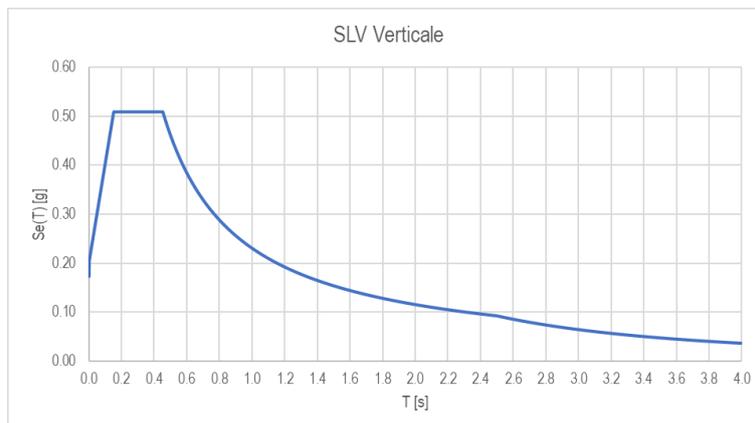


Figura 4.21 Spettro di risposta verticale SLV con smorzamento equivalente del 10%.



Figura 4.22 Spettro di risposta orizzontale SLC con smorzamento equivalente del 10%.

5. CRITERI DI CALCOLO

Nel presente capitolo si riportano i criteri generali di verifica degli elementi strutturali soggetti alle azioni statiche e sismiche, gli approcci e i criteri con cui vengono combinati i carichi.

Non si riporta l'elenco dettagliato di tutte le combinazioni in quanto in numero molto elevato, a causa delle molteplici disposizioni dei carichi mobili sull'impalcato.

5.1. CRITERI DI CALCOLO E DI VERIFICA PER LE AZIONI STATICHE

Le verifiche di sicurezza degli elementi strutturali alle azioni statiche sono effettuate tramite il D.M. 17 gennaio 2018, secondo il *criterio semiprobabilistico degli stati limite*.

Tale norma, al paragrafo 2.1, prevede infatti che la sicurezza e le prestazioni di un'opera, o di una parte di essa, debbano essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- *robustezza nei confronti di azioni eccezionali*: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Secondo il paragrafo 2.2.3 del D.M. 2018, le opere strutturali devono essere verificate:

- per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni;
- per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

In conformità al punto 2.3 del D.M. 2018, per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si devono adottare criteri probabilistici scientificamente comprovati, quale il metodo di primo livello denominato metodo semiprobabilistico agli stati limite. In tale formulazione, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{ki} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani).

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza espresso dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

Dove:

R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni.

I coefficienti parziali di sicurezza, associati ai materiali ed alle azioni, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

5.2. ANALISI GLOBALE ELASTICA

L'analisi è eseguita secondo il metodo globale elastico. Il programma di calcolo utilizzato per la modellazione è il SAP2000[®] versione 22 (licenze di Sap2000 Advanced/Ultimate intestata a SETIN Servizi Tecnici Infrastrutture s.r.l.). Le sollecitazioni ottenute dai singoli modelli di calcolo di ciascuna fase resistente di seguito illustrata vengono involuppate e combinate per ottenere le condizioni di verifica più gravose mediante una macro di post-processione dei risultati che crea il file di input per il programma di verifica delle sezioni miste realizzate con il software PONTI EC4 (licenza di PONTI EC4 intestata a Steel Project Engineering s.r.l.).

PROGETTAZIONE ATI:

5.2.1. FASI DI CALCOLO

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, del getto della soletta che, in questa fase, è ancora inerte e delle velette metalliche.

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 16.65.

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.

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 C32/40.

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.

Per esigenze computazionali il calcolo delle sollecitazioni di progetto avverrà suddividendo le diverse condizioni di carico in più modelli di studio, suddivisi in base alla fase di carico di volta in volta presa in esame.

Per esigenze computazioni può essere necessario utilizzare un modello privo di carichi per simulare la condizione di carico nullo, direttamente all'interno dell'involucro si inserisce nella fase di competenza la condizione denominata NULL, che simula l'assenza di carichi nella struttura. I file di studio per le travi principali sono riportati nella seguente tabella.

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

NOME FILE	TIPO FASE	CARICHI
<i>Fase1.sdb</i>	Montaggio – caratteristiche statiche del solo acciaio	Peso proprio strutture metalliche, veletta, predalle metalliche e soletta
<i>Fase2.sdb</i>	Carichi di lunga durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Pesi permanenti portati di impalcato (pavimentazione, marciapiedi, guard-rails, barriere, eventuali impianti)
<i>Ritiro.sdb</i>	Carichi di lunga durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Effetto del ritiro
<i>GT.sdb</i>	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Effetto della variazione termica differenziale (discorde dal ritiro)
<i>VUT.sdb</i>	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Effetto della variazione termica uniforme
<i>Mext_**.sdb</i> (più file in funzione del numero di campate)	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Carico verticale massimo da traffico sulla sezione trasversale del ponte con 3 stese di carico, addossato alla trave esterna. In funzione delle diverse posizioni del carico mobile ciascun file di analisi conterrà “x” differenti condizioni di carico necessarie a massimizzare le sollecitazioni di momento e taglio secondo la linea di influenza della caratteristica di sollecitazione.
<i>Mint_**.sdb</i> (più file in funzione del numero di campate)	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Carico verticale da traffico sulla sezione trasversale del ponte con 2 stese di carico (massimizzazione delle sollecitazioni sulla trave interna). In funzione delle diverse posizioni del carico mobile ciascun file di analisi conterrà “x” differenti condizioni di carico necessarie a massimizzare le sollecitazioni di momento e taglio secondo la linea di influenza della caratteristica di sollecitazione.
<i>T2ext_**.sdb</i> (più file in funzione del numero di campate)	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Carico torcente massimo da traffico sulla sezione trasversale del ponte con 2 stese di carico, addossato alla trave esterna. In funzione delle diverse posizioni del carico mobile ciascun file di analisi conterrà “x” differenti condizioni di carico necessarie a massimizzare le sollecitazioni di momento e taglio secondo la linea di influenza della caratteristica di sollecitazione.
<i>T1ext_**.sdb</i> (più file in funzione del numero di campate)	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Carico verticale da traffico sulla sezione trasversale del ponte con 1 stesa di carico (massimizzazione delle sollecitazioni sul traverso). In funzione delle diverse posizioni del carico mobile ciascun file di analisi conterrà “x” differenti condizioni di carico necessarie a massimizzare le sollecitazioni di momento e taglio secondo la linea di influenza della caratteristica di sollecitazione.
<i>Vento.sdb</i>	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Azione da vento

Tabella 5.1 Files di studio per l’analisi delle travi principali

PROGETTAZIONE ATI:

5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, il punto 2.5.3 del D.M. 2008 definisce le seguenti tipologie di combinazione delle azioni:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{K,i}$$

Combinazione caratteristica (SLE rara), generalmente impiegata per gli stati limiti di esercizio irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{K,i}$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{1,i} \cdot Q_{K,i}$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{K,i}$$

Combinazione sismica (SLV - SLC), impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{K,i}$$

Combinazione eccezionale (ECC), impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{K,i}$$

Nelle precedenti relazioni, si è utilizzato il significato dei seguenti simboli:

G_1	valore caratteristico delle azioni permanenti;
G_2	valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;
P	valore caratteristico dell'azione di pre-tensione o pre-compressione;
Q_{K1}	valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
$Q_{K,i}$	valore caratteristico dell'azione variabile i ;
γ_{G1}	coefficiente parziale per le azioni permanenti;
γ_{G2}	coefficiente parziale per le azioni permanenti non strutturali;
γ_P	coefficiente parziale per le azioni di pre-tensione o pre-compressione;
γ_{Q1}	coefficiente parziale per l'azione variabile di base di ogni combinazione;
$\gamma_{Q,i}$	coefficiente parziale per l'azione variabile i ;
$\psi_{i,i}$	coefficienti di combinazione per i vari stati limite, descritti nella seguente tabella;
+	combinato con.

Con riferimento ai carichi variabili da traffico, si utilizzano i coefficienti di combinazione di cui alla tabella 5.1.VI del D.M. 2018.

Azioni	Effetto del Carico	ψ_0 di combinazione	ψ_1 frequent	ψ_2 quasi permanent
Azioni da traffico	Gruppo 1 - Schema 1 (carichi tandem)	0.75	0.75	0.0
	Gruppo 1 - Schema 1 (carichi distribuiti)	0.4	0.4	0.0
	Gruppo 1 - Schema 2	0.0	0.75	0.0
	Gruppo 2a	0.0	0.0	0.0
	Gruppo 4 (folla)	0.0	0.75	0.0
Azioni del vento	$q_{5,v}$ - Ponte scarico esecuzione	0.8	0.0	0.0
	$q_{5,v}$ - Ponte scarico SLU e SLE	0.6	0.2	0.0
	$q_{5,v}$ - Ponte carico	0.6	0.0	0.0
Azioni termiche	T_k	0.6	0.6	0.5

Tabella 5.2 Estratto della tabella 5.1.VI del D.M.2018 relativo ai soli carichi presenti sulle strutture in esame – coefficienti di combinazione delle azioni variabili per ponti stradali e pedonali.

5.3.1. AZIONI NELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulle strutture del ponte e delle sottostrutture, valutando gli effetti delle combinazioni definite nel paragrafo precedente.

5.3.2. STATI LIMITE ULTIMI

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono i seguenti casi:

EQU	stato limite di equilibrio come corpo rigido;
STR	stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione;
GEO	stato limite di resistenza del terreno.

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni riportati nella colonna EQU delle seguenti tabelle, mentre per le verifiche strutturali si utilizzeranno i coefficienti della colonna STR.

Tipi di Carico	Effetto del Carico	Coefficiente γ_F	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.1	1.35	1.0
Permanenti non Strutturali ⁽²⁾	Favorevoli	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Variabili da traffico	Favorevoli	γ_Q	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.35	1.35	1.15
Variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Ritiro e Viscosità Cedimenti vincolari	Favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.2	1.2	1.2

(1) equilibrio che non coinvolga parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO;

(2) nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (es.: carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 5.3 Estratto della tabella 5.1.V del D.M.2018 relativo ai soli carichi presenti sulle strutture in esame – coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Per il ponte in struttura metallica è richiesto il rispetto dello stato limite di fatica; per la definizione delle combinazioni di verifica, si rimanda alla trattazione dettagliata del relativo paragrafo.

5.3.3. STATI LIMITE DI ESERCIZIO

5.3.3.1. Stato limite di esercizio per strutture in calcestruzzo armato

Per le strutture in calcestruzzo armato come la soletta di impalcato, il paragrafo 4.1.2.2 del D.M. 2018 prevede le seguenti verifiche generali in esercizio:

- verifiche di deformabilità;
- verifiche di fessurazione/verifiche delle tensioni di esercizio;
- verifiche a fatica per quanto riguarda eventuali danni che possano compromettere la durabilità.

5.3.3.2. Stato limite di esercizio per strutture in acciaio

Per le strutture in acciaio, il paragrafo 4.2.4.2 del D.M. 2018 prevede le seguenti verifiche generali in esercizio:

- verifiche di deformabilità (spostamenti verticali e spostamenti laterali);
- verifiche locali su membrature (deformazioni delle anime, plasticizzazioni locali);
- verifiche di scorrimento dei collegamenti ad attrito.

6. MODELLI DI CALCOLO ADOTTATI

Per la valutazione del quadro deformativo e tensionale delle strutture si utilizzano modelli di calcolo agli elementi finiti sviluppati con il software SAP2000v21.

Il ponte è schematizzato come un graticcio di travi modellate mediante elementi “frame” a cui vengono assegnate le proprietà geometriche in funzione della sezione di acciaio, di calcestruzzo o collaborante nelle diverse fasi di calcolo. Per la modellazione dell’impalcato sono stati schematizzati gli elementi principali (travi longitudinali, diaframmi trasversali e elementi soletta) tramite elementi “beam” e su di essi sono stati applicati i carichi di progetto. Dalla risoluzione del sistema, si determinano le caratteristiche di sollecitazione per i vari elementi e la deformazione degli stessi.

Il viadotto in oggetto presenta un impalcato a struttura mista a via superiore. L’impalcato ha un comportamento alla Courbon in quanto la sezione è aperta e non sono presenti controventi inferiori.

Lo schema statico globale è quello di trave semplicemente appoggiata con luce di 83 m.

È stata svolta una analisi globale elastica sviluppando il calcolo secondo quanto previsto dalle norme NTC2018, EC4, CNR-UNI 10011 e CNR 10030.

La larghezza di soletta collaborante, necessaria per la determinazione delle caratteristiche geometriche delle sezioni in fase 2 e in fase 3, è stata determinata in accordo al D.M. 17.01.2018.

L’origine del modello numerico è stata assunta in corrispondenza della spalla 1.

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

6.1. DISCRETIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura, analizzata con il metodo degli elementi finiti, è stata discretizzata.

6.1.1. NODI

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

001 – 027	Trave esterna
101 – 127	Trave centrale
201 – 227	Trave interna

I nodi vincolati sono i seguenti:

001 – 101 – 201	Spalla 1
027 – 127 – 227	Spalla 2

Per i modelli soggetti unicamente a carico verticale i nodi vincolati presentano un vincolo verticale infinitamente rigido e molle orizzontali che simulano la rigidità in esercizio degli isolatori. Per i modelli di calcolo soggetti alle azioni orizzontali di esercizio come vento, sisma e forza centrifuga, lo schema statico degli isolatori è stato riprodotto fedelmente con molle orizzontali che simulano la rigidità in esercizio degli isolatori.

6.1.2. ELEMENTI

Gli elementi della struttura sono i seguenti:

Travi principali

001 – ... – 026	Trave esterna
101 – ... – 126	Trave centrale
201 – ... – 226	Trave interna

Diaframmi intermedi, di pila e di spalla

1001 – 1101	Diaframma di spalla 1
1003 – 1103	Diaframma intermedio
1006 – 1106	Diaframma intermedio
1009 – 1109	Diaframma intermedio
1011 – 1111	Diaframma intermedio
1014 – 1114	Diaframma intermedio
1017 – 1117	Diaframma intermedio
1019 – 1119	Diaframma intermedio
1022 – 1122	Diaframma intermedio
1025 – 1125	Diaframma intermedio
1027 – 1127	Diaframma di spalla 2

Elementi soletta

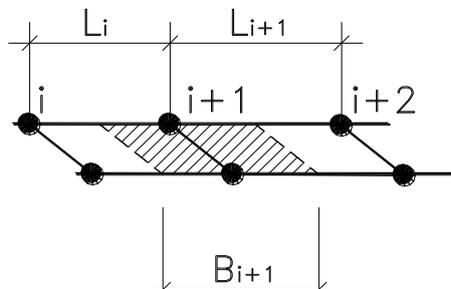
Completano il modello di calcolo gli elementi:

2001 – 2101	Elementi soletta
2002 – 2102	Elementi soletta
2003 – 2103	Elementi soletta
2004 – 2104	Elementi soletta
2006 – 2106	Elementi soletta
2007 – 2107	Elementi soletta
2009 – 2109	Elementi soletta
2010 – 2110	Elementi soletta
2011 – 2111	Elementi soletta
2013 – 2113	Elementi soletta
2014 – 2114	Elementi soletta
2015 – 2115	Elementi soletta
2017 – 2117	Elementi soletta
2018 – 2118	Elementi soletta
2019 – 2119	Elementi soletta
2021 – 2121	Elementi soletta
2022 – 2122	Elementi soletta
2024 – 2124	Elementi soletta
2025 – 2125	Elementi soletta
2026 – 2126	Elementi soletta
2027 – 2127	Elementi soletta

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Gli elementi soletta sono resi attivi solo per le fasi successive al getto della soletta, quindi in fase 2 e in fase 3. Le caratteristiche inerziali dei suddetti elementi sono state calcolate in funzione dell'interasse dei nodi, come rappresentato sinteticamente nel disegno sotto riportato:



PROGETTAZIONE ATI:

6.2. MODELLO DI CALCOLO AGLI ELEMENTI FINITI

Nel seguito si riportano le immagini relative al graticcio di nodi e elementi che costituiscono il modello di analisi e calcolo delle sollecitazioni; si riportano le immagini relative al modello nella sua globalità e le immagini relative alla numerazione di nodi e aste.

6.2.1. MODELLO COMPLETO

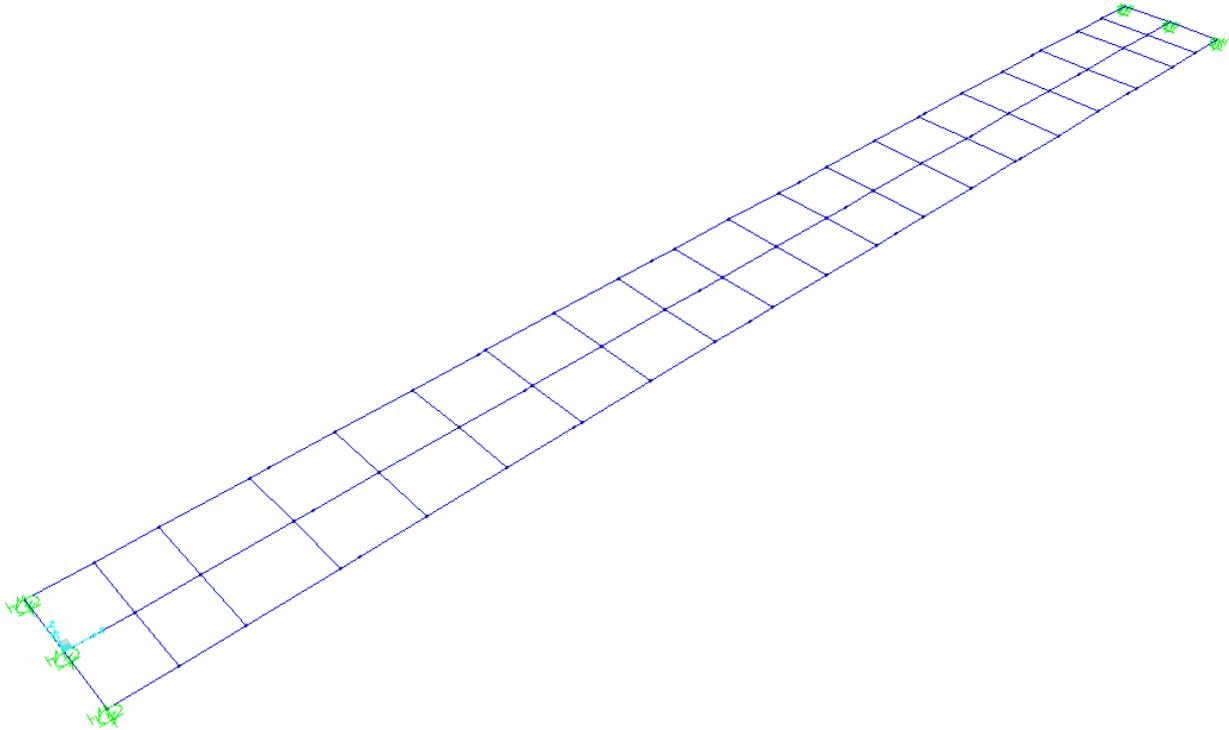


Figura 6.1 Modello 3D.

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.2. NODI

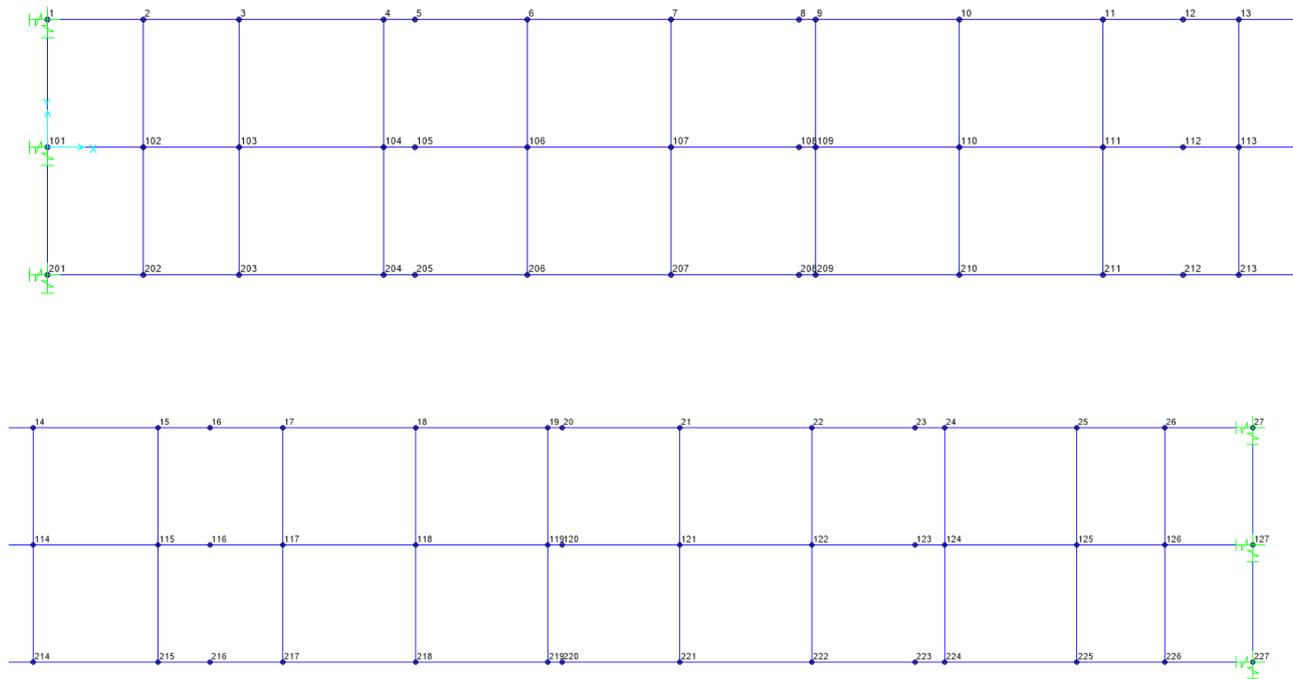


Figura 6.2 nodi

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.3. ELEMENTI TRAVI, DIAFRAMMI E ELEMENTI SOLETTA

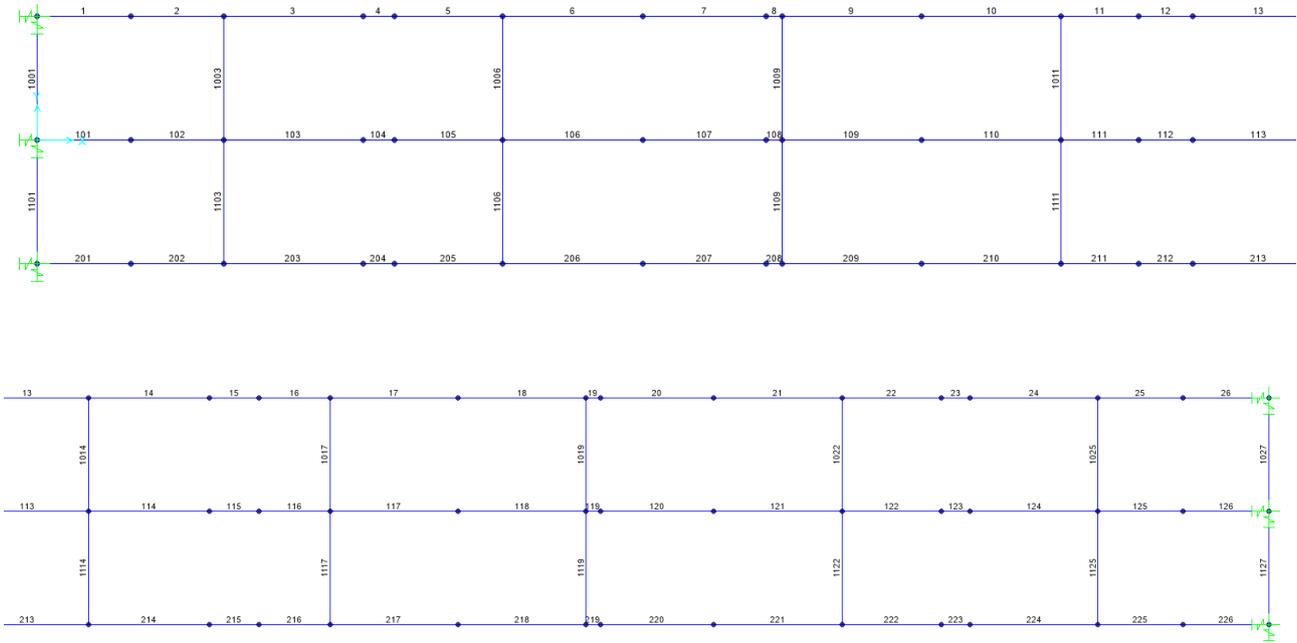


Figura 6.3 Travi principali e diaframmi metallici

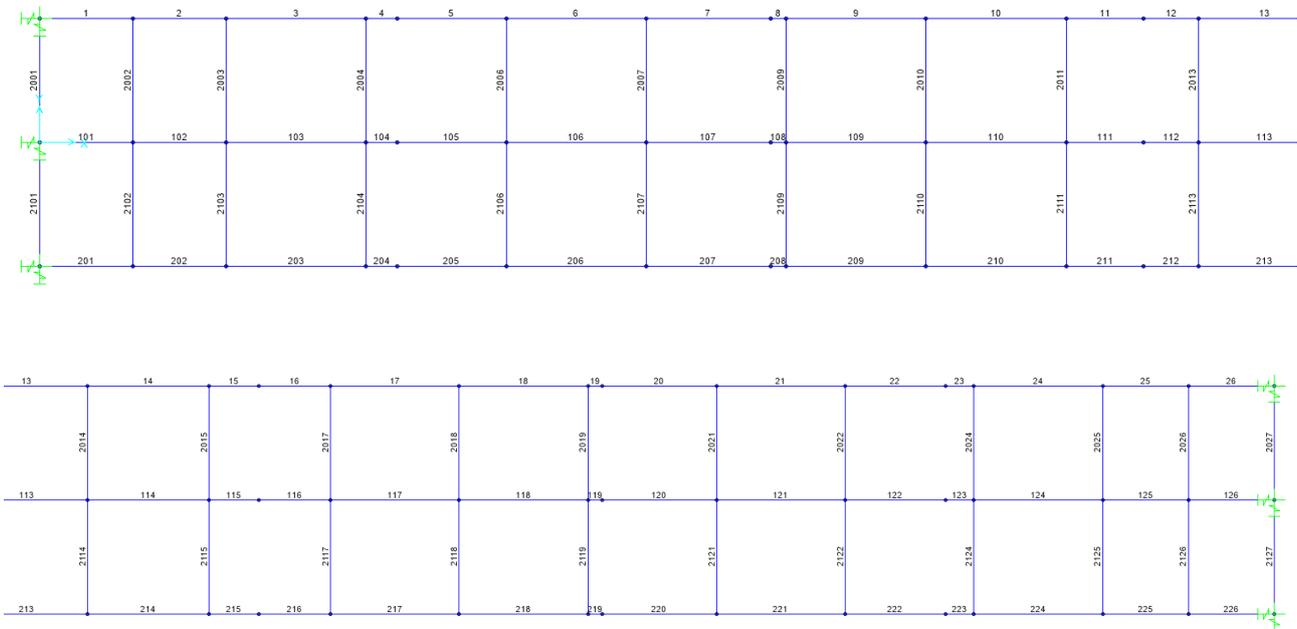


Figura 6.4 Travi principali e elementi soletta.

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.4. CARICHI APPLICATI AL MODELLO

Si riportano come esempio alcuni caricamenti dei modelli globali

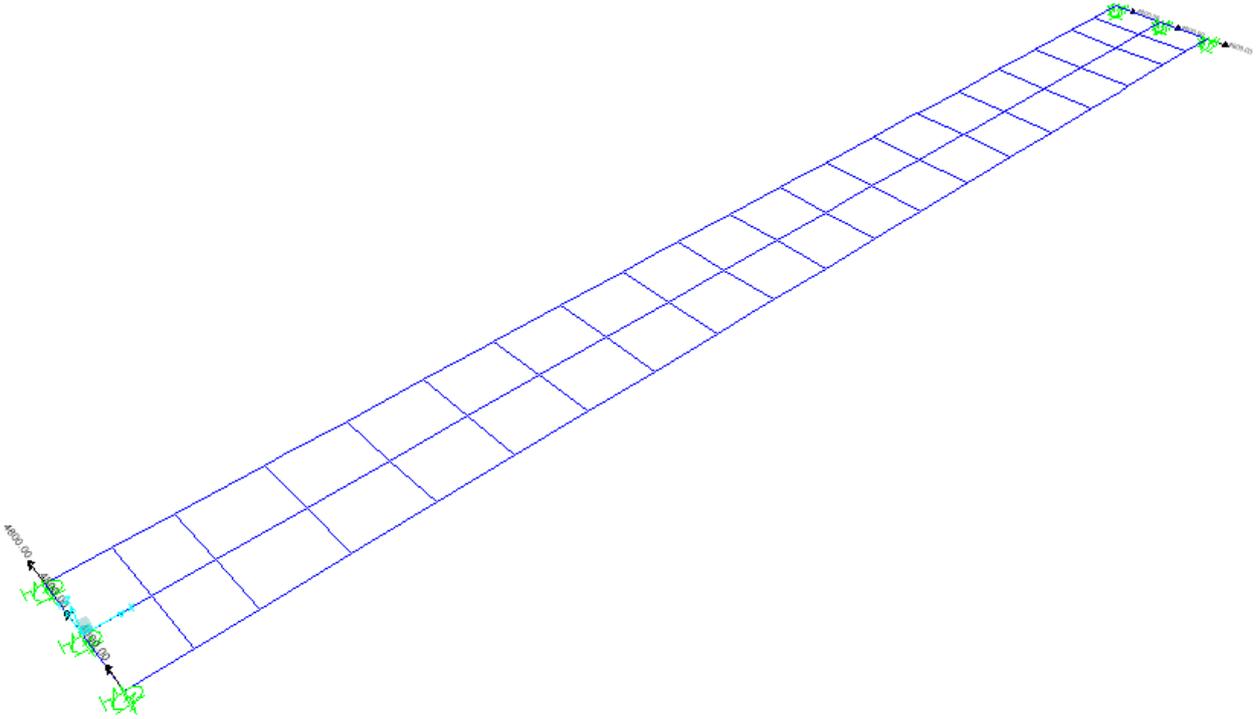


Figura 6.5 Ritiro

PROGETTAZIONE ATI:

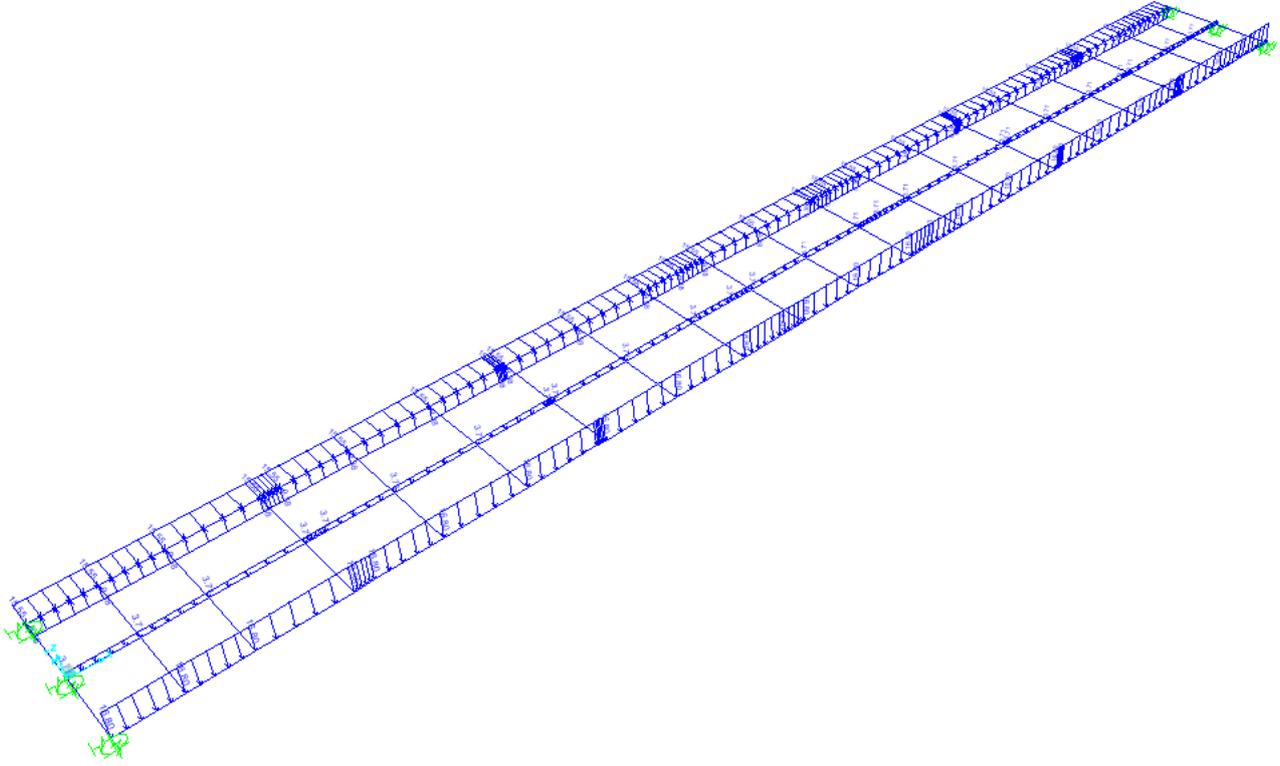


Figura 6.6 Vento

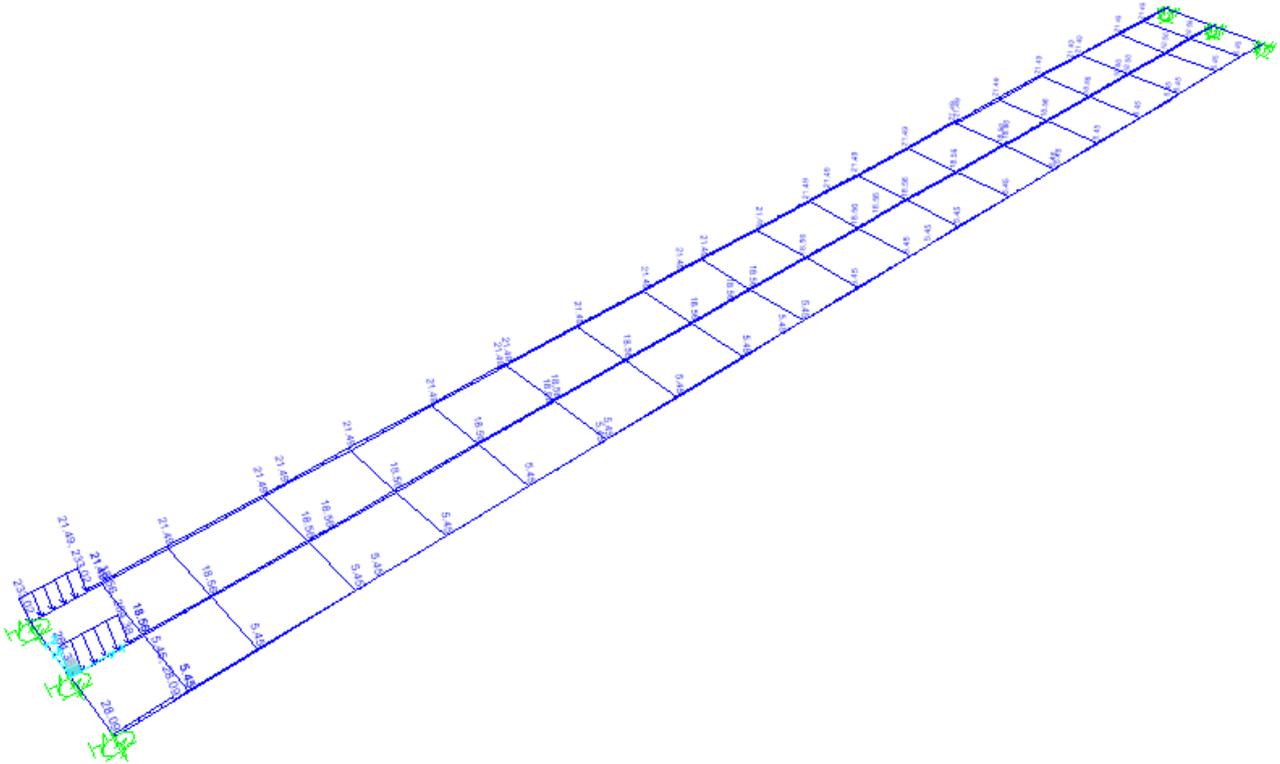


Figura 6.7 Traffico – Mext_1_M01 01 [kN/m]

PROGETTAZIONE ATI:

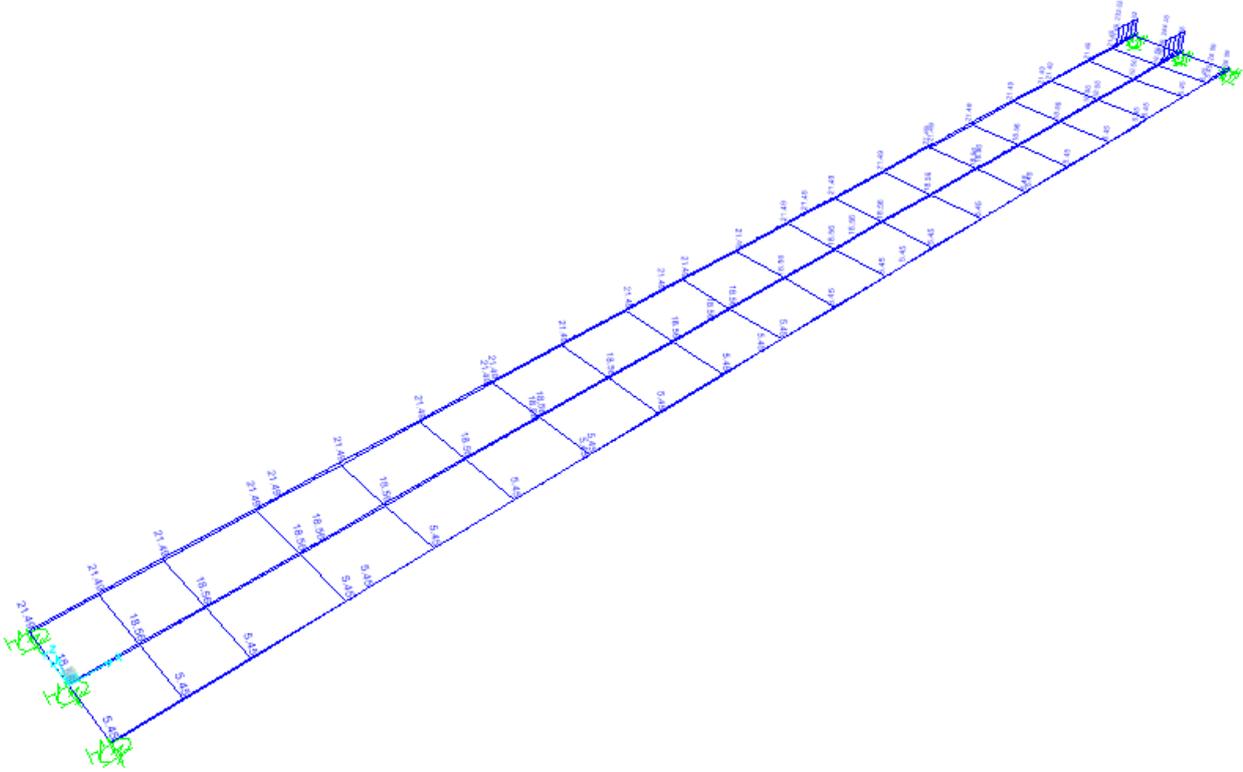


Figura 6.8 Traffico – Mext_1_M01-42 [kN/m]

PROGETTAZIONE ATI:

6.3. CARATTERISTICHE STATICHE DELLE SEZIONI

6.3.1. LARGHEZZE COLLABORANTI

Le tre travi principali sono poste a interasse pari a 4.0 m e gli sbalzi laterali hanno luci di 2.00 m. Il calcolo delle larghezze di soletta collaboranti con la trave metallica viene effettuato secondo le indicazioni del paragrafo 4.3.2.3 del D.M. 17.01.2018; più nel dettaglio la simbologia utilizzata nel presente paragrafo fa riferimento alle geometrie indicate nelle seguenti figure:

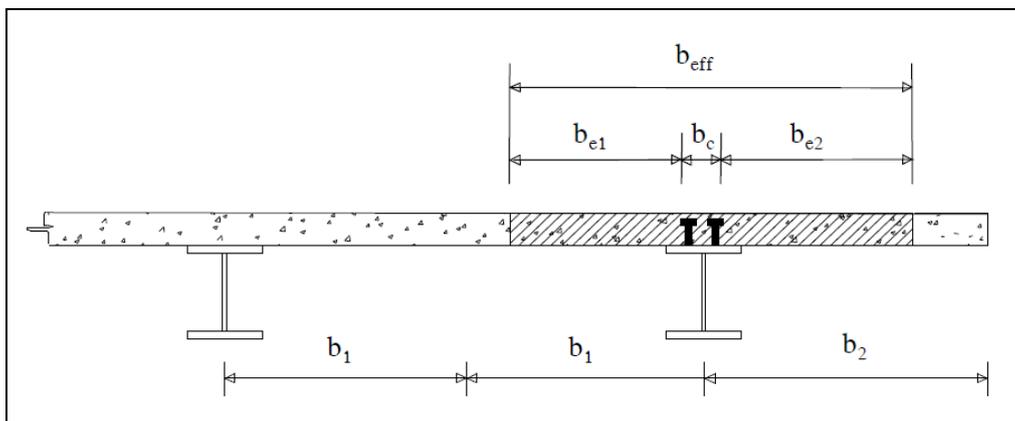


Figura 6.9 Definizione delle larghezze efficaci beff.

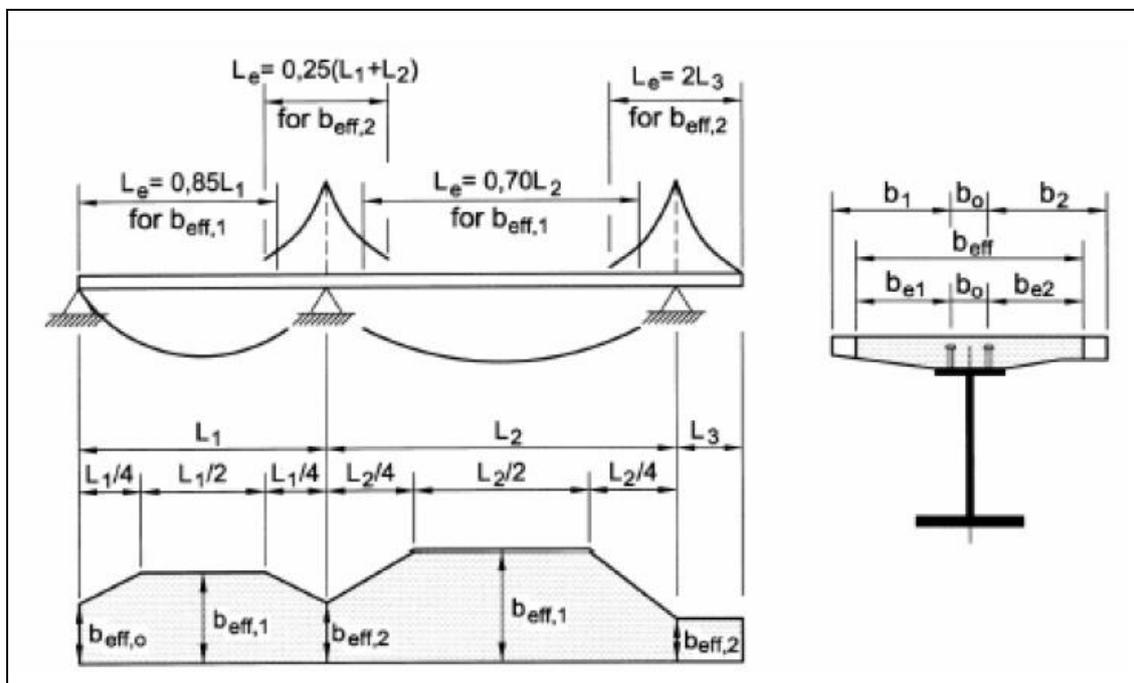


Figura 6.10 Larghezze efficaci beff e luci equivalenti Le per travi continue

PROGETTAZIONE ATI:

Campata di riva (SP1 - SP2)

numero di travi	3			
L1 =	8300 cm			
L _e = L1	8300 cm	Le / 8 ≈	1037 cm	
i =	400 cm	(interasse travi longitudinali)		trave esterna
B _{tot} =	1200 cm			
b ₀ =	50 cm			
b _{e1} = min(L _e /8; b ₁) =	175 cm			
b _{e2} = min(L _e /8; b ₂) =	175 cm			

Conci in campata

Alla luce di ciò ai conci in campata di riva (C2) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 4) B_{eff} = b₀+b_{e1}+b_{e2} = 400 cm

Conci di riva

Per gli appoggi di estremità la larghezza collaborante diventa:

$$b_{eff} = \beta_1 \cdot b_{e1} + \beta_2 \cdot b_{e2}$$

dove:

$$b_{ei} = \min(L_e/8; b_i)$$

$$\beta_i = [0.55 + 0.025 L_e / b_{ei}]$$

Per il caso in esame:

$$\beta_1 = 1.00 < 1$$

$$\beta_2 = 1.00 < 1$$

Alla luce di ciò al concio C1 verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 3) B_{eff} = b₀+β₁· b_{e1} + β₂·b_{e2} = 400 cm

Campata di riva (SP1 - SP2)

$L_1 =$	8300 cm			
$L_e = L_1$	8300 cm	$L_e / 8 \approx$	1037 cm	
$i =$	400 cm	(interasse travi longitudinali)		trave interna
$B_{tot} =$	1200 cm			
$b_0 =$	50 cm			
$b_{e1} = \min(L_e/8; b_1) =$	175 cm			
$b_{e2} = \min(L_e/8; b_2) =$	175 cm			

Conci in campata

Alla luce di ciò ai conci in campata di riva (C2, C3) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (2 e 3) $B_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} =$ 400 cm

Conci di riva

Per gli appoggi di estremità la larghezza collaborante diventa:

$$b_{eff} = \beta_1 \cdot b_{e1} + \beta_2 \cdot b_{e2}$$

dove:

$$b_{ei} = \min(L_e/8; b_i)$$

$$\beta_i = [0.55 + 0.025 L_e / b_{ei}]$$

Per il caso in esame:

$$\beta_1 = 1.00 < 1$$

$$\beta_2 = 1.00 < 1$$

Alla luce di ciò al concio C1 verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (2 e 3) $B_{eff} = b_0 + \beta_1 \cdot b_{e1} + \beta_2 \cdot b_{e2} =$ 400 cm

6.3.2. ASSEGNAZIONE DELLE SEZIONI AGLI ELEMENTI DI ANALISI

Per la disposizione dei conci sullo sviluppo longitudinale delle travate si faccia riferimento agli elaborati grafici di progetto a corredo del presente documento di calcolo.

Si riporta di seguito la corrispondenza fra le sezioni di analisi e le assegnazioni delle stesse ai diversi elementi del modello di calcolo.

<i>Sezione di analisi</i>	<i>Concio di analisi</i>	<i>Aste modello</i>	<i>Sezione di analisi</i>	<i>Concio di analisi</i>	<i>Aste modello</i>
001	C1 e C7	101 – 104 123 – 126	101	C1 e C7	001 – 004 023 – 026 201 – 204 223 – 226
002	C2 e C6	105 – 107 120 – 122	102	C2 e C6	005 – 007 020 – 022 205 – 207 220 – 222
003	C3 e C5	108 – 111 116 – 119	103	C3 e C5	008 – 011 016 – 019 208 – 211 216 – 219
004	C4	112 – 115	104	C4	012 – 015 212 – 215

Tabella 6.1 Riferimento sezioni di analisi

6.3.3. CARATTERISTICHE STATICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI

Inerzia torsionale

Il ponte ha sezione trasversale "aperta", con comportamento alla Courbon; quindi ciascuna trave è dotata dell'inerzia torsionale della corrispondente sezione mista.

Di seguito si riportano, per tutte le sezioni utilizzate nel modello di calcolo, le caratteristiche statiche calcolate in ciascuna delle fasi di carico esaminate in precedenza.

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 1 (Fili 001, 201)

Sezione T1N001I T1N001I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	800x30 mm
Piattabanda inferiore	1200x35 mm
Anima	25x3935 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.644E+	2.302E+	2.302E+	2.302E+	3.263E+	1.724E+
z _G (mm)	1784.76	2460.23	2460.23	2460.23	2957.50	1893.46
J _y (mm ⁴)	3.79E+1	6.415E+1	6.415E+1	6.415E+1	8.354E+1	4.207E+1
W _{y,0} (mm ³)	-2.123E+	-2.607E+	-2.607E+	-2.607E+	-2.825E+	-2.222E+
W _{y,1} (mm ³)	-2.166E+	-2.645E+	-2.645E+	-2.645E+	-2.858E+	-2.263E+
W _{y,3} (mm ³)	1.734E+	4.249E+	4.249E+	4.249E+	8.251E+	2.026E+
W _{y,4} (mm ³)	1.711E+	4.166E+	4.166E+	4.166E+	8.013E+	1.997E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	4.086E+	4.086E+	4.086E+	7.789E+	1.969E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	4.086E+	4.086E+	4.086E+	7.789E+	1.969E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	3.687E+	3.687E+	3.687E+	6.723E+	1.824E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	3.544E+	3.544E+	3.544E+	6.365E+	1.77E+
S _{y,1} (mm ³)	7.423E+	1.026E+	1.026E+	1.026E+	1.235E+	7.879E+
S _{y,2} (mm ³)	1.125E+	1.761E+	1.761E+	1.761E+	2.302E+	1.22E+
S _{y,3} (mm ³)	5.281E+	1.476E+	1.476E+	1.476E+	2.174E+	6.806E+
S _{y,4} (mm ³)	4.47E-	1.11E+	1.11E+	1.11E+	1.928E+	1.787E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione è riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	8.114E+	398	400	397
Anima della trave di acciaio	3.326E+	2002.	397	3
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.42E+	17.	3	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-7.887E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	5.872E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-4.561E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	2.546E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	12.91	0.814	1	0
Flangia inferiore	16.78	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	157.4	0.814	0.456	-1.117	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	157.4	0.814	0.241	-0.346	4
Compressione semplice (N)	157.4	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 2 (Fili 001, 201)

Sezione T1N006I T1N006I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x50 mm
Piattabanda inferiore	1150x90 mm
Anima	22x3860 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.484E+	3.143E+	3.143E+	3.143E+	4.103E+	2.565E+
z _G (mm)	1669.33	2188.36	2188.36	2188.36	2647.40	1746.02
J _y (mm ⁴)	7.08E+1	1.028E+1	1.028E+1	1.028E+1	1.311E+1	7.547E+1
W _{y,0} (mm ³)	-4.241E+	-4.696E+	-4.696E+	-4.696E+	-4.953E+	-4.322E+
W _{y,1} (mm ³)	-4.483E+	-4.897E+	-4.897E+	-4.897E+	-5.127E+	-4.557E+
W _{y,3} (mm ³)	3.104E+	5.834E+	5.834E+	5.834E+	1.007E+	3.424E+
W _{y,4} (mm ³)	3.038E+	5.673E+	5.673E+	5.673E+	9.693E+	3.348E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	5.58E+	5.58E+	5.58E+	9.483E+	3.304E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	5.58E+	5.58E+	5.58E+	9.483E+	3.304E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	5.109E+	5.109E+	5.109E+	8.445E+	3.075E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	4.937E+	4.937E+	4.937E+	8.08E+	2.99E+
S _{y,1} (mm ³)	1.681E+	2.218E+	2.218E+	2.218E+	2.693E+	1.761E+
S _{y,2} (mm ³)	1.956E+	2.703E+	2.703E+	2.703E+	3.413E+	2.062E+
S _{y,3} (mm ³)	1.383E+	2.361E+	2.361E+	2.361E+	3.226E+	1.528E+
S _{y,4} (mm ³)	0E+0	1.289E+	1.289E+	1.289E+	2.43E+	1.905E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	1.914E+	397	400	395
Anima della trave di acciaio	2.871E+	202	395	9
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.302E+	4	9	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-1.042E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	8.402E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-7.546E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	5.531E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	11.78	0.838	1	0
Flangia inferiore	6.267	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	175.455	0.814	0.313	-1.331	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	175.455	0.814	0.336	-0.509	4
Compressione semplice (N)	175.455	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 3 (Fili 001, 201)

Sezione T1N009I T1N009I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x70 mm
Piattabanda inferiore	1150x90 mm
Anima	22x3840 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.72E+	3.379E+	3.379E+	3.379E+	4.339E+	2.8E+
z _G (mm)	1866.02	2310.51	2310.51	2310.51	2717.59	1930.6
J _y (mm ⁴)	8.19E+1	1.095E+1	1.095E+1	1.095E+1	1.348E+1	8.585E+1
W _{v,0} (mm ³)	-4.389E+	-4.739E+	-4.739E+	-4.739E+	-4.962E+	-4.447E+
W _{v,1} (mm ³)	-4.611E+	-4.931E+	-4.931E+	-4.931E+	-5.132E+	-4.664E+
W _{v,3} (mm ³)	3.968E+	6.761E+	6.761E+	6.761E+	1.112E+	4.294E+
W _{v,4} (mm ³)	3.838E+	6.481E+	6.481E+	6.481E+	1.051E+	4.149E+
W _{v,5} (mm ³)	1E+30	6.368E+	6.368E+	6.368E+	1.027E+	4.089E+
W _{v,6} (mm ³)	1E+30	6.368E+	6.368E+	6.368E+	1.027E+	4.089E+
W _{v,7} (mm ³)	1E+30	5.795E+	5.795E+	5.795E+	9.096E+	3.783E+
W _{v,8} (mm ³)	1E+30	5.588E+	5.588E+	5.588E+	8.686E+	3.67E+
S _{v,1} (mm ³)	1.885E+	2.345E+	2.345E+	2.345E+	2.766E+	1.952E+
S _{v,2} (mm ³)	2.232E+	2.887E+	2.887E+	2.887E+	3.526E+	2.324E+
S _{v,3} (mm ³)	1.763E+	2.599E+	2.599E+	2.599E+	3.364E+	1.885E+
S _{v,4} (mm ³)	-2.98E-	1.209E+	1.209E+	1.209E+	2.316E+	1.757E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	2.68E+	396	400	393
Anima della trave di acciaio	2.856E+	201	393	9
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.302E+	4	9	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-1.117E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	9.153E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-8.312E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	6.297E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	8.414	0.838	1	0
Flangia inferiore	6.267	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	174.545	0.814	0.446	-1.086	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	174.545	0.814	0.201	-0.461	4
Compressione semplice (N)	174.545	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 4 (Fili 001, 201)

Sezione T1N013I T1N013I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x75 mm
Piattabanda inferiore	1150x95 mm
Anima	18x3830 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4250 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.682E+	3.341E+	3.341E+	3.341E+	4.301E+	2.762E+
z _G (mm)	1865.78	2315.36	2315.36	2315.36	2724.94	1931.26
J _y (mm ⁴)	8.427E+1	1.118E+1	1.118E+1	1.118E+1	1.369E+1	8.822E+1
W _{y,0} (mm ³)	-4.517E+	-4.828E+	-4.828E+	-4.828E+	-5.026E+	-4.568E+
W _{y,1} (mm ³)	-4.759E+	-5.035E+	-5.035E+	-5.035E+	-5.207E+	-4.805E+
W _{y,3} (mm ³)	4.092E+	6.945E+	6.945E+	6.945E+	1.141E+	4.425E+
W _{y,4} (mm ³)	3.948E+	6.636E+	6.636E+	6.636E+	1.074E+	4.265E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	6.52E+	6.52E+	6.52E+	1.049E+	4.204E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	6.52E+	6.52E+	6.52E+	1.049E+	4.204E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	5.932E+	5.932E+	5.932E+	9.284E+	3.889E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	5.719E+	5.719E+	5.719E+	8.863E+	3.772E+
S _{y,1} (mm ³)	1.986E+	2.478E+	2.478E+	2.478E+	2.925E+	2.058E+
S _{y,2} (mm ³)	2.269E+	2.921E+	2.921E+	2.921E+	3.548E+	2.361E+
S _{y,3} (mm ³)	1.887E+	2.688E+	2.688E+	2.688E+	3.418E+	2.004E+
S _{y,4} (mm ³)	-2.98E-	1.206E+	1.206E+	1.206E+	2.304E+	1.756E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	2.871E+	3962.	400	392
Anima della trave di acciaio	2.331E+	201	392	9
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.486E+	47.	9	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-1.102E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	9.003E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-8.687E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	6.672E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	7.88	0.838	1	0
Flangia inferiore	5.958	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	212.778	0.814	0.436	-1.086	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	212.778	0.814	0.132	-0.456	1
Compressione semplice (N)	212.778	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 5 (Fili 001, 201)

Sezione T1N017I T1N017I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x70 mm
Piattabanda inferiore	1150x90 mm
Anima	22x3840 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.72E+	3.379E+	3.379E+	3.379E+	4.339E+	2.8E+
z _G (mm)	1866.02	2310.51	2310.51	2310.51	2717.59	1930.6
J _y (mm ⁴)	8.19E+1	1.095E+1	1.095E+1	1.095E+1	1.348E+1	8.585E+1
W _{v,0} (mm ³)	-4.389E+	-4.739E+	-4.739E+	-4.739E+	-4.962E+	-4.447E+
W _{v,1} (mm ³)	-4.611E+	-4.931E+	-4.931E+	-4.931E+	-5.132E+	-4.664E+
W _{v,3} (mm ³)	3.968E+	6.761E+	6.761E+	6.761E+	1.112E+	4.294E+
W _{v,4} (mm ³)	3.838E+	6.481E+	6.481E+	6.481E+	1.051E+	4.149E+
W _{v,5} (mm ³)	1E+30	6.368E+	6.368E+	6.368E+	1.027E+	4.089E+
W _{v,6} (mm ³)	1E+30	6.368E+	6.368E+	6.368E+	1.027E+	4.089E+
W _{v,7} (mm ³)	1E+30	5.795E+	5.795E+	5.795E+	9.096E+	3.783E+
W _{v,8} (mm ³)	1E+30	5.588E+	5.588E+	5.588E+	8.686E+	3.67E+
S _{v,1} (mm ³)	1.885E+	2.345E+	2.345E+	2.345E+	2.766E+	1.952E+
S _{v,2} (mm ³)	2.232E+	2.887E+	2.887E+	2.887E+	3.526E+	2.324E+
S _{v,3} (mm ³)	1.763E+	2.599E+	2.599E+	2.599E+	3.364E+	1.885E+
S _{v,4} (mm ³)	-2.98E-	1.209E+	1.209E+	1.209E+	2.316E+	1.757E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	2.68E+	396	400	393
Anima della trave di acciaio	2.856E+	201	393	9
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.302E+	4	9	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-1.117E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	9.153E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-8.312E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	6.297E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	8.414	0.838	1	0
Flangia inferiore	6.267	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	174.545	0.814	0.446	-1.086	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	174.545	0.814	0.201	-0.461	4
Compressione semplice (N)	174.545	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 6 (Fili 001, 201)

Sezione T1N021I T1N021I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x50 mm
Piattabanda inferiore	1150x90 mm
Anima	22x3860 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.484E+	3.143E+	3.143E+	3.143E+	4.103E+	2.565E+
z _G (mm)	1669.33	2188.36	2188.36	2188.36	2647.40	1746.02
J _y (mm ⁴)	7.08E+1	1.028E+1	1.028E+1	1.028E+1	1.311E+1	7.547E+1
W _{y,0} (mm ³)	-4.241E+	-4.696E+	-4.696E+	-4.696E+	-4.953E+	-4.322E+
W _{y,1} (mm ³)	-4.483E+	-4.897E+	-4.897E+	-4.897E+	-5.127E+	-4.557E+
W _{y,3} (mm ³)	3.104E+	5.834E+	5.834E+	5.834E+	1.007E+	3.424E+
W _{y,4} (mm ³)	3.038E+	5.673E+	5.673E+	5.673E+	9.693E+	3.348E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	5.58E+	5.58E+	5.58E+	9.483E+	3.304E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	5.58E+	5.58E+	5.58E+	9.483E+	3.304E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	5.109E+	5.109E+	5.109E+	8.445E+	3.075E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	4.937E+	4.937E+	4.937E+	8.08E+	2.99E+
S _{y,1} (mm ³)	1.681E+	2.218E+	2.218E+	2.218E+	2.693E+	1.761E+
S _{y,2} (mm ³)	1.956E+	2.703E+	2.703E+	2.703E+	3.413E+	2.062E+
S _{y,3} (mm ³)	1.383E+	2.361E+	2.361E+	2.361E+	3.226E+	1.528E+
S _{y,4} (mm ³)	0E+0	1.289E+	1.289E+	1.289E+	2.43E+	1.905E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	1.914E+	397	400	395
Anima della trave di acciaio	2.871E+	202	395	9
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.302E+	4	9	
Compressione ultima per la sezione completa	-1.042E+			
Trazione ultima per la sezione completa	8.402E+			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-7.546E+			
Trazione ultima per la sezione senza anima	5.531E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	11.78	0.838	1	0
Flangia inferiore	6.267	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	175.455	0.814	0.313	-1.331	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	175.455	0.814	0.336	-0.509	4
Compressione semplice (N)	175.455	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 7 (Fili 001, 201)

Sezione T1N026F T1N026F

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	800x30 mm
Piattabanda inferiore	1200x35 mm
Anima	25x3935 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.644E+	2.302E+	2.302E+	2.302E+	3.263E+	1.724E+
z _G (mm)	1784.76	2460.23	2460.23	2460.23	2957.50	1893.46
J _y (mm ⁴)	3.79E+1	6.415E+1	6.415E+1	6.415E+1	8.354E+1	4.207E+1
W _{y,0} (mm ³)	-2.123E+	-2.607E+	-2.607E+	-2.607E+	-2.825E+	-2.222E+
W _{y,1} (mm ³)	-2.166E+	-2.645E+	-2.645E+	-2.645E+	-2.858E+	-2.263E+
W _{y,3} (mm ³)	1.734E+	4.249E+	4.249E+	4.249E+	8.251E+	2.026E+
W _{y,4} (mm ³)	1.711E+	4.166E+	4.166E+	4.166E+	8.013E+	1.997E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	4.086E+	4.086E+	4.086E+	7.789E+	1.969E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	4.086E+	4.086E+	4.086E+	7.789E+	1.969E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	3.687E+	3.687E+	3.687E+	6.723E+	1.824E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	3.544E+	3.544E+	3.544E+	6.365E+	1.77E+
S _{y,1} (mm ³)	7.423E+	1.026E+	1.026E+	1.026E+	1.235E+	7.879E+
S _{y,2} (mm ³)	1.125E+	1.761E+	1.761E+	1.761E+	2.302E+	1.22E+
S _{y,3} (mm ³)	5.281E+	1.476E+	1.476E+	1.476E+	2.174E+	6.806E+
S _{y,4} (mm ³)	4.47E-	1.11E+	1.11E+	1.11E+	1.928E+	1.787E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione è riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	8.114E+	398	400	397
Anima della trave di acciaio	3.326E+	2002.	397	3
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.42E+	17.	3	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-7.887E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	5.872E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-4.561E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	2.546E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	12.91	0.814	1	0
Flangia inferiore	16.78	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	157.4	0.814	0.456	-1.117	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	157.4	0.814	0.241	-0.346	4
Compressione semplice (N)	157.4	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 1 (Fili 101)

Sezione T2N001I T2N001I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	800x30 mm
Piattabanda inferiore	1200x35 mm
Anima	20x3935 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.447E+	2.106E+	2.106E+	2.106E+	3.066E+	1.527E+
z _G (mm)	1755.16	2503.00	2503.00	2503.00	3018.79	1879.41
J _y (mm ⁴)	3.525E+1	6.116E+1	6.116E+1	6.116E+1	7.909E+1	3.95E+1
W _{y,0} (mm ³)	-2.008E+	-2.443E+	-2.443E+	-2.443E+	-2.62E+	-2.102E+
W _{y,1} (mm ³)	-2.049E+	-2.478E+	-2.478E+	-2.478E+	-2.651E+	-2.142E+
W _{y,3} (mm ³)	1.592E+	4.169E+	4.169E+	4.169E+	8.315E+	1.889E+
W _{y,4} (mm ³)	1.57E+	4.085E+	4.085E+	4.085E+	8.06E+	1.863E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	4.005E+	4.005E+	4.005E+	7.821E+	1.837E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	4.005E+	4.005E+	4.005E+	7.821E+	1.837E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	3.604E+	3.604E+	3.604E+	6.696E+	1.702E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	3.461E+	3.461E+	3.461E+	6.321E+	1.652E+
S _{y,1} (mm ³)	7.298E+	1.044E+	1.044E+	1.044E+	1.261E+	7.82E+
S _{y,2} (mm ³)	1.026E+	1.653E+	1.653E+	1.653E+	2.151E+	1.122E+
S _{y,3} (mm ³)	5.352E+	1.438E+	1.438E+	1.438E+	2.06E+	6.851E+
S _{y,4} (mm ³)	-2.98E-	1.082E+	1.082E+	1.082E+	1.828E+	1.798E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione è riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	8.114E+	398	400	397
Anima della trave di acciaio	2.661E+	2002.	397	3
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.42E+	17.	3	
Compressione ultima per la sezione completa	-7.222E+			
Trazione ultima per la sezione completa	5.207E+			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-4.561E+			
Trazione ultima per la sezione senza anima	2.546E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	13	0.814	1	0
Flangia inferiore	16.85	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	196.75	0.814	0.445	-1.133	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	196.75	0.814	0.177	-0.319	4
Compressione semplice (N)	196.75	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 2 (Fili 101)

Sezione T2N006I T2N006I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x50 mm
Piattabanda inferiore	1150x80 mm
Anima	18x3870 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.217E+	2.875E+	2.875E+	2.875E+	3.835E+	2.297E+
z _G (mm)	1725.81	2280.21	2280.21	2280.21	2748.28	1809.4
J _y (mm ⁴)	6.578E+1	9.555E+1	9.555E+1	9.555E+1	1.208E+1	7.022E+1
W _{y,0} (mm ³)	-3.812E+	-4.191E+	-4.191E+	-4.191E+	-4.394E+	-3.881E+
W _{y,1} (mm ³)	-3.997E+	-4.343E+	-4.343E+	-4.343E+	-4.526E+	-4.06E+
W _{y,3} (mm ³)	2.958E+	5.723E+	5.723E+	5.723E+	1.005E+	3.28E+
W _{y,4} (mm ³)	2.893E+	5.556E+	5.556E+	5.556E+	9.648E+	3.206E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	5.461E+	5.461E+	5.461E+	9.422E+	3.162E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	5.461E+	5.461E+	5.461E+	9.422E+	3.162E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	4.977E+	4.977E+	4.977E+	8.319E+	2.937E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	4.802E+	4.802E+	4.802E+	7.936E+	2.854E+
S _{y,1} (mm ³)	1.551E+	2.061E+	2.061E+	2.061E+	2.492E+	1.628E+
S _{y,2} (mm ³)	1.795E+	2.497E+	2.497E+	2.497E+	3.132E+	1.897E+
S _{y,3} (mm ³)	1.35E+	2.246E+	2.246E+	2.246E+	3.002E+	1.485E+
S _{y,4} (mm ³)	-2.98E-	1.229E+	1.229E+	1.229E+	2.266E+	1.854E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	1.914E+	397	400	395
Anima della trave di acciaio	2.355E+	201	395	8
Flangia inferiore della trave di acciaio	2.935E+	4	8	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-9.534E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	7.519E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-7.179E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	5.164E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	11.82	0.838	1	0
Flangia inferiore	7.075	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	215	0.814	0.35	-1.238	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	215	0.814	0.222	-0.45	4
Compressione semplice (N)	215	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 3 (Fili 101)

Sezione T2N009I T2N009I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x65 mm
Piattabanda inferiore	1150x90 mm
Anima	18x3845 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.507E+	3.166E+	3.166E+	3.166E+	4.126E+	2.588E+
z _G (mm)	1808.49	2294.81	2294.81	2294.81	2726.53	1880.18
J _y (mm ⁴)	7.737E+1	1.059E+1	1.059E+1	1.059E+1	1.313E+1	8.152E+1
W _{y,0} (mm ³)	-4.278E+	-4.615E+	-4.615E+	-4.615E+	-4.816E+	-4.336E+
W _{y,1} (mm ³)	-4.502E+	-4.803E+	-4.803E+	-4.803E+	-4.98E+	-4.554E+
W _{y,3} (mm ³)	3.638E+	6.457E+	6.457E+	6.457E+	1.087E+	3.967E+
W _{y,4} (mm ³)	3.53E+	6.211E+	6.211E+	6.211E+	1.031E+	3.846E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	6.103E+	6.103E+	6.103E+	1.007E+	3.792E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	6.103E+	6.103E+	6.103E+	1.007E+	3.792E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	5.559E+	5.559E+	5.559E+	8.911E+	3.514E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	5.362E+	5.362E+	5.362E+	8.507E+	3.411E+
S _{y,1} (mm ³)	1.825E+	2.329E+	2.329E+	2.329E+	2.775E+	1.899E+
S _{y,2} (mm ³)	2.091E+	2.766E+	2.766E+	2.766E+	3.401E+	2.188E+
S _{y,3} (mm ³)	1.684E+	2.524E+	2.524E+	2.524E+	3.27E+	1.808E+
S _{y,4} (mm ³)	5.96E-	1.219E+	1.219E+	1.219E+	2.302E+	1.797E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	2.489E+	3967.	400	393
Anima della trave di acciaio	2.34E+	2012.	393	9
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.302E+	4	9	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-1.046E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	8.445E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-8.12E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	6.105E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	<i>Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)</i>	<i>Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)</i>
Flangia superiore	9.092	0.838	1	0
Flangia inferiore	6.289	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	213.611	0.814	0.393	-1.148	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	213.611	0.814	0.176	-0.458	4
Compressione semplice (N)	213.611	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 4 (Fili 101)

Sezione T2N013I T2N013I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x70 mm
Piattabanda inferiore	1150x95 mm
Anima	18x3835 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4250 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.623E+	3.282E+	3.282E+	3.282E+	4.242E+	2.703E+
z _G (mm)	1819.32	2286.32	2286.32	2286.32	2708.18	1887.62
J _y (mm ⁴)	8.17E+1	1.102E+1	1.102E+1	1.102E+1	1.361E+1	8.582E+1
W _{y,0} (mm ³)	-4.491E+	-4.821E+	-4.821E+	-4.821E+	-5.025E+	-4.546E+
W _{y,1} (mm ³)	-4.738E+	-5.03E+	-5.03E+	-5.03E+	-5.207E+	-4.787E+
W _{y,3} (mm ³)	3.871E+	6.706E+	6.706E+	6.706E+	1.114E+	4.202E+
W _{y,4} (mm ³)	3.747E+	6.432E+	6.432E+	6.432E+	1.053E+	4.063E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	6.322E+	6.322E+	6.322E+	1.029E+	4.006E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	6.322E+	6.322E+	6.322E+	1.029E+	4.006E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	5.76E+	5.76E+	5.76E+	9.121E+	3.711E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	5.557E+	5.557E+	5.557E+	8.713E+	3.602E+
S _{y,1} (mm ³)	1.936E+	2.446E+	2.446E+	2.446E+	2.907E+	2.01E+
S _{y,2} (mm ³)	2.203E+	2.878E+	2.878E+	2.878E+	3.521E+	2.3E+
S _{y,3} (mm ³)	1.802E+	2.635E+	2.635E+	2.635E+	3.387E+	1.924E+
S _{y,4} (mm ³)	-5.96E-	1.225E+	1.225E+	1.225E+	2.331E+	1.791E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	2.68E+	396	400	393
Anima della trave di acciaio	2.334E+	2012.	393	9
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.486E+	47.	9	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-1.083E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	8.814E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-8.495E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	6.48E+			

Classificazione delle piattabande

	<i>c/t</i>	<i>ε</i>	<i>Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)</i>	<i>Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)</i>
Flangia superiore	8.443	0.838	1	0
Flangia inferiore	5.958	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	<i>c/t</i>	<i>ε</i>	<i>α</i>	<i>ψ</i>	<i>classe</i>
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	213.056	0.814	0.395	-1.139	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	213.056	0.814	0.174	-0.468	4
Compressione semplice (N)	213.056	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 5 (Fili 101)

Sezione T2N017I T2N017I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x65 mm
Piattabanda inferiore	1150x90 mm
Anima	18x3845 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.507E+	3.166E+	3.166E+	3.166E+	4.126E+	2.588E+
z _G (mm)	1808.49	2294.81	2294.81	2294.81	2726.53	1880.18
J _y (mm ⁴)	7.737E+1	1.059E+1	1.059E+1	1.059E+1	1.313E+1	8.152E+1
W _{y,0} (mm ³)	-4.278E+	-4.615E+	-4.615E+	-4.615E+	-4.816E+	-4.336E+
W _{y,1} (mm ³)	-4.502E+	-4.803E+	-4.803E+	-4.803E+	-4.98E+	-4.554E+
W _{y,3} (mm ³)	3.638E+	6.457E+	6.457E+	6.457E+	1.087E+	3.967E+
W _{y,4} (mm ³)	3.53E+	6.211E+	6.211E+	6.211E+	1.031E+	3.846E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	6.103E+	6.103E+	6.103E+	1.007E+	3.792E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	6.103E+	6.103E+	6.103E+	1.007E+	3.792E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	5.559E+	5.559E+	5.559E+	8.911E+	3.514E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	5.362E+	5.362E+	5.362E+	8.507E+	3.411E+
S _{y,1} (mm ³)	1.825E+	2.329E+	2.329E+	2.329E+	2.775E+	1.899E+
S _{y,2} (mm ³)	2.091E+	2.766E+	2.766E+	2.766E+	3.401E+	2.188E+
S _{y,3} (mm ³)	1.684E+	2.524E+	2.524E+	2.524E+	3.27E+	1.808E+
S _{y,4} (mm ³)	5.96E-	1.219E+	1.219E+	1.219E+	2.302E+	1.797E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	2.489E+	3967.	400	393
Anima della trave di acciaio	2.34E+	2012.	393	9
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.302E+	4	9	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-1.046E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	8.445E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-8.12E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	6.105E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	9.092	0.838	1	0
Flangia inferiore	6.289	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	213.611	0.814	0.393	-1.148	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	213.611	0.814	0.176	-0.458	4
Compressione semplice (N)	213.611	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 6 (Fili 101)

Sezione T2N021I T2N021I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x50 mm
Piattabanda inferiore	1150x80 mm
Anima	18x3870 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.217E+	2.875E+	2.875E+	2.875E+	3.835E+	2.297E+
z _G (mm)	1725.81	2280.21	2280.21	2280.21	2748.28	1809.4
J _y (mm ⁴)	6.578E+1	9.555E+1	9.555E+1	9.555E+1	1.208E+1	7.022E+1
W _{y,0} (mm ³)	-3.812E+	-4.191E+	-4.191E+	-4.191E+	-4.394E+	-3.881E+
W _{y,1} (mm ³)	-3.997E+	-4.343E+	-4.343E+	-4.343E+	-4.526E+	-4.06E+
W _{y,3} (mm ³)	2.958E+	5.723E+	5.723E+	5.723E+	1.005E+	3.28E+
W _{y,4} (mm ³)	2.893E+	5.556E+	5.556E+	5.556E+	9.648E+	3.206E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	5.461E+	5.461E+	5.461E+	9.422E+	3.162E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	5.461E+	5.461E+	5.461E+	9.422E+	3.162E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	4.977E+	4.977E+	4.977E+	8.319E+	2.937E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	4.802E+	4.802E+	4.802E+	7.936E+	2.854E+
S _{y,1} (mm ³)	1.551E+	2.061E+	2.061E+	2.061E+	2.492E+	1.628E+
S _{y,2} (mm ³)	1.795E+	2.497E+	2.497E+	2.497E+	3.132E+	1.897E+
S _{y,3} (mm ³)	1.35E+	2.246E+	2.246E+	2.246E+	3.002E+	1.485E+
S _{y,4} (mm ³)	-2.98E-	1.229E+	1.229E+	1.229E+	2.266E+	1.854E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione è riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	1.914E+	397	400	395
Anima della trave di acciaio	2.355E+	201	395	8
Flangia inferiore della trave di acciaio	2.935E+	4	8	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-9.534E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	7.519E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-7.179E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	5.164E+			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	11.82	0.838	1	0
Flangia inferiore	7.075	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	215	0.814	0.35	-1.238	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	215	0.814	0.222	-0.45	4
Compressione semplice (N)	215	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

CONCIO 7 (Fili 101)

Sezione T2N026F T2N026F

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	800x30 mm
Piattabanda inferiore	1200x35 mm
Anima	20x3935 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.447E+	2.106E+	2.106E+	2.106E+	3.066E+	1.527E+
Z _G (mm)	1755.16	2503.00	2503.00	2503.00	3018.79	1879.41
J _y (mm ⁴)	3.525E+1	6.116E+1	6.116E+1	6.116E+1	7.909E+1	3.95E+1
W _{y,0} (mm ³)	-2.008E+	-2.443E+	-2.443E+	-2.443E+	-2.62E+	-2.102E+
W _{y,1} (mm ³)	-2.049E+	-2.478E+	-2.478E+	-2.478E+	-2.651E+	-2.142E+
W _{y,3} (mm ³)	1.592E+	4.169E+	4.169E+	4.169E+	8.315E+	1.889E+
W _{y,4} (mm ³)	1.57E+	4.085E+	4.085E+	4.085E+	8.06E+	1.863E+
W _{y,5} (mm ³)	1E+30	4.005E+	4.005E+	4.005E+	7.821E+	1.837E+
W _{y,6} (mm ³)	1E+30	4.005E+	4.005E+	4.005E+	7.821E+	1.837E+
W _{y,7} (mm ³)	1E+30	3.604E+	3.604E+	3.604E+	6.696E+	1.702E+
W _{y,8} (mm ³)	1E+30	3.461E+	3.461E+	3.461E+	6.321E+	1.652E+
S _{y,1} (mm ³)	7.298E+	1.044E+	1.044E+	1.044E+	1.261E+	7.82E+
S _{y,2} (mm ³)	1.026E+	1.653E+	1.653E+	1.653E+	2.151E+	1.122E+
S _{y,3} (mm ³)	5.352E+	1.438E+	1.438E+	1.438E+	2.06E+	6.851E+
S _{y,4} (mm ³)	-2.98E-	1.082E+	1.082E+	1.082E+	1.828E+	1.798E+
n _E	1E+30	16.	16.	16.	6.2	1E+30

Pre-classificazione

La preclassificazione è riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	Z _N (mm)	Z _{max} (mm)	Z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Flangia superiore della trave di acciaio	8.114E+	398	400	397
Anima della trave di acciaio	2.661E+	2002.	397	3
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.42E+	17.	3	
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-7.222E+			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	5.207E+			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-4.561E+			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	2.546E+			

Classificazione delle piattabande

	<i>c/t</i>	ε	<i>Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)</i>	<i>Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)</i>
Flangia superiore	13	0.814	1	0
Flangia inferiore	16.85	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	<i>c/t</i>	ε	α	ψ	<i>classe</i>
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	196.75	0.814	0.445	-1.133	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	196.75	0.814	0.177	-0.319	4
Compressione semplice (N)	196.75	0.814	1	1	4

PROGETTAZIONE ATI:

6.3.4. INERZIE DEI DIAFRAMMI

I diaframmi di spalla hanno struttura reticolare con briglia inferiore formata da un profilo ad anima piena composto saldato, mentre i diaframmi intermedi hanno struttura reticolare. Entrambi non sono collaboranti con la soletta di impalcato, di conseguenza le caratteristiche geometriche sono quelle della sola sezione metallica costituente il profilo.

Rigidezze flessionali		
Elemento	Tipologia	I [cm ⁴]
Diaframma di spalla	Reticolare più briglia inferiore profilo ad anima piena	11167000
Diaframma intermedio	Reticolare	1·10 ⁶

6.3.5. ELEMENTI SOLETTA

Le rigidezze flessionali degli elementi soletta schematizzano la rigidezza trasversale della soletta in calcestruzzo armato (quella longitudinale è già computata nelle caratteristiche statiche delle sezioni miste delle travi). Il calcolo delle proprietà statiche viene effettuato direttamente dal programma di calcolo ipotizzando una sezione trasversale tipica pari a circa 300 x 27 cm e un materiale con le proprietà meccaniche corrispondenti al calcestruzzo nelle diverse fasi. Secondo prassi usuale e bibliografia consolidata (vedi anche “Progettazione e costruzione di ponti” – Petrangeli – par. 6.4.4) alla sola inerzia torsionale calcolata in automatico viene applicato un fattore riduttivo pari a 0.5 per tenere conto della formula di calcolo di tale inerzia secondo bibliografia.

ELEMENTI SOLETTA					
Dimensioni soletta		Fase 2		Fase 3	
b (cm)	300	J (cm ⁴)	59286	157716	
h (cm)	27	I ₃ (cm ⁴)	3659639	9735577	
Coeff. Omogeneizzazione		I ₂ (cm ⁴)	29643	78858	
n Fase 2	16.6	A _s (cm ²)	488	1298	
n Fase 3	6.24				
I ₃ inerzia orizzontale; I ₂ inerzia verticale					

6.4. ANALISI GLOBALE E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

L'analisi statica del viadotto in oggetto è stata eseguita impiegando il metodo elastico con i file di analisi illustrati nei precedenti capitoli. Per effettuare le verifiche di resistenza e stabilità su ciascuno degli elementi dell'impalcato, i file di output dell'analisi (file *.xlsx ottenuti attraverso l'esportazione dei risultati direttamente da SAP2000 v22) vengono rielaborati con un processo automatico di involuppo che consente di ricavare per ciascun elemento in ciascuna fase di carico la caratteristica di sollecitazione massima/minima presa in esame e le restanti sollecitazioni congruenti. Si ottiene per ciascuna asta un report contenente tutte le informazioni relative alle sollecitazioni successivamente utilizzate per le verifiche che verranno svolte per le travi principali dell'impalcato e per gli altri elementi.

6.5. MASSIME AZIONI INTERNE

6.5.1. SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Data la tipologia usuale di impalcato a travata le sollecitazioni che saranno massimizzate sono quelle di taglio e momento flettente verticale; i files contenenti l'involuppo completo delle sollecitazioni elementari combinate saranno denominati:

- a) **R_SLU_M33.xlsx** Stato Limite Ultimo - max momento flettente verticale
- b) **R_SLU_V2.xlsx** Stato Limite Ultimo - max taglio verticale

I file completi contenenti tutti gli involuppi delle sollecitazioni per tutti gli elementi del modello sono riportati sotto formato elettronico negli allegati di calcolo alla presente relazione. Per ciascuna fase di carico vengono estrapolati i massimi e minimi della sollecitazione indicizzata fornendo per ogni singolo frame del modello e per ogni output station le sollecitazioni congruenti.

Le fasi di carico elaborate e combinate dall'involuppatore, partendo dai singoli file di output del SAP2000, sono così suddivise:

- fase 1: solo trave metallica resistente (assenza di collaborazione con la soletta);
- fase 2: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati a istante successivo al getto, e di intensità costante nel tempo (es. permanenti di finitura, cedimenti);
- ritiro: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati all'istante immediatamente dopo il getto, e aventi sviluppo nel tempo parallelo a quello dei fenomeni differiti (ritiro);
- termica: presenza della soletta, con modulo elastico a breve termine, valutato per le variazioni termiche differenziali sulla sezione mista acciaio-clt.
- fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine, per tutte le azioni accidentali legate a traffico, vento e eventualmente sisma.

In fase di verifica con Ponti EC4, per esigenze computazionali, le fasi di carico saranno riorganizzate secondo la seguente legenda:

- fase 1: uguale alla fase 1 dell'involuppo;
- fase 2a: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati a istante successivo al getto, e di intensità costante nel tempo (es. permanenti di finitura);
- fase 2b: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati all'istante immediatamente dopo il getto, e aventi sviluppo nel tempo parallelo a quello dei fenomeni differiti (ritiro);
- fase 2c: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per coazioni o cedimenti vincolari imposti a un certo istante al getto, e aventi sviluppo nel tempo costante.
- fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine, utilizzata per le variazioni termiche differenziali e per tutte le azioni accidentali legate a traffico, vento e eventualmente sisma.

Gli involuppi vengono poi ripetuti anche per le combinazioni di carico per gli stati limite di esercizio (rara e frequente) da utilizzare per le verifiche tensionali e di respiro delle anime previste dall'EC3-EC4 e per la fatica (vedere appositi paragrafi per la descrizione delle condizioni di carico involuppate). L'elenco degli involuppi è il seguente:

- | | | |
|----|----------------------------|---|
| c) | R_SLE_rara_M33.xlsx | Stato Limite di Esercizio – comb. Rara - max momento flettente verticale |
| d) | R_SLE_rara_V2.xlsx | Stato Limite di Esercizio – comb. Rara - max taglio verticale |
| e) | R_SLE_freq_M33.xlsx | Stato Limite di Esercizio – comb. Freq. - max momento flettente verticale |
| f) | R_SLE_freq_V2.xlsx | Stato Limite di Esercizio – comb. Freq. - max taglio verticale |
| e) | R_Fat_M33.xlsx | Stato Limite di Fatica - max momento flettente verticale |
| f) | R_Fat_V2.xlsx | Stato Limite di Fatica - max taglio verticale |

A titolo riepilogativo si riportano nel seguente paragrafo i diagrammi con le massime sollecitazioni di involuppo SLU per le travi principali di impalcato, sia per il diagramma del taglio che per il momento flettente.

6.5.2. DIAGRAMMI 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 combinazioni di carico in precedenza descritte e di seguito riportate:

Somma +/-:

1.35/1.0 Fase1.out + 1.5/1.0 Fase2.out + 1.2/0.0 Ritiro.out + 0.9/0.0 Termica.out + 0.9/0.0 Vento + 1.35/0.0 FASE3

I grafici vengono ricavati mediante fogli di calcolo elettronici sulla base dei valori di sollecitazione totale massima/minima in ciascun elemento ricavati dai file di involucro R_SLU_M33.xlsx (max momento flettente) e R_SLU_V3.xlsx (max taglio). Si riportano i grafici relativi alla trave interna (filo 100) e esterna (filo 000).

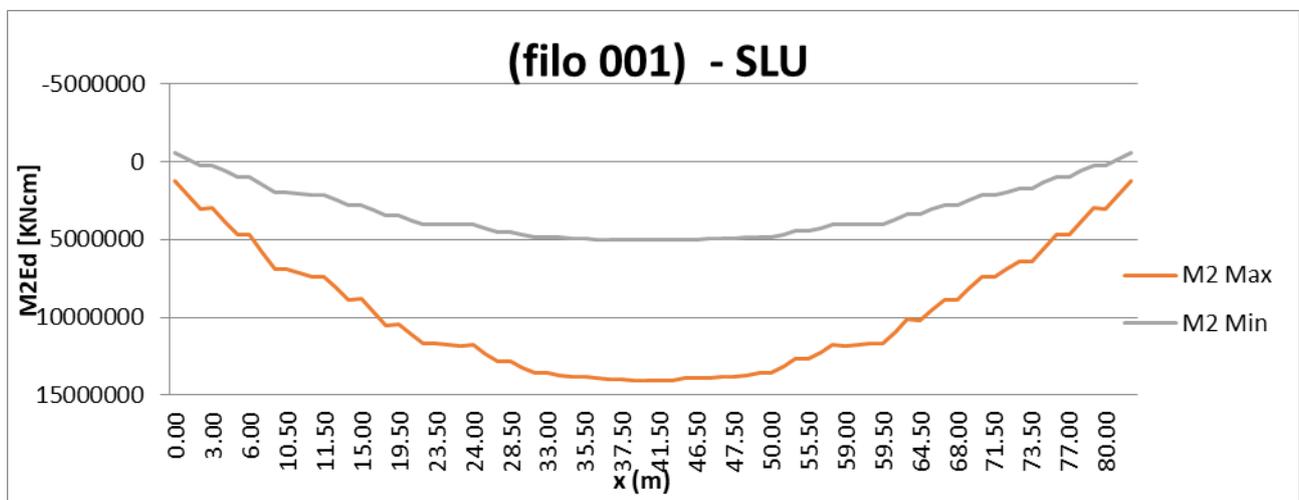


Figura 6.11 Involucro del momento sulla trave esterna (filo 001).

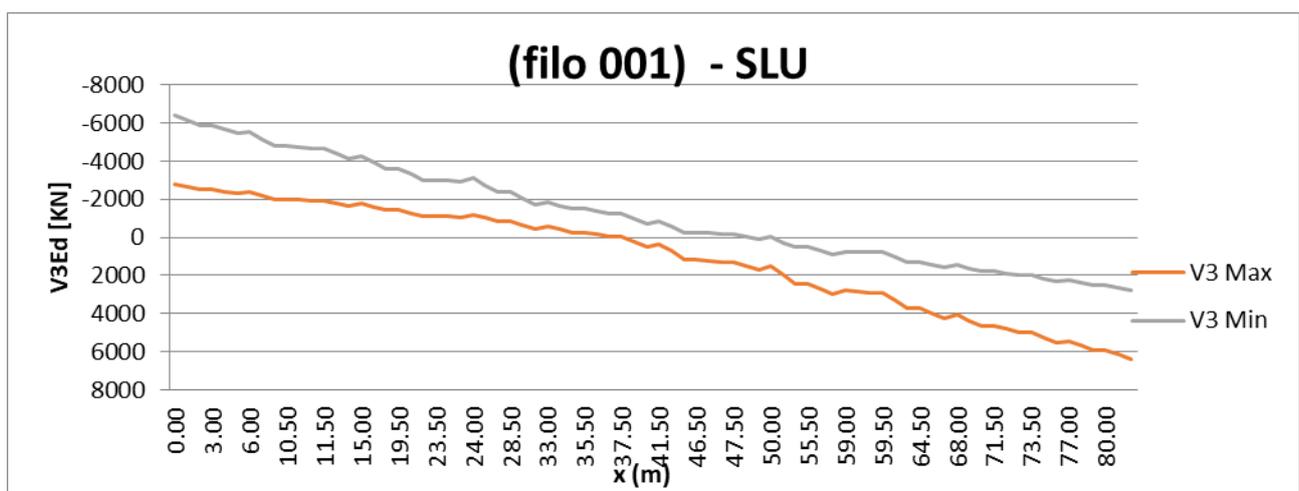


Figura 6.12 Involucro del taglio sulla trave esterna (filo 001).

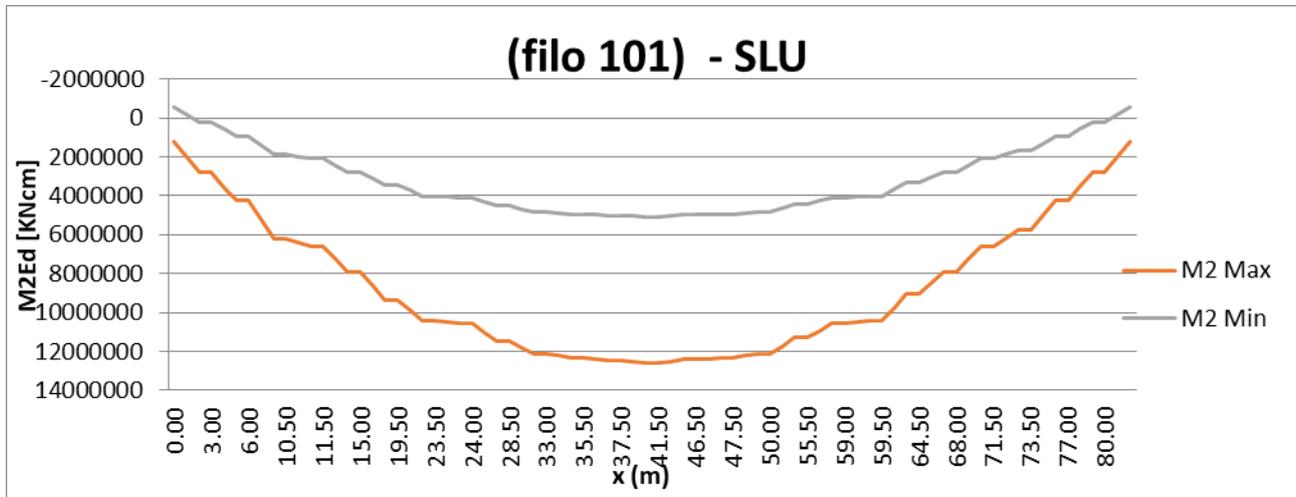


Figura 6.13 Involuppo del momento sulla trave interna (filo 101).

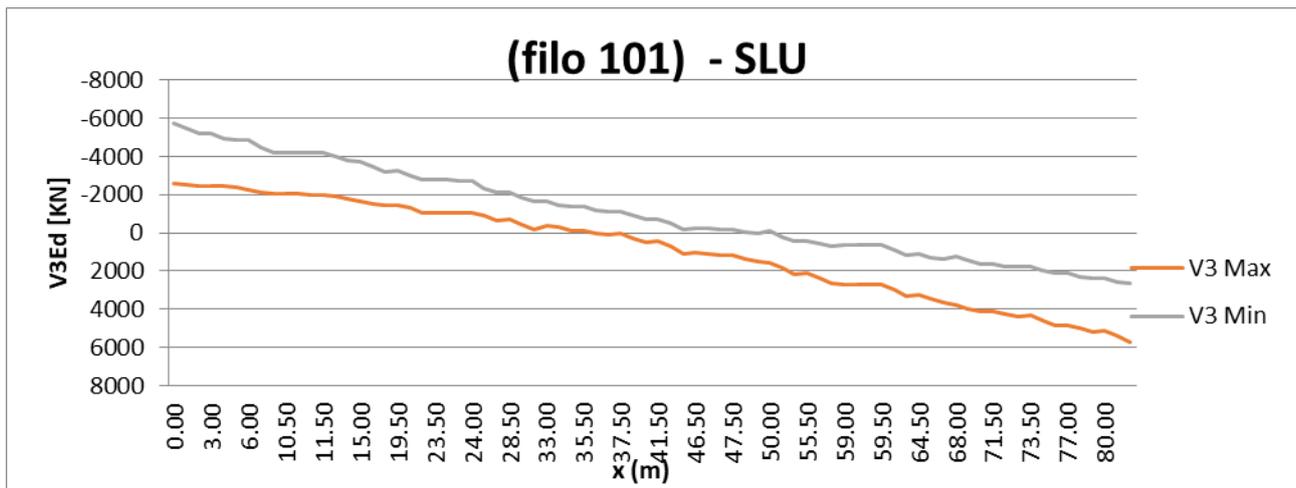


Figura 6.14 Figura 6.13. Involuppo del taglio sulla trave interna (filo 101).

6.6. ANALISI SISMICA

L'analisi sismica è stata condotta in modo da poter calcolare le reazioni necessarie per il dimensionamento degli appoggi e della sottostruttura (spalle e fondazioni) in condizioni sismiche.

Come già detto, sono previsti degli isolatori elastomerici che consentono di abbattere la rigidità del sistema ponte-sottostruttura e dunque avere dei periodi propri molto alti in modo da ricadere nel ramo discendente dello spettro di progetto.

N.B.: Il produttore dovrà garantire una variabilità dei valori di rigidità e smorzamento nominali degli isolatori tenendo conto di tutti i parametri (fornitura, invecchiamento, temperatura e frequenza di prova) non superiore a +/- 20% del valore nominale.

La massa sismica è data dalla somma dei carichi di Fase 1 e di Fase 2.

Di seguito si riportano le combinazioni di carico utilizzate. Le reazioni degli appoggi sono valutate per l'azione sismica allo SLV mentre gli spostamenti massimi sono valutati per l'azione sismica allo SLC.

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
ENT_VUT	Envelope	No	Linear Static	VUT-	1
ENT_VUT			Linear Static	VUT+	1
SLV_1	Linear Add	No	Linear Static	FASE1	1
SLV_1			Linear Static	FASE2	1
SLV_1			Response Combo	ENT_VUT	0.5
SLV_1			Response Spectrum	SLV_X	1
SLV_1			Response Spectrum	SLV_Y	0.3
SLV_1			Response Spectrum	SLV_Z	0.3
SLV_2	Linear Add	No	Linear Static	FASE1	1
SLV_2			Linear Static	FASE2	1
SLV_2			Response Combo	ENT_VUT	0.5
SLV_2			Response Spectrum	SLV_X	0.3
SLV_2			Response Spectrum	SLV_Y	1
SLV_2			Response Spectrum	SLV_Z	0.3
SLV_3	Linear Add	No	Linear Static	FASE1	1
SLV_3			Linear Static	FASE2	1
SLV_3			Response Combo	ENT_VUT	0.5
SLV_3			Response Spectrum	SLV_X	0.3
SLV_3			Response Spectrum	SLV_Y	0.3
SLV_3			Response Spectrum	SLV_Z	1
SLC_1	Linear Add	No	Linear Static	FASE1	1
SLC_1			Linear Static	FASE2	1
SLC_1			Response Combo	ENT_VUT	0.5
SLC_1			Response Spectrum	SLC_X	1
SLC_1			Response Spectrum	SLC_Y	0.3
SLC_1			Response Spectrum	SLC_Z	0.3
SLC_2	Linear Add	No	Linear Static	FASE1	1
SLC_2			Linear Static	FASE2	1
SLC_2			Response Combo	ENT_VUT	0.5
SLC_2			Response Spectrum	SLC_X	0.3
SLC_2			Response Spectrum	SLC_Y	1
SLC_2			Response Spectrum	SLC_Z	0.3
SLC_3	Linear Add	No	Linear Static	FASE1	1
SLC_3			Linear Static	FASE2	1
SLC_3			Response Combo	ENT_VUT	0.5
SLC_3			Response Spectrum	SLC_X	0.3
SLC_3			Response Spectrum	SLC_Y	0.3
SLC_3			Response Spectrum	SLC_Z	1

PROGETTAZIONE ATI:

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture prevede l'impiego di isolatori elastomerici; si tratta di dispositivi d'appoggio costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione; sono caratterizzati da ridotta rigidezza orizzontale, elevata rigidezza verticale ed opportuna capacità dissipativa. Queste caratteristiche consentono rispettivamente di aumentare il periodo proprio della struttura, di sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti, e di contenere lo spostamento sulla struttura isolata.

Su ogni spalla sono posizionati 3 isolatori elastomerici su un unico allineamento in corrispondenza delle tre nervature principali dell'impalcato.

Nel caso specifico vengono utilizzati degli isolatori elastomerici caratterizzati da i seguenti parametri:

- coefficiente di smorzamento viscoso equivalente (pari a $\xi_{eq} = 10\%$),
- spostamento massimo pari a 250 mm,
- rigidezza orizzontale equivalente $K_e = 3.09$ kN/mm
- rigidezza verticale $K_v = 2006$ kN/mm

Nel modello di calcolo tali dispositivi sono modellati con elementi "link" lineari a cui sono state assegnate le caratteristiche di rigidezza orizzontale equivalente (nelle due direzioni ortogonali nel piano orizzontale) e rigidezza verticale dell'isolatore adottato.

6.6.1. ANALISI MODALE

È stata definita l'analisi modale in modo da non trascurare modi di vibrare avente massa partecipante superiore al 5%. I primi due modi di vibrare mobilitano il 100% della massa nelle due direzioni principali X e Y, per raggiungere il 95% della massa lungo partecipante lungo Z sono stati studiati 25 modi di vibrare.

Di seguito vengono illustrati i modi di vibrare più significativi e le tabelle relative alle informazioni più rilevanti dell'analisi stessa.

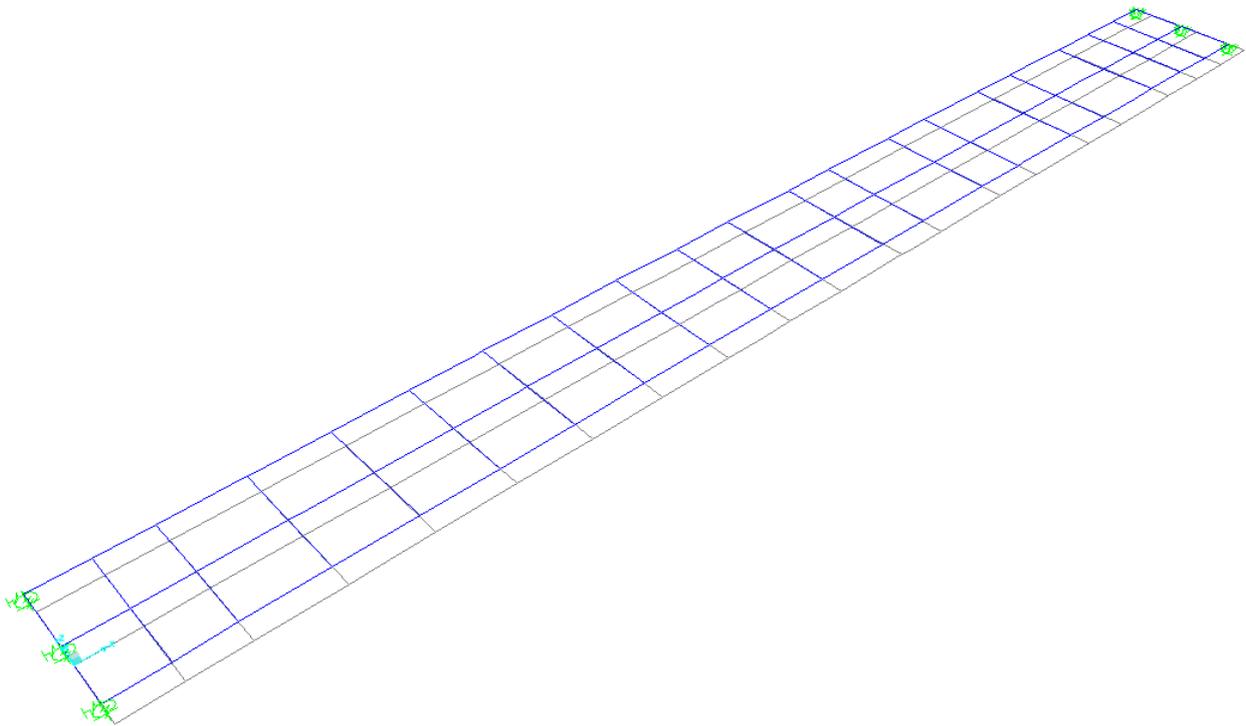


Figura 6.15 Primo modo di vibrare (T=1.977 s)

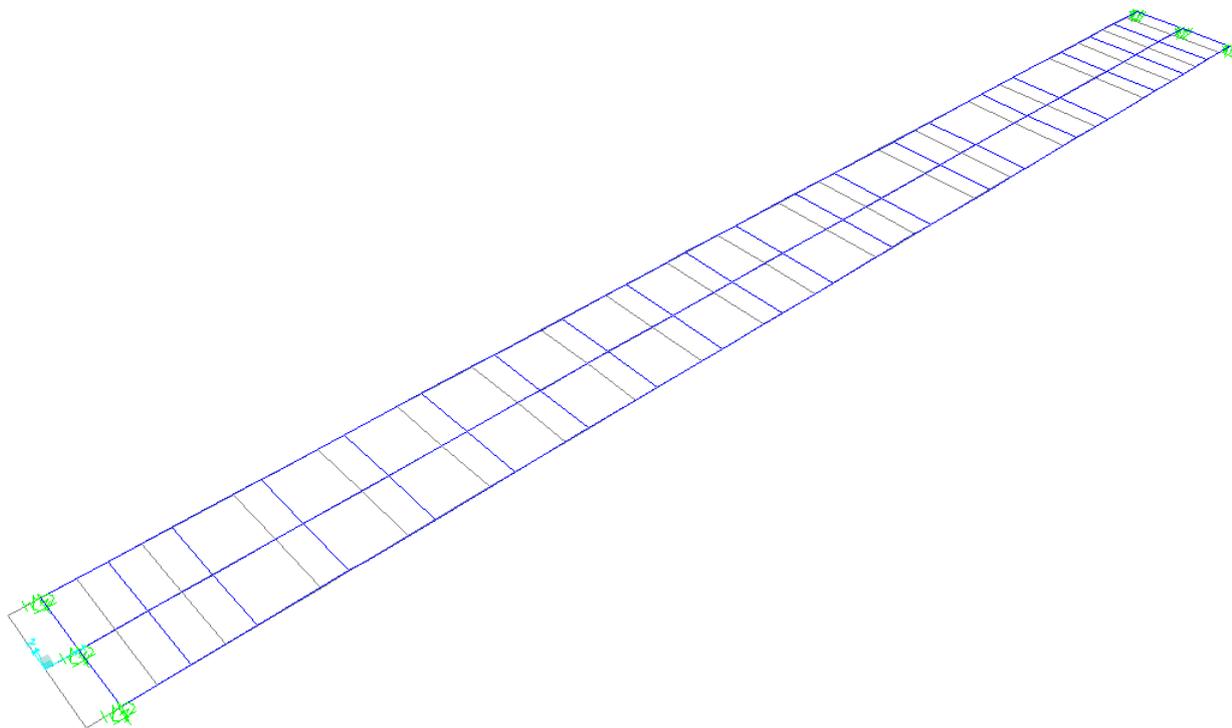


Figura 6.16 Secondo modo di vibrare (T=1.950 s)

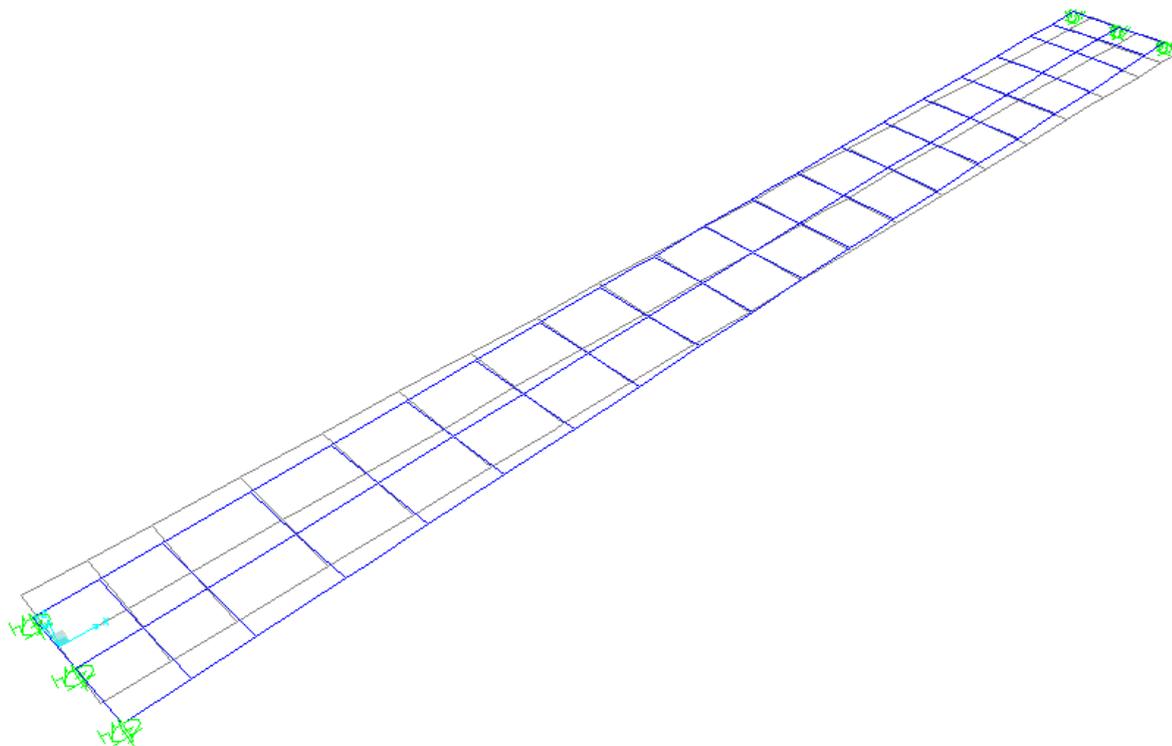


Figura 6.17 Terzo modo di vibrare (T=1.140 s)

PROGETTAZIONE ATI:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.977284	0	1	0	0	1	0
MODAL	Mode	2	1.950125	1	0	0	1	1	0
MODAL	Mode	3	1.140315	0	0	0	1	1	0
MODAL	Mode	4	0.746191	0	0	0	1	1	0
MODAL	Mode	5	0.734144	0	0	0.842	1	1	0.842
MODAL	Mode	6	0.218492	0	0	0	1	1	0.842
MODAL	Mode	7	0.207314	0	0	1.236E-19	1	1	0.842
MODAL	Mode	8	0.166276	0	0.0001864	2.885E-19	1	1	0.842
MODAL	Mode	9	0.110643	0	0	7.965E-17	1	1	0.842
MODAL	Mode	10	0.105408	0	0	0.091	1	1	0.934
MODAL	Mode	11	0.080384	0	0	0.00002906	1	1	0.934
MODAL	Mode	12	0.076609	0	0	1.112E-19	1	1	0.934

RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
0	0	0.745	0	0	0.745
0	0	0	0	0	0.745
0	0	0.255	0	0	1
0.842	0	0	0.842	0	1
0	0.643	0	0.842	0.643	1
2.691E-20	0	0	0.842	0.643	1
1.507E-19	0.162	0	0.842	0.805	1
3.733E-17	1.018E-17	0.0001389	0.842	0.805	1
0.093	4.295E-18	0	0.935	0.805	1
1.168E-15	0.069	0	0.935	0.875	1
6.029E-16	0.00002219	0	0.935	0.875	1
6.675E-16	4.398E-16	0.000005654	0.935	0.875	1

PROGETTAZIONE ATI:

6.6.2. REAZIONI DEGLI APPOGGI ALLO SLC-SLU

Nel paragrafo seguente vengono indicate le reazioni degli appoggi allo SLC utili al dimensionamento degli stessi. Per le reazioni relative alla combinazione SLU si rimanda alle tabelle riportate nel capitolo 11.

TABLE: Joint Reactions						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	SLC_1	Combination	Max	617.424	173.115	3141.265
1	SLC_1	Combination	Min	-617.424	-173.115	2925.393
1	SLC_2	Combination	Max	209.81	577.045	3141.265
1	SLC_2	Combination	Min	-209.81	-577.045	2925.393
1	SLC_3	Combination	Max	207.859	173.114	3393.115
1	SLC_3	Combination	Min	-207.859	-173.114	2673.542
27	SLC_1	Combination	Max	617.424	173.115	3141.265
27	SLC_1	Combination	Min	-617.424	-173.115	2925.393
27	SLC_2	Combination	Max	209.81	577.045	3141.265
27	SLC_2	Combination	Min	-209.81	-577.045	2925.393
27	SLC_3	Combination	Max	207.859	173.114	3393.115
27	SLC_3	Combination	Min	-207.859	-173.114	2673.542
101	SLC_1	Combination	Max	616.562	173.119	2780.376
101	SLC_1	Combination	Min	-616.562	-173.119	2590.178
101	SLC_2	Combination	Max	207.015	577.064	2780.376
101	SLC_2	Combination	Min	-207.015	-577.064	2590.178
101	SLC_3	Combination	Max	207.015	173.119	3002.275
101	SLC_3	Combination	Min	-207.015	-173.119	2368.279
127	SLC_1	Combination	Max	616.562	173.119	2780.376
127	SLC_1	Combination	Min	-616.562	-173.119	2590.178
127	SLC_2	Combination	Max	207.015	577.064	2780.376
127	SLC_2	Combination	Min	-207.015	-577.064	2590.178
127	SLC_3	Combination	Max	207.015	173.119	3002.275
127	SLC_3	Combination	Min	-207.015	-173.119	2368.279
201	SLC_1	Combination	Max	617.424	173.115	3141.265
201	SLC_1	Combination	Min	-617.424	-173.115	2925.393
201	SLC_2	Combination	Max	209.81	577.045	3141.265
201	SLC_2	Combination	Min	-209.81	-577.045	2925.393
201	SLC_3	Combination	Max	207.859	173.114	3393.115
201	SLC_3	Combination	Min	-207.859	-173.114	2673.543
227	SLC_1	Combination	Max	617.424	173.115	3141.265
227	SLC_1	Combination	Min	-617.424	-173.115	2925.393
227	SLC_2	Combination	Max	209.81	577.045	3141.265
227	SLC_2	Combination	Min	-209.81	-577.045	2925.393
227	SLC_3	Combination	Max	207.859	173.114	3393.115
227	SLC_3	Combination	Min	-207.859	-173.114	2673.543

6.6.3. SPOSTAMENTI ALLO SLC - SLU

Si riportano in tabella i valori degli spostamenti degli appoggi allo SLC, necessari per il dimensionamento della corsa dell'isolatore.

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	$(U1^2+U2^2)^{0.5}$
Text	Text	Text	Text	cm	cm	cm
1	SLC_1	Combination	Max	19.981363	5.602428	20.8
1	SLC_1	Combination	Min	-19.981363	-5.602428	20.8
1	SLC_2	Combination	Max	6.789982	18.674593	19.9
1	SLC_2	Combination	Min	-6.789982	-18.674593	19.9
1	SLC_3	Combination	Max	6.726832	5.60239	8.8
1	SLC_3	Combination	Min	-6.726832	-5.60239	8.8
27	SLC_1	Combination	Max	19.981363	5.602428	20.8
27	SLC_1	Combination	Min	-19.981363	-5.602428	20.8
27	SLC_2	Combination	Max	6.789982	18.674593	19.9
27	SLC_2	Combination	Min	-6.789982	-18.674593	19.9
27	SLC_3	Combination	Max	6.726832	5.60239	8.8
27	SLC_3	Combination	Min	-6.726832	-5.60239	8.8
101	SLC_1	Combination	Max	19.953453	5.602562	20.7
101	SLC_1	Combination	Min	-19.953453	-5.602562	20.7
101	SLC_2	Combination	Max	6.699507	18.675208	19.8
101	SLC_2	Combination	Min	-6.699507	-18.675208	19.8
101	SLC_3	Combination	Max	6.699507	5.602562	8.7
101	SLC_3	Combination	Min	-6.699507	-5.602562	8.7
127	SLC_1	Combination	Max	19.953453	5.602562	20.7
127	SLC_1	Combination	Min	-19.953453	-5.602562	20.7
127	SLC_2	Combination	Max	6.699507	18.675208	19.8
127	SLC_2	Combination	Min	-6.699507	-18.675208	19.8
127	SLC_3	Combination	Max	6.699507	5.602562	8.7
127	SLC_3	Combination	Min	-6.699507	-5.602562	8.7
201	SLC_1	Combination	Max	19.981363	5.602428	20.8
201	SLC_1	Combination	Min	-19.981363	-5.602428	20.8
201	SLC_2	Combination	Max	6.789982	18.674593	19.9
201	SLC_2	Combination	Min	-6.789982	-18.674593	19.9
201	SLC_3	Combination	Max	6.726832	5.60239	8.8
201	SLC_3	Combination	Min	-6.726832	-5.60239	8.8
227	SLC_1	Combination	Max	19.981363	5.602428	20.8
227	SLC_1	Combination	Min	-19.981363	-5.602428	20.8
227	SLC_2	Combination	Max	6.789982	18.674593	19.9
227	SLC_2	Combination	Min	-6.789982	-18.674593	19.9
227	SLC_3	Combination	Max	6.726832	5.60239	8.8
227	SLC_3	Combination	Min	-6.726832	-5.60239	8.8

Lo spostamento massimo richiesto in combinazione SLC è dunque pari a 208 mm che risulta essere minore rispetto alla corsa dell'isolatore che risulta essere pari a 250mm.

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Nella tabella seguente vengono riportati gli spostamenti concomitanti allo sforzo normale massimo presente su isolatore nella combinazione SLU (vento e termica uniforme come azioni secondarie).

TABLE: Joint Displacements - comb Nmax					
Joint	OutputCas	CaseType	StepTy	U1	U2
Text	Text	Text	Text	cm	cm
1	VENTO + VUT	Combination	Max	2.043779	-6.265363
1	VENTO + VUT	Combination	Min	-1.983518	-6.265364
27	VENTO + VUT	Combination	Max	1.983518	-6.265363
27	VENTO + VUT	Combination	Min	-2.043779	-6.265364
101	VENTO + VUT	Combination	Max	2.013595	-6.265416
101	VENTO + VUT	Combination	Min	-2.013664	-6.265416
127	VENTO + VUT	Combination	Max	2.013664	-6.265416
127	VENTO + VUT	Combination	Min	-2.013595	-6.265416
201	VENTO + VUT	Combination	Max	1.983551	-6.265093
201	VENTO + VUT	Combination	Min	-2.043745	-6.265095
227	VENTO + VUT	Combination	Max	2.043745	-6.265093
227	VENTO + VUT	Combination	Min	-1.983551	-6.265095

Nella tabella seguente vengono riportati gli spostamenti massimi nella combinazione SLU (involuppo tra vento e termica come azioni principali).

TABLE: Joint Displacements - ENV SLU					
Joint	OutputCas	CaseType	StepTy	U1	U2
Text	Text	Text	Text	cm	cm
1	ENV SLU	Combination	Max	3.386211	-6.265362
1	ENV SLU	Combination	Min	-3.32595	-10.442274
27	ENV SLU	Combination	Max	3.32595	-6.265362
27	ENV SLU	Combination	Min	-3.386211	-10.442274
101	ENV SLU	Combination	Max	3.356015	-6.265416
101	ENV SLU	Combination	Min	-3.356084	-10.44236
127	ENV SLU	Combination	Max	3.356084	-6.265416
127	ENV SLU	Combination	Min	-3.356015	-10.44236
201	ENV SLU	Combination	Max	3.325983	-6.265092
201	ENV SLU	Combination	Min	-3.386177	-10.441824
227	ENV SLU	Combination	Max	3.386177	-6.265092
227	ENV SLU	Combination	Min	-3.325983	-10.441824

6.6.4. CORSA MASSIMA GIUNTI DI DILATAZIONE

Si riportano in tabella i valori degli spostamenti degli appoggi di spalla allo SLV nelle due direzioni longitudinale e trasversale (parallele e ortogonale all'asse del ponte), necessari per il dimensionamento del giunto di dilatazione

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2
Text	Text	Text	Text	cm	cm
1	SLV_1	Combination	Max	15.422226	4.433137
1	SLV_1	Combination	Min	-15.422226	-4.433137
1	SLV_2	Combination	Max	4.829522	14.776985
1	SLV_2	Combination	Min	-4.829522	-14.776985
27	SLV_1	Combination	Max	15.422291	4.432911
27	SLV_1	Combination	Min	-15.422291	-4.432911
27	SLV_2	Combination	Max	4.829753	14.776235
27	SLV_2	Combination	Min	-4.829753	-14.776235
101	SLV_1	Combination	Max	15.354757	4.433299
101	SLV_1	Combination	Min	-15.354757	-4.433299
101	SLV_2	Combination	Max	4.606427	14.777663
101	SLV_2	Combination	Min	-4.606427	-14.777663
127	SLV_1	Combination	Max	15.354765	4.43307
127	SLV_1	Combination	Min	-15.354765	-4.43307
127	SLV_2	Combination	Max	4.60643	14.776902
127	SLV_2	Combination	Min	-4.60643	-14.776902
201	SLV_1	Combination	Max	15.422226	4.433137
201	SLV_1	Combination	Min	-15.422226	-4.433137
201	SLV_2	Combination	Max	4.829522	14.776985
201	SLV_2	Combination	Min	-4.829522	-14.776985
227	SLV_1	Combination	Max	15.422291	4.432911
227	SLV_1	Combination	Min	-15.422291	-4.432911
227	SLV_2	Combination	Max	4.829753	14.776235
227	SLV_2	Combination	Min	-4.829753	-14.776235

ESCURSIONE GIUNTI (SLV)		
	LONG (mm)	TRASV (mm)
SPA-SPB	±170	±160

7. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Nel presente capitolo si riportano le verifiche degli elementi strutturali di cui si sono descritte le caratteristiche statiche e di sollecitazione nei capitoli precedenti. I criteri per la verifica della resistenza delle sezioni (cross section checks) sono contenuti nelle NTC18 cap. 4.2, 4.3 e relative istruzioni. Si rileva una perfetta coincidenza con quanto contenuto in Eurocodice, attraverso l'applicazione del relativo N.A.D. (rif. EN 1993-1-1, EN1993-1-5, EN 1993-2, EN1994-1-1, EN 1994-2). Nel prosieguo si farà riferimento puntuale a quest'ultimo testo, caratterizzato da una trattazione più omogenea, e da un riferimento più puntuale relativamente alle varie regole applicative. Nell'ambito dei vari S.L. considerati, si effettuano, a livello sezionale, le seguenti verifiche:

S.L.U.

resistenza delle sezioni (incluse verifiche di “local buckling”)
flange induced buckling

S.L.E.

limitazione delle tensioni
“web breathing”

Fatica

verifica dell'ampiezza dei $\Delta\sigma$

I medesimi S.L. verranno esaminati, con le medesime modalità generali, per la verifica della connessione trave-soletta. Il complesso delle precedenti verifiche viene effettuato in automatico dal programma "Ponti EC4" per tutte le sezioni miste acciaio-cls che costituiscono le travi principali del viadotto. Nel seguito vengono esposte in dettaglio le modalità operative attraverso il commento della reportistica delle sezioni più significative prese a campione.

7.1. DISTRIBUZIONE DELLE SEZIONI STRUTTURALI

Per la distribuzione delle sezioni strutturali si fa riferimento ai paragrafi dell'analisi strutturale, mentre nel seguente prospetto si riepilogano le denominazioni delle sezioni utilizzate dal software Ponti EC4 in correlazione con la numerazione delle aste dei modelli di calcolo.

Ponti EC4 per ciascuna asta delle travi principali di impalcato crea una sezione di verifica corrispondente all'output station del frame nel modello seguendo i seguenti parametri:

- Trave (filo 001, T2 – filo 101, T2)
- Numero elemento frame considerato (numero “frame” del modello di calcolo)
- Output Station considerato (“I” = inizio elemento, “M” = mezzera elemento, “F” = fine elemento)

Quindi per l'elemento j-esimo (“frame” appartenente alla trave Tn-esima) verranno riportate le verifiche per le sezioni resistenti TnNji, TnNjm e TnNjf. Di seguito si riporta uno specchio riepilogativo dell'associazione fra aste di modello, sezioni metalliche resistenti e la denominazione delle sezioni di verifica utilizzata dal software Ponti EC4.

<i>SEZIONE DI VERIFICA</i>	<i>CONCIO METALLICO DI ANALISI</i>	<i>ASTE MODELLO</i>
T1N001I-T1N004F	001	1-4
T1N005I-T1N007F	002	5-7
T1N008I-T1N011F	003	8-11
T1N012I-T1N015F	004	12-15
T1N016I-T1N019F	005	16-19
T1N020I-T1N022F	006	20-22
T1N023I-T1N026F	007	23-26

Figura 7.1 Tabella di riferimento sezioni di verifica - conci metallici di analisi – frame modello – Trave 0

<i>SEZIONE DI VERIFICA</i>	<i>CONCIO METALLICO DI ANALISI</i>	<i>ASTE MODELLO</i>
T2N001I-T2N004F	001	101-104
T2N005I-T2N007F	002	105-107
T2N008I-T2N011F	003	108-111
T2N012I-T2N015F	004	112-115
T2N016I-T2N019F	005	116-119
T2N020I-T2N022F	006	120-122
T2N023I-T2N026F	007	123-126

Figura 7.2 Tabella di riferimento sezioni di verifica - conci metallici di analisi – frame modello – Trave 100

7.2. TRAVI LONGITUDINALI – VERIFICHE SLU

Le verifica di resistenza delle sezioni allo S.L.U. viene effettuata attraverso i seguenti passaggi:

– **Preclassificazione della sezione**

Effettuata sulla base delle caratteristiche geometriche dei singoli sottocomponenti.

– **Analisi plastica**

Tracciamento dei domini di resistenza della sezione N/M_{rd} ed $N/M_{f,rd}$ (dominio della sezione privata dell'anima).

– **Classificazione effettiva della sezione**

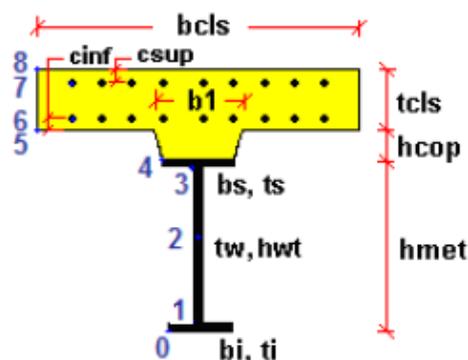
Effettuata sulla base dell'effettivo valore di N_{Ed} , M_{Ed} per la combinazione in esame (max/min M_{Ed} , max/min V_{Ed} , con i rispettivi valori concomitanti).

– **Verifica plastica a pressoflessione (solo sezioni cl. 1 e 2):**

Valutazione del massimo rapporto di sfruttamento plastico $\eta_{1,;}$ effettuata con riferimento a N_{Ed} , M_{Ed} agenti isolatamente, e per effetto combinato.

– **Verifica elastica a pressoflessione (sezioni cl. 3 e 4)**

Valutazione del massimo rapporto di sfruttamento elastico η_1 , effettuata rispettivamente per le sezioni in classe 3/4 con riferimento alle caratteristiche geometriche lorde/efficaci. Le caratteristiche geometriche efficaci vengono dedotte in maniera iterativa, tenendo conto delle flessioni parassite che nascono per effetto dell'eccentricità assunta dall'azione assiale di progetto causata dallo "shift" progressivo dell'a.n.e. Le tensioni vengono valutate in corrispondenza delle 8 fibre indicate nello schema seguente.



Nell'ambito del calcolo tensionale, la soletta viene considerata "cracked" (non reagente) all'atto dell'annullamento della tensione di compressione valutata in corrispondenza della fibra media. Contestualmente all'annullamento della soletta, si annullano anche le sollecitazioni da ritiro primario.

– **Verifica a taglio - sezioni non soggette a "shear buckling"**

Viene effettuato il calcolo del taglio resistente plastico e il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio.

PROGETTAZIONE ATI:

– **Verifica a taglio - sezioni suscettibili di "shear buckling"**

Per sezioni soggette a "shear buckling" viene valutato il coefficiente di riduzione χ_w , e successivamente valutato il taglio resistente $V_{b,Rd}$ come somma dei contributi resistenti dell'anima $V_{bw,Rd}$ e, se applicabile, delle flange $V_{bf,Rd}$.

– Verifica interazione azione assiale - flessione - taglio (tutte le classi)

Si adotta univocamente, per tutte le classi di sezione, l'approccio proposto da EN 1993-1-5, cap. 7.1, che consiste nella valutazione di un rapporto di sfruttamento modificato in funzione dei singoli rapporti di sfruttamento valutati per pressoflessione e taglio agenti separatamente. L'adozione di questa formulazione risulta a rigore solo leggermente più cautelativa di quella riservata alle sezioni di classe 1 - 2, per le quali l'interazione N-M-V si risolverebbe con la deduzione di un rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali valutato con riferimento a una anima opportunamente ridotta per tenere conto dell'influenza del taglio (cfr. EN 1994-2 cap. 6.2.2.4.(2)).

Un'ulteriore ipotesi cautelativa, riservata alla verifica di sezioni in classe 3-4, è l'utilizzo sistematico del rapporto di sfruttamento elastico in luogo di quello plastico, indipendentemente dall'andamento delle tensioni lungo l'anima (a rigore la EN 1993-1-5, cap. 7.1.(4) e (5) prevede tale accortezza solo qualora l'anima risulti interamente in compressione). Inoltre in EN 1993-1-5 7.1 (2) è indicato che la verifica deve essere effettuata a distanza maggiore di $hw/2$ dalla sezione di appoggio. In considerazione di queste ipotesi cautelative le verifiche di interazione si intendono soddisfatte anche se dovessero eccedere l'unità di qualche punto percentuale.

Come già evidenziato relativamente al calcolo del contributo resistente a taglio delle flange, le resistenze plastiche della sezione completa e della sezione privata dell'anima sono rilevate direttamente dai rispettivi domini di interazione, per cui:

$$M_{pl,Rd} = M_{pl(N),Rd}$$

$$M_{f,Rd} = M_{f(N),Rd}$$

Si rileva che la disequaglianza associata alla formula di interazione presentata poco sopra evidenzia implicitamente che la formula non è applicabile (non vi è interazione) qualora il momento di progetto sia minore di quello sopportabile dalle sole flange.

Per sezioni in classe 3-4, il momento di progetto M_{Ed} viene valutato sulla base delle tensioni cumulate nella fibra più sollecitata ($M_{Ed,eq} = \max | W_{xi} * \sum \sigma_{x,i} |$).

A seguire si riporta lo sviluppo delle verifiche nelle sezioni più significative, tramite le singole tabelle prodotte dalla procedura Ponti EC4. Per tutte le altre sezioni si indicheranno in forma grafica e tabellare i coefficienti di utilizzo.

7.2.1. VERIFICA DELLE SEZIONI

Il programma effettua sistematicamente il gruppo di verifiche per le quattro condizioni fondamentali M_{max} , M_{min} , V_{max} e V_{min} , sulla base delle sollecitazioni di progetto S.L.U. esportate direttamente, nell'ambito di ciascuna "fase", dal modello agli elementi finiti. Negli allegati di calcolo su supporto elettronico si riportano per esteso le verifiche allo SLU per tutte le sezioni dei diversi conci. Nelle pagine seguenti si riportano invece in forma grafica i risultati principali e in forma tabellare l'output sintetico delle verifiche del programma Ponti EC4, contenente, per ciascuna sezione e per ciascuna condizione esaminata, i seguenti risultati, rispettivamente scaturiti dall'analisi a lungo termine (LT) e dall'analisi a breve termine (ST):

- classificazione della sezione in fase 1
- classificazione della sezione in fase finale
- $\eta_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$ rapporto di sfruttamento plastico per tensioni normali (solo classe 1 e 2)
- $\eta_1 = \frac{\sigma_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}$ rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali
- $\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}}$ rapporto di sfruttamento a taglio
- $\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$ rapporto di sfruttamento plastico a taglio
- V/M/N rapporto di sfruttamento per azione combinata M/N/V

Si evidenzia che sia l'analisi plastica sia l'analisi elastica vengono effettuate sistematicamente dal programma, indipendentemente dalla classificazione della sezione. Pertanto, nell'ambito dell'esposizione dei vari rapporti di sfruttamento, verranno indicati tra parentesi:

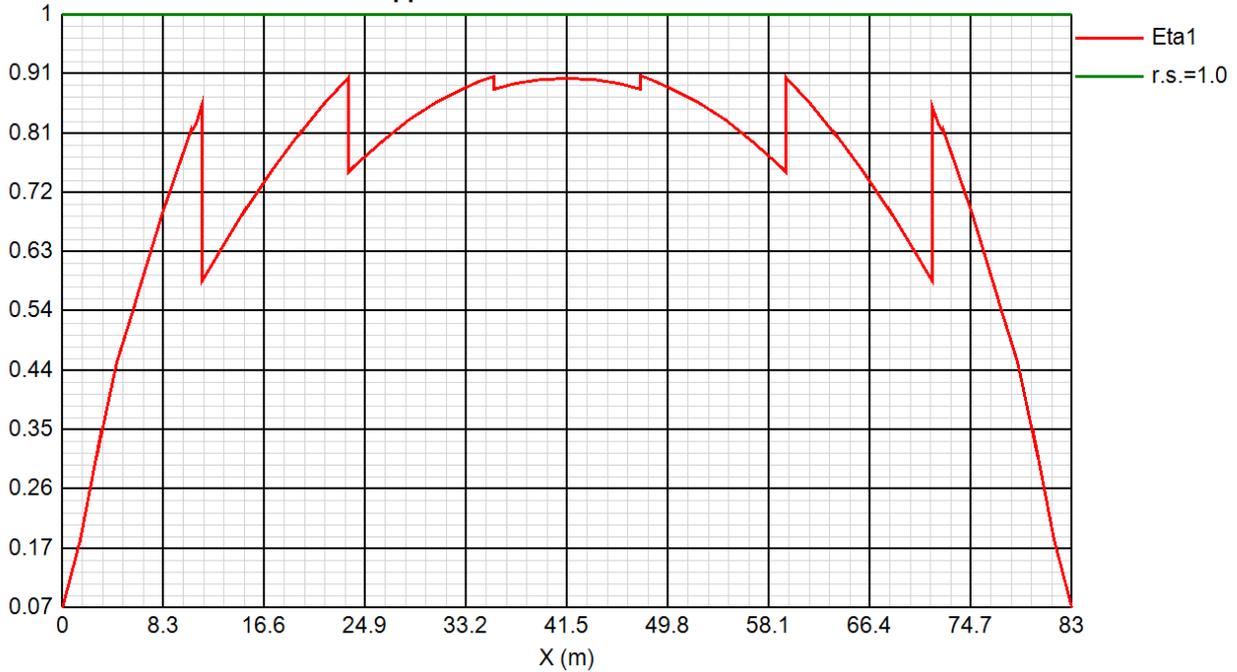
- il rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali, quando riferito a sezioni di classe 1-2 (valore non significativo)
- Il rapporto di sfruttamento plastico per tensioni normali, quando riferito a sezioni di classe 3-4 (verifica plastica non applicabile)

Si riportano sinteticamente di seguito i valori di riferimento per le verifiche di resistenza (vedi par. 3 per i valori completi):

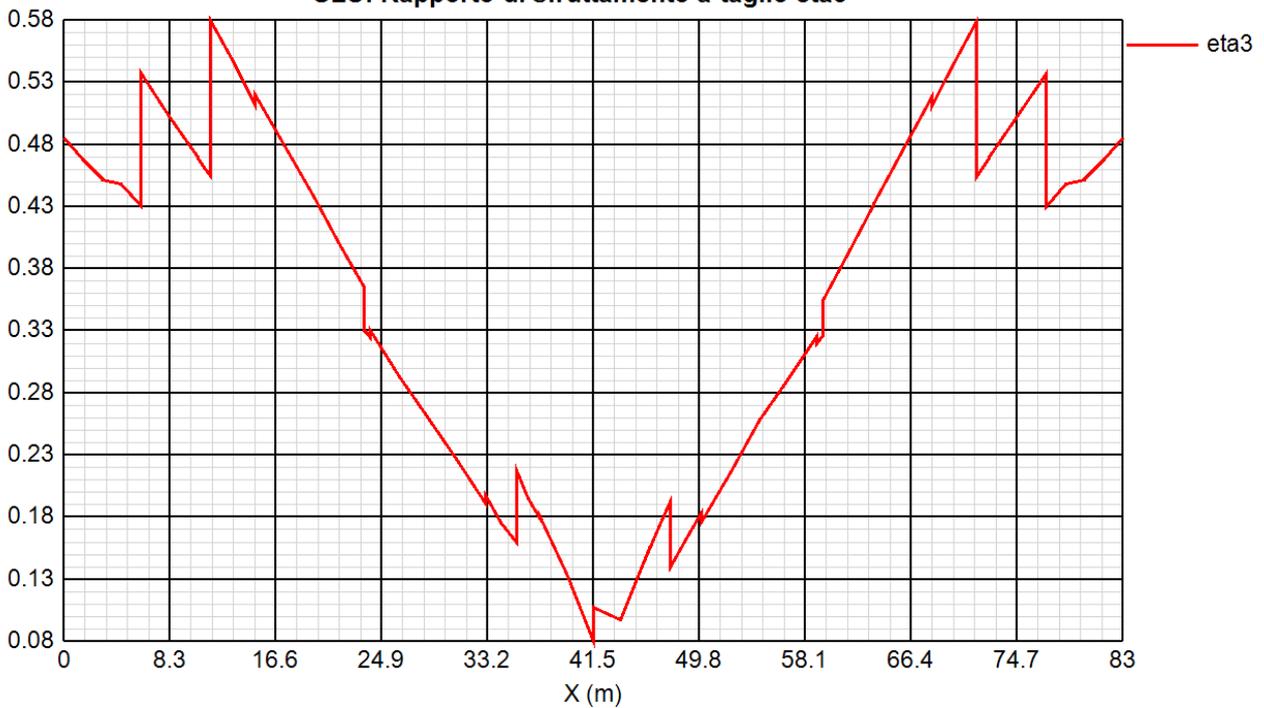
- | | | | |
|--------------------------------|-----------|------------------------|--------------------|
| - Travi principali (S355J0): | sp ≤ 4 cm | f _{yd} = 33.8 | kN/cm ² |
| | sp > 4 cm | f _{yd} = 31.9 | kN/cm ² |
| - Piastre metalliche (S355J0): | | f _{yd} = 33.8 | kN/cm ² |
| - Soletta (C32/40): | | f _{cd} = 1.88 | kN/cm ² |
| - Barre di armatura (B450C): | | f _{yd} = 39.1 | kN/cm ² |

FILO 000 - 200

SLU: Rapporto di sfruttamento elastico eta1



SLU: Rapporto di sfruttamento a taglio eta3

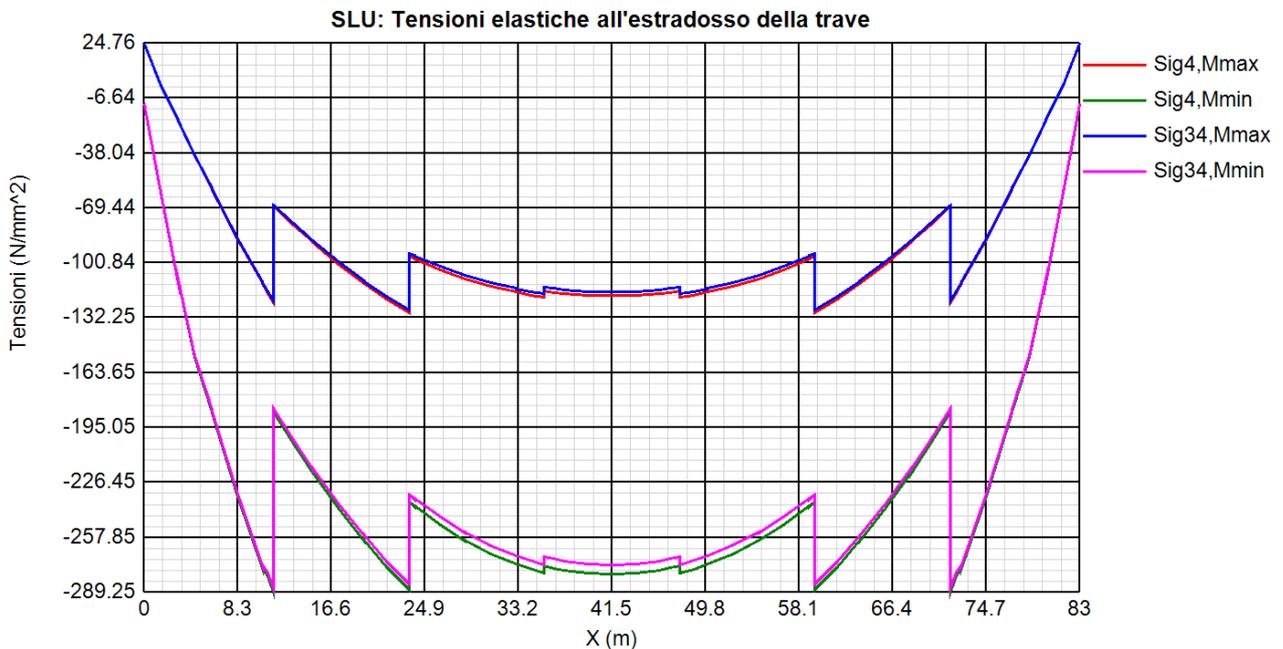
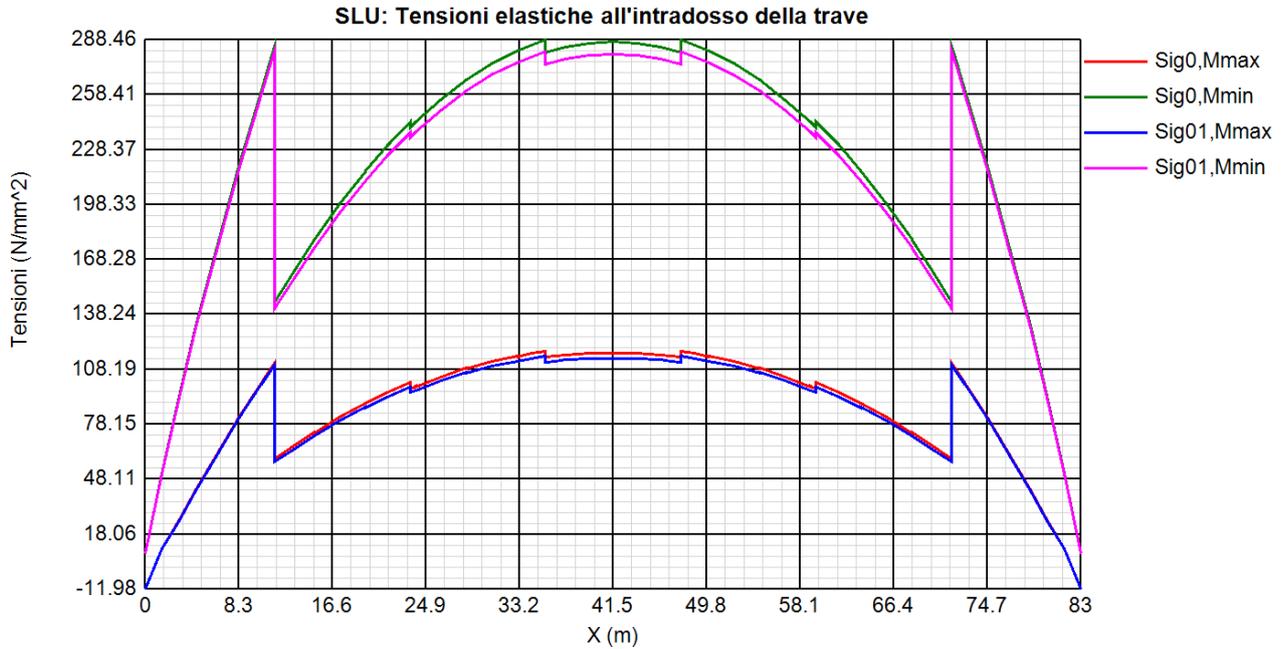
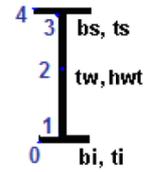


PROGETTAZIONE ATI:

Grafici delle tensioni allo SLU

Sig0, Sig01 = tensioni intradosso elemento (punti 0 e 1 della figura)

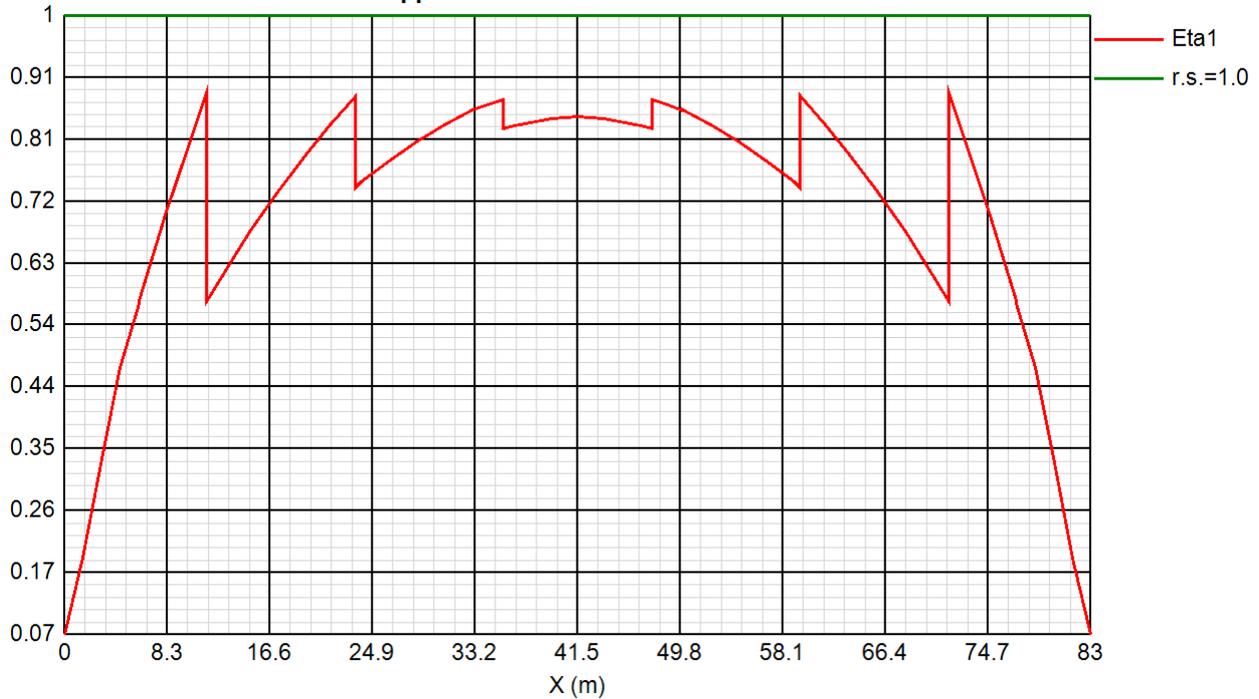
Sig4, Sig34 = tensioni estradosso elemento (punti 4 e 3 della figura)



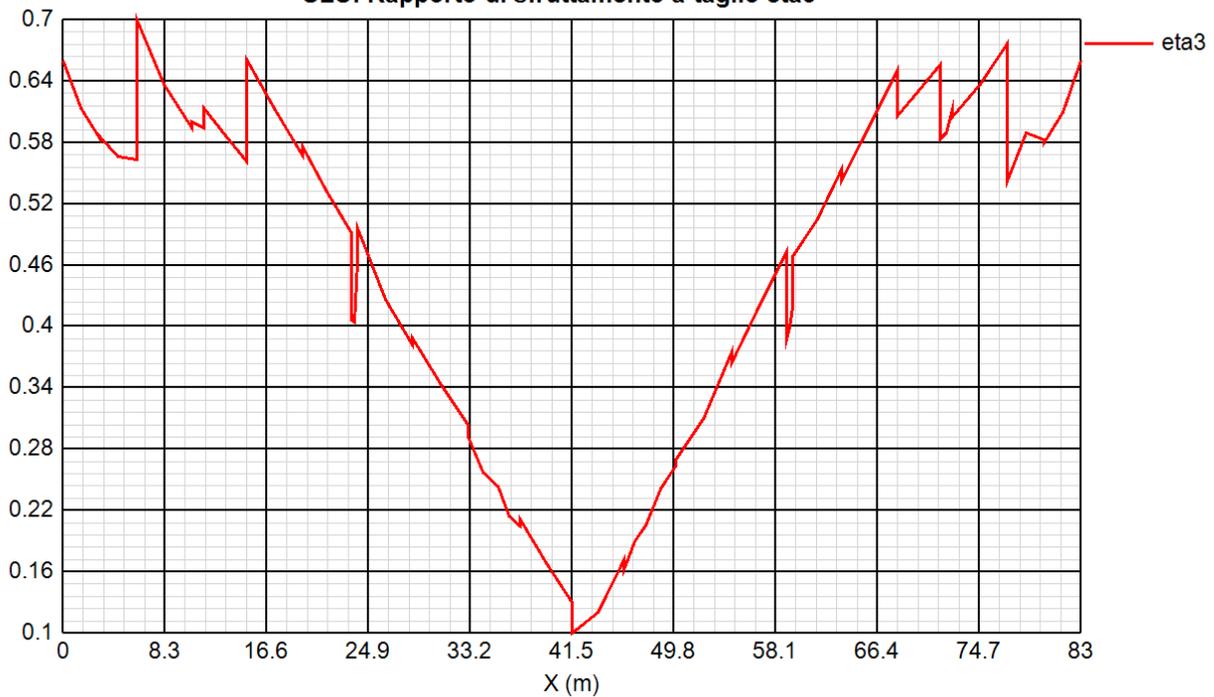
PROGETTAZIONE ATI:

FILO 100

SLU: Rapporto di sfruttamento elastico eta1



SLU: Rapporto di sfruttamento a taglio eta3

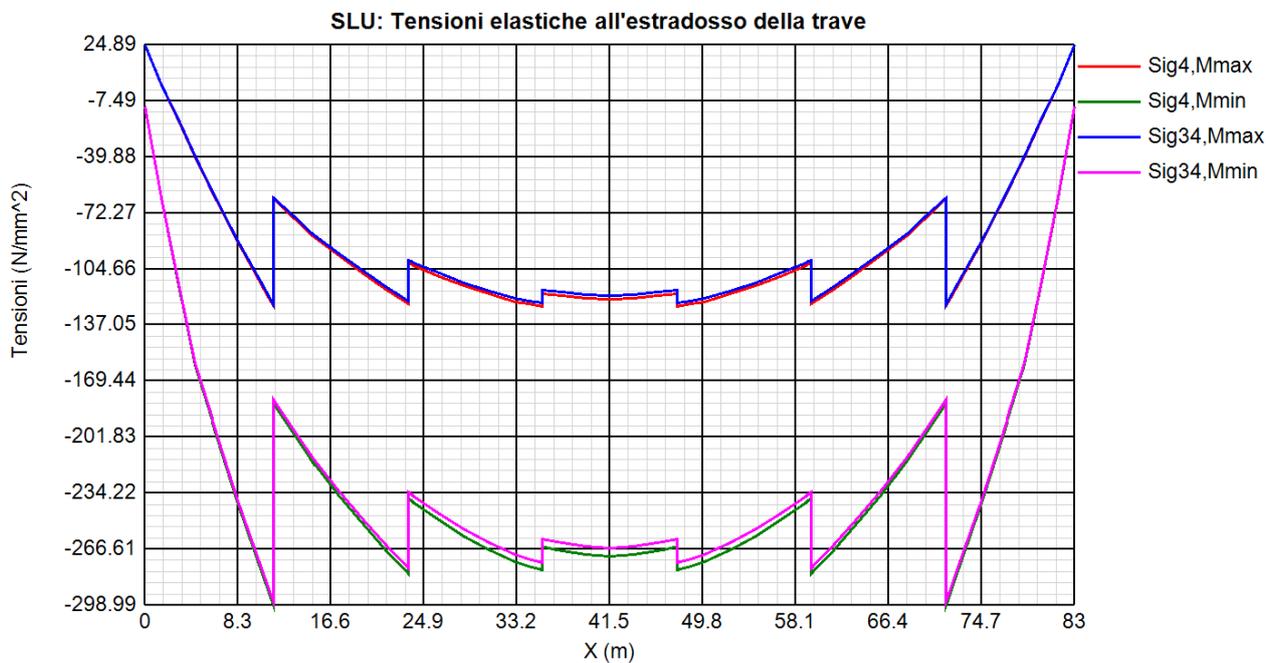
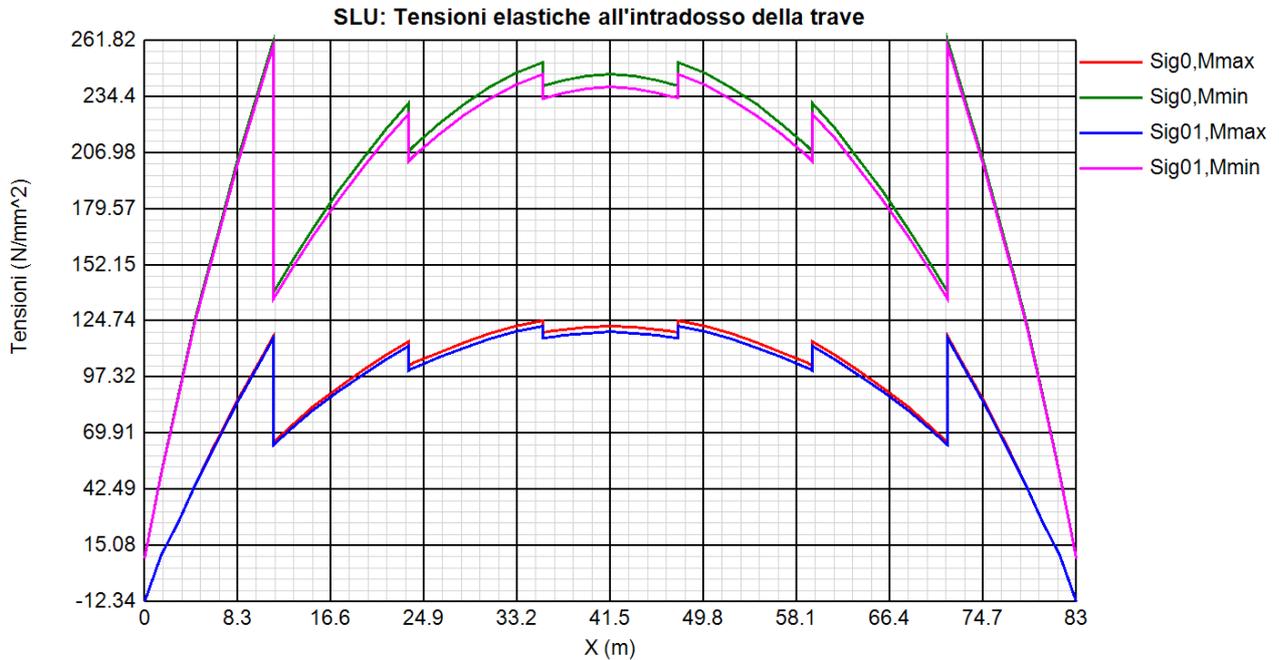
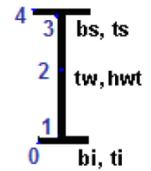


PROGETTAZIONE ATI:

Grafici delle tensioni allo SLU

Sig0, Sig01 = tensioni intradosso elemento (punti 0 e 1 della figura)

Sig4, Sig34 = tensioni estradosso elemento (punti 4 e 3 della figura)



PROGETTAZIONE ATI:

Si riportano infine di seguito, a titolo puramente illustrativo, alcune delle verifiche estese per le sezioni resistenti più significative delle travi principali; per le verifiche estese di tutte le aste in tutte le condizioni di carico si rimanda, per ovvie esigenze di contenimento della dimensione del presente documento, agli allegati di calcolo alla presente relazione disponibili su supporto informatico.

FILO 000 - 200

Sezione T1N005I T1N005I

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	1.66E+	-2.29E+	0E+0
2	0E+0	4.69E+	-6.6E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
Rit.Is	0E+0		0E+0	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	-4.3E+	-4.84E+	0E+0
Term.Is	4.98E+		7.48E+	
3	-4.73E+	-2.25E+	2.85E+	0E+0
Total	4.5E+	1.9E+	-1.97E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	175.4	2955.6	0.2	-0.8	
Piattabanda superiore	11.7				
Piattabanda inferiore	6.2				
classe della sezione					

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.502E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.968E+7	N _{Ed} (N)	4.502E+6
N _{Rd} (N)	8.402E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.769E+8	M _{Ed} (Nm)	-1.968E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.762E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.054	M _{Ed} /M _{Rd}	0.111	M _{Ed} /M _{Rd}	0.112

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-0.						-0.	-1.		0.		-2.	0.10
σ ₇		-12.	-21.					-12.	20.	-1.	2.	7.	9.	0.02
σ ₆		-11.	-2					-11.	19.	-1.	1.	6.	9.	0.02
σ ₅		-0.						-0.	-2.		0.		-2.	0.11
σ ₄	-75.	-11.	-19.					-87.	19.	-1.	1.	6.	-6	0.20
σ ₃	-73.	-11.	-19.					-85.	19.	-1.	1.	6.	-64.	0.20
σ ₂									12.		-1.	-1.	1	0.03
σ ₁	51.	13.	14.					64.	-1.	1.	-6.	-8.	56.	0.17
σ ₀	54.	14.	15.					68.	-	1.	-6.	-8.	59.	0.18

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.207 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

PROGETTAZIONE ATI:

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.71 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.28 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.47 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	60	5	--	--	--	--	3000
Piattabanda superiore DX	60	5	--	--	--	--	3000
Piattabanda inferiore SX	57	9	--	--	--	--	5175
Piattabanda inferiore DX	57	9	--	--	--	--	5175

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	386	95	100	191
σ_{cr0E} (N/mm ²)	6.1	101.8	91.9	25.2
σ_{sup} (N/mm ²)	-66.9	-66.9	-36.6	-4.7
σ_{inf} (N/mm ²)	56.2	-36.6	-4.7	56.2
ψ	-0.8	0.5	0.1	-11.8
K_σ	19.9	5.1	6.9	95.6
λ_p	1.	0.8	0.7	0.3
b_c (mm)	2098.2	95	100	148.2
$b_{c, sup}$ (mm)	839.3	426.	410.6	59.3
$b_{c, sup}$ (mm)	1258.9	523.	589.3	88.9
ρ_{loc}	0.5	0.9		
b_{ceff} (mm)	1150.2	880.0	100	148.2
$b_{ceff, sup}$ (mm)	460.0	395.	410.6	59.3
$b_{ceff, sup}$ (mm)	690.1	484.7	589.3	88.9
ϕ_{Foro} (mm)	948.0	69.9		

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge sup}$	9.387E+	3736.	1.424E+
$A_{c, 1}$	2.055E+	3056.	1.493E+
$A_{c, 2}$	1.427E+	226	5.005E+
$A_{c, Edge inf}$	1.957E+	1896.	1.291E+
$A_{c, tot}$	4.616E+	2900.	1.694E+1
A_c	4.582E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, eff, Edge sup}$	8.697E+	3752.	1.132E+
$A_{c, eff, 1}$	1.97E+	3037.	1.316E+
$A_{c, eff, 2}$	1.427E+	226	5.005E+
$A_{c, eff, Edge inf}$	1.957E+	1896.	1.291E+
$A_{c, eff, tot}$	4.462E+	2879.	1.633E+1
$A_{c, eff, loc}$	4.497E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmax)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A_{sl} (mm ²)	2.605E+	1.977E+	4.582E+
e_{sl} (mm)	28.	37.	32.
I_{sl} (mm ⁴)	1.097E+	1.027E+	2.133E+
$A_{sl, eff}$ (mm ²)	2.52E+	1.977E+	4.497E+

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$e_{sl,eff}$ (mm)	29.	37.	33.
$I_{sl,eff}$ (mm ⁴)	1.09E+	1.027E+	2.124E+
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	535.7	582.2	488.8
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	978.9	8238.5	968.6
$\sigma_{cr,sl}$ (c)	431.1	531.3	
$\sigma_{cr,c}$ (c)	787.8		
α_e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	968.6	$\sigma_{cr,c}$ (c)	0.96
β_{ac} (p)	0.98	β_{ac} (c)	0.6
λ_p	0.	λ_c	0.82
ρ_p		χ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	8.697E+	3752.	1.132E+
1	1.622E+	3037.	1.083E+
2	1.175E+	226	4.12E+
Edge inf	1.957E+	1896.	1.291E+
Totale	3.862E+	2905.	1.494E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	ΔA (mm ²)	z_G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-7.542E+	2877.	-1.991E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.409E+	3.068E+	3.068E+	3.068E+	4.028E+	2.489E+
z_G (mm)	1631.51	2171.4	2171.4	2171.4	2643.09	1711.75
Δz_{Geff} (mm)	37.8	16.9	16.9	16.9	4.3	34.2
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	6.947E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.309E+1	7.427E+1
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-4.258E+	-4.707E+	-4.707E+	-4.707E+	-4.951E+	-4.339E+
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-4.506E+	-4.91E+	-4.91E+	-4.91E+	-5.126E+	-4.58E+
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	2.996E+	5.746E+	5.746E+	5.746E+	1.001E+	3.318E+
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	2.933E+	5.589E+	5.589E+	5.589E+	9.645E+	3.246E+
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+30	5.499E+	5.499E+	5.499E+	9.436E+	3.204E+
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+30	5.499E+	5.499E+	5.499E+	9.436E+	3.204E+
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+30	5.038E+	5.038E+	5.038E+	8.406E+	2.985E+
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+30	4.87E+	4.87E+	4.87E+	8.044E+	2.903E+
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	1.642E+	2.201E+	2.201E+	2.201E+	2.689E+	1.725E+
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	1.903E+	2.677E+	2.677E+	2.677E+	3.406E+	2.014E+
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	1.406E+	2.383E+	2.383E+	2.383E+	3.236E+	1.551E+
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.418E-29	1.301E+	1.301E+	1.301E+	2.437E+	1.933E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	4.09
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.03
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	-1.623E+

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$\Delta M_{\text{Non fessurata}}$ (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	2.142E+	-2.038E+
---	------	------	------	------	---------	----------

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-0.						-0.	-1.		0.		-2.	0.10
σ_7		-13.	-22.					-13.	20.	-1.	2.	7.	9.	0.02
σ_6		-1	-20.					-1	19.	-1.	1.		9.	0.02
σ_5		-0.						-0.	-		0.		-2.	0.11
σ_4	-78.	-11.	-20.					-9	19.	-1.	1.	6.	-68.	0.21
σ_3	-76.	-11.	-19.					-8	19.	-1.	1.	6.	-6	0.2
σ_2									12.		-1.	-1.	11.	0.03
σ_1	50.	13.	14.					64.	-1.	1.	-6.	-8.	56.	0.17
σ_0	53.	1	15.					67.	-1.	1.	-6.	-8.	59.	0.18

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.215 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.82 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.72 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.24 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.44 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 175.455 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 76.016 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 9.818E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w = 1.166, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.971E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 21.457, \quad K_\tau = 13.08$$

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 8.241E+6 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 1.578E+6 \text{ N}$
 $\chi_w = 0.521, \quad \lambda_w = 1.594, \quad \tau_{cr} = 80.7, \quad C = 1318.1$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -6.614E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -1.28E+8 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.517$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.989E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 9.818E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.194, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.231, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.215$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	2.24E+	-3.1E+	0E+0
2	0E+0	7.04E+	-9.9E+	0E+0
2	0E+0	4.2E+	3.09E+	0E+0
Rit.Is	-3.13E+		-6.14E+	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

3	0E+0	4.3E+	4.84E+	0E+0
Term.Is	-4.98E+		-7.48E+	
3	4.73E+	1.8E+	-2.29E+	0E+0
Total	-7.63E+	4.75E+	-7.65E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	175.4	2140.0	0.4	-0.7	
Piattabanda superiore	11.7				
Piattabanda inferiore	6.2				
classe della sezione					
Analisi plastica: NON APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-7.63E+6	M _{Ed} (Nm)	-7.653E+7	N _{Ed} (N)	-7.63E+6
N _{Rd} (N)	-1.042E+8	M _{Rd} (Nm)	-1.769E+8	M _{Ed} (Nm)	-7.653E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.75E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.073	M _{Ed} /M _{Rd}	0.433	M _{Ed} /M _{Rd}	0.437
VERIFICA NON SIGNIFICATIVA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-1.		1.					1.		-4.		-1.	0.08
σ ₇		-19.	-32.	-21.				-31.	-20.	1.	-25.	-72.	-87.	0.22
σ ₆		-17.	-3	-20.	0.			-2	-19.	1.	-2	-67.	-80.	0.20
σ ₅		-1.							2.		-3.		-0.	0.03
σ ₄	-101.	-17.	-29.	-20.	0.			-130.	-19.	1.	-22.	-66.	-181.	0.56
σ ₃	-99.	-1	-28.	-19.	0.			-127.	-19.	1.	-21.	-64.	-177.	0.55
σ ₂				-1					-12.		1.	1.	-20.	0.06
σ ₁	6	20.	21.	1.	-0.			90.	1.	-1.	45.	5	138.	0.43
σ ₀	7	21.	22.	2.	-0.			95.		-1.	47.	54.	145.	0.45

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.568 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.74 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.96 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.76 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.66 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β ^k	A _{c,eff} * β ^k (mm ²)
Piattabanda superiore SX	60	5	-	-	-	-	3000
Piattabanda superiore DX	60	5	-	-	-	-	3000
Piattabanda inferiore SX	57	9	-	-	-	-	5175
Piattabanda inferiore DX	57	9	-	-	-	-	5175

Instabilità locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmin)

Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
-------	----------------	----------------	----------------

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

b (mm)	386	95	100	191
σ_{cr0E} (N/mm ²)	6.1	101.8	91.9	25.2
σ_{sup} (N/mm ²)	-182.0	-182.0	-103.3	-20.4
σ_{inf} (N/mm ²)	137.7	-103.3	-20.4	137.7
ψ	-0.7	0.5	0.	-6.7
K_{σ}	18.1	5.0	6.5	95.6
λ_p	1.7	0.8	0.7	0.3
b _c (mm)	2197.3	95	100	247.3
b _{c sup} (mm)	878.9	428.6	416.5	98.9
b _{c sup} (mm)	1318.3	521.3	583.4	148.3
ρ_{loc}	0.5	0.9		
b _{ceff} (mm)	1149.3	874.6	100	247.3
b _{ceff sup} (mm)	459.7	394.6	416.5	98.9
b _{ceff sup} (mm)	689.	48	583.4	148.3
ϕ_{Foro} (mm)	1047.9	75.3		

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _c Edge sup	9.431E+	3735.	1.444E+
A _c 1	2.063E+	3052.	1.512E+
A _c 2	1.501E+	2242.	5.826E+
A _c Edge inf	3.265E+	1826.	5.99E+
A _c tot	4.834E+	2851.	1.945E+1
A _c	4.665E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff} Edge sup	8.683E+	3752.	1.127E+
A _{c,eff} 1	1.972E+	3031.	1.321E+
A _{c,eff} 2	1.501E+	2242.	5.826E+
A _{c,eff} Edge inf	3.265E+	1826.	5.99E+
A _{c,eff} tot	4.668E+	2827.	1.869E+1
A _{c,eff,loc}	4.574E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A _{sl} (mm ²)	2.613E+	2.051E+	4.665E+
e _{sl} (mm)	28.	36.	32.
I _{sl} (mm ⁴)	1.098E+	1.037E+	2.142E+
A _{sl,eff} (mm ²)	2.522E+	2.051E+	4.574E+
e _{sl,eff} (mm)	29.	36.	32.
I _{sl,eff} (mm ⁴)	1.09E+	1.037E+	2.132E+
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	534.2	566.4	481.5
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	941.1	5032.7	950.9
$\sigma_{cr,sl}$ (c)	430.0	517.4	
$\sigma_{cr,c}$ (c)	757.5		
α_e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmin)

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	941.1	$\sigma_{cr,c}$ (c) 0.96
β_{ac} (p)	0.98	β_{ac} (c) 0.67
λ_p	0.60	λ_c 0.82
ρ_p		χ_c

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	8.683E+	3752.	1.127E+
1	1.626E+	3031.	1.089E+

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

2	1.238E+	2242.	4.804E+
Edge inf	3.265E+	1826.	5.99E+
Totale	4.059E+	2848.	1.729E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmin)

	$\Delta A (mm^2)$	$Z_G (mm)$	$\Delta J_y (mm^4)$
Anima	-7.752E+	2867.	-2.158E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.407E+	3.065E+	3.065E+	3.065E+	4.026E+	2.487E+
Z _G (mm)	1630.74	2171.19	2171.19	2171.19	2643.16	1711.07
$\Delta Z_{Geff} (mm)$	38.5	17.1	17.1	17.1	4.2	34.9
J _{y,eff} (mm ⁴)	6.944E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.309E+1	7.425E+1
W _{y,0eff} (mm ³)	-4.258E+	-4.706E+	-4.706E+	-4.706E+	-4.951E+	-4.339E+
W _{y,1eff} (mm ³)	-4.507E+	-4.91E+	-4.91E+	-4.91E+	-5.125E+	-4.58E+
W _{y,3eff} (mm ³)	2.994E+	5.745E+	5.745E+	5.745E+	1.001E+	3.316E+
W _{y,4eff} (mm ³)	2.931E+	5.587E+	5.587E+	5.587E+	9.644E+	3.244E+
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+30	5.497E+	5.497E+	5.497E+	9.436E+	3.202E+
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+30	5.497E+	5.497E+	5.497E+	9.436E+	3.202E+
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+30	5.037E+	5.037E+	5.037E+	8.405E+	2.983E+
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+30	4.869E+	4.869E+	4.869E+	8.044E+	2.901E+
S _{y,1eff} (mm ³)	1.641E+	2.201E+	2.201E+	2.201E+	2.689E+	1.724E+
S _{y,2eff} (mm ³)	1.902E+	2.677E+	2.677E+	2.677E+	3.406E+	2.013E+
S _{y,3eff} (mm ³)	1.407E+	2.383E+	2.383E+	2.383E+	3.236E+	1.552E+
S _{y,4eff} (mm ³)	2.418E-29	1.301E+	1.301E+	1.301E+	2.437E+	1.933E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	3.135
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.040
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata} (kNm)$	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	1.655E+
$\Delta M_{Non fessurata} (kNm)$	0E+0	0E+0	-5.372E+	0E+0	-2.107E+	2.005E+

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-1.		1.					1.		-4.		-1.	0.08
σ_7		-19.	-33.	-21.				-32.	-20.	1.	-2	-74.	-88.	0.22
σ_6		-1	-30.	-20.				-3	-19.	1.	-23.	-69.	-81.	0.20
σ_5		-1.									-3.		-0.	0.03
σ_4	-105.	-17.	-30.	-20.				-135.	-19.	1.	-22.	-68.	-186.	0.58
σ_3	-103.	-17.	-29.	-20.	0.			-132.	-19.	1.	-21.	-6	-182.	0.57
σ_2				-10.					-12.		1.	1.	-21.	0.06
σ_1	68.	20.	21.	1.	-0.			89.	1.	-1.	45.	51.	137.	0.43
σ_0	72.	2	22.	2.	-0.			94.	1.	-1.	47.	54.	145.	0.45

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.584 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.69 N/mm²

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.91 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.87 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.77 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling
 $h_w/t_w=175.455 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=76.016$ Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=8.241E+6 N**

Essendo:

$a/h_w=1.166$, $\eta=1.2$, $I_{sl}=1.971E+8(mm^4)$, $K_{\tau sl}=21.457$, $K_\tau=13.08$
contributo anima: $V_{bw,Rd}=8.241E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=0E+00$ N
 $\chi_w=0.521$, $\lambda_w=1.594$, $\tau_{cr}=80.7$, $C=1318.1$
 $M_{Ed}=M_{Ed,eq}=-1.796E+8$ Nm, $M_{f,Rd}=-1.439E+8$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=1.248$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=1.989E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=8.241E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.576, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.576, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.584$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

C'E' INTERAZIONE

$$\eta_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{Rd})(2\eta_3 - 1)^2 = 0.588 \text{ VERIFICA SODDISFATTA}$$

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	2.24E+	-3.1E+	0E+0
2	0E+0	7.04E+	-9.9E+	0E+0
2	0E+0	4.2E+	3.09E+	0E+0
Rit.Is	-3.13E+		-6.14E+	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	4.3E+	4.84E+	0E+0
Term.Is	-4.98E+		-7.48E+	
3	4.73E+	1.8E+	-2.1E+	0E+0
Total	-7.63E+	4.76E+	-7.47E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	175.4	2140.0	0.4	-0.7	
Piattabanda superiore	11.7				
Piattabanda inferiore	6.2				
classe della sezione					

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-7.63E+6	M _{Ed} (Nm)	-7.466E+7	N _{Ed} (N)	-7.63E+6

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N_{Rd} (N)	-1.042E+8	M_{Rd} (Nm)	-1.769E+8	M_{Ed} (Nm)	-7.466E+7
				M_{Rd} (Nm)	-1.75E+8
N_{Ed}/N_{Rd}	0.073	M_{Ed}/M_{Rd}	0.422	M_{Ed}/M_{Rd}	0.427
VERIFICA NON SIGNIFICATIVA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-1.		1.					1.		-		-1.	0.06
σ_7		-19.	-32.	-21.				-31.	-20.	1.	-23.	-66.	-84.	0.21
σ_6		-17.	-3	-20.	0.			-2	-19.	1.	-2	-61.	-78.	0.20
σ_5		-1.							2.		-3.		-0.	0.01
σ_4	-101.	-17.	-29.	-20.	0.			-130.	-19.	1.	-20.	-60.	-179.	0.56
σ_3	-99.	-1	-28.	-19.	0.			-127.	-19.	1.	-19.	-59.	-175.	0.5
σ_2				-1					-12.		1.	1.	-20.	0.06
σ_1	6	20.	21.	1.	-0.			90.	1.	-1.	42.	47.	134.	0.42
σ_0	7	21.	22.	2.	-0.			95.		-1.	43.	50.	14	0.44

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.562 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.74 N/mm²

2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.96 N/mm²

La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)

3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.39 N/mm²

4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.34 N/mm²

La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	60	5	-	-	-		3000
Piattabanda superiore DX	60	5	-	-	-		3000
Piattabanda inferiore SX	57	9	-	-	-		5175
Piattabanda inferiore DX	57	9	-	-	-		5175

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmax)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	386	95	100	191
σ_{cr0E} (N/mm ²)	6.1	101.8	91.9	25.2
σ_{sup} (N/mm ²)	-180.1	-180.1	-102.8	-21.4
σ_{inf} (N/mm ²)	134.0	-102.8	-21.4	134.0
ψ	-0.7	0.5	0.2	-6.2
K_σ	17.9	5.0	6.5	95.6
λ_p	1.7	0.8	0.7	0.3
b_c (mm)	2213.1	95	100	263.1
$b_{c, sup}$ (mm)	885.2	428.9	417.3	105.2
$b_{c, sup}$ (mm)	1327.8	521.0	582.6	157.8
ρ_{loc}	0.5	0.9		
b_{ceff} (mm)	1149.3	873.8	100	263.1
$b_{ceff, sup}$ (mm)	459.7	394.5	417.3	105.2
$b_{ceff, sup}$ (mm)	689.6	479.2	582.6	157.8
ϕ_{Foro} (mm)	1063.8	76.1		

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

A _c Edge sup	9.437E+	3735.	1.447E+
A _c 1	2.065E+	3051.	1.515E+
A _c 2	1.513E+	2238.	5.967E+
A _c Edge inf	3.474E+	1815.	7.216E+
A _c tot	4.869E+	2843.	1.987E+1
A _c	4.678E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilità locale (Comb. Vmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff} Edge sup	8.681E+	3752.	1.126E+
A _{c,eff} 1	1.973E+	3030.	1.322E+
A _{c,eff} 2	1.513E+	2238.	5.967E+
A _{c,eff} Edge inf	3.474E+	1815.	7.216E+
A _{c,eff} tot	4.701E+	2819.	1.909E+1
A _{c,eff,loc}	4.586E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmax)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A _{sl} (mm ²)	2.615E+	2.063E+	4.678E+
e _{sl} (mm)	28.	36.	3
I _{sl} (mm ⁴)	1.098E+	1.039E+	2.143E+
A _{sl,eff} (mm ²)	2.523E+	2.063E+	4.586E+
e _{sl,eff} (mm)	29.	36.	32.
I _{sl,eff} (mm ⁴)	1.09E+	1.039E+	2.134E+
σ _{cr,sl,i} (p)	534.0	563.9	480.3
σ _{cr,p,i} (p)	935.6	4743.0	947.
σ _{cr,sl} (c)	429.8	515.2	
σ _{cr,c} (c)	753.1		
α _e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilità globale dell'anima (Comb. Vmax)

	Piastra	Colonna
σ _{cr,p} (p)	935.6	σ _{cr,c} (c) 0.96
β _{ac} (p)	0.9	β _{ac} (c) 0.67
λ _p	0.6	λ _c 0.82
ρ _p		χ _c

Anima depurata per instabilità locale e globale dell'anima (Comb. Vmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	8.681E+	3752.	1.126E+
1	1.625E+	3030.	1.089E+
2	1.247E+	2238.	4.916E+
Edge inf	3.474E+	1815.	7.216E+
Totale	4.087E+	2839.	1.768E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	-7.816E+	2864.	-2.193E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.406E+	3.065E+	3.065E+	3.065E+	4.025E+	2.486E+
z _G (mm)	1630.49	2171.11	2171.11	2171.11	2643.17	1710.85
Δ z _{Geff} (mm)	38.8	17.2	17.2	17.2	4.2	35.1
J _{y,eff} (mm ⁴)	6.943E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.309E+1	7.424E+1
W _{y,0eff} (mm ³)	-4.258E+	-4.706E+	-4.706E+	-4.706E+	-4.951E+	-4.339E+
W _{y,1eff} (mm ³)	-4.507E+	-4.91E+	-4.91E+	-4.91E+	-5.125E+	-4.58E+
W _{y,3eff} (mm ³)	2.993E+	5.744E+	5.744E+	5.744E+	1.001E+	3.315E+

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$W_{y,4eff}$ (mm ³)	2.93E+	5.587E+	5.587E+	5.587E+	9.644E+	3.243E+
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+30	5.497E+	5.497E+	5.497E+	9.436E+	3.201E+
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+30	5.497E+	5.497E+	5.497E+	9.436E+	3.201E+
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+30	5.036E+	5.036E+	5.036E+	8.405E+	2.982E+
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+30	4.868E+	4.868E+	4.868E+	8.044E+	2.901E+
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	1.641E+	2.201E+	2.201E+	2.201E+	2.689E+	1.724E+
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	1.902E+	2.677E+	2.677E+	2.677E+	3.406E+	2.013E+
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	1.407E+	2.383E+	2.383E+	2.383E+	3.236E+	1.552E+
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.419E-29	1.301E+	1.301E+	1.301E+	2.437E+	1.934E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	3.192
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.040
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	1.665E+
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	-5.398E+	0E+0	-2.102E+	2E+

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-1.		1.					1.		-		-1.	0.07
σ_7		-19.	-33.	-21.				-32.	-20.	1.	-23.	-68.	-8	0.2
σ_6		-1	-30.	-20.				-3	-19.	1.	-21.	-63.	-79.	0.20
σ_5		-1.									-3.		-0.	0.02
σ_4	-105.	-17.	-30.	-20.				-135.	-19.	1.	-20.	-62.	-184.	0.57
σ_3	-103.	-17.	-29.	-20.	0.			-132.	-19.	1.	-19.	-61.	-180.	0.56
σ_2				-10.					-12.		1.	1.	-21.	0.06
σ_1	68.	20.	21.	1.	-0.			89.	1.	-1.	42.	47.	134.	0.4
σ_0	72.	2	22.	2.	-0.			94.	1.	-1.	43.	50.	141.	0.44

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.578 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.69 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.91 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.5 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.45 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 175.455 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 76.016 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 8.241E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 1.166, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.971E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau,sl} = 21.457, \quad K_\tau = 13.08$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 8.241E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 0E+00 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.521, \quad \lambda_w = 1.594, \quad \tau_{cr} = 80.7, \quad C = 1318.1$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -1.778E+8 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -1.439E+8 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 1.235$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.989E+7$ N

PROGETTAZIONE ATI:

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 8.241E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.577, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.577, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.578$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

C'E' INTERAZIONE

$$\eta_1 + (1 - M_{f,Rd} / M_{Rd}) (2\eta_3 - 1)^2 = 0.582 \text{ VERIFICA SODDISFATTA}$$

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	1.66E+	-2.29E+	0E+0
2	0E+0	4.69E+	-6.6E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
Rit.Is	0E+0		0E+0	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	-4.3E+	-4.84E+	0E+0
Term.Is	4.98E+		7.48E+	
3	-4.73E+	-2.25E+	2.85E+	0E+0
Total	4.5E+	1.9E+	-1.97E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	175.4	2955.6	0.2	-0.8	
Piattabanda superiore	11.7				
Piattabanda inferiore	6.2				
classe della sezione					

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice			Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.502E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.968E+7	N _{Ed} (N)	4.502E+6	
N _{Rd} (N)	8.402E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.769E+8	M _{Ed} (Nm)	-1.968E+7	
				M _{Rd} (Nm)	-1.762E+8	
N _{Ed} /N _{Rd}	0.054	M _{Ed} /M _{Rd}	0.111	M _{Ed} /M _{Rd}	0.112	

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-0.						-0.	-1.		0.		-2.	0.10
σ ₇		-12.	-21.					-12.	20.	-1.	2.	7.	9.	0.02
σ ₆		-11.	-2					-11.	19.	-1.	1.	6.	9.	0.02
σ ₅		-0.						-0.	-2.		0.		-2.	0.11
σ ₄	-75.	-11.	-19.					-87.	19.	-1.	1.	6.	-6.	0.20
σ ₃	-73.	-11.	-19.					-85.	19.	-1.	1.	6.	-64.	0.20
σ ₂									12.		-1.	-1.	1	0.03
σ ₁	51.	13.	14.					64.	-1.	1.	-6.	-8.	56.	0.17

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

σ_0	54.	14.	15.				68.	-	1.	-6.	-8.	59.	0.18
------------	-----	-----	-----	--	--	--	-----	---	----	-----	-----	-----	------

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.207 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.81 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.71 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.28 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.47 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β	$A*\beta$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	60	5	-	-	-	-	3000
Piattabanda superiore DX	60	5	-	-	-	-	3000
Piattabanda inferiore SX	57	9	-	-	-	-	5175
Piattabanda inferiore DX	57	9	-	-	-	-	5175

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	386	95	100	191
σ_{cr0E} (N/mm ²)	6.1	101.8	91.9	25.2
σ_{sup} (N/mm ²)	-66.9	-66.9	-36.6	-4.7
σ_{inf} (N/mm ²)	56.2	-36.6	-4.7	56.2
ψ	-0.8	0.5	0.1	-11.8
K_σ	19.9	5.1	6.9	95.6
λ_p	1.	0.8	0.7	0.3
b_c (mm)	2098.2	95	100	148.2
$b_{c, sup}$ (mm)	839.3	426.	410.6	59.3
$b_{c, sup}$ (mm)	1258.9	523.	589.3	88.9
ρ_{loc}	0.5	0.9		
b_{ceff} (mm)	1150.2	880.0	100	148.2
$b_{ceff, sup}$ (mm)	460.0	395.	410.6	59.3
$b_{ceff, sup}$ (mm)	690.1	484.7	589.3	88.9
ϕ_{Foro} (mm)	948.0	69.9		

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge sup}$	9.387E+	3736.	1.424E+
$A_{c, 1}$	2.055E+	3056.	1.493E+
$A_{c, 2}$	1.427E+	226	5.005E+
$A_{c, Edge inf}$	1.957E+	1896.	1.291E+
$A_{c, tot}$	4.616E+	2900.	1.694E+1
A_c	4.582E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmin)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, eff Edge sup}$	8.697E+	3752.	1.132E+
$A_{c, eff 1}$	1.97E+	3037.	1.316E+
$A_{c, eff 2}$	1.427E+	226	5.005E+
$A_{c, eff Edge inf}$	1.957E+	1896.	1.291E+
$A_{c, eff tot}$	4.462E+	2879.	1.633E+1
$A_{c, eff, loc}$	4.497E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A_{sl} (mm ²)	2.605E+	1.977E+	4.582E+

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

e_{sl} (mm)	28.	37.	32.
I_{sl} (mm ⁴)	1.097E+	1.027E+	2.133E+
$A_{sl,eff}$ (mm ²)	2.52E+	1.977E+	4.497E+
$e_{sl,eff}$ (mm)	29.	37.	33.
$I_{sl,eff}$ (mm ⁴)	1.09E+	1.027E+	2.124E+
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	535.7	582.2	488.8
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	978.9	8238.5	968.6
$\sigma_{cr,sl}$ (c)	431.1	531.3	
$\sigma_{cr,c}$ (c)	787.8		
α_e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmin)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	968.6	$\sigma_{cr,c}$ (c)	0.96
β_{ac} (p)	0.98	β_{ac} (c)	0.6
λ_p	0.	λ_c	0.82
ρ_p		ρ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	8.697E+	3752.	1.132E+
1	1.622E+	3037.	1.083E+
2	1.175E+	226	4.12E+
Edge inf	1.957E+	1896.	1.291E+
Totale	3.862E+	2905.	1.494E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA (mm ²)	z_G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-7.542E+	2877.	-1.991E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.409E+	3.068E+	3.068E+	3.068E+	4.028E+	2.489E+
z_G (mm)	1631.51	2171.4	2171.4	2171.4	2643.09	1711.75
Δz_{Geff} (mm)	37.8	16.9	16.9	16.9	4.3	34.2
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	6.947E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.309E+1	7.427E+1
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-4.258E+	-4.707E+	-4.707E+	-4.707E+	-4.951E+	-4.339E+
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-4.506E+	-4.91E+	-4.91E+	-4.91E+	-5.126E+	-4.58E+
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	2.996E+	5.746E+	5.746E+	5.746E+	1.001E+	3.318E+
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	2.933E+	5.589E+	5.589E+	5.589E+	9.645E+	3.246E+
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+30	5.499E+	5.499E+	5.499E+	9.436E+	3.204E+
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+30	5.499E+	5.499E+	5.499E+	9.436E+	3.204E+
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+30	5.038E+	5.038E+	5.038E+	8.406E+	2.985E+
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+30	4.87E+	4.87E+	4.87E+	8.044E+	2.903E+
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	1.642E+	2.201E+	2.201E+	2.201E+	2.689E+	1.725E+
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	1.903E+	2.677E+	2.677E+	2.677E+	3.406E+	2.014E+
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	1.406E+	2.383E+	2.383E+	2.383E+	3.236E+	1.551E+
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.418E-29	1.301E+	1.301E+	1.301E+	2.437E+	1.933E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	4.09
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.03
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

PROGETTAZIONE ATI:

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	-1.623E+
$\Delta M_{Non\ fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	2.142E+	-2.038E+

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-0.						-0.	-1.		0.		-2.	0.10
σ_7		-13.	-22.					-13.	20.	-1.	2.	7.	9.	0.02
σ_6		-1.	-20.					-1.	19.	-1.	1.		9.	0.02
σ_5		-0.						-0.	-		0.		-2.	0.11
σ_4	-78.	-11.	-20.					-9.	19.	-1.	1.	6.	-68.	0.21
σ_3	-76.	-11.	-19.					-8.	19.	-1.	1.	6.	-6.	0.2
σ_2									12.		-1.	-1.	11.	0.03
σ_1	50.	13.	14.					64.	-1.	1.	-6.	-8.	56.	0.17
σ_0	53.	1.	15.					67.	-1.	1.	-6.	-8.	59.	0.18

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.215 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.82 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.72 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.24 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.44 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=175.455 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=76.016 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd}=9.818E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w=1.166, \quad \eta=1.2, \quad I_{sl}=1.971E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau,sl}=21.457, \quad K_\tau=13.08$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=8.241E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=1.578E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.521, \quad \lambda_w=1.594, \quad \tau_{cr}=80.7, \quad C=1318.1$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=-6.614E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=-1.28E+8 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.517$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=1.989E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=9.818E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.194, \quad (=) \text{ VERIFICA SODDISFATTA}$$

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.231, \quad \eta_1=\max(\eta_i)=0.215$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

Sezione T1N006I T1N006I

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO - IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	1.5E+	-2.84E+	0E+0
2	0E+0	4.37E+	-8.11E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
Rit.Is	0E+0		0E+0	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	0E+0	-4.68E+	0E+0
Term.Is	4.98E+		7.48E+	
3	-5.91E+	-2E+	3.54E+	0E+0
Total	4.38E+	1.73E+	-2.59E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	175.4	2947.7	0.2	-0.8	
Piattabanda superiore	11.7				
Piattabanda inferiore	6.2				
classe della sezione					

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice			Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.384E+6	M _{Ed} (Nm)	-2.592E+7	N _{Ed} (N)	4.384E+6	
N _{Rd} (N)	8.402E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.769E+8	M _{Ed} (Nm)	-2.592E+7	
				M _{Rd} (Nm)	-1.762E+8	
N _{Ed} /N _{Rd}	0.052	M _{Ed} /M _{Rd}	0.147	M _{Ed} /M _{Rd}	0.147	

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-						-	-1.		0.		-2.	0.11
σ ₇		-15.	-26.					-15.	20.	-1.	2.	9.	7.	0.01
σ ₆		-14.	-24.					-14.	19.	-1.	2.	8.	7.	0.01
σ ₅		-0.						-0.	-2.		0.		-2.	0.12
σ ₄	-93.	-14.	-24.					-107.	19.	-1.	2.	8.	-86.	0.2
σ ₃	-91.	-13.	-23.					-105.	19.	-1.	2.		-84.	0.26
σ ₂									12.		-1.	-2.	10.	0.03
σ ₁	63.	16.	17.					79.	-1.		-8.	-10.	69.	0.21
σ ₀	66.	17.	18.					84.	-	1.	-8.	-10.	73.	0.2

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.27 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.99 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.88 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.37 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.56 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β ^k	A _{c,eff} *β ^k (mm ²)
Piattabanda superiore SX	60	5	-	-	-		3000

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Piattabanda superiore DX	60	5	-	-	-	3000
Piattabanda inferiore SX	57	9	-	-	-	5175
Piattabanda inferiore DX	57	9	-	-	-	5175

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmax)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	386	95	100	191
σ_{crOE} (N/mm ²)	6.1	101.8	91.9	25.2
σ_{sup} (N/mm ²)	-87.3	-87.3	-48.6	-7.9
σ_{inf} (N/mm ²)	69.7	-48.6	-7.9	69.7
ψ	-0.	0.5	0.1	-8.7
K_{σ}	19.0	5.	6.7	95.6
λ_p	1.7	0.8	0.7	0.3
b _c (mm)	2146.2	95	100	196.2
b _{c sup} (mm)	858.4	427.6	413.5	78.4
b _{c sup} (mm)	1287.7	522.3	586.4	117.7
ρ_{loc}	0.5	0.9		
b _{ceff} (mm)	1149.	877.	100	196.2
b _{ceff sup} (mm)	459.8	394.9	413.5	78.4
b _{ceff sup} (mm)	689.7	482.4	586.4	117.7
ϕ_{Foro} (mm)	996.6	72.		

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c Edge sup}	9.409E+	3736.	1.434E+
A _{c 1}	2.059E+	3054.	1.503E+
A _{c 2}	1.463E+	225	5.39E+
A _{c Edge inf}	2.59E+	1862.	2.992E+
A _{c tot}	4.722E+	2876.	1.812E+1
A _c	4.622E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff Edge sup}	8.69E+	3752.	1.13E+
A _{c,eff 1}	1.971E+	3034.	1.319E+
A _{c,eff 2}	1.463E+	225	5.39E+
A _{c,eff Edge inf}	2.59E+	1862.	2.992E+
A _{c,eff tot}	4.562E+	2854.	1.744E+1
A _{c,eff.loc}	4.534E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmax)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A _{sl} (mm ²)	2.609E+	2.013E+	4.622E+
e _{sl} (mm)	28.	37.	32.
I _{sl} (mm ⁴)	1.098E+	1.032E+	2.137E+
A _{sl,eff} (mm ²)	2.521E+	2.013E+	4.534E+
e _{sl,eff} (mm)	29.	37.	3
I _{sl,eff} (mm ⁴)	1.09E+	1.032E+	2.128E+
$\sigma_{cr.sl.i}$ (p)	534.9	574.5	485.2
$\sigma_{cr.p.i}$ (p)	959.8	6284.0	960.8
$\sigma_{cr.sl}$ (c)	430.5	524.	
$\sigma_{cr.c}$ (c)	772.5		
α_e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmax)

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr.p}$ (p)	959.8	$\sigma_{cr.c}$ (c) 0.96
β_{ac} (p)	0.98	β_{ac} (c) 0.66
λ_p	0.60	λ_c 0.82

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

ρ_p		χ_c	
----------	--	----------	--

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmax)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
Edge sup	8.69E+	3752.	1.13E+
1	1.63E+	3034.	1.09E+
2	1.21E+	225	4.457E+
Edge inf	2.59E+	1862.	2.992E+
Totale	3.968E+	2877.	1.608E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-7.542E+	2874.	-2.048E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
$A(mm^2)$	2.409E+	3.068E+	3.068E+	3.068E+	4.028E+	2.489E+
$z_G(mm)$	1631.58	2171.48	2171.48	2171.48	2643.14	1711.82
$\Delta z_{Geff}(mm)$	37.7	16.8	16.8	16.8	4.2	34.
$J_{y,eff}(mm^4)$	6.947E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.309E+1	7.427E+1
$W_{y,0eff}(mm^3)$	-4.258E+	-4.706E+	-4.706E+	-4.706E+	-4.951E+	-4.339E+
$W_{y,1eff}(mm^3)$	-4.506E+	-4.91E+	-4.91E+	-4.91E+	-5.126E+	-4.58E+
$W_{y,3eff}(mm^3)$	2.996E+	5.746E+	5.746E+	5.746E+	1.001E+	3.318E+
$W_{y,4eff}(mm^3)$	2.933E+	5.589E+	5.589E+	5.589E+	9.645E+	3.246E+
$W_{y,5eff}(mm^3)$	1E+30	5.499E+	5.499E+	5.499E+	9.436E+	3.204E+
$W_{y,6eff}(mm^3)$	1E+30	5.499E+	5.499E+	5.499E+	9.436E+	3.204E+
$W_{y,7eff}(mm^3)$	1E+30	5.038E+	5.038E+	5.038E+	8.406E+	2.985E+
$W_{y,8eff}(mm^3)$	1E+30	4.87E+	4.87E+	4.87E+	8.044E+	2.903E+
$S_{y,1eff}(mm^3)$	1.642E+	2.201E+	2.201E+	2.201E+	2.689E+	1.725E+
$S_{y,2eff}(mm^3)$	1.904E+	2.678E+	2.678E+	2.678E+	3.406E+	2.014E+
$S_{y,3eff}(mm^3)$	1.406E+	2.383E+	2.383E+	2.383E+	3.236E+	1.551E+
$S_{y,4eff}(mm^3)$	2.418E-29	1.301E+	1.301E+	1.301E+	2.437E+	1.933E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	3.99
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.002
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}(kNm)$	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	-2.021E+
$\Delta M_{Non fessurata}(kNm)$	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	2.12E+	-2.517E+

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8			-					-	-1.		0.		-2.	0.1
σ_7		-16.	-27.					-16.	20.	-1.	2.	9.	7.	0.01
σ_6		-14.	-25.					-14.	19.	-1.	2.	8.	7.	0.01
σ_5			-0.					-0.			0.		-2.	0.1
σ_4	-96.	-14.	-2					-111.	19.	-1.	2.	8.	-89.	0.2
σ_3	-94.	-14.	-24.					-108.	19.	-1.	2.	8.	-87.	0.27
σ_2									12.		-1.	-2.	10.	0.03

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO - IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

σ_1	62.	16.	17.				79.	-1.		-8.	-10.	69.	0.21
σ_0	66.	17.	18.				83.	-1.	1.	-8.	-10.	73.	0.2

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.28 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -1 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.89 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.34 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.53 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 175.455 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 76.016 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 9.419E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w = 1.166, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.971E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 21.457, \quad K_\tau = 13.08$$

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 8.241E+6 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 1.179E+6 \text{ N}$
 $\chi_w = 0.521, \quad \lambda_w = 1.594, \quad \tau_{cr} = 80.7, \quad C = 1318.1$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -8.618E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -1.281E+8 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.673$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.989E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 9.419E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.184, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.21, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.28$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	2.02E+	-3.83E+	0E+0
2	0E+0	6.56E+	-1.22E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	2.95E+	0E+0
Rit.Is	-3.13E+		-6.14E+	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	0E+0	4.68E+	0E+0
Term.Is	-4.98E+		-7.48E+	
3	5.91E+	1.3E+	-2.85E+	0E+0
Total	-7.51E+	3.98E+	-9.18E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	$z_{pl} (mm)$	α	ψ	Classe
Anima	175.4	2147.9	0.4	-0.8	
Piattabanda superiore	11.7				
Piattabanda inferiore	6.2				
classe della sezione					

PROGETTAZIONE ATI:

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-7.513E+6	M _{Ed} (Nm)	-9.182E+7	N _{Ed} (N)	-7.513E+6
N _{Rd} (N)	-1.042E+8	M _{Rd} (Nm)	-1.769E+8	M _{Ed} (Nm)	-9.182E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.75E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.072	M _{Ed} /M _{Rd}	0.519	M _{Ed} /M _{Rd}	0.525

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-1.		1.					1.		-5.		-3.	0.14
σ ₇		-23.	-39.	-21.				-38.	-20.	1.	-32.	-90.	-9.	0.2
σ ₆		-21.	-36.	-20.	0.			-35.	-19.	1.	-28.	-8.	-90.	0.23
σ ₅		-1.							2.		-4.		-1.	0.08
σ ₄	-12.	-21.	-36.	-20.	0.			-161.	-19.	1.	-2.	-82.	-215.	0.67
σ ₃	-123.	-20.	-35.	-2.	0.			-15.	-19.	1.	-26.	-8.	-210.	0.65
σ ₂				-1.					-12.		1.	2.	-20.	0.06
σ ₁	85.	24.	26.		-0.			111.	1.	-	57.	64.	170.	0.53
σ ₀	90.	25.	28.	2.	-0.			117.		-1.	5.	68.	179.	0.56

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.674 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.46 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.71 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.12 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.82 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β ^k	A _{c,eff} *β ^k (mm ²)
Piattabanda superiore SX	60	5	-	-	-	-	3000
Piattabanda superiore DX	60	5	-	-	-	-	3000
Piattabanda inferiore SX	57	9	-	-	-	-	5175
Piattabanda inferiore DX	57	9	-	-	-	-	5175

Instabilità locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmin)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	386	95	100	191
σ _{cr0E} (N/mm ²)	6.1	101.8	91.9	25.2
σ _{sup} (N/mm ²)	-215.7	-215.7	-120.8	-20.8
σ _{inf} (N/mm ²)	170.0	-120.8	-20.8	170.0
ψ	-0.7	0.5	0.1	-8.1
K _σ	18.8	5.0	6.7	95.6
λ _p	1.7	0.8	0.7	0.3
b _c (mm)	2158.9	95	100	208.9
b _{c sup} (mm)	863.5	427.9	414.3	83.5
b _{c sup} (mm)	1295.3	522.0	585.6	125.3
ρ _{loc}	0.5	0.9		
b _{ceff} (mm)	1149.	876.7	100	208.9
b _{ceff sup} (mm)	459.	394.9	414.3	83.5

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$d_{ceff\ sup}(mm)$	689.	481.	585.6	125.3
$\phi_{Foro}(mm)$	1009.4	73.2		

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmin)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
$A_{c\ Edge\ sup}$	9.414E+	373	1.437E+
$A_{c\ 1}$	2.06E+	3053.	1.505E+
$A_{c\ 2}$	1.472E+	2251.	5.495E+
$A_{c\ Edge\ inf}$	2.758E+	1853.	3.611E+
$A_{c\ tot}$	4.75E+	2870.	1.845E+1
A_c	4.632E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmin)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
$A_{c,eff\ Edge\ sup}$	8.688E+	3752.	1.129E+
$A_{c,eff\ 1}$	1.971E+	3033.	1.319E+
$A_{c,eff\ 2}$	1.472E+	2251.	5.495E+
$A_{c,eff\ Edge\ inf}$	2.758E+	1853.	3.611E+
$A_{c,eff\ tot}$	4.588E+	2847.	1.775E+1
$A_{c,eff,loc}$	4.544E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
$A_{sl}(mm^2)$	2.61E+	2.022E+	4.632E+
$e_{sl}(mm)$	28.	3	32.
$I_{sl}(mm^4)$	1.098E+	1.033E+	2.139E+
$A_{sl,eff}(mm^2)$	2.521E+	2.022E+	4.544E+
$e_{sl,eff}(mm)$	29.	3	32.
$I_{sl,eff}(mm^4)$	1.09E+	1.033E+	2.129E+
$\sigma_{cr,sl,i}(p)$	534.7	572.5	484.3
$\sigma_{cr,p,i}(p)$	955.0	5916.5	958.5
$\sigma_{cr,sl}(c)$	430.4	522.8	
$\sigma_{cr,c}(c)$	768.		
α_e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmin)

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr,p}(p)$	955.0	$\sigma_{cr,c}(c)$ 0.96
$\beta_{ac}(p)$	0.98	$\beta_{ac}(c)$ 0.66
λ_p	0.60	λ_c 0.82
ρ_p		χ_c

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmin)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
Edge sup	8.688E+	3752.	1.129E+
1	1.629E+	3033.	1.09E+
2	1.217E+	2251.	4.541E+
Edge inf	2.758E+	1853.	3.611E+
Totale	3.99E+	2870.	1.637E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmin)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-7.595E+	2873.	-2.075E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
$A(mm^2)$	2.408E+	3.067E+	3.067E+	3.067E+	4.027E+	2.489E+
$z_G(mm)$	1631.37	2171.41	2171.41	2171.41	2643.14	1711.63

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Δz_{Geff} (mm)	37.9	16.9	16.9	16.9	4.2	34.3
$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	6.946E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.309E+1	7.426E+1
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-4.258E+	-4.706E+	-4.706E+	-4.706E+	-4.951E+	-4.339E+
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-4.506E+	-4.91E+	-4.91E+	-4.91E+	-5.126E+	-4.58E+
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	2.996E+	5.746E+	5.746E+	5.746E+	1.001E+	3.318E+
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	2.932E+	5.589E+	5.589E+	5.589E+	9.645E+	3.245E+
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+30	5.498E+	5.498E+	5.498E+	9.436E+	3.203E+
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+30	5.498E+	5.498E+	5.498E+	9.436E+	3.203E+
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+30	5.038E+	5.038E+	5.038E+	8.406E+	2.984E+
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+30	4.87E+	4.87E+	4.87E+	8.044E+	2.903E+
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	1.642E+	2.201E+	2.201E+	2.201E+	2.689E+	1.725E+
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	1.903E+	2.677E+	2.677E+	2.677E+	3.406E+	2.014E+
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	1.406E+	2.383E+	2.383E+	2.383E+	3.236E+	1.551E+
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.418E-29	1.301E+	1.301E+	1.301E+	2.437E+	1.933E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	3.08
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.021
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	2.032E+
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	-5.304E+	0E+0	-2.117E+	2.515E+

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-1.		1.					1.		-5.		-3.	0.15
σ_7		-24.	-40.	-21.			-39.	-20.	1.		-32.	-93.	-99.	0.25
σ_6		-22.	-3	-20.	0.		-37.	-19.	1.		-28.	-86.	-91.	0.23
σ_5		-1.									-4.		-1.	0.09
σ_4	-130.	-21.	-37.	-20.	0.		-167.	-19.	1.		-28.	-85.	-220.	0.69
σ_3	-127.	-21.	-36.	-20.	0.		-163.	-19.	1.		-2	-83.	-215.	0.67
σ_2				-10.					-12.		1.	2.	-21.	0.06
σ_1	84.	24.	26.	1.	-0.		110.	1.	-		57.	64.	17	0.53
σ_0	89.	25.	2	2.	-0.		117.	1.	-1.		59.	68.	17	0.56

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.692 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.41 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.67 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.23 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.93 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 175.455 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 76.016 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 8.241E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 1.166, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.971E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 21.457, \quad K_\tau = 13.08$$

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

contributo anima: $V_{bw,Rd}=8.241E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=0E+00$ N

$\chi_w=0.521$, $\lambda_w=1.594$, $\tau_{cr}=80.7$, $C=1318.1$

$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=-2.13E+8$ Nm, $M_{f,Rd}=-1.438E+8$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=1.481$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=1.989E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=8.241E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.482$, (\Rightarrow VERIFICA SODDISFATTA)

$\eta_3=V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.482$, $\eta_1=\max(\eta_i)=0.692$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

$\eta_3 < 0.5$, $M_{Ed}/M_{f,Rd} > 1$
NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	2.02E+	-3.83E+	0E+0
2	0E+0	6.56E+	-1.22E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	2.95E+	0E+0
Rit.Is	-3.13E+		-6.14E+	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	0E+0	-4.68E+	0E+0
Term.Is	4.98E+		7.48E+	
3	5.91E+	1.59E+	-2.53E+	0E+0
Total	2.44E+	4.27E+	-7.46E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	175.4	2816.8	0.2	-0.9	
Piattabanda superiore	11.7				
Piattabanda inferiore	6.2				
classe della sezione					

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	2.438E+6	M_{Ed} (Nm)	-7.458E+7	N_{Ed} (N)	2.438E+6
N_{Rd} (N)	8.402E+7	M_{Rd} (Nm)	-1.769E+8	M_{Ed} (Nm)	-7.458E+7
				M_{Rd} (Nm)	-1.767E+8
N_{Ed}/N_{Rd}	0.029	M_{Ed}/M_{Rd}	0.422	M_{Ed}/M_{Rd}	0.422

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-1.		1.					-1.		-4.		-6.	0.29
σ_7		-23.	-39.	-21.				-38.	20.	-1.	-28.	-8.	-53.	0.13
σ_6		-21.	-36.	-20.	0.			-35.	19.	-1.	-25.	-74.	-4.	0.12
σ_5		-1.							-2.		-		-5.	0.25

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

σ_4	-12	-21.	-36.	-20.	0.			-161.	19.	-1.	-24.	-73.	-17	0.54
σ_3	-123.	-20.	-35.	-2	0.			-15	19.	-1.	-23.	-71.	-168.	0.52
σ_2				-1					12.		1.	2.	3.	0.01
σ_1	85.	24.	26.		-0.			111.	-1.		50.	57.	161.	0.50
σ_0	90.	25.	28.	2.	-0.			117.	-	1.	52.	60.	169.	0.5

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.542 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.46 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.71 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -6.18 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.39 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmax)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	60	5	--	--	--	--	3000
Piattabanda superiore DX	60	5	--	--	--	--	3000
Piattabanda inferiore SX	57	9	--	--	--	--	5175
Piattabanda inferiore DX	57	9	--	--	--	--	5175

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmax)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	386	95	100	191
σ_{cr0E} (N/mm ²)	6.1	101.8	91.9	25.2
σ_{sup} (N/mm ²)	-174.0	-174.0	-91.5	-4.
σ_{inf} (N/mm ²)	160.9	-91.5	-4.	160.9
ψ	-0.9	0.5	0.0	-33.5
K_σ	21.9	5.	7.4	95.6
λ_p	1.6	0.8	0.7	0.3
b_c (mm)	2005.2	95	100	55.2
$b_{c, sup}$ (mm)	802.1	424.	404.2	22.1
$b_{c, sup}$ (mm)	1203.1	525.	595.7	33.1
ρ_{loc}	0.5	0.9		
b_{ceff} (mm)	1152.	885.7	100	55.2
$b_{ceff, sup}$ (mm)	46	395.9	404.2	22.1
$b_{ceff, sup}$ (mm)	691.	489.7	595.7	33.1
Φ_{Foro} (mm)	852.7	64.2		

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	9.343E+	3737.	1.404E+
A_c 1	2.045E+	3060.	1.472E+
A_c 2	1.359E+	2286.	4.325E+
A_c Edge inf	7.296E+	1961.	6.688E+
A_c tot	4.412E+	2947.	1.478E+1
A_c	4.504E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmax)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff}$ Edge sup	8.711E+	375	1.138E+
$A_{c,eff}$ 1	1.967E+	3042.	1.31E+
$A_{c,eff}$ 2	1.359E+	2286.	4.325E+
$A_{c,eff}$ Edge inf	7.296E+	1961.	6.688E+
$A_{c,eff}$ tot	4.27E+	2928.	1.43E+1
$A_{c,eff,loc}$	4.426E+		

PROGETTAZIONE ATI:

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmax)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A_{sl} (mm ²)	2.595E+	1.909E+	4.504E+
e_{sl} (mm)	28.	39.	33.
I_{sl} (mm ⁴)	1.096E+	1.016E+	2.124E+
$A_{sl,eff}$ (mm ²)	2.517E+	1.909E+	4.426E+
$e_{sl,eff}$ (mm)	29.	39.	33.
$I_{sl,eff}$ (mm ⁴)	1.089E+	1.016E+	2.115E+
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	537.3	597.3	496.1
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	1021.1	21672.	977.1
$\sigma_{cr,sl}$ (c)	432.4	544.7	
$\sigma_{cr,c}$ (c)	821.7		
α_e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmax)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	977.1	$\sigma_{cr,c}$ (c)	0.9
β_{ac} (p)	0.98	β_{ac} (c)	0.64
λ_p	0.59	λ_c	0.8
ρ_p		χ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmax)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	8.711E+	375	1.138E+
1	1.593E+	3042.	1.061E+
2	1.101E+	2286.	3.503E+
Edge inf	7.296E+	1961.	6.688E+
Totale	3.638E+	2962.	1.282E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-7.736E+	2877.	-1.922E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.407E+	3.066E+	3.066E+	3.066E+	4.026E+	2.487E+
z _G (mm)	1630.4	2170.9	2170.9	2170.9	2642.97	1710.82
Δz_{Geff} (mm)	38.8	17.	17.	17.	4.4	35.
J _{y,eff} (mm ⁴)	6.944E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.022E+1	1.309E+1	7.425E+1
W _{y,0eff} (mm ³)	-4.259E+	-4.707E+	-4.707E+	-4.707E+	-4.952E+	-4.34E+
W _{y,1eff} (mm ³)	-4.508E+	-4.911E+	-4.911E+	-4.911E+	-5.127E+	-4.581E+
W _{y,3eff} (mm ³)	2.994E+	5.745E+	5.745E+	5.745E+	1.001E+	3.316E+
W _{y,4eff} (mm ³)	2.931E+	5.587E+	5.587E+	5.587E+	9.645E+	3.244E+
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+30	5.497E+	5.497E+	5.497E+	9.436E+	3.202E+
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+30	5.497E+	5.497E+	5.497E+	9.436E+	3.202E+
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+30	5.037E+	5.037E+	5.037E+	8.406E+	2.983E+
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+30	4.869E+	4.869E+	4.869E+	8.044E+	2.901E+
S _{y,1eff} (mm ³)	1.641E+	2.2E+	2.2E+	2.2E+	2.689E+	1.724E+
S _{y,2eff} (mm ³)	1.902E+	2.677E+	2.677E+	2.677E+	3.406E+	2.013E+
S _{y,3eff} (mm ³)	1.407E+	2.383E+	2.383E+	2.383E+	3.236E+	1.552E+
S _{y,4eff} (mm ³)	2.419E-29	1.301E+	1.301E+	1.301E+	2.437E+	1.934E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	3.333
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.053

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	2.08E+
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	-5.443E+	0E+0	2.203E+	2.617E+

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-1.		1.					-1.		-4.		-6.	0.29
σ_7		-24.	-40.	-21.				-39.	20.	-1.	-28.	-82.	-5	0.13
σ_6		-22.	-3	-20.	0.			-37.	19.	-1.	-25.	-76.	-48.	0.12
σ_5		-1.							-		-4.		-5.	0.25
σ_4	-130.	-21.	-37.	-20.	0.			-167.	19.	-1.	-24.	-75.	-178.	0.55
σ_3	-127.	-21.	-36.	-20.	0.			-163.	19.	-1.	-23.	-73.	-173.	0.54
σ_2				-10.					12.		1.	2.	3.	0.01
σ_1	84.	24.	26.	1.	-0.			110.	-1.		50.	57.	16	0.50
σ_0	89.	25.	2	2.	-0.			117.	-1.	1.	52.	60.	168.	0.52

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.559 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.41 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.66 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -6.2 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.41 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 175.455 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 76.016 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 8.241E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.166, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.971E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 21.457, \quad K_\tau = 13.08$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 8.241E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 0E+00 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.521, \quad \lambda_w = 1.594, \quad \tau_{cr} = 80.7, \quad C = 1318.1$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -1.719E+8 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -1.307E+8 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 1.315$$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 1.989E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 8.241E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.518, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.518, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.559$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

C'E' INTERAZIONE

$$\eta_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{Rd})(2\eta_3 - 1)^2 = 0.559 \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	1.5E+	-2.84E+	0E+0
2	0E+0	4.37E+	-8.11E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	2.95E+	0E+0
Rit.Is	-3.13E+		-6.14E+	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	0E+0	-4.68E+	0E+0
Term.Is	4.98E+		7.48E+	
3	-5.91E+	-2E+	3.54E+	0E+0
Total	1.26E+	1.73E+	-3.18E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	175.4	2737.4	0.3	-0.6	
Piattabanda superiore	11.7				
Piattabanda inferiore	6.2				
classe della sezione					

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	1.256E+6	M _{Ed} (Nm)	-3.177E+7	N _{Ed} (N)	1.256E+6
N _{Rd} (N)	8.402E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.769E+8	M _{Ed} (Nm)	-3.177E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.768E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.015	M _{Ed} /M _{Rd}	0.18	M _{Ed} /M _{Rd}	0.18

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-		1.					-1.		0.		-0.	0.0
σ ₇		-15.	-26.	-21.				-25.	20.	-1.	2.	9.	-14.	0.03
σ ₆		-14.	-24.	-20.	0.			-23.	19.	-1.	2.	8.	-13.	0.03
σ ₅		-0.							-2.		0.		-0.	0.02
σ ₄	-93.	-14.	-24.	-20.	0.			-116.	19.	-1.	2.	8.	-106.	0.33
σ ₃	-91.	-13.	-23.	-2.	0.			-114.	19.	-1.	2.		-104.	0.32
σ ₂				-1.					12.		-1.	-2.	0.	0.00
σ ₁	63.	16.	17.		-0.			80.	-1.		-8.	-10.	71.	0.22
σ ₀	66.	17.	18.	2.	-0.			84.	-	1.	-8.	-10.	7	0.23

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.333 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.96 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.15 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.42 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.54 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β	$A*\beta$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	60	5	--	--	--		3000
Piattabanda superiore DX	60	5	--	--	--		3000
Piattabanda inferiore SX	57	9	--	--	--		5175
Piattabanda inferiore DX	57	9	--	--	--		5175

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	386	95	100	191
σ_{cr0E} (N/mm ²)	6.1	101.8	91.9	25.2
σ_{sup} (N/mm ²)	-108.0	-108.0	-63.8	-17.3
σ_{inf} (N/mm ²)	71.4	-63.8	-17.3	71.4
ψ	-0.6	0.5	0.2	-4.1
K_σ	16.2		6.	95.6
λ_p	1.8	0.8	0.7	0.3
b_c (mm)	2323.0	95	100	373.0
$b_{c, sup}$ (mm)	929.2	430.9	422.9	149.2
$b_{c, sup}$ (mm)	1393.8	519.0	577.0	223.8
ρ_{loc}	0.	0.9	0.9	
b_{ceff} (mm)	1150.4	868.	978.5	373.0
$b_{ceff, sup}$ (mm)	460.1	394.0	413.	149.2
$b_{ceff, sup}$ (mm)	690.2	474.5	564.6	223.8
ϕ_{Foro} (mm)	1172.6	81.	21.4	

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	9.481E+	3734.	1.467E+
A_c 1	2.072E+	304	1.533E+
A_c 2	1.598E+	2213.	7.023E+
A_c Edge inf	4.925E+	1738.	2.057E+
A_c tot	5.111E+	2788.	2.298E+1
A_c	4.77E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Vmin)

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff}$ Edge sup	8.668E+	375	1.121E+
$A_{c,eff}$ 1	1.955E+	3030.	1.286E+
$A_{c,eff}$ 2	1.57E+	2207.	6.669E+
$A_{c,eff}$ Edge inf	4.925E+	1738.	2.057E+
$A_{c,eff}$ tot	4.884E+	2763.	2.199E+1
$A_{c,eff,loc}$	4.625E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A_{sl} (mm ²)	2.622E+	2.148E+	4.77E+
e_{sl} (mm)	28.	34.	31.
I_{sl} (mm ⁴)	1.099E+	1.05E+	2.153E+
$A_{sl,eff}$ (mm ²)	2.505E+	2.12E+	4.625E+
$e_{sl,eff}$ (mm)	29.	35.	32.
$I_{sl,eff}$ (mm ⁴)	1.088E+	1.046E+	2.138E+
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	532.6	547.0	472.6
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	901.	3406.1	921.9
$\sigma_{cr,sl}$ (c)	428.8	500.2	
$\sigma_{cr,c}$ (c)	725.5		
α_e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Vmin)

	Piastra	Colonna

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$\sigma_{cr,p}(\rho)$	901.	$\sigma_{cr,c}(c)$	0.95
$\beta_{ac}(\rho)$	0.9	$\beta_{ac}(c)$	0.68
λ_p	0.61	λ_c	0.8
ρ_p		χ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
Edge sup	8.668E+	375	1.121E+
1	1.603E+	3030.	1.055E+
2	1.288E+	2207.	5.471E+
Edge inf	4.925E+	1738.	2.057E+
Totale	4.251E+	2778.	2.05E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-8.599E+	2836.	-2.457E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
$A(mm^2)$	2.398E+	3.057E+	3.057E+	3.057E+	4.017E+	2.479E+
$z_G(mm)$	1627.49	2170.14	2170.14	2170.14	2643.35	1708.20
$\Delta z_{Geff}(mm)$	41.8	18.2	18.2	18.2	4.0	37.8
$J_{y,eff}(mm^4)$	6.934E+1	1.021E+1	1.021E+1	1.021E+1	1.308E+1	7.416E+1
$W_{y,0eff}(mm^3)$	-4.261E+	-4.707E+	-4.707E+	-4.707E+	-4.95E+	-4.342E+
$W_{y,1eff}(mm^3)$	-4.51E+	-4.911E+	-4.911E+	-4.911E+	-5.124E+	-4.583E+
$W_{y,3eff}(mm^3)$	2.986E+	5.739E+	5.739E+	5.739E+	1.001E+	3.308E+
$W_{y,4eff}(mm^3)$	2.923E+	5.582E+	5.582E+	5.582E+	9.644E+	3.236E+
$W_{y,5eff}(mm^3)$	1E+30	5.492E+	5.492E+	5.492E+	9.435E+	3.194E+
$W_{y,6eff}(mm^3)$	1E+30	5.492E+	5.492E+	5.492E+	9.435E+	3.194E+
$W_{y,7eff}(mm^3)$	1E+30	5.032E+	5.032E+	5.032E+	8.405E+	2.976E+
$W_{y,8eff}(mm^3)$	1E+30	4.865E+	4.865E+	4.865E+	8.043E+	2.895E+
$S_{y,1eff}(mm^3)$	1.638E+	2.2E+	2.2E+	2.2E+	2.689E+	1.721E+
$S_{y,2eff}(mm^3)$	1.898E+	2.675E+	2.675E+	2.675E+	3.406E+	2.009E+
$S_{y,3eff}(mm^3)$	1.409E+	2.384E+	2.384E+	2.384E+	3.235E+	1.554E+
$S_{y,4eff}(mm^3)$	2.422E-29	1.301E+	1.301E+	1.301E+	2.436E+	1.936E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	4.269
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.115
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}(kNm)$	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	-2.235E+
$\Delta M_{Non fessurata}(kNm)$	0E+0	0E+0	-5.702E+	0E+0	2.012E+	-2.389E+

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-		1.					-1.		0.		-0.	0.0
σ_7		-16.	-27.	-2				-26.	20.	-1.	2.	9.	-14.	0.03
σ_6		-14.	-25.	-2	0.			-24.	19.	-1.	2.	8.	-13.	0.03
σ_5		-0.							-		0.		-0.	0.02

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

σ_4	-9	-14.	-25.	-20.	0.			-121.	19.	-1.	2.	8.	-110.	0.34
σ_3	-9	-14.	-24.	-20.	0.			-118.	19.	-1.	2.	8.	-108.	0.33
σ_2				-10.					12.		-1.	-2.	0.	0.00
σ_1	62.	16.	17.	1.	-0.			79.	-1.		-8.	-10.	71.	0.22
σ_0	66.	17.	18.	2.	-0.			84.	-1.	1.	-8.	-10.	75.	0.23

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.346 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.91 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.11 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.42 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.53 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=175.455 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=76.016 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd}=8.996E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w=1.166, \quad \eta=1.2, \quad I_{sl}=1.971E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl}=21.457, \quad K_\tau=13.08$$

contributo anima: $V_{bw,Rd}=8.241E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=7.556E+5$ N
 $\chi_w=0.521, \quad \lambda_w=1.594, \quad \tau_{cr}=80.7, \quad C=1318.1$
 $M_{Ed}=M_{Ed,eq}=-1.066E+8$ Nm, $M_{f,Rd}=-1.323E+8$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.806$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=1.989E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=8.996E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{Rd}=0.193, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3=V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.21, \quad \eta_1=\max(\eta_i)=0.346$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

FILO 100

Sezione T2N003I T2N003I

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	1.82E+	-1.22E+	0E+0
2	0E+0	4.95E+	-3.42E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
Rit.Is	0E+0		0E+0	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	9.6E+	1.21E+	0E+0
Term.Is	4.98E+		5.63E+	
3	0E+0	-1.15E+	7.49E+	0E+0
Total	4.98E+	2.21E+	-8.01E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	196.7	3642.9	0.0	-1.0	
Piattabanda superiore	1				
Piattabanda inferiore	16.8				
classe della sezione					
Analisi plastica: APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.975E+6	M _{Ed} (Nm)	-8.01E+6	N _{Ed} (N)	4.975E+6
N _{Rd} (N)	5.207E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.094E+8	M _{Ed} (Nm)	-8.01E+6
				M _{Rd} (Nm)	-1.072E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.096	M _{Ed} /M _{Rd}	0.073	M _{Ed} /M _{Rd}	0.075
VERIFICA SODDISFATTA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-0.						-0.	-0.		0.		-1.	0.05
σ ₇		-9.	-20.					-9.	26.	7.	1.	4.	18.	0.04
σ ₆		-8.	-18.					-8.	2	6.		4.	17.	0.04
σ ₅		-0.						-0.	-1.		0.		-1.	0.07
σ ₄	-77.	-8.	-18.					-85.	24.	6.	0.		-60.	0.17
σ ₃	-76.	-8.	-18.					-84.	24.	6.	0.		-59.	0.17
σ ₂									16.				16.	0.04
σ ₁	59.	13.	1					73.	-9.	-5.	-2.	-3.	60.	0.1
σ ₀	60.	1	16.					74.	-9.	-5.	-2.	-3.	61.	0.18

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.183 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.59 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.51 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.25 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.54 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

PROGETTAZIONE ATI:

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=196.75 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 77.825 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 7.264E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w=1.144, \quad \eta=1.2, \quad I_{sl}=1.862E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl}=26.099, \quad K_\tau=13.71$$

contributo anima: $V_{bw,Rd}=6.972E+6 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd}=2.918E+5 \text{ N}$
 $\chi_w=0.475, \quad \lambda_w=1.746, \quad \tau_{cr}=67.3, \quad C=1159.2$
 $M_{Ed}=-8.01E+6 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd}=-5.495E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.146$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.843E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 7.264E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.304, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.317, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.075$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	2.45E+	-1.64E+	0E+0
2	0E+0	7.43E+	-5.12E+	0E+0
2	0E+0	-8.6E+	-5.29E+	0E+0
Rit.Is	-3.13E+		-5.15E+	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	-9.6E+	-1.21E+	0E+0
Term.Is	-4.98E+		-5.63E+	
3	0E+0	1.73E+	-9.58E+	0E+0
Total	-8.1E+	4.91E+	-4.37E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	196.7	2675.8	0.3	-0.8	
Piattabanda superiore	1				
Piattabanda inferiore	16.8				
classe della sezione					
Analisi plastica: NON APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-8.104E+6	M_{Ed} (Nm)	-4.366E+7	N_{Ed} (N)	-8.104E+6
N_{Rd} (N)	-7.222E+7	M_{Rd} (Nm)	-1.094E+8	M_{Ed} (Nm)	-4.366E+7
				M_{Rd} (Nm)	-1.091E+8
N_{Ed}/N_{Rd}	0.112	M_{Ed}/M_{Rd}	0.399	M_{Ed}/M_{Rd}	0.4
VERIFICA NON SIGNIFICATIVA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

PROGETTAZIONE ATI:

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-0.		1.					0.		-2.		-1.	0.05
σ_7		-14.	-30.	-30.	-3.			-33.	-26.	-7.	-14.	-56.	-85.	0.21
σ_6		-12.	-27.	-2.	-2.			-30.	-2.	-6.	-12.	-52.	-79.	0.20
σ_5		-0.		1.					1.		-			0.00
σ_4	-104.	-12.	-27.	-28.	-2.			-13.	-24.	-6.	-11.	-51.	-182.	0.5
σ_3	-103.	-12.	-27.	-28.	-2.			-133.	-24.	-6.	-11.	-50.	-18.	0.53
σ_2				-14.					-16.				-31.	0.09
σ_1	80.	20.	23.	8.	2.			106.	9.	5.	36.	44.	154.	0.45
σ_0	81.	2.	24.	8.	2.			108.	9.	5.	36.	45.	157.	0.46

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.54 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.48 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.74 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.1 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.04 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	40	3	-	-	-	-	1200
Piattabanda superiore DX	40	3	-	-	-	-	1200
Piattabanda inferiore SX	60	3	-	-	-	-	2100
Piattabanda inferiore DX	60	3	-	-	-	-	2100

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmin)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	393	97	100	196
σ_{cr0E} (N/mm ²)	4.9	80.7	7	19.6
σ_{sup} (N/mm ²)	-190.7	-190.7	-105.7	-18.2
σ_{inf} (N/mm ²)	153.	-105.7	-18.2	153.
ψ	-0.8	0.5	0.1	-8.4
K_σ	19.2	5.1	6.7	95.6
λ_p	1.9	0.9	0.8	0.4
b _c (mm)	2177.	97	100	207.
b _{c sup} (mm)	871.1	436.4	414.2	83.1
b _{c sup} (mm)	1306.7	533.5	585.7	124.7
ρ_{loc}	0.4	0.8	0.9	
b _{ceff} (mm)	1053.6	825.4	947.	207.
b _{ceff sup} (mm)	421.4	371.3	392.6	83.1
b _{ceff sup} (mm)	632.	454.0	555.2	124.7
ϕ_{Foro} (mm)	1124.2	144.5	52.	

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c Edge sup}	8.728E+	3751.	1.385E+
A _{c 1}	1.896E+	3059.	1.419E+
A _{c 2}	1.338E+	2251.	4.988E+
A _{c Edge inf}	2.495E+	1854.	3.235E+
A _{c tot}	4.356E+	288	1.722E+1
A _c	4.334E+		

PROGETTAZIONE ATI:

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmin)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
$A_{c,eff} \text{ Edge sup}$	7.428E+	3784.	8.537E+
$A_{c,eff} 1$	1.694E+	3030.	1.012E+
$A_{c,eff} 2$	1.277E+	223	4.336E+
$A_{c,eff} \text{ Edge inf}$	2.495E+	1854.	3.235E+
$A_{c,eff} \text{ tot}$	3.963E+	2841.	1.585E+1
$A_{c,eff,loc}$	4.07E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
$A_{sl}(mm^2)$	2.446E+	1.888E+	4.334E+
$e_{sl}(mm)$	30.	39.	34.
$I_{sl}(mm^4)$	1.07E+	1.001E+	2.08E+
$A_{sl,eff}(mm^2)$	2.244E+	1.827E+	4.07E+
$e_{sl,eff}(mm)$	33.	40.	36.
$I_{sl,eff}(mm^4)$	1.049E+	9.913E+	2.046E+
$\sigma_{cr,sl,i}(p)$	528.7	581.3	500.1
$\sigma_{cr,p,i}(p)$	953.3	6090.2	998.7
$\sigma_{cr,sl}(c)$	447.6	542.8	
$\sigma_{cr,c}(c)$	807.1		
α_e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmin)

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}(p)$	953.3	$\sigma_{cr,c}(c)$	0.91
$\beta_{ac}(p)$	0.93	$\beta_{ac}(c)$	0.63
λ_p	0.59	λ_c	0.81
ρ_p		χ_c	

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmin)

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
Edge sup	7.428E+	3784.	8.537E+
1	1.376E+	3030.	8.222E+
2	1.037E+	223	3.523E+
Edge inf	2.495E+	1854.	3.235E+
Totale	3.406E+	2866.	1.457E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmin)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-9.501E+	293	-2.616E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
$A(mm^2)$	1.352E+	2.011E+	2.011E+	2.011E+	2.971E+	1.432E+
$z_G(mm)$	1672.45	2482.72	2482.72	2482.72	3021.56	1809.59
$\Delta z_{Geff}(mm)$	82.	20.2	20.2	20.2	-2.7	69.8
$J_{y,eff}(mm^4)$	3.358E+1	6.071E+1	6.071E+1	6.071E+1	7.882E+1	3.812E+1
$W_{y,0eff}(mm^3)$	-2.008E+	-2.445E+	-2.445E+	-2.445E+	-2.609E+	-2.106E+
$W_{y,1eff}(mm^3)$	-2.051E+	-2.48E+	-2.48E+	-2.48E+	-2.639E+	-2.148E+
$W_{y,3eff}(mm^3)$	1.462E+	4.082E+	4.082E+	4.082E+	8.311E+	1.764E+
$W_{y,4eff}(mm^3)$	1.443E+	4.001E+	4.001E+	4.001E+	8.056E+	1.74E+
$W_{y,5eff}(mm^3)$	1E+30	3.924E+	3.924E+	3.924E+	7.816E+	1.717E+
$W_{y,6eff}(mm^3)$	1E+30	3.924E+	3.924E+	3.924E+	7.816E+	1.717E+
$W_{y,7eff}(mm^3)$	1E+30	3.535E+	3.535E+	3.535E+	6.689E+	1.595E+
$W_{y,8eff}(mm^3)$	1E+30	3.397E+	3.397E+	3.397E+	6.314E+	1.549E+
$S_{y,1eff}(mm^3)$	6.951E+	1.035E+	1.035E+	1.035E+	1.262E+	7.527E+

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$S_{v,2eff}$ (mm ³)	9.632E+	1.635E+	1.635E+	1.635E+	2.154E+	1.068E+
$S_{v,3eff}$ (mm ³)	5.55E+	1.456E+	1.456E+	1.456E+	2.055E+	7.075E+
$S_{v,4eff}$ (mm ³)	2.378E-29	1.095E+	1.095E+	1.095E+	1.824E+	1.854E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	6.088
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.253
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	-6.342E+	0E+0	1.38E+	0E+0

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-0.		1.					0.		-2.		-1.	0.0
σ_7		-14.	-32.	-31.	-3.			-35.	-26.	-7.	-14.	-60.	-87.	0.22
σ_6		-13.	-29.	-30.	-3.			-32.	-25.	-	-12.	-55.	-8	0.20
σ_5		-0.		1.					1.		-		-0.	0.0
σ_4	-113.	-12.	-29.	-29.	-			-146.	-25.	-6.	-11.	-5	-193.	0.57
σ_3	-112.	-12.	-2	-29.	-			-144.	-2	-6.	-11.	-54.	-191.	0.56
σ_2				-15.					-16.				-32.	0.09
σ_1	80.	20.	23.	7.	2.			106.	9.	5.	36.	44.	153.	0.45
σ_0	81.	2	24.	7.	2.			108.	9.	5.	36.	45.	156.	0.46

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.573 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.39 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.65 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.27 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.21 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 196.75 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 77.825 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 6.972E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 1.144, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.862E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 26.099, \quad K_\tau = 13.71$$

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 6.972E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 0E+00$ N
 $\chi_w = 0.475, \quad \lambda_w = 1.746, \quad \tau_{cr} = 67.3, \quad C = 1159.2$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -1.561E+8$ Nm, $M_{f,Rd} = -6.797E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 2.297$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.843E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.972E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.705, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.705, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.573$$

PROGETTAZIONE ATI:

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

C'E' INTERAZIONE

$$\eta_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{Rd})(2\eta_3 - 1)^2 = 0.636 \text{ VERIFICA SODDISFATTA}$$

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	2.45E+	-1.64E+	0E+0
2	0E+0	7.43E+	-5.12E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
Rit.Is	0E+0		0E+0	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	9.6E+	1.21E+	0E+0
Term.Is	4.98E+		5.63E+	
3	0E+0	1.76E+	-9.08E+	0E+0
Total	4.98E+	4.96E+	-2.38E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	196.7	3642.9	0.0	-1.2	
Piattabanda superiore	1				
Piattabanda inferiore	16.8				
classe della sezione					

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.975E+6	M _{Ed} (Nm)	-2.38E+7	N _{Ed} (N)	4.975E+6
N _{Rd} (N)	5.207E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.094E+8	M _{Ed} (Nm)	-2.38E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.072E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.096	M _{Ed} /M _{Rd}	0.218	M _{Ed} /M _{Rd}	0.222

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-0.						-0.	-0.		-2.		-	0.19
σ ₇		-14.	-30.					-14.	26.	7.	-13.	-53.	-1.	0.00
σ ₆		-12.	-27.					-12.	2	6.	-11.	-49.	0.	0.00
σ ₅		-0.						-0.	-1.		-1.		-3.	0.1
σ ₄	-104.	-12.	-27.					-117.	24.	6.	-11.	-48.	-103.	0.30
σ ₃	-103.	-12.	-27.					-115.	24.	6.	-10.	-4	-10	0.30
σ ₂									16.				16.	0.04
σ ₁	80.	20.	23.					100.	-9.	-5.	34.	42.	125.	0.37
σ ₀	81.	2	24.					102.	-9.	-5.	34.	43.	127.	0.37

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.377 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.89 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.77 N/mm²

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

- La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -4.04 N/mm²
 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.81 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=196.75 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 77.825 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 7.215E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w=1.144, \quad \eta=1.2, \quad I_{sl}=1.862E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl}=26.099, \quad K_\tau=13.71$$

contributo anima: $V_{bw,Rd}=6.972E+6 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd}=2.422E+5 \text{ N}$
 $\chi_w=0.475, \quad \lambda_w=1.746, \quad \tau_{cr}=67.3, \quad C=1159.2$
 $M_{Ed}=-2.38E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd}=-5.495E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.433$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.843E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 7.215E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.688, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.712, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.222$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	1.82E+	-1.22E+	0E+0
2	0E+0	4.95E+	-3.42E+	0E+0
2	0E+0	-8.6E+	-5.29E+	0E+0
Rit.Is	-3.13E+		-5.15E+	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	-9.6E+	-1.21E+	0E+0
Term.Is	-4.98E+		-5.63E+	
3	0E+0	-1.15E+	7.49E+	0E+0
Total	-8.1E+	2.18E+	-2.74E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	196.7	2675.8	0.3	-0.	
Piattabanda superiore	1				
Piattabanda inferiore	16.8				
classe della sezione					
Analisi plastica: NON APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-8.104E+6	M _{Ed} (Nm)	-2.736E+7	N _{Ed} (N)	-8.104E+6
N _{Rd} (N)	-7.222E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.094E+8	M _{Ed} (Nm)	-2.736E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.091E+8

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO - IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

N_{Ed}/N_{Rd}	0.112	M_{Ed}/M_{Rd}	0.25	M_{Ed}/M_{Rd}	0.251
VERIFICA NON SIGNIFICATIVA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-0.		1.					0.		0.			
σ_7		-9.	-20.	-30.	-3.			-23.	-26.	-7.	1.	4.	-25.	0.06
σ_6		-8.	-18.	-2.	-2.			-21.	-2.	-6.		4.	-2.	0.06
σ_5		-0.		1.					1.		0.			
σ_4	-77.	-8.	-18.	-28.	-2.			-98.	-24.	-6.	0.		-101.	0.29
σ_3	-76.	-8.	-18.	-28.	-2.			-97.	-24.	-6.	0.		-99.	0.29
σ_2				-14.					-16.					
σ_1	59.	13.	1.	8.	2.			77.	9.	5.	-2.	-3.	8.	0.23
σ_0	60.	1.	16.	8.	2.			79.	9.	5.	-2.	-3.	81.	0.24

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.299 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.78 N/mm²

2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1 N/mm²

La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)

3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.82 N/mm²

4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.33 N/mm²

La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β	$A*\beta$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	40	3	-	-	-	-	1200
Piattabanda superiore DX	40	3	-	-	-	-	1200
Piattabanda inferiore SX	60	3	-	-	-	-	2100
Piattabanda inferiore DX	60	3	-	-	-	-	2100

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	393	97	100	196
σ_{cr0E} (N/mm ²)	4.9	80.7	7	19.6
σ_{sup} (N/mm ²)	-108.2	-108.2	-61.9	-14.0
σ_{inf} (N/mm ²)	79.8	-61.9	-14.0	79.8
ψ	-0.7	0.5	0.2	-5.6
K_σ	17.7	5.0	6.4	95.6
λ_p	2.0	0.9	0.8	0.4
b_c (mm)	2264.7	97	100	294.7
$b_{c, sup}$ (mm)	905.8	438.0	419.0	117.8
$b_{c, sup}$ (mm)	1358.8	531.9	580.9	176.8
ρ_{loc}	0.4	0.8	0.9	
b_{ceff} (mm)	1053.2	821.2	928.2	294.7
$b_{ceff, sup}$ (mm)	421.3	370.8	389.0	117.8
$b_{ceff, sup}$ (mm)	631.9	450.3	539.2	176.8
ϕ_{Foro} (mm)	1211.4	148.7	71.7	

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	A (mm ²)	Z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _c Edge sup	8.762E+	375	1.401E+
A _c 1	1.902E+	3056.	1.433E+

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

A _{c2}	1.398E+	2231.	5.688E+
A _{c Edge inf}	3.537E+	1793.	9.216E+
A _{c tot}	4.529E+	2837.	1.936E+1
A _c	4.4E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilità locale (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff Edge sup}	7.418E+	3784.	8.503E+
A _{c,eff 1}	1.679E+	3030.	9.855E+
A _{c,eff 2}	1.314E+	2210.	4.73E+
A _{c,eff Edge inf}	3.537E+	1793.	9.216E+
A _{c,eff tot}	4.088E+	2796.	1.778E+1
A _{c,eff,loc}	4.093E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A _{sl} (mm ²)	2.452E+	1.948E+	4.4E+
e _{sl} (mm)	30.	38.	33.
I _{sl} (mm ⁴)	1.07E+	1.01E+	2.087E+
A _{sl,eff} (mm ²)	2.229E+	1.864E+	4.093E+
e _{sl,eff} (mm)	33.	39.	36.
I _{sl,eff} (mm ⁴)	1.047E+	9.975E+	2.049E+
σ _{cr,sl,i} (p)	527.6	568.3	494.1
σ _{cr,p,i} (p)	922.9	4367.2	980.2
σ _{cr,sl} (c)	446.7	53	
σ _{cr,c} (c)	781.5		
α _e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilità globale dell'anima (Comb. Vmin)

	Piastra	Colonna
σ _{cr,p} (p)	922.9	σ _{cr,c} (c) 0.90
β _{ac} (p)	0.9	β _{ac} (c) 0.64
λ _p	0.59	λ _c 0.80
ρ _p		χ _c

Anima depurata per instabilità locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	7.418E+	3784.	8.503E+
1	1.358E+	3030.	7.975E+
2	1.064E+	2210.	3.827E+
Edge inf	3.537E+	1793.	9.216E+
Totale	3.517E+	2817.	1.645E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	-1.012E+	2908.	-2.842E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.346E+	2.005E+	2.005E+	2.005E+	2.965E+	1.426E+
z _G (mm)	1668.45	2482.54	2482.54	2482.54	3022.56	1806.41
Δ z _{G,eff} (mm)	86.	20.4	20.4	20.4	-3.7	7
J _{y,eff} (mm ⁴)	3.352E+1	6.07E+1	6.07E+1	6.07E+1	7.879E+1	3.807E+1
W _{y,0eff} (mm ³)	-2.009E+	-2.445E+	-2.445E+	-2.445E+	-2.607E+	-2.107E+
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.052E+	-2.48E+	-2.48E+	-2.48E+	-2.637E+	-2.149E+
W _{y,3eff} (mm ³)	1.456E+	4.081E+	4.081E+	4.081E+	8.316E+	1.76E+
W _{y,4eff} (mm ³)	1.438E+	4E+	4E+	4E+	8.061E+	1.735E+
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+30	3.922E+	3.922E+	3.922E+	7.821E+	1.712E+

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+30	3.922E+	3.922E+	3.922E+	7.821E+	1.712E+
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+30	3.534E+	3.534E+	3.534E+	6.692E+	1.59E+
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+30	3.396E+	3.396E+	3.396E+	6.316E+	1.545E+
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	6.934E+	1.035E+	1.035E+	1.035E+	1.262E+	7.513E+
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	9.602E+	1.634E+	1.634E+	1.634E+	2.155E+	1.065E+
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	5.56E+	1.456E+	1.456E+	1.456E+	2.053E+	7.085E+
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	2.382E-29	1.096E+	1.096E+	1.096E+	1.822E+	1.857E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	7.960
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.364
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+0	0E+0	-6.4E+	0E+0	1.878E+	0E+0

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-0.		1.					0.		0.			
σ_7		-9.	-21.	-31.	-3.			-24.	-2	-7.	1.	4.	-27.	0.07
σ_6		-8.	-2	-30.	-3.			-2	-25.	-		4.	-25.	0.06
σ_5		-0.		1.					1.		0.			
σ_4	-84.	-8.	-19.	-3	-			-107.	-25.	-6.	0.	4.	-110.	0.32
σ_3	-83.	-8.	-19.	-29.	-			-10	-2	-6.	0.	4.	-108.	0.32
σ_2				-15.					-16.					
σ_1	59.	13.	15.	7.	2.			77.	9.	5.	-2.	-3.	79.	0.23
σ_0	60.	1	16.	7.	2.			79.	9.	5.	-2.	-3.	81.	0.24

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.326 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.69 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.91 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.65 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.16 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 196.75 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 77.825 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 7.247E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 1.144, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.862E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 26.099, \quad K_\tau = 13.71$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.972E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.746E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.475, \quad \lambda_w = 1.746, \quad \tau_{cr} = 67.3, \quad C = 1159.2$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -1.91E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -6.797E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.281$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.843E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 7.247E+6$ N

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.301, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.313, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.326$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

Sezione T2N004F T2N004F

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	1.6E+	-2.16E+	0E+0
2	0E+0	4.68E+	-6.07E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
Rit.Is	0E+0		0E+0	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	8.7E+	1.15E+	0E+0
Term.Is	4.98E+		5.63E+	
3	0E+0	-9.71E+	1.33E+	0E+0
Total	4.98E+	1.98E+	-1.95E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	196.7	3642.9	0.0	-0.9	
Piattabanda superiore	1				
Piattabanda inferiore	16.8				
classe della sezione					
Analisi plastica: APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.975E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.953E+7	N _{Ed} (N)	4.975E+6
N _{Rd} (N)	5.207E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.094E+8	M _{Ed} (Nm)	-1.953E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.072E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.096	M _{Ed} /M _{Rd}	0.179	M _{Ed} /M _{Rd}	0.182
VERIFICA SODDISFATTA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-1.						-1.	-0.		0.		-1.	0.07
σ ₇		-16.	-35.					-16.	26.	6.		7.	11.	0.02
σ ₆		-15.	-33.					-15.	24.	6.	1.	7.	11.	0.02
σ ₅		-0.						-0.	-1.		0.		-1.	0.08
σ ₄	-137.	-14.	-32.					-152.	24.	6.	1.	7.	-12.	0.37
σ ₃	-135.	-14.	-32.					-150.	24.	6.	1.	7.	-124.	0.36
σ ₂									16.				16.	0.04
σ ₁	105.	24.	28.					129.	-9.	-5.	-	-6.	115.	0.34
σ ₀	107.	24.	28.					132.	-9.	-5.	-5.	-6.	117.	0.34

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.373 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -1.06 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.91 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.58 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.83 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 196.75 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 77.825 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 7.233E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w = 1.144, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.862E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau,sl} = 26.099, \quad K_\tau = 13.71$$

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 6.972E+6 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 2.605E+5 \text{ N}$
 $\chi_w = 0.475, \quad \lambda_w = 1.746, \quad \tau_{cr} = 67.3, \quad C = 1159.2$
 $M_{Ed} = -1.953E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -5.495E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.355$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.843E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 7.233E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.274, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.284, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.182$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	2.16E+	-2.91E+	0E+0
2	0E+0	7.02E+	-9.11E+	0E+0
2	0E+0	-8.4E+	-4.82E+	0E+0
Rit.ls	-3.13E+		-5.15E+	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	-8.7E+	-1.15E+	0E+0
Term.ls	-4.98E+		-5.63E+	
3	0E+0	7E+	-1.62E+	0E+0
Total	-8.1E+	3.55E+	-6.68E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	196.7	2675.8	0.3	-0.9	
Piattabanda superiore	1				
Piattabanda inferiore	16.8				
classe della sezione					

Analisi plastica: NON APPLICABILE

PROGETTAZIONE ATI:

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-8.104E+6	M _{Ed} (Nm)	-6.684E+7	N _{Ed} (N)	-8.104E+6
N _{Rd} (N)	-7.222E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.094E+8	M _{Ed} (Nm)	-6.684E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.091E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.112	M _{Ed} /M _{Rd}	0.611	M _{Ed} /M _{Rd}	0.613

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-1.		1.				-0.	0.		-4.		-3.	0.16
σ ₇		-25.	-53.	-30.	-2.			-55.	-26.	-6.	-24.	-95.	-106.	0.27
σ ₆		-22.	-49.	-28.	-2.			-51.	-24.	-6.	-20.	-88.	-97.	0.24
σ ₅		-1.		1.				0.	1.		-3.		-	0.09
σ ₄	-185.	-22.	-48.	-28.	-2.			-236.	-24.	-6.	-20.	-86.	-281.	0.83
σ ₃	-18	-21.	-48.	-28.	-2.			-233.	-24.	-6.	-19.	-85.	-277.	0.8
σ ₂				-14.				-14.	-16.				-31.	0.09
σ ₁	142.	36.	42.	7.	2.			186.	9.	5.	61.	75.	257.	0.76
σ ₀	14	37.	43.	8.	2.			190.	9.	5.	61.	7	26	0.77

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.832 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.2 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.15 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.44 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.98 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Mmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β ^k	A _{c,eff} *β ^k (mm ²)
Piattabanda superiore SX	40	3	-	-	-	-	1200
Piattabanda superiore DX	40	3	-	-	-	-	1200
Piattabanda inferiore SX	60	3	-	-	-	-	2100
Piattabanda inferiore DX	60	3	-	-	-	-	2100

Instabilità locale dei pannelli d'anima (Comb. Mmin)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	393	97	100	196
σ _{cr0E} (N/mm ²)	4.9	80.7	7	19.6
σ _{sup} (N/mm ²)	-293.9	-293.9	-158.2	-18.
σ _{inf} (N/mm ²)	256.6	-158.2	-18.	256.6
ψ	-0.8	0.5	0.1	-14.0
K _σ	20.7	5.1	7.0	95.6
λ _p	1.8	0.9	0.8	0.4
b _c (mm)	2100.7	97	100	130.7
b _{c, sup} (mm)	840.3	434.8	409.4	52.3
b _{c, sup} (mm)	1260.4	535.1	590.5	78.4
ρ _{loc}	0.	0.8	0.9	
b _{ceff} (mm)	1054.8	829.5	969.1	130.7
b _{ceff sup} (mm)	421.9	371.8	396.8	52.3
b _{ceff sup} (mm)	632.9	457.7	572.2	78.4
φ _{Foro} (mm)	1045.8	140.4	30.8	

PROGETTAZIONE ATI:

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Mmin)

	$A(mm^2)$	$z_G (mm)$	$J_y (mm^4)$
A_c Edge sup	8.696E+	3752.	1.37E+
A_c 1	1.889E+	3062.	1.405E+
A_c 2	1.286E+	2269.	4.428E+
A_c Edge inf	1.569E+	1908.	8.054E+
A_c tot	4.202E+	2919.	1.545E+1
A_c	4.275E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilita' locale (Comb. Mmin)

	$A(mm^2)$	$z_G (mm)$	$J_y (mm^4)$
$A_{c,eff}$ Edge sup	7.437E+	3784.	8.57E+
$A_{c,eff}$ 1	1.709E+	3030.	1.04E+
$A_{c,eff}$ 2	1.249E+	226	4.061E+
$A_{c,eff}$ Edge inf	1.569E+	1908.	8.054E+
$A_{c,eff}$ tot	3.859E+	2880.	1.428E+1
$A_{c,eff,loc}$	4.058E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
$A_{sl} (mm^2)$	2.439E+	1.836E+	4.275E+
$e_{sl} (mm)$	30.	40.	34.
$I_{sl} (mm^4)$	1.069E+	9.928E+	2.072E+
$A_{sl,eff} (mm^2)$	2.259E+	1.799E+	4.058E+
$e_{sl,eff} (mm)$	32.	41.	36.
$I_{sl,eff} (mm^4)$	1.05E+	9.866E+	2.044E+
$\sigma_{cr,sl,i} (p)$	529.8	593.1	505.6
$\sigma_{cr,p,i} (p)$	984.	9527.	1011.0
$\sigma_{cr,sl} (c)$	448.5	553.5	
$\sigma_{cr,c} (c)$	833.		
α_e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilita' globale dell'anima (Comb. Mmin)

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr,p} (p)$	984.	$\sigma_{cr,c} (c)$ 0.92
$\beta_{ac} (p)$	0.94	$\beta_{ac} (c)$ 0.62
λ_p	0.58	λ_c 0.81
ρ_p		χ_c

Anima depurata per instabilita' locale e globale dell'anima (Comb. Mmin)

	$A(mm^2)$	$z_G (mm)$	$J_y (mm^4)$
Edge sup	7.437E+	3784.	8.57E+
1	1.394E+	3030.	8.484E+
2	1.019E+	226	3.313E+
Edge inf	1.569E+	1908.	8.054E+
Totale	3.314E+	2909.	1.303E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmin)

	$\Delta A (mm^2)$	$z_G (mm)$	$\Delta J_y (mm^4)$
Anima	-8.877E+	2957.	-2.406E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
$A (mm^2)$	1.358E+	2.017E+	2.017E+	2.017E+	2.977E+	1.439E+
$z_G (mm)$	1676.59	2483.00	2483.00	2483.00	3020.6	1812.90
$\Delta z_{Geff} (mm)$	78.5	19.9	19.9	19.9	-1.8	66.5
$J_{y,eff} (mm^4)$	3.364E+1	6.072E+1	6.072E+1	6.072E+1	7.885E+1	3.817E+1

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$W_{v,0eff} (mm^3)$	-2.007E+	-2.446E+	-2.446E+	-2.446E+	-2.61E+	-2.105E+
$W_{v,1eff} (mm^3)$	-2.05E+	-2.481E+	-2.481E+	-2.481E+	-2.641E+	-2.147E+
$W_{v,3eff} (mm^3)$	1.467E+	4.084E+	4.084E+	4.084E+	8.305E+	1.769E+
$W_{v,4eff} (mm^3)$	1.448E+	4.003E+	4.003E+	4.003E+	8.051E+	1.745E+
$W_{v,5eff} (mm^3)$	1E+30	3.925E+	3.925E+	3.925E+	7.811E+	1.721E+
$W_{v,6eff} (mm^3)$	1E+30	3.925E+	3.925E+	3.925E+	7.811E+	1.721E+
$W_{v,7eff} (mm^3)$	1E+30	3.537E+	3.537E+	3.537E+	6.685E+	1.599E+
$W_{v,8eff} (mm^3)$	1E+30	3.398E+	3.398E+	3.398E+	6.311E+	1.553E+
$S_{v,1eff} (mm^3)$	6.968E+	1.036E+	1.036E+	1.036E+	1.261E+	7.541E+
$S_{v,2eff} (mm^3)$	9.663E+	1.635E+	1.635E+	1.635E+	2.153E+	1.07E+
$S_{v,3eff} (mm^3)$	5.54E+	1.456E+	1.456E+	1.456E+	2.057E+	7.064E+
$S_{v,4eff} (mm^3)$	2.374E-29	1.095E+	1.095E+	1.095E+	1.826E+	1.851E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	5.943
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.290
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata} (kNm)$	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
$\Delta M_{Non fessurata} (kNm)$	0E+0	0E+0	-6.255E+	0E+0	9.133E+	0E+0

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8		-1.		1.				-0.	0.		-4.		-3.	0.17
σ_7		-25.	-5	-31.				-57.	-26.	-7.	-24.	-101.	-108.	0.27
σ_6		-23.	-52.	-3	-2.			-53.	-25.	-6.	-20.	-94.	-99.	0.25
σ_5		-1.		1.				0.	1.		-3.		-2.	0.10
σ_4	-201.	-22.	-52.	-29.	-2.			-253.	-25.	-6.	-20.	-92.	-298.	0.88
σ_3	-198.	-22.	-51.	-29.	-2.			-250.	-24.	-6.	-19.	-91.	-294.	0.87
σ_2				-15.				-15.	-16.				-32.	0.09
σ_1	142.	36.	42.	7.	2.			186.	8.	5.	61.	75.	256.	0.75
σ_0	145.	37.	43.	7.	2.			190.	9.	5.	6	76.	261.	0.77

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.884 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.3 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.05 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.63 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.15 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 196.75 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 77.825 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 6.972E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 1.144, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.862E+8 (mm^4), \quad K_{\tau,sl} = 26.099, \quad K_\tau = 13.71$$

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 6.972E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 0E+00$ N
 $\chi_w = 0.475, \quad \lambda_w = 1.746, \quad \tau_{cr} = 67.3, \quad C = 1159.2$

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO - IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -2.406E+8 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -6.797E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 3.54$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.843E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.972E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.508, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.508, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.884$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

C'E' INTERAZIONE

$$\eta_1 + (1 - M_{f,Rd}/M_{Rd})(2\eta_3 - 1)^2 = 0.884 \text{ VERIFICA SODDISFATTA}$$

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	2.16E+	-2.91E+	0E+0
2	0E+0	7.02E+	-9.11E+	0E+0
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
Rit.Is	0E+0		0E+0	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	8.7E+	1.15E+	0E+0
Term.Is	4.98E+		5.63E+	
3	0E+0	1.36E+	-1.43E+	0E+0
Total	4.98E+	4.23E+	-4.58E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	196.7	3642.9	0.0	-1.1	
Piattabanda superiore	1				
Piattabanda inferiore	16.8				
classe della sezione					

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.975E+6	M _{Ed} (Nm)	-4.58E+7	N _{Ed} (N)	4.975E+6
N _{Rd} (N)	5.207E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.094E+8	M _{Ed} (Nm)	-4.58E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.072E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.096	M _{Ed} /M _{Rd}	0.419	M _{Ed} /M _{Rd}	0.427

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-1.						-1.	-0.		-3.		-6.	0.28
σ ₇		-25.	-53.					-25.	26.	6.	-21.	-84.	-20.	0.05
σ ₆		-22.	-49.					-22.	24.	6.	-18.	-78.	-16.	0.04
σ ₅		-1.						-1.	-1.		-2.		-5.	0.2
σ ₄	-185.	-22.	-48.					-207.	24.	6.	-17.	-7	-200.	0.59

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

σ_3	-18	-21.	-48.					-204.	24.	6.	-17.	-75.	-197.	0.58
σ_2									16.				16.	0.04
σ_1	142.	36.	42.					178.	-9.	-5.	54.	6	223.	0.66
σ_0	14	37.	43.					182.	-9.	-5.	54.	68.	227.	0.67

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.673 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -1.59 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -1.37 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Non fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -6.09 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.5 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 196.75 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 77.825 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 7.063E+6 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w = 1.144, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.862E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 26.099, \quad K_\tau = 13.71$$

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 6.972E+6 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 9.105E+4 \text{ N}$
 $\chi_w = 0.475, \quad \lambda_w = 1.746, \quad \tau_{cr} = 67.3, \quad C = 1159.2$
 $M_{Ed} = -4.58E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -5.495E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.833$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.843E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 7.063E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.599, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.607, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.427$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
	0E+0	1.6E+	-2.16E+	0E+0
2	0E+0	4.68E+	-6.07E+	0E+0
2	0E+0	-8.4E+	-4.82E+	0E+0
Rit.Is	-3.13E+		-5.15E+	
2	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
3	0E+0	-8.7E+	-1.15E+	0E+0
Term.Is	-4.98E+		-5.63E+	
3	0E+0	-9.71E+	1.33E+	0E+0
Total	-8.1E+	1.95E+	-3.87E+	0E+0

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	196.7	2675.8	0.3	-0.	
Piattabanda superiore	1				

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Piattabanda inferiore	16.8			
classe della sezione				
Analisi plastica: NON APPLICABILE				

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-8.104E+6	M _{Ed} (Nm)	-3.873E+7	N _{Ed} (N)	-8.104E+6
N _{Rd} (N)	-7.222E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.094E+8	M _{Ed} (Nm)	-3.873E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.091E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.112	M _{Ed} /M _{Rd}	0.354	M _{Ed} /M _{Rd}	0.355
VERIFICA NON SIGNIFICATIVA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-1.		1.					0.		0.			
σ ₇		-16.	-35.	-30.	-2.			-38.	-26.	-6.		7.	-37.	0.09
σ ₆		-15.	-33.	-28.	-2.			-35.	-24.	-6.	1.	7.	-34.	0.08
σ ₅		-0.		1.					1.		0.			
σ ₄	-137.	-14.	-32.	-28.	-2.			-172.	-24.	-6.	1.	7.	-171.	0.50
σ ₃	-135.	-14.	-32.	-28.	-2.			-170.	-24.	-6.	1.	7.	-169.	0.50
σ ₂				-14.					-16.					
σ ₁	105.	24.	28.	7.	2.			135.	9.	5.	-	-6.	13	0.39
σ ₀	107.	24.	28.	8.	2.			138.	9.	5.	-5.	-6.	137.	0.40

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.508 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.33 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.6 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.53 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.07 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

Area efficace per shear lag e/o buckling delle flange(Comb. Vmin)

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β	A*β (mm ²)
Piattabanda superiore SX	40	3	-	-	-	-	1200
Piattabanda superiore DX	40	3	-	-	-	-	1200
Piattabanda inferiore SX	60	3	-	-	-	-	2100
Piattabanda inferiore DX	60	3	-	-	-	-	2100

Instabilita' locale dei pannelli d'anima (Comb. Vmin)

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	393	97	100	196
σ _{cr0E} (N/mm ²)	4.9	80.7	7	19.6
σ _{sup} (N/mm ²)	-183.8	-183.8	-105.2	-24.2
σ _{inf} (N/mm ²)	134.8	-105.2	-24.2	134.8
ψ	-0.7	0.5	0.2	-5.5
K _σ	17.6	5.0	6.	95.6
λ _p	2.0	0.9	0.8	0.4
b _c (mm)	2269.7	97	100	299.7
b _{c sup} (mm)	907.	438.1	419.3	119.
b _{c inf} (mm)	1361.8	531.8	580.6	179.8
ρ _{loc}	0.4	0.8	0.9	

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

b _{ceff} (mm)	1053.2	820.9	927.2	299.7
b _{ceff sup} (mm)	421.3	370.8	388.8	119.
b _{ceff sup} (mm)	631.9	450.1	538.4	179.8
Φ _{Foro} (mm)	1216.4	149.0	72.7	

Caratteristiche dell'anima compressa, irrigidenti esclusi (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _c Edge sup	8.764E+	3750.	1.402E+
A _c 1	1.902E+	3056.	1.434E+
A _c 2	1.401E+	2230.	5.73E+
A _c Edge inf	3.597E+	1790.	9.695E+
A _c tot	4.539E+	2835.	1.949E+1
A _c	4.403E+		

Caratteristiche dell'anima compressa, depurata per instabilità locale (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff} Edge sup	7.417E+	3784.	8.501E+
A _{c,eff} 1	1.678E+	3030.	9.841E+
A _{c,eff} 2	1.317E+	2209.	4.755E+
A _{c,eff} Edge inf	3.597E+	1790.	9.695E+
A _{c,eff} tot	4.096E+	2794.	1.79E+1
A _{c,eff,loc}	4.095E+		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A _{sl} (mm ²)	2.452E+	1.951E+	4.403E+
e _{sl} (mm)	30.	38.	33.
I _{sl} (mm ⁴)	1.07E+	1.011E+	2.088E+
A _{sl,eff} (mm ²)	2.228E+	1.867E+	4.095E+
e _{sl,eff} (mm)	33.	39.	36.
I _{sl,eff} (mm ⁴)	1.047E+	9.979E+	2.049E+
σ _{cr,sl,i} (p)	527.5	567.5	493.7
σ _{cr,p,i} (p)	921.3	4297.9	979.0
σ _{cr,sl} (C)	446.7	530.3	
σ _{cr,c} (C)	780.1		
α _e	0.63		

Coefficienti di riduzione per instabilità globale dell'anima (Comb. Vmin)

	Piastra	Colonna
σ _{cr,p} (p)	921.3 σ _{cr,c} (C)	0.90
β _{ac} (p)	0.9 β _{ac} (C)	0.64
λ _p	0.59 λ _c	0.80
ρ _p	χ _c	

Anima depurata per instabilità locale e globale dell'anima (Comb. Vmin)

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	7.417E+	3784.	8.501E+
1	1.358E+	3030.	7.962E+
2	1.065E+	2209.	3.847E+
Edge inf	3.597E+	1790.	9.695E+
Totale	3.524E+	2814.	1.657E+1

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	-1.015E+	2906.	-2.855E+
Piattabanda superiore	0E+0		0E+0
Piattabanda inferiore	0E+0		0E+0

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
--	--------	---------	---------	---------	--------	-----------

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

A (mm ²)	1.345E+	2.004E+	2.004E+	2.004E+	2.964E+	1.426E+
z _G (mm)	1668.24	2482.53	2482.53	2482.53	3022.62	1806.24
Δ z _{Geff} (mm)	86.9	20.4	20.4	20.4	-3.8	73.1
J _{y,eff} (mm ⁴)	3.352E+1	6.07E+1	6.07E+1	6.07E+1	7.879E+1	3.807E+1
W _{y,0eff} (mm ³)	-2.009E+	-2.445E+	-2.445E+	-2.445E+	-2.607E+	-2.108E+
W _{y,1eff} (mm ³)	-2.052E+	-2.48E+	-2.48E+	-2.48E+	-2.637E+	-2.149E+
W _{y,3eff} (mm ³)	1.456E+	4.08E+	4.08E+	4.08E+	8.317E+	1.759E+
W _{y,4eff} (mm ³)	1.437E+	4E+	4E+	4E+	8.062E+	1.735E+
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+30	3.922E+	3.922E+	3.922E+	7.821E+	1.712E+
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+30	3.922E+	3.922E+	3.922E+	7.821E+	1.712E+
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+30	3.534E+	3.534E+	3.534E+	6.692E+	1.59E+
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+30	3.396E+	3.396E+	3.396E+	6.317E+	1.545E+
S _{y,1eff} (mm ³)	6.933E+	1.035E+	1.035E+	1.035E+	1.262E+	7.513E+
S _{y,2eff} (mm ³)	9.601E+	1.634E+	1.634E+	1.634E+	2.155E+	1.065E+
S _{y,3eff} (mm ³)	5.56E+	1.456E+	1.456E+	1.456E+	2.053E+	7.086E+
S _{y,4eff} (mm ³)	2.382E-29	1.096E+	1.096E+	1.096E+	1.822E+	1.857E+

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 1 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	8.025
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.366
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

Momento aggiuntivo per traslazione dell'asse neutro(Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
ΔM _{Fessurata} (kNm)	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0	0E+0
ΔM _{Non fessurata} (kNm)	0E+0	0E+0	-6.402E+	0E+0	1.906E+	0E+0

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈		-1.		1.					0.		0.			
σ ₇		-17.	-38.	-31.	-			-41.	-26.	-7.		8.	-40.	0.10
σ ₆		-15.	-35.	-30.	-2.			-38.	-25.	-6.	1.	7.	-37.	0.09
σ ₅		-0.		1.					1.		0.			
σ ₄	-150.	-15.	-3	-29.	-2.			-187.	-25.	-6.	1.	7.	-186.	0.55
σ ₃	-148.	-14.	-34.	-29.	-2.			-185.	-24.	-6.	1.	7.	-184.	0.54
σ ₂				-15.					-16.					
σ ₁	105.	24.	28.	7.	2.			135.	8.	5.	-5.	-6.	134.	0.39
σ ₀	107.	24.	28.	7.	2.			138.	9.	5.	-5.	-6.	137.	0.40

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.553 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.23 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.51 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.35 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.89 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 196.75 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 77.825 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 7.203E+6 N**

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Essendo:

$$a/h_w = 1.144, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.862E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau,sl} = 26.099, \quad K_{\tau} = 13.71$$

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 6.972E+6 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 2.303E+5 \text{ N}$

$$\chi_w = 0.475, \quad \lambda_w = 1.746, \quad \tau_{cr} = 67.3, \quad C = 1159.2$$
$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -3.242E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -6.797E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.477$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.843E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 7.203E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.271, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$
$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.28, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.553$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

7.3. TRAVI LONGITUDINALI – VERIFICHE SLE

La verifica viene condotta con riferimento alle tensioni di Von Mises valutate sotto la combinazione S.L.E., applicando il coefficiente di materiale $\gamma_{m,ser} = 1.0$. Il programma Ponti EC4 procede al calcolo del rapporto di sfruttamento dei vari componenti (acciaio, calcestruzzo e armature) delle sezioni esaminate nelle condizioni M_{max}/min e V_{max}/min .

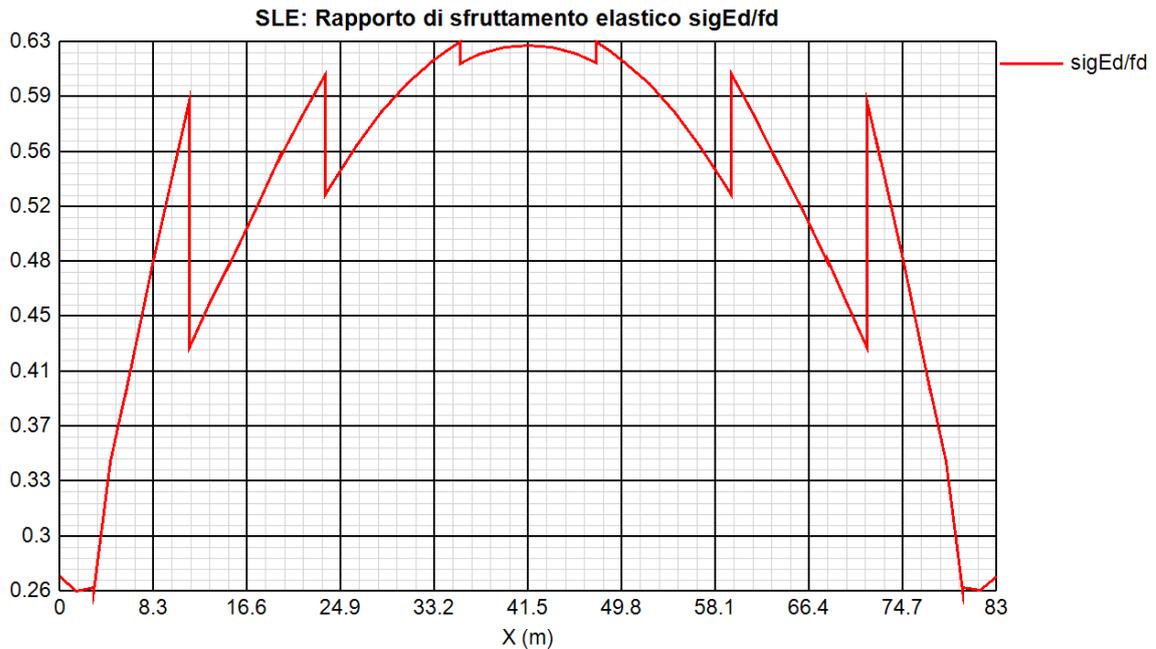
Si riportano negli allegati su supporto elettronico le verifiche estese relative alle sezioni di interesse per i diversi conci in cui l'impalcato è diviso.

PROGETTAZIONE ATI:

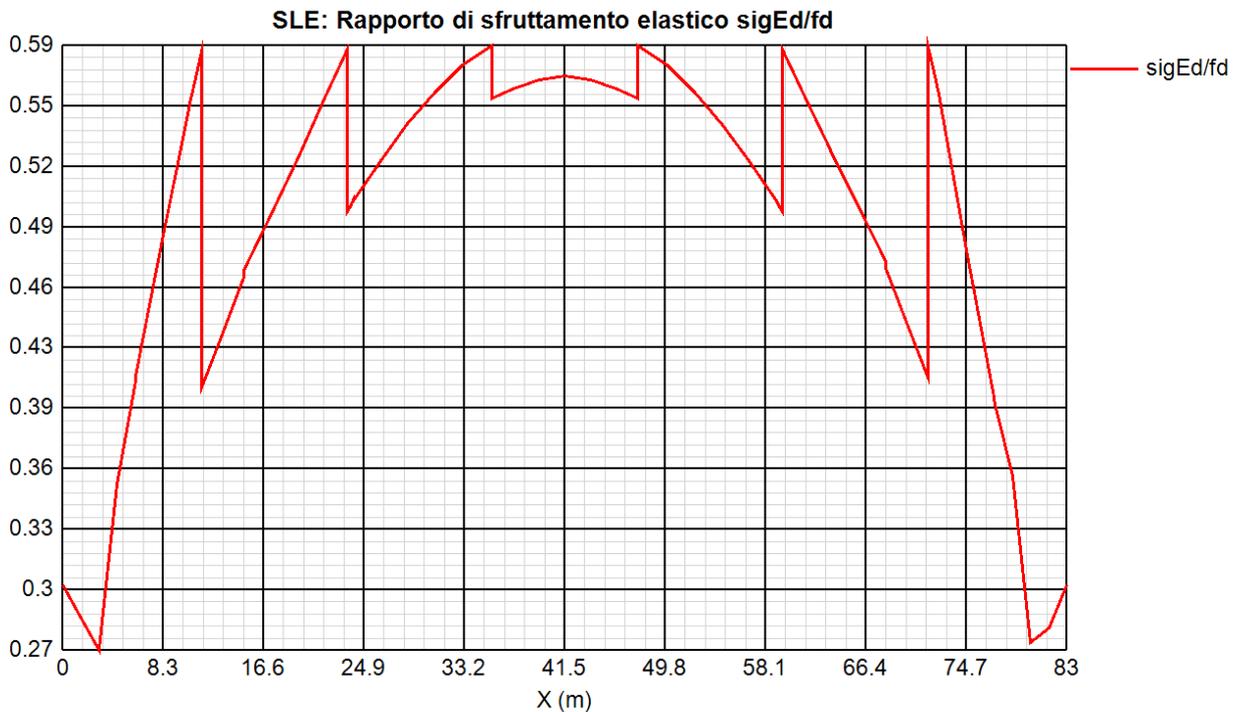
7.3.1. VERIFICA S.L.E. TENSIONALE – RIEPILOGO COEFFICIENTI DI SFUTTAMENTO

Si riporta una rappresentazione grafica dei coefficienti massimi di sfruttamento per il caso più significativo:

FILO 000 - 200



FILO 100



PROGETTAZIONE ATI:

7.3.2. VERIFICA S.L.E. “WEB BREATHING” TENSIONALE – RIEPILOGO COEFFICIENTI DI SFRUTTAMENTO

La verifica è volta alla limitazione della snellezza dei singoli pannelli e sottopannelli. I criteri di verifica sono contenuti nelle istruzioni a NTC-18, cap. 4.2.4.1.3.4, che rimandano a EN 1993.2, cap. 7.4.

Tra i metodi proposti, si sceglie quello più rigoroso, comprendente la verifica diretta della stabilità dei sottopannelli, consistente nel confronto del quadro tensionale indotto dalla combinazione SLE frequente, rappresentato da $\sigma_{x,Ed,ser}$ e $\tau_{xy,Ed,ser}$, con le tensioni normali e tangenziali critiche del pannello, mediante la relazione (cfr. 1993-2 cap. 7.4.(3)):

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma} \sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \tau_{xy,Ed,ser}}{k_{\tau} \sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

In cui:

$\sigma_E = 186200(t/h)^2$ tensione critica euleriana

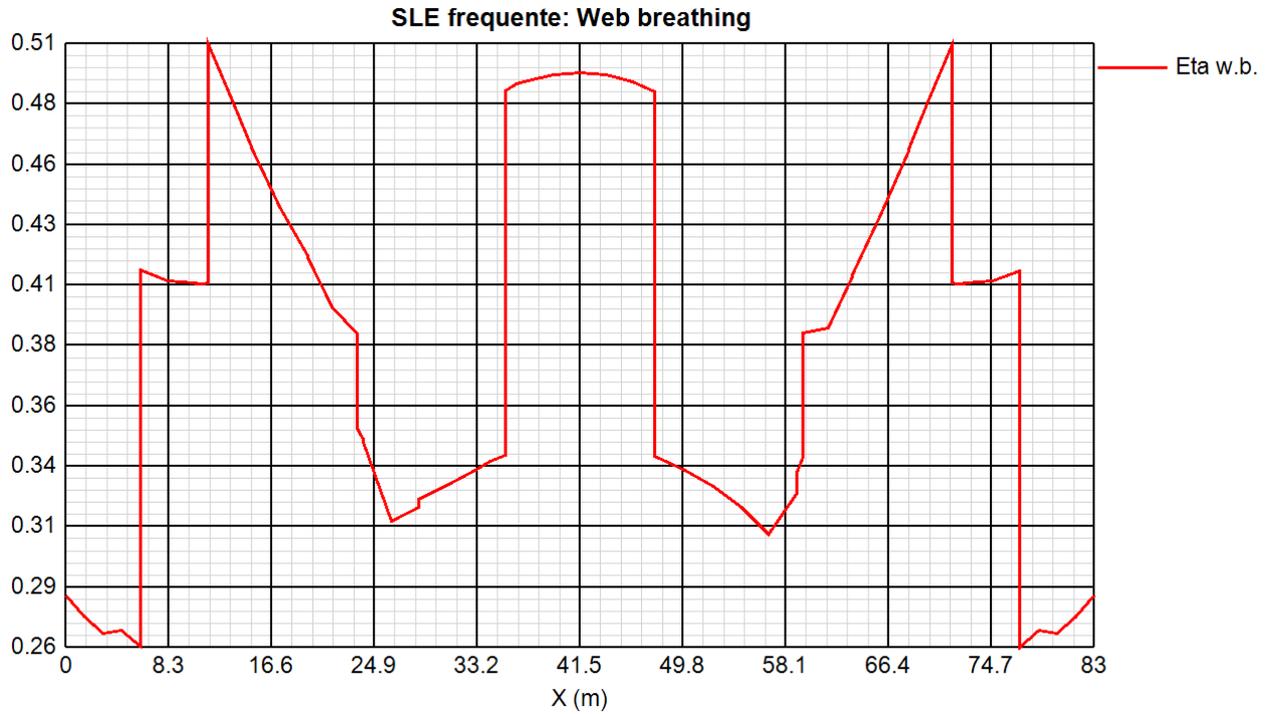
k_{σ} , k_{τ} = coefficienti di imbozzamento per tensioni normali e per taglio, funzione della geometria e stato di sforzo del pannello.

La verifica viene effettuata in automatico dal programma Ponti EC4, sulla base delle combinazioni S.L.E. frequenti elaborate per tutte le sezioni di verifica, rispettivamente per Mmax/min e Vmax/min. La tensione normale critica viene valutata a partire da quella euleriana, tenendo conto della eventuale sovrapposizione dei fenomeni di instabilità di piastra e di colonna tramite il coefficiente α , seguendo i criteri contenuti in EN 1993-1-5 - 4.5.4.(1).

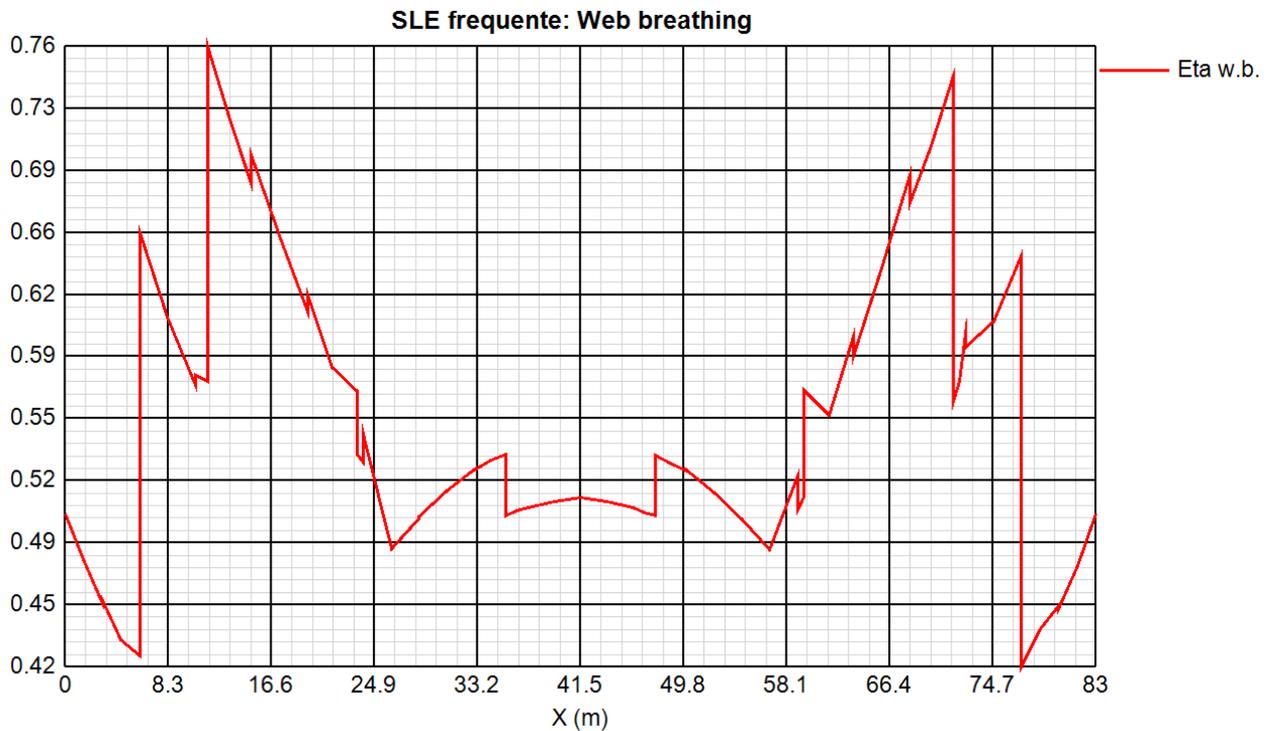
Nelle tabelle riportate in allegato su supporto informatico vengono riportati i coefficienti di sicurezza dedotti per la verifica “web breathing” di tutte le sezioni.

Come testimoniato dalla presenza di coefficienti di sicurezza inferiori a 1.1, le verifiche appaiono in tutti i casi soddisfatte. Si riportano di seguito i grafici dei coefficienti di utilizzo a “web breathing” per le travi principali indicate in precedenza.

FILO 000 - 200



FILO 100



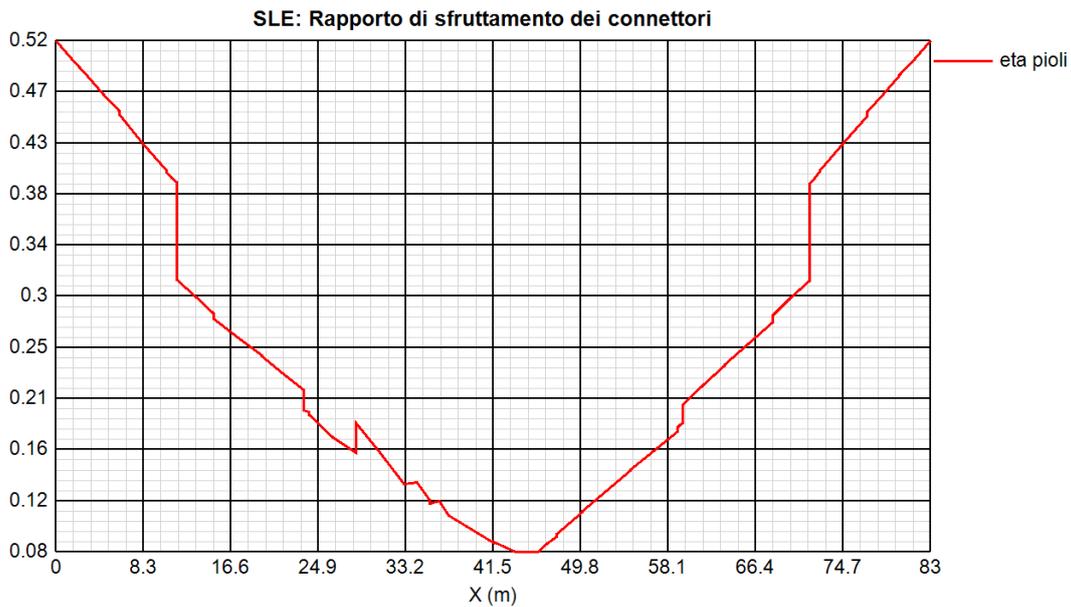
PROGETTAZIONE ATI:

7.3.3. VERIFICA DEI PIOLI ALLO SLE – RIEPILOGO COEFFICIENTI DI SFRUTTAMENTO

La Circolare applicativa del 21/01/19 al cap. C4.3.4.3.3, riporta che per le travate da ponte, nello stato limite di esercizio, il taglio longitudinale per ciascun connettore non deve eccedere il 60% della resistenza di progetto.

Si riportano di seguito i grafici dei coefficienti di utilizzo dei connettori per le travi principali indicate in precedenza.

FILO 000 - 200



X (m)	eta pioli	Sezione
0	0.517	T1N001I_T1N001I
1.5	0.502	T1N001M_T1N001M
3	0.487	T1N001F_T1N001F
3	0.486	T1N002I_T1N002I
4.5	0.471	T1N002M_T1N002M
6	0.456	T1N002F_T1N002F
6	0.453	T1N003I_T1N003I
8.25	0.428	T1N003M_T1N003M
10.5	0.405	T1N003F_T1N003F
10.5	0.404	T1N004I_T1N004I
11	0.399	T1N004M_T1N004M
11.5	0.395	T1N004F_T1N004F
11.5	0.31	T1N005I_T1N005I
13.25	0.296	T1N005M_T1N005M
15	0.281	T1N005F_T1N005F
15	0.277	T1N006I_T1N006I

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

17.25	0.261	T1N006M_T1N006M
19.5	0.245	T1N006F_T1N006F
19.5	0.244	T1N007L_T1N007I
21.5	0.23	T1N007M_T1N007M
23.5	0.215	T1N007F_T1N007F
23.5	0.198	T1N008I_T1N008I
23.75	0.197	T1N008M_T1N008M
24	0.196	T1N008F_T1N008F
24	0.194	T1N009I_T1N009I
26.25	0.174	T1N009M_T1N009M
28.5	0.161	T1N009F_T1N009F
28.5	0.187	T1N010I_T1N010I
30.75	0.161	T1N010M_T1N010M
33	0.134	T1N010F_T1N010F
33	0.134	T1N011I_T1N011I
34.25	0.135	T1N011M_T1N011M
35.5	0.12	T1N011F_T1N011F
35.5	0.117	T1N012I_T1N012I
36.38	0.119	T1N012M_T1N012M
37.25	0.106	T1N012F_T1N012F
37.25	0.106	T1N013I_T1N013I
39.38	0.095	T1N013M_T1N013M
41.5	0.083	T1N013F_T1N013F
41.5	0.084	T1N014I_T1N014I
43.63	0.075	T1N014M_T1N014M
45.75	0.075	T1N014F_T1N014F
45.75	0.075	T1N015I_T1N015I
46.63	0.082	T1N015M_T1N015M
47.5	0.088	T1N015F_T1N015F
47.5	0.09	T1N016I_T1N016I
48.75	0.1	T1N016M_T1N016M
50	0.109	T1N016F_T1N016F
50	0.11	T1N017I_T1N017I
52.25	0.128	T1N017M_T1N017M
54.5	0.145	T1N017F_T1N017F
54.5	0.146	T1N018I_T1N018I
56.75	0.163	T1N018M_T1N018M
59	0.179	T1N018F_T1N018F
59	0.183	T1N019I_T1N019I
59.25	0.185	T1N019M_T1N019M
59.5	0.186	T1N019F_T1N019F
59.5	0.203	T1N020I_T1N020I

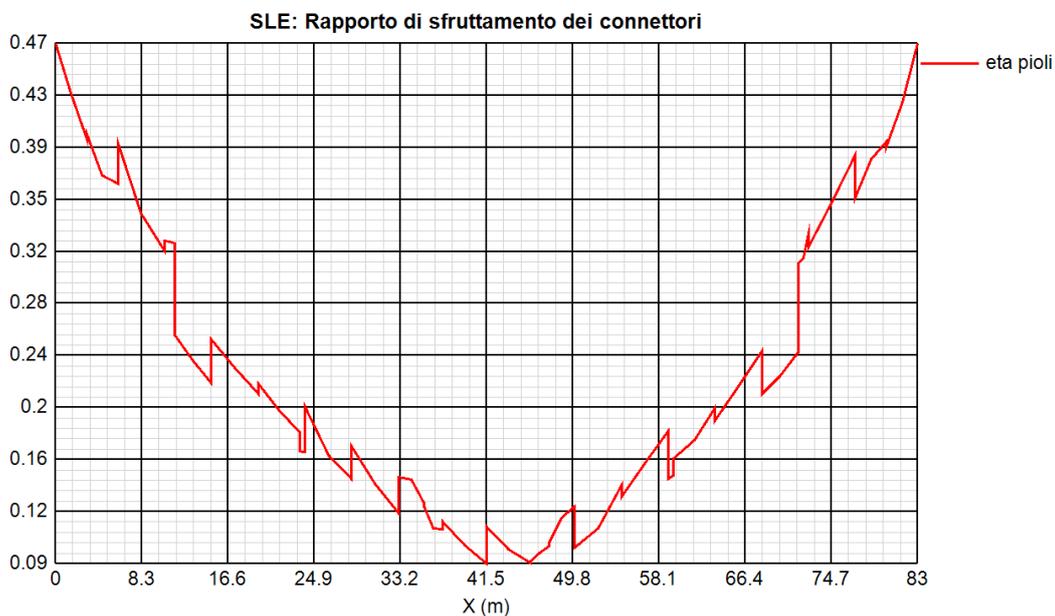
PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

61.5	0.22	T1N020M_T1N020M
63.5	0.236	T1N020F_T1N020F
63.5	0.237	T1N021I_T1N021I
65.75	0.256	T1N021M_T1N021M
68	0.274	T1N021F_T1N021F
68	0.279	T1N022I_T1N022I
69.75	0.295	T1N022M_T1N022M
71.5	0.309	T1N022F_T1N022F
71.5	0.393	T1N023I_T1N023I
72	0.398	T1N023M_T1N023M
72.5	0.404	T1N023F_T1N023F
72.5	0.405	T1N024I_T1N024I
74.75	0.429	T1N024M_T1N024M
77	0.452	T1N024F_T1N024F
77	0.455	T1N025I_T1N025I
78.5	0.471	T1N025M_T1N025M
80	0.486	T1N025F_T1N025F
80	0.487	T1N026I_T1N026I
81.5	0.502	T1N026M_T1N026M
83	0.517	T1N026F_T1N026F

PROGETTAZIONE ATI:

FILO 100



X (m)	eta pioli	Sezione
0	0.517	T1N001I_T1N001I
1.5	0.502	T1N001M_T1N001M
3	0.487	T1N001F_T1N001F
3	0.486	T1N002I_T1N002I
4.5	0.471	T1N002M_T1N002M
6	0.456	T1N002F_T1N002F
6	0.453	T1N003I_T1N003I
8.25	0.428	T1N003M_T1N003M
10.5	0.405	T1N003F_T1N003F
10.5	0.404	T1N004I_T1N004I
11	0.399	T1N004M_T1N004M
11.5	0.395	T1N004F_T1N004F
11.5	0.31	T1N005I_T1N005I
13.25	0.296	T1N005M_T1N005M
15	0.281	T1N005F_T1N005F
15	0.277	T1N006I_T1N006I
17.25	0.261	T1N006M_T1N006M
19.5	0.245	T1N006F_T1N006F
19.5	0.244	T1N007I_T1N007I
21.5	0.23	T1N007M_T1N007M
23.5	0.215	T1N007F_T1N007F
23.5	0.198	T1N008I_T1N008I
23.75	0.197	T1N008M_T1N008M
24	0.196	T1N008F_T1N008F

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

24	0.194	T1N009I_T1N009I
26.25	0.174	T1N009M_T1N009M
28.5	0.161	T1N009F_T1N009F
28.5	0.187	T1N010I_T1N010I
30.75	0.161	T1N010M_T1N010M
33	0.134	T1N010F_T1N010F
33	0.134	T1N011I_T1N011I
34.25	0.135	T1N011M_T1N011M
35.5	0.12	T1N011F_T1N011F
35.5	0.117	T1N012I_T1N012I
36.38	0.119	T1N012M_T1N012M
37.25	0.106	T1N012F_T1N012F
37.25	0.106	T1N013I_T1N013I
39.38	0.095	T1N013M_T1N013M
41.5	0.083	T1N013F_T1N013F
41.5	0.084	T1N014I_T1N014I
43.63	0.075	T1N014M_T1N014M
45.75	0.075	T1N014F_T1N014F
45.75	0.075	T1N015I_T1N015I
46.63	0.082	T1N015M_T1N015M
47.5	0.088	T1N015F_T1N015F
47.5	0.09	T1N016I_T1N016I
48.75	0.1	T1N016M_T1N016M
50	0.109	T1N016F_T1N016F
50	0.11	T1N017I_T1N017I
52.25	0.128	T1N017M_T1N017M
54.5	0.145	T1N017F_T1N017F
54.5	0.146	T1N018I_T1N018I
56.75	0.163	T1N018M_T1N018M
59	0.179	T1N018F_T1N018F
59	0.183	T1N019I_T1N019I
59.25	0.185	T1N019M_T1N019M
59.5	0.186	T1N019F_T1N019F
59.5	0.203	T1N020I_T1N020I
61.5	0.22	T1N020M_T1N020M
63.5	0.236	T1N020F_T1N020F
63.5	0.237	T1N021I_T1N021I
65.75	0.256	T1N021M_T1N021M
68	0.274	T1N021F_T1N021F
68	0.279	T1N022I_T1N022I
69.75	0.295	T1N022M_T1N022M
71.5	0.309	T1N022F_T1N022F

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

71.5	0.393	T1N023I_T1N023I
72	0.398	T1N023M_T1N023M
72.5	0.404	T1N023F_T1N023F
72.5	0.405	T1N024I_T1N024I
74.75	0.429	T1N024M_T1N024M
77	0.452	T1N024F_T1N024F
77	0.455	T1N025I_T1N025I
78.5	0.471	T1N025M_T1N025M
80	0.486	T1N025F_T1N025F
80	0.487	T1N026I_T1N026I
81.5	0.502	T1N026M_T1N026M
83	0.517	T1N026F_T1N026F

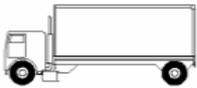
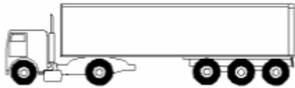
PROGETTAZIONE ATI:

7.4. VERIFICHE A FATICA

7.4.1. MODELLO DI CARICO

Nel presente paragrafo vengono condotte, a favore di sicurezza, le verifiche a fatica a vita illimitata per le strutture di impalcato: in considerazione della tipologia di categoria stradale (Categoria C1 - strada extraurbana secondaria) non si prevedono significativi effetti di interazione fra veicoli lenti; si adotta di conseguenza il modello di carico 2 costituito dai seguenti veicoli disposti sulla corsia convenzionale n. 1 (quella che massimizza l'effetto sull'elemento).

Nell'immagine seguente, in accordo con il punto 5.1.4.3 del DM 17/01/2018, si riportano le specifiche del modello di carico 2.

Sagoma del veicolo	Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
	4,50	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

I delta di tensione si determinano in base agli effetti più severi dei diversi autocarri, considerati separatamente, che viaggiano da soli sulla corsia convenzionale 1.

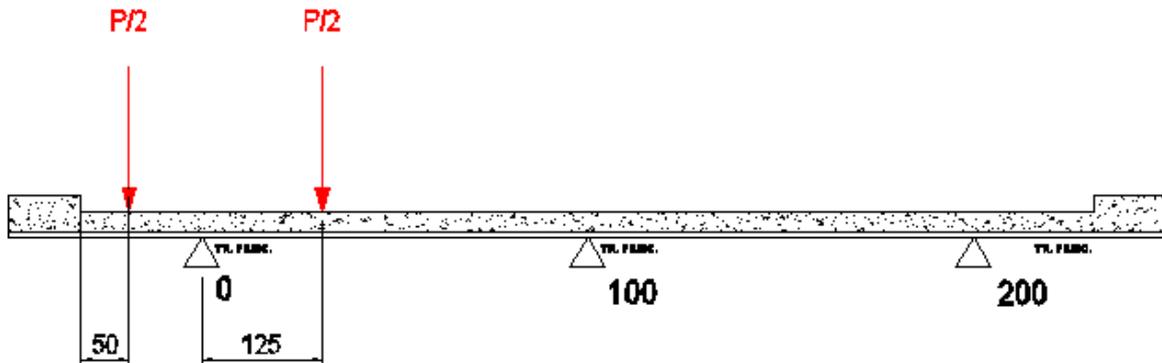
I delta di tensione sono valutati considerando unicamente gli effetti dei carichi da traffico del LM2 viaggianti sull'impalcato nella sua interezza così come dedotto dagli inviluppi realizzati ad hoc e di seguito elencati:

Fat_M22.out Stato Limite di Fatica - max momento flettente verticale
Fat_V3.out Stato Limite di Fatica - max taglio verticale

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Indicando con P il peso del singolo asse, la ripartizione trasversale dei carichi è ottenuta ipotizzando il veicolo in transito al centro della corsia convenzionale, che è stata posizionata secondo lo schema riportato di seguito.



	Q_{1k} 1° Schema [kN/m]
R_0^*	0.93 P
R_{100}^*	0.09 P
R_{200}^*	-0.01 P

Tabella 7.1 Reazioni per carichi da fatica

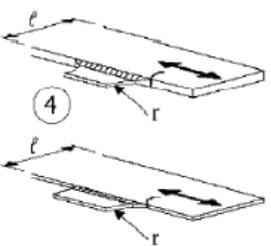
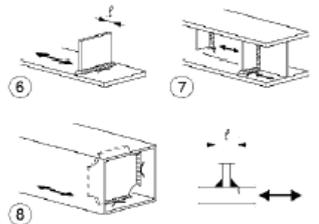
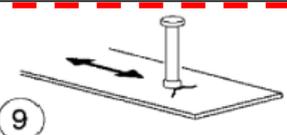
PROGETTAZIONE ATI:

7.4.2. CLASSI DI DETTAGLIO

I dettagli interessati dalle verifiche a fatica sono i seguenti:

- saldature degli irrigidenti trasversali alle piattabande e all'anima delle travi principali;
- saldature dei pioli alle piattabande superiori delle travi principali;
- saldature di composizione delle travi principali.
- pioli

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.

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
90 (a) 71 (b) 50 (c)		4) Fazzoletti d'attacco saldati a un lato di un piatto o della piattabanda di una trave e dotati di raccordo di transizione di raggio r. La lunghezza L deve essere valutata come per i dettagli 1), 2) e 3). La stessa classificazione può essere adottata anche per piattabande saldate dotate di raccordo di transizione di raggio r.	Raccordo di transizione di raggio r realizzato con taglio meccanico o a gas realizzato prima della saldatura del fazzoletto. Al termine della saldatura, la parte terminale deve essere molata in direzione della freccia per eliminare completamente la punta della saldatura
40		5) Come saldato, senza raccordo di transizione	
80 (a) 71 (b)		Attacchi trasversali 6) Saldati a una piastra 7) Nervature verticali saldate a un profilo o a una trave composta 8) Diagrammi di travi a cassone composte, saldati all'anima o alla piattabanda	6) e 7) Le parti terminali delle saldature devono essere molate accuratamente per eliminare tutte le rientranze presenti 7) Se la nervatura termina nell'anima, $\Delta\sigma$ deve essere calcolato usando le tensioni principali
80		9) Effetto della saldatura del piolo sul materiale base della piastra	

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

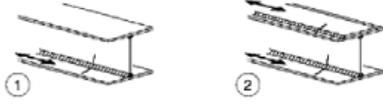
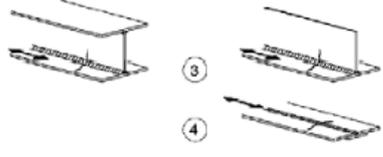
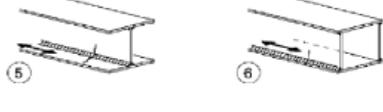
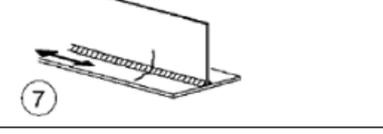
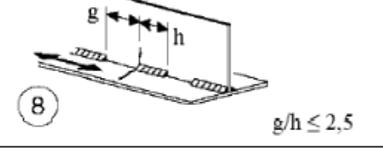
Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
125		Saldature longitudinali continue 1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati 2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo. Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 5) e 6) della tabella C.4.2.XVI.a)	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
112		3) Saldatura automatica a cordoni d'angolo o a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati, ma contenente punti di interruzione/ripresa. 4) Saldatura automatica a piena penetrazione su piatto di sostegno, non contenente punti di interruzione/ripresa	4) Se il dettaglio contiene punti di interruzione/ripresa, si deve far riferimento alla classe 100
100		5) Saldatura manuale a cordoni d'angolo o a piena penetrazione 6) Saldatura a piena penetrazione manuale o automatica eseguita da un sol lato, in particolare per travi a cassone	5) e 6) Deve essere assicurato un corretto contatto tra anima e piattabanda. Il bordo dell'anima deve essere preparato in modo da garantire una penetrazione regolare alla radice, senza interruzioni
100		7) Saldatura a cordoni d'angolo o a piena penetrazione, manuale o automatica, appartenente ai dettagli da 1) a 6) riparata	In caso di adozione di metodi migliorativi mediante molatura eseguita da tecnici qualificati, integrati da opportuni controlli, è possibile ripristinare la classe originaria
80		8) Saldatura longitudinale a cordoni d'angolo a tratti	$\Delta\sigma$ riferiti alle tensioni nella piattabanda
71		9) Saldatura longitudinale a piena penetrazione, a cordoni d'angolo e a tratti, con lunette di scarico di altezza non maggiore di 60 mm. Per lunette di altezza maggiore vedere dettaglio 1) della tabella C.4.2.XV)	$\Delta\sigma$ riferiti alle tensioni nella piattabanda

Figura 7.3 Dettagli costruttivi per attacchi e irrigidenti saldati ($\Delta\sigma$).

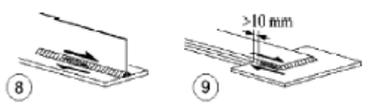
Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
80		8) Cordoni d'angolo continui soggetti a sforzi di sconnesione, quali quelli di composizione tra anima e piattabanda in travi composte saldate 9) Giunzioni a sovrapposizione a cordoni d'angolo soggette a tensioni tangenziali	8) $\Delta\tau$ deve essere calcolato in riferimento alla sezione di gola del cordone 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

Figura 7.4 Dettagli costruttivi per sezioni saldate ($\Delta\tau$).

PROGETTAZIONE ATI:

7.4.3. VERIFICHE A VITA ILLIMITATA

In accordo con il par. 4.2.4.1.4 del DM 17/01/2018 e con i punti C4.2.4.1.4.3 e C4.2.4.1.4.5 delle “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni” si verifica che:

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

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

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 a ampiezza costante per $N = 5 \times 10^6$ cicli;

$\Delta\tau_L = 0.457\Delta\tau_C$ limite a fatica a ampiezza costante per $N = 10^8$ cicli;

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

$\Delta\tau_C$ limite a fatica a 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 $\gamma_{Mf}=1.35$.

7.4.3.1. Saldature degli irrigidenti trasversali alle piattabande

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

Classe del dettaglio	$\Delta\sigma_C^* = 8.0 \text{ kN/cm}^2$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{mf} = 1.35$
Resistenza di progetto a fatica	$\Delta\sigma_D = 8.0 \times 0.737 / 1.35 \text{ kN/cm}^2 = 4.37 \text{ kN/cm}^2$

In questo caso si controllano le tensioni all'interfaccia piattabanda-anima.

Piattabanda superiore

Asta 11 – x = 250.00 cm (Sezione 103)

$$\Delta\sigma_{sup,max} = 0.81 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

Piattabanda inferiore

Asta 13 – x = 200.00 cm (Sezione 104)

$$\Delta\sigma_{inf,max} = 1.78 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

7.4.3.2. Saldature dei pioli alle piattabande superiori

Classe del dettaglio	$\Delta\sigma_C^* = 8.0 \text{ kN/cm}^2$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{mf} = 1.35$
Resistenza di progetto a fatica	$\Delta\sigma_D = 8.0 \times 0.737 / 1.35 \text{ kN/cm}^2 = 4.37 \text{ kN/cm}^2$

Asta 13 – x = 200.00 cm (Sezione 104)

$$\Delta\sigma_{sup,max} = 0.87 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

7.4.3.3. Saldature di composizione delle travi

Classe del dettaglio	$\Delta\tau_C^* = 8.0 \text{ kN/cm}^2$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{mf} = 1.35$
Resistenza di progetto a fatica	$\Delta\tau_D = 8.0 \times 0.457 / 1.35 \text{ kN/cm}^2 = 2.71 \text{ kN/cm}^2$

Per il calcolo di $\Delta\tau$ in corrispondenza della sezione di gola del cordone ($\Delta\tau_w$) si assume, per ogni spessore di anima, il valore di $\Delta\tau_{med}$ corrispondente.

anima 18 mm

Asta 14 – x = 0 cm (Sezione 104)

$$\Delta\tau_{med,max} = 0.69 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

$$\text{cordone } 10 \times 10 \quad \max \Delta\tau_w = 1.8 * 0.69 / (2 * 1.0 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 0.88 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$$

anima 20 mm

Asta 126 – x = 0 cm (Sezione 001)

$$\Delta\tau_{med,max} = 0.21 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

$$\text{cordone } 10 \times 10 \quad \max \Delta\tau_w = 2.0 * 0.21 / (2 * 1.0 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 0.30 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$$

anima 22 mm

Asta 6 – x = 0 cm (Sezione 102)

$$\Delta\tau_{med,max} = 0.56 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

$$\text{cordone } 10 \times 10 \quad \max \Delta\tau_w = 2.2 * 0.56 / (2 * 1.0 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 0.87 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$$

anima 25 mm

Asta 26 – x = 300 cm (Sezione 101)

$$\Delta\tau_{med,max} = 0.58 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

$$\text{cordone } 10 \times 10 \quad \max \Delta\tau_w = 2.5 * 0.51 / (2 * 1.0 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 0.90 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$$

7.4.3.4. Pioli

Classe del dettaglio

$$\Delta\tau_C = 9.0 \text{ kN/cm}^2$$

Coefficiente di sicurezza

$$\gamma_{mf} = 1.15$$

Resistenza di progetto a fatica

$$\Delta\tau_D = 9.0 \times 0.457 / 1.15 \text{ kN/cm}^2 = 3.57 \text{ kN/cm}^2$$

I pioli vengono verificati in via cautelativa a vita illimitata.

SEZIONE	ASTA	PIOLI		SCORRIMENTO		SCORRIMENTO PIOLO		$\Delta\tau$ (kN/cm ²)	$\Delta\tau_D$ (kN/cm ²)	$\Delta\tau/\Delta\tau_D$
1	126	Diamentro (mm)	19	Fmax (kN/m)	38.22	Fmax (kN)	1.91	0.67	3.57	0.19
		numero	4							
		passo (cm)	20	Fmin (kN/m)	0.00	Fmin (kN)	0.00			
		Area (cm ²)	2.84							
2	122	Diamentro (mm)	19	Fmax (kN/m)	27.12	Fmax (kN)	1.36	0.48	3.57	0.13
		numero	4							
		passo (cm)	20	Fmin (kN/m)	0.00	Fmin (kN)	0.00			
		Area (cm ²)	2.84							
3	111	Diamentro (mm)	19	Fmax (kN/m)	9.11	Fmax (kN)	0.46	0.40	3.57	0.11
		numero	4							
		passo (cm)	20	Fmin (kN/m)	-13.39	Fmin (kN)	-0.67			
		Area (cm ²)	2.84							
4	114	Diamentro (mm)	19	Fmax (kN/m)	12.73	Fmax (kN)	0.64	0.39	3.57	0.11
		numero	4							
		passo (cm)	20	Fmin (kN/m)	-9.32	Fmin (kN)	-0.47			
		Area (cm ²)	2.84							
101	26	Diamentro (mm)	19	Fmax (kN/m)	21.54	Fmax (kN)	1.08	0.38	3.57	0.11
		numero	4							
		passo (cm)	20	Fmin (kN/m)	0.00	Fmin (kN)	0.00			
		Area (cm ²)	2.84							
102	6	Diamentro (mm)	19	Fmax (kN/m)	11.51	Fmax (kN)	0.58	1.56	3.57	0.44
		numero	4							
		passo (cm)	20	Fmin (kN/m)	-76.84	Fmin (kN)	-3.84			
		Area (cm ²)	2.84							
103	19	Diamentro (mm)	19	Fmax (kN/m)	56.48	Fmax (kN)	2.82	1.44	3.57	0.40
		numero	4							
		passo (cm)	20	Fmin (kN/m)	-25.38	Fmin (kN)	-1.27			
		Area (cm ²)	2.84							
104	14	Diamentro (mm)	19	Fmax (kN/m)	36.76	Fmax (kN)	1.84	1.41	3.57	0.40
		numero	4							
		passo (cm)	20	Fmin (kN/m)	-43.41	Fmin (kN)	-2.17			
		Area (cm ²)	2.84							

7.5. SALDATURA DI COMPOSIZIONE

Si riportano nella seguente tabella i valori di massimo scorrimento tra anima e piattabanda inferiore e superiore rispettivamente, calcolati considerando le azioni derivanti dall' involuppo dei massimi tagli sezione per sezione; date le dimensioni del cordone di saldatura utilizzato nel progetto viene inoltre calcolata la $\tau//$.

σ amm

24.85 kN/cm²

CERRETO - saldature cordone superiore						
Sezione	t Anima (mm)	Scorrimento [kN/cm]	Ag minima [cm]	cordone [mm]	h gola [mm]	$\tau//$ [kN/cm ²]
001	20	11.28	0.45	10 x 10	7.07	8.0
002	18	9.49	0.38	10 x 10	7.07	6.7
003	18	6.73	0.27	10 x 10	7.07	4.8
004	18	3.47	0.14	10 x 10	7.07	2.5
101	25	12.30	0.49	10 x 10	7.07	8.7
102	22	10.56	0.42	10 x 10	7.07	7.5
103	22	7.04	0.28	10 x 10	7.07	5.0
104	18	3.47	0.14	10 x 10	7.07	2.5

CERRETO - saldature cordone inferiore						
Sezione	t Anima (mm)	Scorrimento [kN/cm]	Ag minima [cm]	cordone [mm]	h gola [mm]	$\tau//$ [kN/cm ²]
001	20	11.64	0.47	10 x 10	7.07	8.2
002	18	9.43	0.38	10 x 10	7.07	6.7
003	18	6.39	0.26	10 x 10	7.07	4.5
004	18	3.20	0.13	10 x 10	7.07	2.3
101	25	12.38	0.50	10 x 10	7.07	8.8
102	22	10.56	0.42	10 x 10	7.07	7.5
103	22	6.60	0.27	10 x 10	7.07	4.7
104	18	3.20	0.13	10 x 10	7.07	2.3

7.6. VERIFICA DEI PIOLI

La verifica si esegue secondo quanto specificato al par. 6.3.2.1 di EC4-2.

Le caratteristiche dei materiali sono le seguenti:

<i>Pioli di tipo Nelson</i>	$\phi 19$, $h = 175$ mm ($h_{\min} = 0.6 h_{\text{sol}}$)
<i>Soletta</i>	CLS C32/40

La resistenza a taglio di progetto di un piolo dotato di testa è la minore fra:

$$P_{Rd} = 0.8 f_u (\pi \phi^2 / 4) / \gamma_V$$

$$P_{Rd} = 0.29 \alpha \phi^2 (f_{ck} E_{cm})^{1/2} / \gamma_V$$

dove:

ϕ è il diametro del gambo del piolo;

f_u è la resistenza specifica ultima a trazione del materiale del piolo, da assumersi non maggiore di 500 N/mm²;

f_{ck} è la resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo all'età considerata;

E_{cm} è il valore nominale del modulo secante del calcestruzzo;

$\alpha = 0.2 [(h/\phi) + 1]$ per $3 \leq h/\phi \leq 4$;

$\alpha = 1$ per $h/\phi > 4$;

h è l'altezza globale del piolo;

γ_V è il fattore parziale di sicurezza da assumersi pari a 1.25 per gli stati limite ultimi diversi dalla fatica.

Nel caso in esame si ottiene

$$P_{Rd} = 0.8 f_u (\pi \phi^2 / 4) / \gamma_V = 81.66 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = 0.29 \alpha \phi^2 (f_{ck} E_{cm})^{1/2} / \gamma_V = 88.51 \text{ kN}$$

da cui:

$$P_{Rd} = 81.66 \text{ kN} \quad \text{allo SLU}$$

Nelle tabelle seguenti si riporta la verifica dei connettori delle travi principali.

FILO 001-026

CONCIO	ASTA	ascissa	Scorrimento[kN/m]	PRd	n _{pioli}	passo[cm]	Portata[kN/m]	Verifica
101	1	150.0	687.99	81.7	4	20	1633.1	0.42
101	2	0.0	663.7	81.7	4	20	1633.1	0.41
101	3	0.0	626.21	81.7	4	20	1633.1	0.38
101	4	0.0	549.27	81.7	4	20	1633.1	0.34
102	5	0.0	461.82	81.7	4	20	1633.1	0.28
102	6	0.0	422.58	81.7	4	20	1633.1	0.26
102	7	0.0	371.43	81.7	4	20	1633.1	0.23
103	8	0.0	293.81	81.7	4	20	1633.1	0.18
103	9	0.0	298.67	81.7	4	20	1633.1	0.18
103	10	0.0	244.15	81.7	4	20	1633.1	0.15
103	11	0.0	209.2	81.7	4	20	1633.1	0.13
104	12	0.0	184.04	81.7	4	20	1633.1	0.11
104	13	0.0	165.51	81.7	4	20	1633.1	0.10
104	14	0.0	135.59	81.7	4	20	1633.1	0.08
104	15	100.0	139.34	81.7	4	20	1633.1	0.09
103	16	250.0	172.18	81.7	4	20	1633.1	0.11
103	17	550.0	232.82	81.7	4	20	1633.1	0.14
103	18	350.0	276.45	81.7	4	20	1633.1	0.17
103	19	50.0	273.35	81.7	4	20	1633.1	0.17
102	20	500.0	372.38	81.7	4	20	1633.1	0.23
102	21	350.0	417.86	81.7	4	20	1633.1	0.26
102	22	350.0	457.71	81.7	4	20	1633.1	0.28
101	23	200.0	566.28	81.7	4	20	1633.1	0.35
101	24	350.0	623.36	81.7	4	20	1633.1	0.38
101	25	300.0	662.92	81.7	4	20	1633.1	0.41
101	26	150.0	687.3	81.7	4	20	1633.1	0.42

FILO 101-126

CONCIO	ASTA	ascissa	Scorrimento[kN/m]	Prd	n _{pioli}	passo[cm]	Portata[kN/m]	Verifica
001	101	150.0	560.03	81.7	4	20	1633.1	0.34
001	102	0.0	519.89	81.7	4	20	1633.1	0.32
001	103	0.0	515.57	81.7	4	20	1633.1	0.32
001	104	0.0	421.6	81.7	4	20	1633.1	0.26
002	105	0.0	353.16	81.7	4	20	1633.1	0.22
002	106	0.0	347.97	81.7	4	20	1633.1	0.21
002	107	0.0	298.61	81.7	4	20	1633.1	0.18
003	108	0.0	225.11	81.7	4	20	1633.1	0.14
003	109	0.0	265.43	81.7	4	20	1633.1	0.16
003	110	0.0	198.18	81.7	4	20	1633.1	0.12
003	111	0.0	193.09	81.7	4	20	1633.1	0.12
004	112	0.0	162.64	81.7	4	20	1633.1	0.10
004	113	0.0	145.77	81.7	4	20	1633.1	0.09
004	114	0.0	146.08	81.7	4	20	1633.1	0.09
004	115	100.0	128.37	81.7	4	20	1633.1	0.08
003	116	250.0	167.05	81.7	4	20	1633.1	0.10
003	117	550.0	195.32	81.7	4	20	1633.1	0.12
003	118	350.0	243.79	81.7	4	20	1633.1	0.15
003	119	50.0	215.86	81.7	4	20	1633.1	0.13
002	120	500.0	298.94	81.7	4	20	1633.1	0.18
002	121	350.0	336.47	81.7	4	20	1633.1	0.21
002	122	350.0	346.01	81.7	4	20	1633.1	0.21
001	123	200.0	438.38	81.7	4	20	1633.1	0.27
001	124	350.0	504.28	81.7	4	20	1633.1	0.31
001	125	300.0	512.22	81.7	4	20	1633.1	0.31
001	126	150.0	551.24	81.7	4	20	1633.1	0.34

7.7. VERFICHE DI DEFORMABILITÀ

Si riportano di seguito le verifiche di deformabilità dell'impalcato.

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche di deformabilità nelle varie fasi di vita della struttura e la relativa contromonta da assegnare ai vari conci.

Le strutture in acciaio, in C.A.P. e miste acciaio - calcestruzzo (ad eccezione delle strutture con travi in ferro incorporate nel cls) dovranno presentare una contromonta da determinare considerando per la totalità dei carichi permanenti e degli effetti lenti del cls, nonché per il 25% dei carichi accidentali dinamizzati.

Si dovranno valutare le deformazioni elastiche dovute ai seguenti carichi:

- Peso proprio della struttura metallica e della soletta d'impalcato (fp);
- Peso delle opere di finitura (ff);
- Carichi verticali da traffico (fs);
- Effetti del ritiro della soletta ed effetto viscoso (fr).

Dovrà essere assorbita da opportuna controfreccia di costruzione (cf) la somma dei seguenti contributi:

$$cf = fp + ff + fr + 0.25 fs$$

Tale controfreccia dovrà essere ottenuta di norma mediante sagomatura dell'anima all'atto del taglio delle lamiere o tramite spezzata realizzata in corrispondenza dei giunti tra conci. L'asse del giunto sarà disposto lungo il raggio dell'arco e l'apertura del varco tra i conci dovrà risultare costante lungo tutta l'altezza della trave.

Dovrà inoltre risultare: $fp \leq L/300$

In tutte le strutture, limitatamente agli elementi principali, si dovrà rispettare il seguente limite di deformazione sotto l'azione dei carichi accidentali di progetto nella combinazione caratteristica (rara) agli S.L.E:

$$f \leq L/700$$

Dove:

L = luce di calcolo;

f = massima freccia verticale;

La verifica di deformabilità dell'impalcato è stata effettuata valutando la freccia indotta dal carico accidentale veicolare su ogni campata. Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

Campata SPA - SPB
Lunghezza 8300 cm

Frecce (cm)	Trave 1		Trave 2		Trave 2	
	Fase 1	-21.32	L/389 < L/300	-21.28	L/390 < L/300	-21.32
Fase 2	-4.40		-4.37		-4.40	
Ritiro	-1.87		-1.87		-1.87	
Fase 3	-7.77	L/1068 < L/700	-5.30	L/1566 < L/700	-7.77	L/1068 < L/700
SLE (rara)	-7.80	L/1064 < L/700	-5.30	L/1566 < L/700	-7.80	L/1064 < L/700

PROGETTAZIONE ATI:

8. DIAFRAMMI E CONTROVENTI

8.1. DIAFRAMMI

Il diaframma di pila è composto da un profilo a doppio T nel corrente inferiore, mentre i diagonali e il corrente superiore sono profili ad L accoppiati.
Per i diaframmi intermedi la briglia superiore è costituita da un profilo 2L 100x10 mentre il diagonale da un profilo 2L 120 x 12.

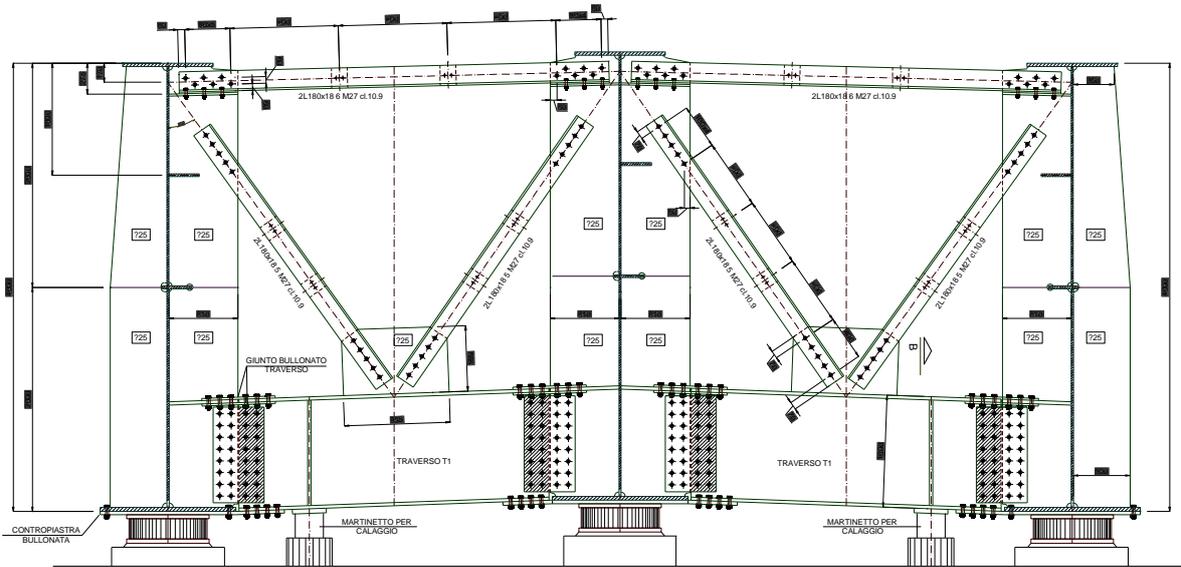


Figura 8.1 Sezione trasversale su diaframmi di spalla

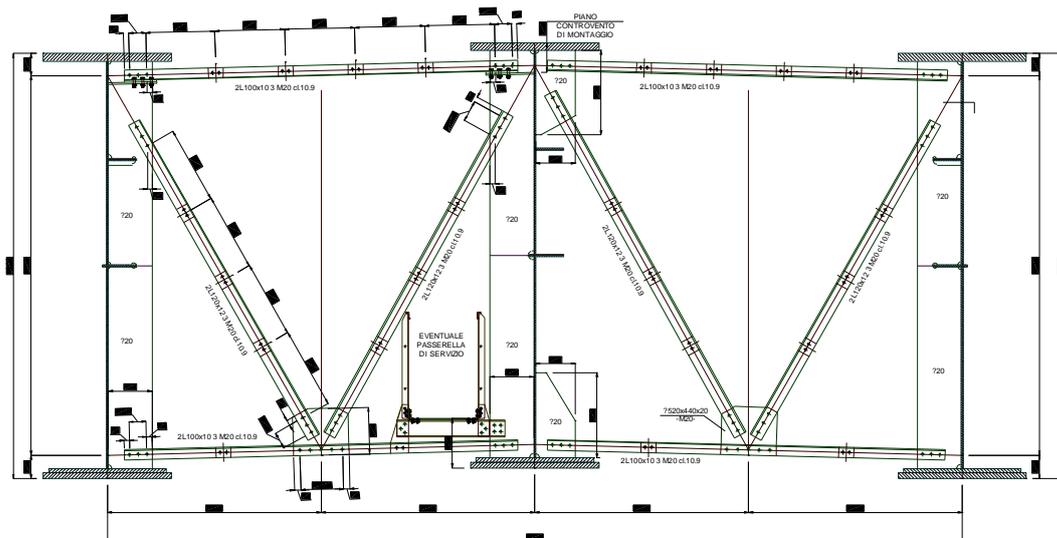


Figura 8.2 Sezione trasversale su diaframmi intermedi

PROGETTAZIONE ATI:

8.1.1. DIAFRAMMI DI SPALLA

8.1.1.1. Sollecitazioni in esercizio

Di seguito si riportano i valori del momento flettente sui traversi in esercizio.

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Termica		Ritiro		Vento glob		FASE3		FASE3d		FASE3r		TOTALE (slu)	
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)						
1001	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	8138	-3902	4843	-10055	0	0	0	0	13860	-17112
1027	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	8138	-3902	4843	-10056	0	0	0	0	13860	-17114
1101	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	3902	-8126	10153	-4848	0	0	0	0	17216	-13884
1127	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	3902	-8126	10152	-4848	0	0	0	0	17215	-13884

A questi devono essere sommati gli effetti di vento e sisma che, non agendo sul piano degli appoggi, producono degli effetti aggiuntivi dovuti al trasporto tra punto di applicazione della forza e posizione degli appoggi.

EFFETTI GLOBALI + VENTO

Elemento	FASE1		FASE2		Termica		Ritiro		Vento glob		FASE3		FASE3d		VENTO		TOTALE (slu)	
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)						
1001	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	8138	-3902	4843	-10055	0	0	103375	-103375	172171	-171122
1027	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	8138	-3902	4843	-10056	0	0	103375	-103375	172171	-171123
1101	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	3902	-8126	10153	-4848	0	0	103375	-103375	171193	-172186
1127	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	3902	-8126	10152	-4848	0	0	103375	-103375	171192	-172186

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Termica		Ritiro		Vento glob		FASE3		FASE3d		SISMA		TOTALE (slu)	
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)						
1001	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	8138	-3902	4843	-10055	0	0	227425	-227425	231492	-229394
1027	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	8138	-3902	4843	-10056	0	0	227425	-227425	231492	-229394
1101	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	3902	-8126	10153	-4848	0	0	227425	-227425	229374	-231506
1127	-2	-6	-3	-12	0	0	0	0	3902	-8126	10152	-4848	0	0	227425	-227425	229374	-231506

Il momento massimo derivante dal modello di calcolo che deve essere trasferito dalle briglie, si riscontra nella combinazione sismica ed è pari a:

$$M = 232000 \text{ kNcm}$$

Tale momento viene trasferito proporzionalmente alla rigidità delle briglie in una coppia di sforzi normali di intensità pari a:

$$N_{bs} = 700 \text{ kN} \quad \text{compressione/trazione}$$

$$N_{bi} = 1180 \text{ kN} \quad \text{compressione/trazione}$$

Inoltre il corrente inferiore è soggetto anche a momento flettente dato dalla componente orizzontale di sforzo normale dei diagonali che risulta essere eccentrica rispetto al baricentro del profilo. Tale componente è pari a:

$$M_d = 2 \times N_d \cos(\alpha) \times h_{bi} / 2 = 2 \times 1340 \times \cos(57) \times 100 / 2 \approx 73000 \text{ kNcm}$$

Di seguito si riportano i valori del taglio sui traversi in esercizio.

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Termica		Ritiro		Vento glob		FASE3		FASE3d		FASE3r		TOTALE (slu)	
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)						
1001	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	0	-37	0	0	0	0	36	-86
1027	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	4	-37	0	0	0	0	41	-86
1101	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	0	-38	0	0	0	0	36	-87
1127	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	-1	-37	0	0	0	0	36	-86

Elemento					N diagonale, globale	
	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	max	min
1001	400	340	400	394	42	-100
1027	400	340	400	394	48	-100
1101	400	340	400	394	42	-101
1127	400	340	400	394	42	-100

A questi devono essere sommati gli effetti di vento e sisma che, non agendo sul piano degli appoggi, producono degli effetti aggiuntivi dovuti al trasporto tra punto di applicazione della forza e posizione degli appoggi.

EFFETTI GLOBALI + VENTO

Elemento	FASE1		FASE2		Termica		Ritiro		Vento glob		FASE3		FASE3d		VENTO		TOTALE (slu)	
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)						
1001	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	0	-37	0	0	388	-388	617	-655
1027	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	4	-37	0	0	388	-388	622	-655
1101	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	0	-38	0	0	388	-388	617	-656
1127	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	-1	-37	0	0	388	-388	617	-655

Elemento					N diagonale, globale	
	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	max	min
1001	400	340	400	525	953	-1011
1027	400	340	400	525	960	-1011
1101	400	340	400	525	953	-1013
1127	400	340	400	525	953	-1011

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Termica		Ritiro		Vento glob		FASE3		FASE3d		SISMA		TOTALE (slu)	
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)						
1001	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	0	-37	0	0	853	-853	868	-868
1027	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	4	-37	0	0	853	-853	868	-868
1101	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	0	-38	0	0	853	-853	868	-868
1127	0	0	0	0	0	0	0	0	30	-30	-1	-37	0	0	853	-853	868	-868

Elemento					N diagonale, globale	
	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	max	min
1001	400	340	400	525	1340	-1340
1027	400	340	400	525	1340	-1340
1101	400	340	400	525	1340	-1340
1127	400	340	400	525	1340	-1340

Lo sforzo normale massimo presente nel diagonale deriva dalla combinazione e risulta essere pari a:

$N_d = - 1340$ compressione

$N_d = + 1340$ trazione

Verifica diagonali

2 angolari a cartella
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	1340	[kN]
Compressione	$N_C =$	1340	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	3500	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	3500	[mm]
Lato lungo asse x	$b_x =$	180	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	180	[mm]
Spessore	$t =$	18	[mm]
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	25	[mm]
Acciaio		S 355	
Curva di stabilità		c	
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per resistenza	$\gamma_{MD} =$	1.05	[-]
Coefficiente di sicurezza per stabilità	$\gamma_{M1} =$	1.10	[-]
Tensione di calcolo per resistenza	$f_{yk} / \gamma_{MD} =$	338	[N/mm ²]
Tensione di calcolo per stabilità	$f_{yk} / \gamma_{M1} =$	323	[N/mm ²]
Curva CNR		510_c	

Proprietà inerziali 1 angolare singolo

Area lorda	$A =$	6156	[mm ²]
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	317844	[mm ³]
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	317844	[mm ³]
Ascissa baricentro da bordo irrigidito	$x_g =$	52	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	52	[mm]
Momento di inerzia rispetto a asse x baricentrico	$J_x =$	18896140	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	18896140	[mm ⁴]
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-11188232	[mm ⁴]
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	30084372	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	7707909	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 1	$\rho_1 =$	70	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 2	$\rho_2 =$	35	[mm]

Proprietà inerziali 2 angolari a cartella

Area lorda	$A =$	12312	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	37792281	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	88429806	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	55	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	85	[mm]

Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	41	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	63	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo asse x	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	57	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	63	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	1.57	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	1415	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	109	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	171	[N/mm ²] < 323, ok!

PROGETTAZIONE ATI:

Verifica briglia superiore

2 angolari a cartella Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	700	[kN]
Compressione	$N_C =$	700	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	4000	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	4000	[mm]
Lato lungo asse x	$b_x =$	180	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	180	[mm]
Spessore	$t =$	18	[mm]
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	25	[mm]
Acciaio		S 355	
Curva di stabilità		c	
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per resistenza	$\gamma_{MO} =$	1.05	[-]
Coefficiente di sicurezza per stabilità	$\gamma_{M1} =$	1.10	[-]
Tensione di calcolo per resistenza	$f_{yk} / \gamma_{MO} =$	338	[N/mm ²]
Tensione di calcolo per stabilità	$f_{yk} / \gamma_{M1} =$	323	[N/mm ²]
Curva CNR		510_c	

Proprietà inerziali 1 angolare singolo

Area lorda	$A =$	6156	[mm ²]
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	317844	[mm ³]
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	317844	[mm ³]
Ascissa baricentro da bordo irrigidito	$x_g =$	52	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	52	[mm]
Momento di inerzia rispetto a asse x baricentrico	$J_x =$	18896140	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	18896140	[mm ⁴]
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-11188232	[mm ⁴]
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	30084372	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	7707909	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 1	$\rho_1 =$	70	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 2	$\rho_2 =$	35	[mm]

Proprietà inerziali 2 angolari a cartella

Area lorda	$A =$	12312	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	37792281	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	88429806	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	55	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	85	[mm]

Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_x =$	47	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_y =$	72	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo asse x	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	62	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	72	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	1.77	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	1415	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	57	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	101	[N/mm ²] < 323, ok!

PROGETTAZIONE ATI:

Verifica briglia inferiore

CALCOLO DEL MOMENTO CRITICO

Acciaio

$f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$

$E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

$G = 8100 \text{ kN/cm}^2$

$\gamma_{M1} = 1.1$

Profilo

Sezione trasversale

Doppio T - H simmetrico

Lunghezza libera di inflessione

$L_z = 400 \text{ cm}$

(distanza di libera inflessione nel piano debole)

$L_y = 400 \text{ cm}$

(distanza di libera inflessione nel piano forte)

$L_t = 400 \text{ cm}$

(distanza tra due vincoli torsionali)

CARATTERISTICHE PROFILO

$I_y = 844331 \text{ cm}^4$

$W_{y,el} = 16887 \text{ cm}^3$

$W_{z,el} = 2505 \text{ cm}^3$

$A = 488 \text{ cm}^2$

$I_z = 62625 \text{ cm}^4$

$W_{y,pl} = 18968 \text{ cm}^3$

$W_{z,pl} = 3840 \text{ cm}^3$

$A_{eff} = \text{ } \text{cm}^2$

$I_t = 1140 \text{ cm}^4$

$W_{y,eff} = \text{ } \text{cm}^3$

$W_{z,eff} = \text{ } \text{cm}^3$

$I_w = 147015625 \text{ cm}^6$

SOLLECITAZIONI

$N_{Ed} = 1180 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = 73000 \text{ kN}\cdot\text{cm}$

$M_{z,Ed} = \text{ } \text{kN}\cdot\text{cm}$

TIPO DI CARICO

6

Momento agli estremi

$M_A = 36500 \text{ kN}\cdot\text{cm}$

$M_B = -36500 \text{ kN}\cdot\text{cm}$

$\psi = -1$

$k = 1$

(1 = vincoli di estremità a cerniera - 0.5 = vincoli di estremità a incastro)

$k_w = 1$

(1 = vincoli torsionali di estremità a cerniera - 0.5 = vincoli torsionali di estremità a incastro)

$C_1 = 2.752$

$C_2 = 0.000$

(N.B. Se $C_2 = 0$ M_{cr} è indipendente da z_g)

$C_3 = 0.000$

$z_s = 0 \text{ cm}$

(se il profilo è doppiamente simmetrico =0)

$z_a = 50 \text{ cm}$

Punto di applicazione del carico (>0 se in zona compressa)

$z_g = (z_a - z_s) = 50 \text{ cm}$

$z_j = 0.00 \text{ cm}$

$M_{cr} = 11065106 \text{ kN}\cdot\text{cm}$

PROGETTAZIONE ATI:

VERIFICA DI STABILITA' FLESSO TORSIONALE

classe profilo

$\lambda_{LT} = 0.247 < \lambda_{LT,0} = 0.4$ Verifica a svergolamento non necessaria

$M_{ED} = 73000$ kNcm

$M_{ED}/M_{cr} = 0.007 < \lambda_{LT,0}^2 = 0.16$ Verifica a svergolamento non necessaria

Tipologia profilo (1 = laminato - 2 = saldato)

Altezza cm
Larghezza cm

curva di stabilità c
 $\alpha_{LT} = 0.49$ $\beta = 1$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^{-2}}} \text{ but } \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^{-2} \right]$$

Table 6.6: Correction factors k_c

Moment distribution	k_c
$\psi = 1$	1,0
$-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

Fattore di correzione per il diagramma del momento

$k_c =$
 $f = 0.923$

$\Phi_{LT} = 0.493$
 $\chi_{LT} = 1.000$

$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$

$M_{b,Rd} = 612149$ kNcm

$M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0.119 \leq 1$

VERIFICA SODDISFATTA

CALCOLO DEL CARICO CRITICO

$L_z = 400$ cm (distanza di libera inflessione nel piano debole)
 $L_y = 400$ cm (distanza di libera inflessione nel piano forte)

$\beta =$

$N_{cr,z} = 81042$ kN

$N_{cr,y} = 1092625$ kN

PROGETTAZIONE ATI:

8.1.1.2. Sollecitazioni in fase di sollevamento

Si riporta di seguito l'estratto del modello di calcolo utilizzato per la verifica in fase di sollevamento. I martinetti per il sollevamento saranno posizionati sotto alle nervature centrali dei traversi.

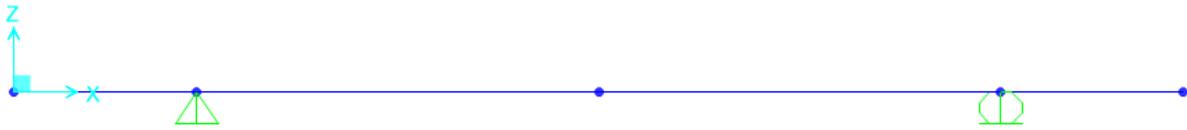


Figura 8.3 Modello di calcolo

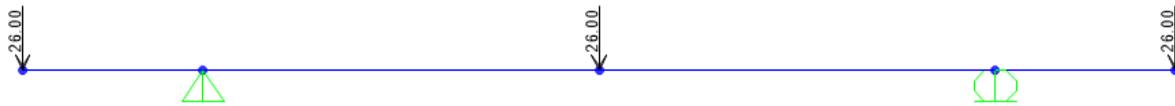


Figura 8.4 Carichi trave

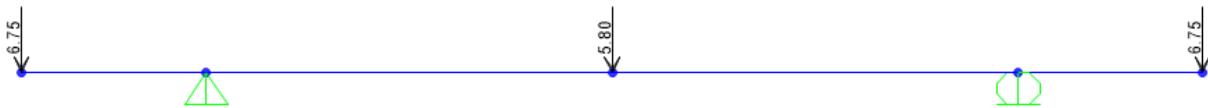


Figura 8.5 Carico predalles

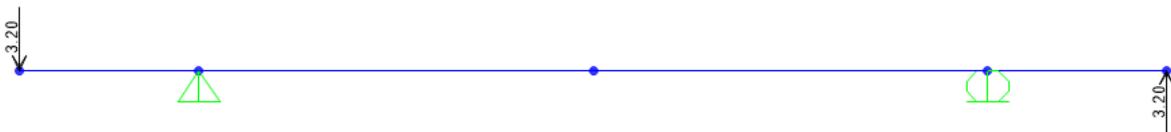


Figura 8.6 Carico vento

PROGETTAZIONE ATI:

Per la determinazione delle sollecitazioni sul traverso si utilizza la combinazione SLU Fondamentale con l'azione del vento principale.

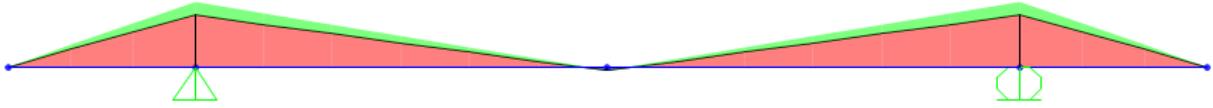


Figura 8.7. Momento flettente sul traverso - SLU

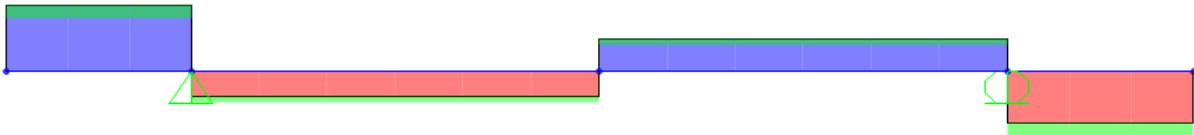


Figura 8.8. Taglio sul traverso - SLU

$$M_{SLU}^+ = 376 \text{ kNcm}$$

$$M_{SLU}^- = - 6127 \text{ kNcm}$$

$$V_{SLU} = 49.01 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni ricavate sono minori rispetto a quelle di esercizio e quindi le verifiche sono automaticamente soddisfatte.

8.1.2. DIAFRAMMI INTERMEDI

8.1.2.1. Sollecitazioni in esercizio

Le sollecitazioni sulle briglie dovute agli effetti globali possono essere calcolate una volta noti i momenti flettenti agenti sugli elementi che nel modello globale schematizzano i diaframmi intermedi. Nota la distanza fra le briglie si ricavano i carichi equivalenti da applicare alle briglie superiori e inferiori.

Noti, invece, i tagli agenti sugli elementi del modello globale e noto l'angolo di inclinazione delle diagonali, sono stati ricavati i carichi assiali equivalenti da applicare alle diagonali stesse.

Si rimanda alle tabelle successive in cui vengono calcolate le sollecitazioni nelle varie parti costituenti i diaframmi intermedi; in esse sono stati massimizzati il taglio e il momento sui frame che schematizzano i diaframmi nel modello, e sono stati calcolati gli sforzi nei profili effettivi come già specificato.

INVILUPPO DEI MOMENTI FLETTENTI

Elemento	FASE1		FASE2		Termica		Ritiro		Vento		FASE3		TOTALE (slu)	
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)										
1003	4	-17056	-250	-12335	0	0	0	0	8	-8	34717	-10558	46881	-55789
1006	2	-27047	-391	-19445	0	0	0	0	18	-18	54157	-16231	73131	-87609
1009	0	-27929	-405	-20034	0	0	0	0	25	-25	55389	-16449	74798	-89984
1011	0	-26591	-386	-19083	0	0	0	0	29	-29	54385	-16182	73446	-86394
1014	0	-25804	-375	-18526	0	0	0	0	30	-30	53469	-15926	72210	-84152
1017	0	-26591	-387	-19084	0	0	0	0	29	-29	53936	-16026	72840	-86185
1019	0	-27929	-406	-20035	0	0	0	0	25	-25	55729	-16566	75257	-90143
1022	2	-27047	-392	-19442	0	0	0	0	18	-18	53752	-16092	72584	-87417
1025	4	-17056	-252	-12323	0	0	0	0	6	-6	34295	-10414	46309	-55574
1103	4	-17056	-250	-12335	0	0	0	0	21	-21	34719	-10518	46895	-55746
1106	2	-27047	-391	-19445	0	0	0	0	49	-49	54163	-16145	73167	-87521
1109	0	-27929	-405	-20034	0	0	0	0	68	-68	55398	-16335	74849	-89869
1111	0	-26591	-386	-19083	0	0	0	0	79	-79	54395	-16050	73504	-86261
1114	0	-25804	-375	-18526	0	0	0	0	82	-82	53480	-15790	72272	-84015
1117	0	-26591	-387	-19084	0	0	0	0	78	-78	53947	-15896	72899	-86054
1119	0	-27929	-406	-20035	0	0	0	0	67	-67	55738	-16453	75307	-90029
1122	2	-27047	-392	-19442	0	0	0	0	48	-48	53758	-16010	72619	-87333
1125	4	-17056	-252	-12323	0	0	0	0	17	-17	34297	-10382	46322	-55541

Elemento	N Briglie, globale						
	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	max	min	diaframma
1003	400	360	400	538	130	-155	di
1006	400	360	400	538	203	-243	di
1009	400	360	400	538	208	-250	di
1011	400	360	400	538	204	-240	di
1014	400	360	400	538	201	-234	di
1017	400	360	400	538	202	-239	di
1019	400	360	400	538	209	-250	di
1022	400	360	400	538	202	-243	di
1025	400	360	400	538	129	-154	di
1103	400	360	400	538	130	-155	di
1106	400	360	400	538	203	-243	di
1109	400	360	400	538	208	-250	di
1111	400	360	400	538	204	-240	di
1114	400	360	400	538	201	-233	di
1117	400	360	400	538	202	-239	di
1119	400	360	400	538	209	-250	di
1122	400	360	400	538	202	-243	di
1125	400	360	400	538	129	-154	di

Lo sforzo normale massimo nelle briglie risulta:

N = - 250 compressione

N = + 209 trazione

INVILUPPO DEI TAGLI

Elemento	FASE1		FASE2		Termica		Ritiro		Vento		FASE3		TOTALE (slu)	
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)										
1003	43	43	30	30	0	0	0	0	0	0	25	-82	137	-68
1006	68	68	48	48	0	0	0	0	0	0	39	-128	216	-105
1009	70	70	49	49	0	0	0	0	0	0	39	-131	221	-107
1011	66	66	47	47	0	0	0	0	0	0	39	-129	212	-108
1014	65	65	45	45	0	0	0	0	0	0	38	-126	207	-105
1017	66	66	47	47	0	0	0	0	0	0	38	-128	211	-107
1019	70	70	49	49	0	0	0	0	0	0	40	-132	222	-108
1022	68	68	48	48	0	0	0	0	0	0	38	-127	215	-103
1025	43	43	30	30	0	0	0	0	0	0	25	-81	137	-66
1103	-43	-43	-30	-30	0	0	0	0	0	0	82	-25	68	-137
1106	-68	-68	-48	-48	0	0	0	0	0	0	128	-38	105	-215
1109	-70	-70	-49	-49	0	0	0	0	0	0	131	-38	107	-219
1111	-66	-66	-47	-47	0	0	0	0	0	0	129	-38	108	-211
1114	-65	-65	-45	-45	0	0	0	0	0	0	127	-37	106	-205
1117	-66	-66	-47	-47	0	0	0	0	0	0	128	-37	107	-210
1119	-70	-70	-49	-49	0	0	0	0	0	0	132	-39	108	-221
1122	-68	-68	-48	-48	0	0	0	0	0	0	127	-38	103	-215
1125	-43	-43	-30	-30	0	0	0	0	0	0	81	-24	66	-135

Elemento	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	N diagonale, globale		diaframma
					max	min	
1003	400	360	400	538	204	-101	di
1006	400	360	400	538	324	-157	di
1009	400	360	400	538	330	-160	di
1011	400	360	400	538	317	-162	di
1014	400	360	400	538	309	-157	di
1017	400	360	400	538	315	-160	di
1019	400	360	400	538	332	-162	di
1022	400	360	400	538	322	-155	di
1025	400	360	400	538	204	-99	di
1103	400	360	400	538	101	-204	di
1106	400	360	400	538	157	-322	di
1109	400	360	400	538	160	-328	di
1111	400	360	400	538	162	-315	di
1114	400	360	400	538	159	-307	di
1117	400	360	400	538	160	-313	di
1119	400	360	400	538	162	-330	di
1122	400	360	400	538	155	-322	di
1125	400	360	400	538	99	-202	di

Lo sforzo normale massimo nei diagonali risulta:

N = - 330 compressione

N = + 332 trazione

8.1.2.2. VERIFICA DELLE BRIGLIE

2 angolari a cartella Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)	
---	--

Trazione	$N_T =$	209	[kN]
Compressione	$N_C =$	250	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	4000	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	4000	[mm]
Lato lungo asse x	$b_x =$	100	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	100	[mm]
Spessore	$t =$	10	[mm]
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_k =$	25	[mm]
Acciaio	S 355		
Curva di stabilità	c		
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per resistenza	$\gamma_{M0} =$	1.05	[-]
Coefficiente di sicurezza per stabilità	$\gamma_{M1} =$	1.10	[-]
Tensione di calcolo per resistenza	$f_{yk} / \gamma_{M0} =$	338	[N/mm ²]
Tensione di calcolo per stabilità	$f_{yk} / \gamma_{M1} =$	323	[N/mm ²]
Curva CNR		510_c	

Proprietà inerziali 1 angolare singolo

Area lorda	$A =$	1900	[mm ²]
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	54500	[mm ³]
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	54500	[mm ³]
Ascissa baricentro da bordo irrigidito	$x_g =$	29	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	29	[mm]
Momento di inerzia rispetto a asse x baricentrico	$J_x =$	1800044	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	1800044	[mm ⁴]
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-1065789	[mm ⁴]
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	2865833	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	734254	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 1	$\rho_1 =$	39	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 2	$\rho_2 =$	20	[mm]

Proprietà inerziali 2 angolari a cartella

Area lorda	$A =$	3800	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	3600088	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	10045417	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	31	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	51	[mm]

Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	78	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	130	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo asse x	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	87	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	130	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	3.82	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	786	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	55	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	251	[N/mm ²] < 323, ok!

8.1.2.1. VERIFICA DELLE DIAGONALI

2 angolari a cartella	
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)	

Trazione	$N_T =$	330	[kN]
Compressione	$N_C =$	330	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	5380	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	5380	[mm]
Lato lungo asse x	$b_x =$	120	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	120	[mm]
Spessore	$t =$	12	[mm]
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	25	[mm]
Acciaio		S 355	
Curva di stabilità		c	
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per resistenza	$\gamma_{MD} =$	1.05	[-]
Coefficiente di sicurezza per stabilità	$\gamma_{MI} =$	1.10	[-]
Tensione di calcolo per resistenza	$f_{yk} / \gamma_{MD} =$	338	[N/mm ²]
Tensione di calcolo per stabilità	$f_{yk} / \gamma_{MI} =$	323	[N/mm ²]
Curva CNR		510_c	

Proprietà inerziali 1 angolare singolo

Area lorda	$A =$	2736	[mm ²]
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	94176	[mm ³]
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	94176	[mm ³]
Ascissa baricentro da bordo irrigidito	$x_g =$	34	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	34	[mm]
Momento di inerzia rispetto a asse x baricentrico	$J_x =$	3732571	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	3732571	[mm ⁴]
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-2210021	[mm ⁴]
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	5942592	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	1522550	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 1	$\rho_1 =$	47	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 2	$\rho_2 =$	24	[mm]

Proprietà inerziali 2 angolari a cartella

Area lorda	$A =$	5472	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	7465142	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	19512216	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	37	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	60	[mm]

Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_x =$	90	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_y =$	146	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo asse x	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	99	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	146	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	4.58	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	944	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	60	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	276	[N/mm ²] < 323, ok!

PROGETTAZIONE ATI:

8.2. CONTROVENTI DI MONTAGGIO

8.2.1. VALORI MASSIMI DI VERIFICA ALLO SLU

CTVSUP

Asta	Taglio	Sforzo Normale	Profilo
	kN	kN	2L 100x12
			899

1	598	899	2L 100x12	899
2	554	834	2L 100x12	834
3	511	769	2L 100x12	769
4	446	672	2L 100x12	672
5	432	650	2L 100x12	650
6	382	574	2L 100x12	574
7	317	477	2L 100x12	477
8	259	390	2L 100x12	390
9	252	379	2L 100x12	379
10	187	282	2L 100x12	282
11	122	184	2L 100x12	184
12	86	130	2L 100x12	130
13	58	87	2L 100x12	87
14	72	108	2L 100x12	108
15	86	130	2L 100x12	130
16	122	184	2L 100x12	184
17	202	303	2L 100x12	303
18	252	379	2L 100x12	379
19	259	390	2L 100x12	390
20	331	498	2L 100x12	498
21	382	574	2L 100x12	574
22	432	650	2L 100x12	650
23	461	694	2L 100x12	694
24	511	769	2L 100x12	769
25	554	834	2L 100x12	834
26	598	899	2L 100x12	899

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

101	408	614	2L 100x12	614
102	382	575	2L 100x12	575
103	341	514	2L 100x12	514
104	297	447	2L 100x12	447
105	297	447	2L 100x12	447
106	250	377	2L 100x12	377
107	205	308	2L 100x12	308
108	205	308	2L 100x12	308
109	157	237	2L 100x12	237
110	112	168	2L 100x12	168
111	64	97	2L 100x12	97
112	64	97	2L 100x12	97
113	21	32	2L 100x12	32
114	26	39	2L 100x12	39
115	70	105	2L 100x12	105
116	70	105	2L 100x12	105
117	116	175	2L 100x12	175
118	164	246	2L 100x12	246
119	209	314	2L 100x12	314
120	209	314	2L 100x12	314
121	257	387	2L 100x12	387
122	300	452	2L 100x12	452
123	300	452	2L 100x12	452
124	348	523	2L 100x12	523
125	382	575	2L 100x12	575
126	407	613	2L 100x12	613
201	167	251	2L 100x12	251
202	153	230	2L 100x12	230
203	138	207	2L 100x12	207
204	118	178	2L 100x12	178
205	118	178	2L 100x12	178
206	98	148	2L 100x12	148
207	80	121	2L 100x12	121
208	80	121	2L 100x12	121
209	61	93	2L 100x12	93
210	44	66	2L 100x12	66
211	25	38	2L 100x12	38
212	25	38	2L 100x12	38
213	8	12	2L 100x12	12
214	10	15	2L 100x12	15
215	27	40	2L 100x12	40
216	27	40	2L 100x12	40
217	46	70	2L 100x12	70
218	62	94	2L 100x12	94
219	84	126	2L 100x12	126
220	84	126	2L 100x12	126
221	99	149	2L 100x12	149
222	123	185	2L 100x12	185
223	123	185	2L 100x12	185
224	138	208	2L 100x12	208
225	153	231	2L 100x12	231
226	167	252	2L 100x12	252

PROGETTAZIONE ATI:

2 angolari a cartella
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	899	[kN]	
Compressione	$N_C =$	0	[kN]	
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	12042	[mm]	
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	12042	[mm]	
Lato lungo asse x	$b_x =$	100	[mm]	
Lato lungo asse y	$b_y =$	100	[mm]	
Spessore	$t =$	12	[mm]	
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	30	[mm]	
Acciaio		S 355		
Curva di stabilità		c		
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]	
Coefficiente di sicurezza per resistenza	$\gamma_{M0} =$	1.05	[-]	
Coefficiente di sicurezza per stabilità	$\gamma_{M1} =$	1.10	[-]	
Tensione di calcolo per resistenza	$f_{yk} / \gamma_{M0} =$	338	[N/mm ²]	
Tensione di calcolo per stabilità	$f_{yk} / \gamma_{M1} =$	323	[N/mm ²]	
Curva CNR		510_c		

Proprietà inerziali 2 angolari a cartella

Area lorda	$A =$	4512	[mm ²]	
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	4200255	[mm ⁴]	
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	13096736	[mm ⁴]	
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	31	[mm]	
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	54	[mm]	

Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	224	[-]	
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	395	[-]	
Snellezza aggiuntiva lungo asse x	$\lambda_0 =$	40	[-]	
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	227	[-]	
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	395	[-]	
Coefficiente omega	$\omega =$	12.40	[-]	
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	783	[mm]	
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	199	[N/mm ²]	< 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	0	[N/mm ²]	< 323, ok!

PROGETTAZIONE ATI:

9. SOLETTA D'IMPALCATO

Nel presente capitolo si riportano i calcoli effettuati per le verifiche della soletta. La dimensione trasversale della soletta è costante ed è pari a 12.0 m.

9.1. DESCRIZIONE E MODALITÀ DI CALCOLO DELLA SOLETTA

La soletta d'impalcato viene realizzata mediante getto in opera su predalles in c.a. aventi spessore 6.0 cm per uno spessore totale finito di getto e predalles pari a 27 cm. L'intero impalcato viene coperto trasversalmente appoggiando le predalles isostaticamente sulle tre travi principali, con funzione di cassero a perdere per il getto integrativo della soletta. A getto maturato la soletta avrà uno schema statico di trave continua su tre appoggi.

Durante la realizzazione della soletta si considerano le seguenti tre fasi di carico:

Fase 1

Le predalles sono posate sulle travi con schema statico di trave semplicemente appoggiata.

Gli sbalzi presentano luce costante pari a 2.00 m; la campata ha luce pari a 4.00 m (interasse travi). Ciascuna predalle sostiene sé stessa, l'armatura integrativa ed il getto di completamento a spessore definitivo (21 cm).

In questa fase allo scopo di alleggerire le armature del traliccio la fase di getto della soletta è divisa in due fasi:

Fase 1-a

Inserendo un cassero in pernervo-metal il getto di soletta sugli sbalzi è limitato a 0.75 m dalla veletta esterna, allo scopo di contenere le tensioni nei tralicci di armatura e poter sfruttare in seconda fase di getto una sezione di cemento armato.

Fase 1-b

Il getto di completamento dello sbalzo è eseguito una volta che il calcestruzzo gettato in prima fase abbia raggiunto una resistenza di almeno 20 MPa. In tale fase si montano anche le velette alle estremità degli sbalzi.

Fase 2

Lo schema statico è di trave continua, costituita dall'intero spessore di soletta (27 cm predalles compresa); i carichi in gioco sono i permanenti portati.

Fase 3

Lo schema statico è trave continua appoggiata sulle travi; i carichi sono i sovraccarichi accidentali. Le coppelle sono inoltre provviste di aree libere in corrispondenza delle piattabande superiori delle travi sottostanti al fine di consentire la disposizione dei connettori di tipo Nelson. Una volta disposte le lastre prefabbricate si procede alla posa delle barre di orditura longitudinali e delle barre di orditura integrativa trasversale.

9.2. FASE 1

Si riporta la verifica delle predalles per la fase I di getto della soletta considerando come elemento resistente la sola predalla in calcestruzzo armata di tralicci, per una lunghezza longitudinale di soletta di 1.00 m.

9.2.1. ANALISI DEI CARICHI

La fase 1 di getto è suddivisa in due fasi; una prima fase il getto di soletta sugli sbalzi è limitato a 0.75 m dalla veletta esterna, e una fase successiva di completamento di getto di soletta dello spessore di getto pari a 21 cm.

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

La struttura resistente in questa fase di carico è costituita unicamente dalla predalle armate dai tralicci di altezza 15 cm ad interasse 40 cm con ferro Ø18 superiore e 2 Ø16 inferiori correnti trasversalmente e con traliccio in ferri Ø10.

I carichi considerati in questa fase sono:

Predalla (6.0 cm)	$25 \text{ kN/m}^3 \times 0.06 \text{ m}$	=	1.50 kN/m^2
Soletta	$25 \text{ kN/m}^3 \times 0.21 \text{ m}$	=	5.25 kN/m^2
Velette	$1.0 \text{ kN/m} \times 2$	=	2.0 kN/m

La ripartizione trasversale dei carichi è stata calcolata mediante lo schema statico sotto riportato.

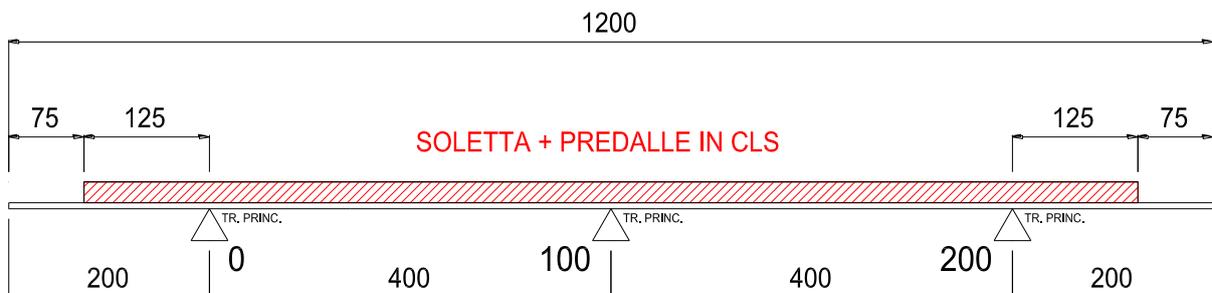


Figura 9.1 Fase 1-a

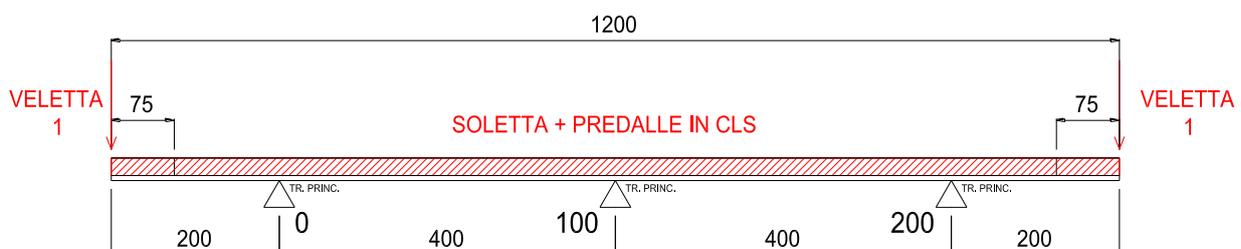


Figura 9.2 Fase 1-b

PROGETTAZIONE ATI:

9.2.2. MODELLO DI CALCOLO

La soletta è schematizzata come trave in semplice appoggio sulle travi principali.



Figura 9.3 Modello di calcolo soletta fase I

9.2.2.1. Carichi

Carichi di fase I-a

La prima fase di getto considera il peso proprio del calcestruzzo, in cui il getto di soletta sugli sbalzi è limitato a 0.75 m dalla veletta.

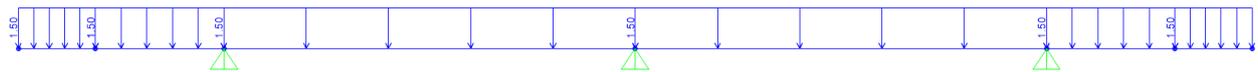


Figura 9.4 Carico predalles

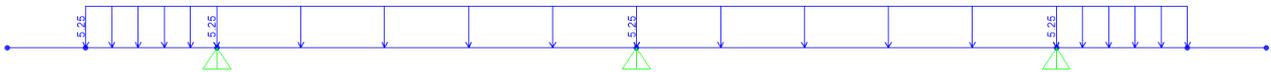


Figura 9.5 Carico getto calcestruzzo

Carichi di fase I-b

La fase successiva di getto prevede il montaggio delle velette ed il completamento della soletta che viene schematizzata considerando il peso proprio del calcestruzzo gettato per la lunghezza necessaria a portare a finito lo sbalzo e pari a 0.75 m dalla veletta esterna.

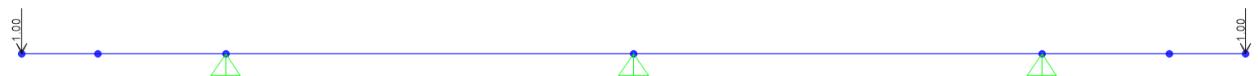


Figura 9.6 Carico velette di estremità



Figura 9.7 Carico getto calcestruzzo integrativo

9.2.2.2. Sollecitazioni

Sollecitazioni di fase I-a

Si riportano le sollecitazioni di verifica nella condizione di carico elementare.

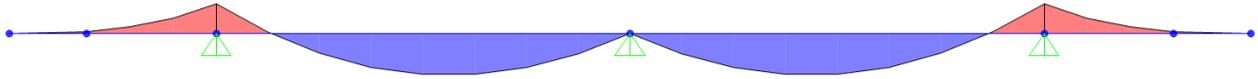


Figura 9.8. Momento flettente

Momento flettente minimo:
Momento flettente massimo:

$$M_{SLE}^{-} = - 7.10 \text{ kNm/m}$$

$$M_{SLE}^{+} = 9.99 \text{ kNm/m}$$

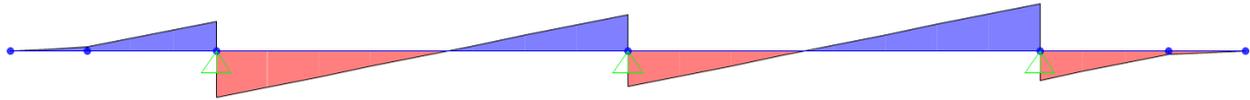


Figura 9.9. Taglio verticale

Taglio verticale lato sbalzo:
Taglio verticale lato campata:

$$T_{SX,SLE} = 9.56 \text{ kN/m}$$

$$T_{DX,SLE} = 15.28 \text{ kN/m}$$

Sollecitazioni di fase I-b

Si riportano le sollecitazioni di verifica nella condizione di carico elementare.

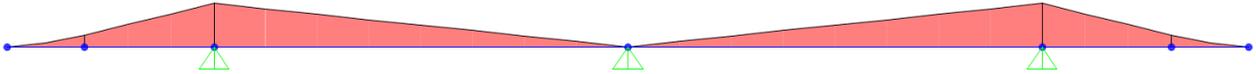


Figura 9.10. Momento flettente

Momento flettente minimo:

$$M_{SLE}^{-} = - 8.40 \text{ kNm/m}$$

Momento flettente massimo:

$$M_{SLE}^{+} = 0.00 \text{ kNm/m}$$

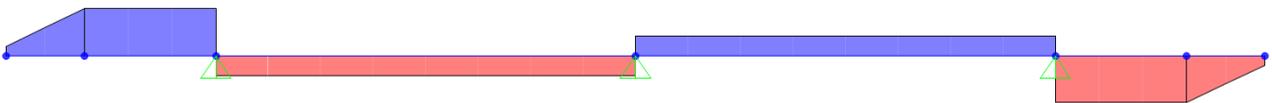


Figura 9.11. Taglio verticale

Taglio verticale lato sbalzo:

$$T_{SX,SLE} = 4.94 \text{ kN/m}$$

Taglio verticale lato campata:

$$T_{DX,SLE} = 2.10 \text{ kN/m}$$

Verifica a traliccio predalles Fase 1

Fase 1-a

Momento flettente minimo:	$M^-SLU = -7.10 * 1.35 = - 9.59 \text{ kNm/m}$
Momento flettente massimo:	$M^+SLU = 9.99 * 1.35 = 13.49 \text{ kNm/m}$
Taglio verticale lato sbalzo:	$T_{SX,SLU} = 9.56*1.35 = 12.91 \text{ kN/m}$
Taglio verticale lato campata:	$T_{DX,SLU} = 15.28*1.35 = 20.63 \text{ kN/m}$

Fase 1-b

Momento flettente minimo:	$M^-SLU = -8.40 * 1.35 = - 11.34 \text{ kNm/m}$
Momento flettente massimo:	$M^+SLU = 0.00 * 1.35 = 0.00 \text{ kNm/m}$
Taglio verticale lato sbalzo:	$T_{SX,SLU} = 4.94*1.35 = 6.67 \text{ kN/m}$
Taglio verticale lato campata:	$T_{DX,SLU} = 2.10*1.35 = 2.84 \text{ kN/m}$

PROGETTAZIONE ATI:

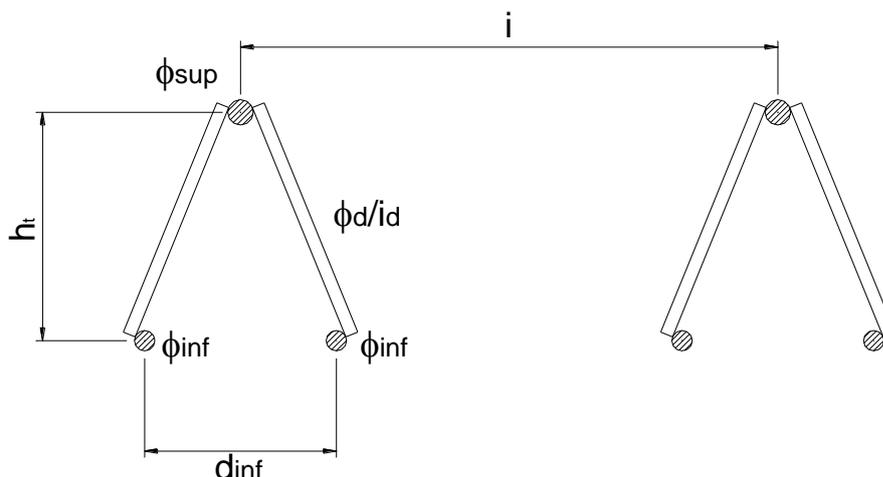
9.2.3. VERIFICA TRALICCIO PREDALLE FASE I-A

Caratteristiche di sollecitazione

Momento negativo massimo sull'appoggio	MB=	-9.59	kNm
Momento positivo massimo in campata	MC=	13.49	kNm
Taglio sx sull'appoggio	Vb sx=	12.91	kN
Taglio dx sull'appoggio	Vb dx=	20.63	kN

Caratteristiche tralicci

Altezza totale traliccio: h_t	15	cm		
Altezza utile traliccio: h_t	13.3	cm	=	0.133
Distanza ferri inf: d_{inf}	10	cm	=	0.1
Diametro ferro sup: ϕ_{sup}	1.8	cm	=	0.018
Diametro ferro sup: ϕ_{sup}	0.0	cm	=	0
Diametro ferri inf: ϕ_{inf}	1.6	cm	=	0.016
Diametro ferri inf: ϕ_{inf}	1.6	cm	=	0.016
Diametro diagonali: ϕ_d	1.0	cm	=	0.01
Interasse tralicci: i	40	cm	=	0.4
Interasse diagonali: i_d	20	cm	=	0.2
Peso totale sola armatura:			=	26.13
				kg/m ²



PROGETTAZIONE ATI:

Verifica a momento negativo

M= -9.59 kNm
N= -72.11 kN per ogni metro di soletta

n° di tralici per ogni metro di soletta 2.50

Sforzo normale nei correnti N= 28.8 kN

Corrente superiore (teso)

Verifica di resistenza $\sigma = 1133 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Corrente inferiore (compresso)

Verifica di resistenza $\sigma = 717 \text{ daN/cm}^2$

Verifica di stabilità $i = 0.4 \text{ cm}$

$L_0 = 20.00 \text{ cm}$

$\lambda = 50.00$

$\omega = 1.35$

$\sigma = 967 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Azioni nei diagonali dei tralici

Verifica di stabilità
 $N_d = 539 \text{ daN}$
 $\sigma = 686 \text{ daN/cm}^2$
 $i = 0.25 \text{ cm}$
 $L_d = 17.37 \text{ cm}$
 $\lambda = (\Lambda\delta - 3) * \beta / i = 40.25$
 $\omega = 1.22$
 $\beta = 0.7$

Portata residua dei diagonali $s = 3076 \text{ daN/cm}^2$
 $\sigma = 837 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Verifica a momento positivo

M= 13.49 kNm
N= 105.39 kN per ogni metro di soletta

n° di tralicci per ogni metro di soletta 2.50
Sforzo normale nei correnti N= 42.2 kN

Corrente superiore (compresso)

Verifica di resistenza $\sigma = 1657 \text{ daN/cm}^2$
Verifica di stabilità $i = 0.45 \text{ cm}$
 $L_o = 20.00 \text{ cm}$
 $\lambda = 44.44$
 $\omega = 1.27$

$\sigma = 2105 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Corrente inferiore (teso)

Verifica di resistenza $\sigma = 1048 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Azioni nei diagonali dei tralicci

Verifica di stabilità Nd= 343 daN
 $\sigma = 437 \text{ daN/cm}^2$
 $i = 0.25 \text{ cm}$
Ld= 17.00 cm $\beta = 0.7$
 $\lambda = (\Lambda\delta - 3) * \beta / i = 39.19$
 $\omega = 1.21$

$\sigma = 527 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Portata residua dei diagonali s= 3386 daN/cm²

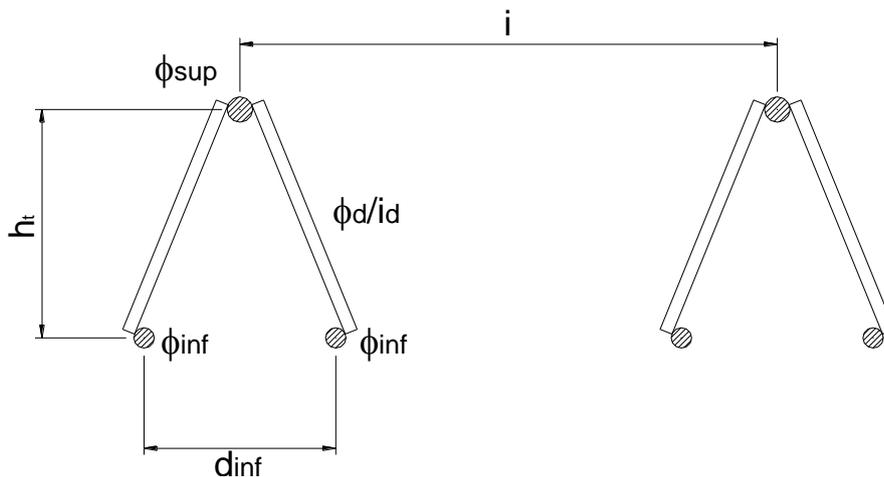
9.2.4. VERIFICA TRALICCIO PREDALLE FASE I-B

Caratteristiche di sollecitazione

Momento negativo massimo sull'appoggio	MB=	-11.34	kNm
Momento positivo massimo in campata	MC=	0.00	kNm
Taglio sx sull'appoggio	Vb sx=	6.67	kN
Taglio dx sull'appoggio	Vb dx=	2.84	kN

Caratteristiche tralicci

Altezza totale traliccio: ht	15 cm		
Altezza utile traliccio: ht	13.3 cm	=	0.133 m
Distanza ferri inf: dinf	10 cm	=	0.1 m
Diametro ferro sup: ϕ_{sup}	1.8 cm	=	0.018 m
Diametro ferro sup: ϕ_{sup}	0.0 cm	=	0 m
Diametro ferri inf: ϕ_{inf}	1.6 cm	=	0.016 m
Diametro ferri inf: ϕ_{inf}	1.6 cm	=	0.016 m
Diametro diagonali: ϕ_d	1.0 cm	=	0.01 m
Interasse tralicci: i	40 cm	=	0.4 m
Interasse diagonali: id	20 cm	=	0.2 m
Peso totale sola armatura:		=	26.13 kg/m ²



PROGETTAZIONE ATI:

Verifica a momento negativo

M= -11.34 kNm
N= -85.26 kN per ogni metro di soletta

n° di tralicci per ogni metro di soletta 2.50

Sforzo normale nei correnti N= 34.1 kN

Corrente superiore (teso)

Verifica di resistenza $\sigma = 1340 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Corrente inferiore (compresso)

Verifica di resistenza $\sigma = 848 \text{ daN/cm}^2$

Verifica di stabilità $i = 0.4 \text{ cm}$

$L_0 = 20.00 \text{ cm}$

$\lambda = 50.00$

$\omega = 1.35$

$\sigma = 1143 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Azioni nei diagonali dei tralicci

Verifica di stabilità Nd= 74 daN

$\sigma = 94 \text{ daN/cm}^2$

$i = 0.25 \text{ cm}$

$L_d = 17.37 \text{ cm}$

$\beta = 0.7$

$\lambda = (\Lambda\delta - 3) * \beta / i = 40.25$

$\omega = 1.22$

$\sigma = 115 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Portata residua dei diagonali s= 3798 daN/cm²

Verifica a momento positivo

M= 0.00 kNm
N= 0.00 kN per ogni metro di soletta

n° di tralicci per ogni metro di soletta 2.50
Sforzo normale nei correnti N= 0.0 kN

Corrente superiore (compresso)

Verifica di resistenza $\sigma = 0 \text{ daN/cm}^2$
Verifica di stabilità $i = 0.45 \text{ cm}$
 $L_o = 20.00 \text{ cm}$
 $\lambda = 44.44$
 $\omega = 1.27$

$\sigma = 0 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Corrente inferiore (teso)

Verifica di resistenza $\sigma = 0 \text{ daN/cm}^2$

$< 3913 \text{ daN/cm}^2$

Azioni nei diagonali dei tralicci

Verifica di stabilità Nd= 177 daN
 $\sigma = 226 \text{ daN/cm}^2$
 $i = 0.25 \text{ cm}$
Ld= 17.00 cm $\beta = 0.7$
 $\lambda = (\Lambda\delta - 3) * \beta / i = 39.19$
 $\omega = 1.21$

$\sigma = 272 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Portata residua dei diagonali s= 3641 daN/cm²

9.3. FASE II

Si riportano le caratteristiche di sollecitazione della soletta per la fase II in cui sono messi in opera tutti i carichi permanenti previsti, considerando la soletta come una sezione in cemento armato di spessore 27 cm.

I valori delle sollecitazioni, ricavati direttamente dai modelli globali saranno combinati con le sollecitazioni dovute ai carichi di traffico di fase III, con le sollecitazioni dovute a ritiro e termica e con quelle dovute al carico vento, secondo le combinazioni di carico agli SLU ed utilizzate per le verifiche di resistenza.

9.3.1. ANALISI DEI CARICHI

In questa fase la soletta è interamente reagente ed i carichi agenti sono i permanenti portati di impalcato come pavimentazione, cordoli, sicurvia impianti, etc.

Pavimentazione	$3.00 \text{ kN/m}^2 \times 10.50 \text{ m}$	=	31.50 kN/m
Cordoli	$4.25 \text{ kN/m}^2 \times 0.75 \times 2$	=	6.38 kN/m
Guard Rail con rete integrata	$3.0 \times 2 \text{ kN/m}$	=	6.00 kN/m
Impianto smaltimento acque	$1.5 \times 2 \text{ kN/m}$	=	3.0 kN/m
Getto di completamento in cls	$5.25 \text{ kN/m}^2 \times 0.75 \text{ m} \times 2$	=	7.88 kN/m
			54.76 kN/m

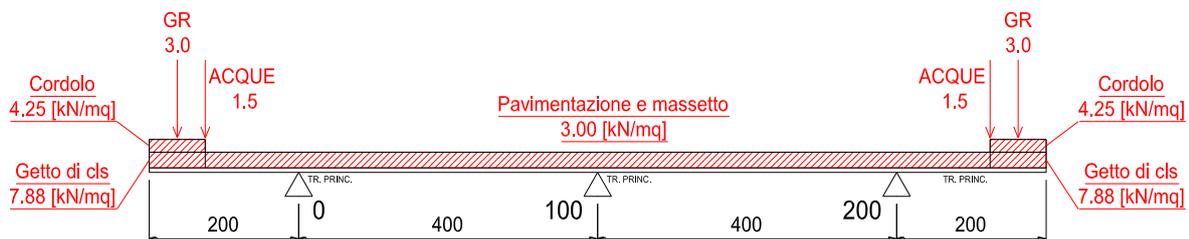


Figura 9.12 Schema di carico fase 2

9.3.2. MODELLO DI CALCOLO

Nel calcolo di Fase 2 la soletta è modellata come trave continua su tre appoggi



Figura 9.13 Modello di calcolo della soletta Fase 2

9.3.2.1. Carichi

Si riportano le illustrazioni dei carichi applicati nel modello di calcolo

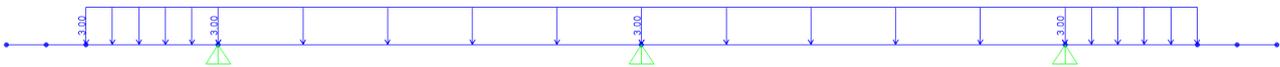


Figura 9.14 Carico pavimentazione

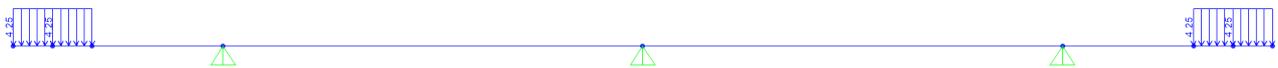


Figura 9.15 Carico cordolo



Figura 9.16 Carico getto di soletta integrativa



Figura 9.17 Carico Guard Rail



Figura 9.18 Carico smaltimento acque

PROGETTAZIONE ATI:

9.3.2.2. Sollecitazioni di fase 2

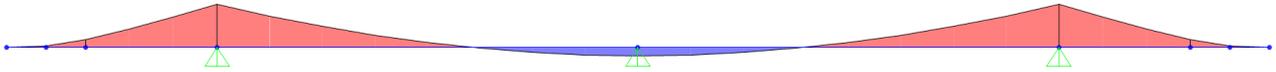


Figura 9.19 Momento flettente Fase 2

Momento flettente minimo:
Momento flettente massimo:

$$M_{SLE}^{-} = - 20.67 \text{ kNm/m}$$

$$M_{SLE}^{+} = 3.93 \text{ kNm/m}$$

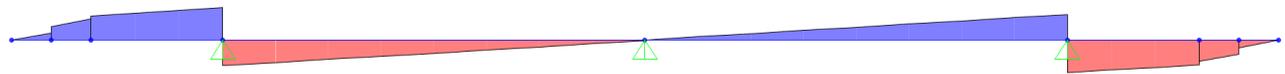


Figura 9.20 Taglio verticale fase 2

Taglio verticale lato sbalzo:
Taglio verticale lato campata:

$$T_{SX,SLE} = 15.38 \text{ kN/m}$$

$$T_{DX,SLE} = 12.15 \text{ kN/m}$$

Tali valori di sollecitazione saranno sommati ai valori delle sollecitazioni dovuti ai carichi di fase III.

9.4. FASE III

9.4.1. RIPARTIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI MOBILI SU SOLETTA

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 coppia in direzione longitudinale di ruote, mentre i carichi distribuiti sono valutati a metro lineare. Essendo la coppia di carichi concentrati ad interasse superiore al metro lineare (1.20 m) ed essendo carichi che hanno una diffusione longitudinale degli effetti, il calcolo delle sollecitazioni da essi prodotta è poi diviso per le effettive larghezze collaboranti calcolate caso per caso.

La ripartizione trasversale dei carichi è stata calcolata mediante uno schema statico di trave su 3 appoggi con due sbalzi esterni aventi le misure sopra indicate, disponendo i carichi secondo le linee di influenza allo scopo di massimizzarne gli effetti sugli sbalzi e sugli appoggi della soletta sulle travi.

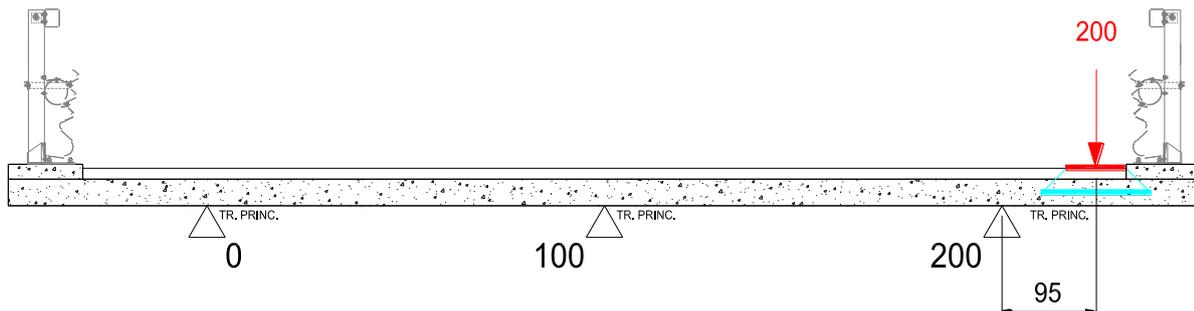


Figura 9.21. Minimo momento negativo su trave esterna - Schema di carico 2

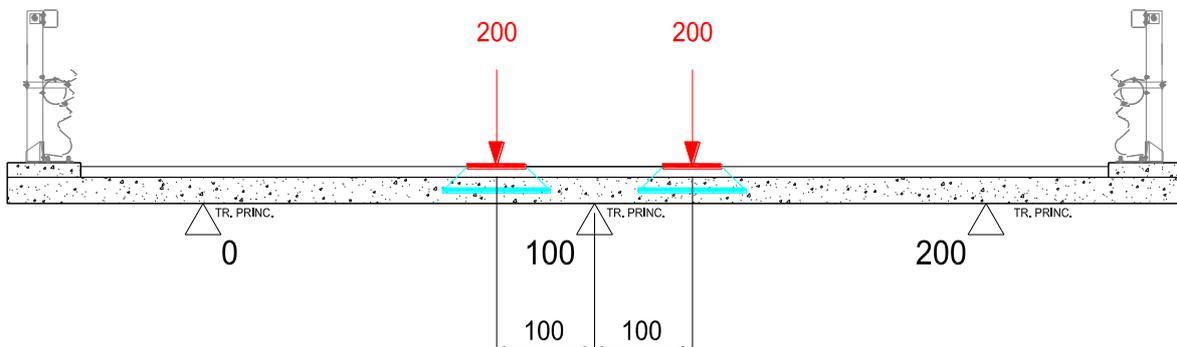


Figura 9.22. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 2

PROGETTAZIONE ATI:

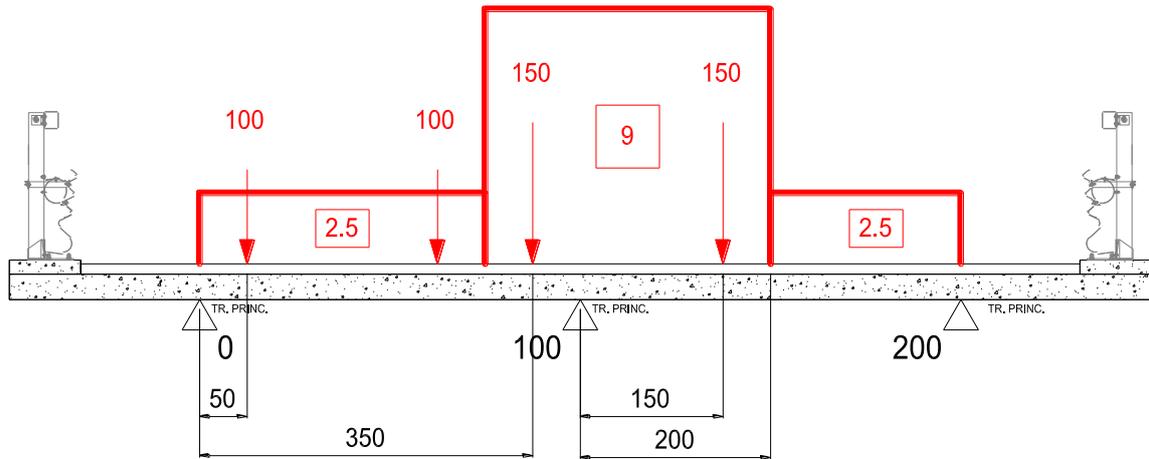


Figura 9.23. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 1

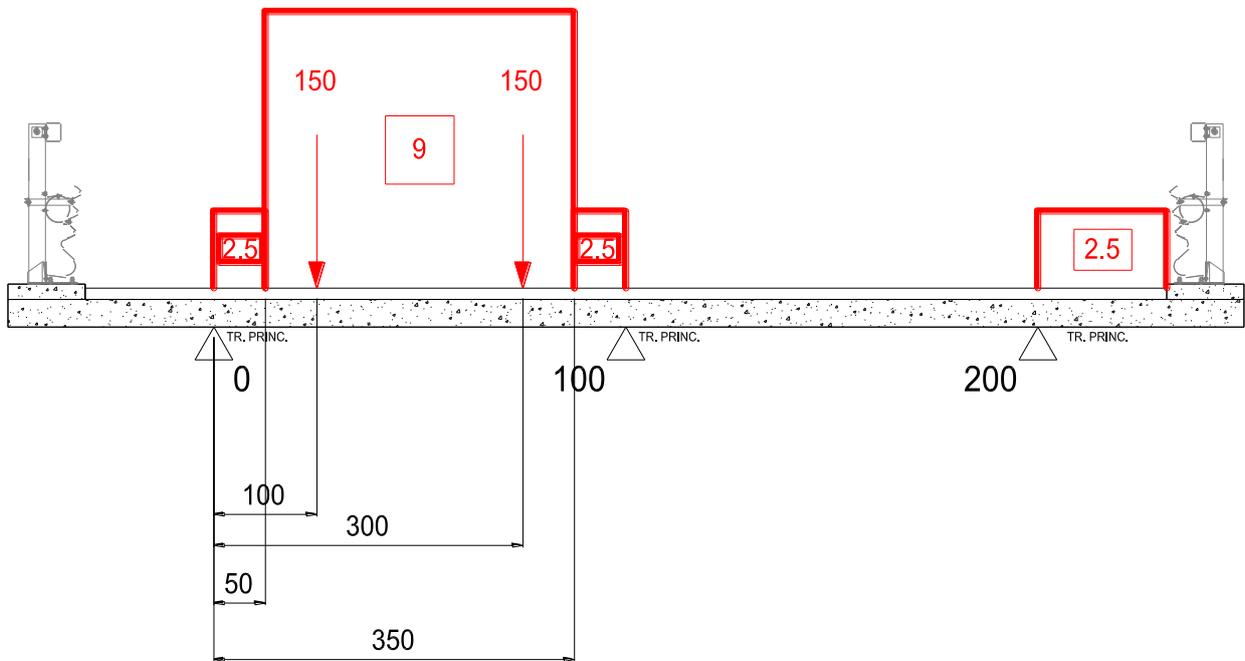


Figura 9.24. Massimo momento positivo in campata - Schema di carico 1

PROGETTAZIONE ATI:

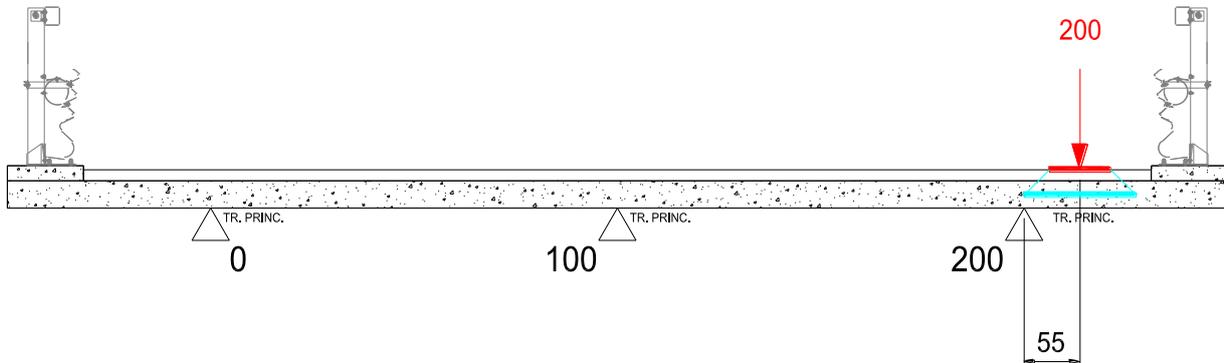


Figura 9.25. Massimo taglio su trave esterna - Schema di carico 2

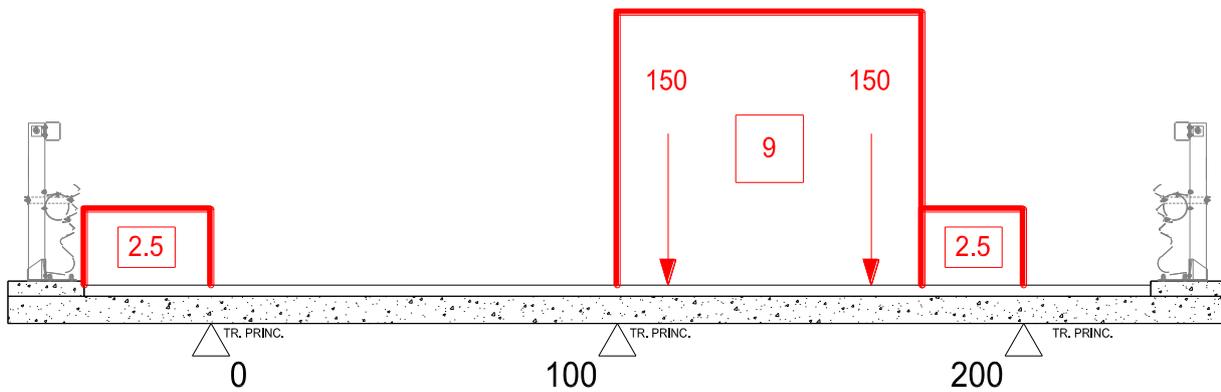


Figura 9.26. Massimo taglio su trave interna - Schema di carico 1

PROGETTAZIONE ATI:

9.4.2. LARGHEZZE COLLABORANTI

Il calcolo delle larghezze collaboranti è di fondamentale importanza per conoscere quanta sezione resistente di soletta è interessata dalla diffusione del carico applicato (esclusivamente per il carico tandem), per poter eseguire successivamente le verifiche di resistenza. La diffusione del carico avviene inizialmente in direzione verticale, l'impronta di carico sulla superficie della pavimentazione infatti si trasmette con una diffusione dell'impronta a 45° fino all'asse di mezzeria della soletta. Successivamente in direzione orizzontale fino alle travi principali. La larghezza collaborante dipende pertanto dalla posizione del carico rispetto agli assi delle travi principali.

9.4.2.1. Calcolo diffusione verticale impronta

Per le verifiche locali della soletta, secondo le indicazioni di cui al paragrafo § 5.1.3.3.6 delle NTC 2018 le azioni concentrate dovute ai carichi mobili si diffondono con un angolo di 45° dal manto di usura fino al piano medio della struttura della soletta stessa, così come riportato nella figura seguente.

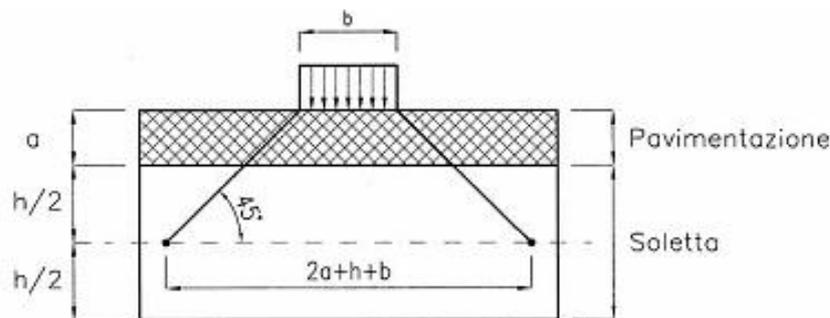


Figura 9.27: Diffusione dei carichi concentrati

In aggiunta, [Rif. *Costruzioni di Ponti, Petrangeli*], la larghezza collaborante della soletta L_c su cui va ad incidere la diffusione del carico concentrato andrebbe estesa nelle zone di campata secondo la formula:

$$L_c = 2 \cdot a + b + h + \frac{L}{2}$$

dove L rappresenta la luce della soletta in campata (tra due travi adiacenti), mentre nelle zone di sbalzo:

$$L_c = 2 \cdot a + b + h + 2 \cdot x$$

dove x è la distanza tra il carico e l'asse della trave.

Di conseguenza, risultando L_c funzione dell'impronta del carico mobile, per il caso in esame si avranno due larghezze collaboranti di riferimento, uno per lo schema di carico 1 e uno per lo schema di carico mobile 2.

Schema di carico 1

L_r = larghezza ruota = 40 cm

s_1 = spessore del manto di usura = 11 cm

s_2 = spessore del getto di cls (campata)= 27 cm

Sezione corrente:

$$D_{SO\text{LC}} = L_r + 2 \cdot s_1 + 2 \cdot \frac{s_2}{2} = 40 + 2 \cdot 11 + 2 \cdot \frac{27}{2} = 89 \text{ cm}$$

Schema di carico 2

L_r = larghezza ruota = 35 cm

s_1 = spessore del manto di usura = 11 cm

s_2 = spessore medio del getto di cls = 27 cm

Sezione corrente:

$$D_{SO\text{LC}} = L_r + 2 \cdot s_1 + 2 \cdot \frac{s_2}{2} = 35 + 2 \cdot 11 + 2 \cdot \frac{27}{2} = 84 \text{ cm}$$

Nelle verifiche locali relative allo sbalzo, le azioni concentrate da urto e da carico tandem ad esso associato (Schema di Carico 2) saranno distribuiti verticalmente sino alla mezzzeria della soletta ed orizzontalmente sino all'asse della trave esterna dell'impalcato (vincolo d'incastro dello sbalzo soletta) secondo quanto appena descritto nel paragrafo in esame.

9.4.2.2. Calcolo larghezza collaborante

La larghezza collaborante per le sezioni di mezzeria, di pila e di giunto su spalla del ponte è calcolata come segue:

CAMPATA L = 400 cm Schema di carico 1

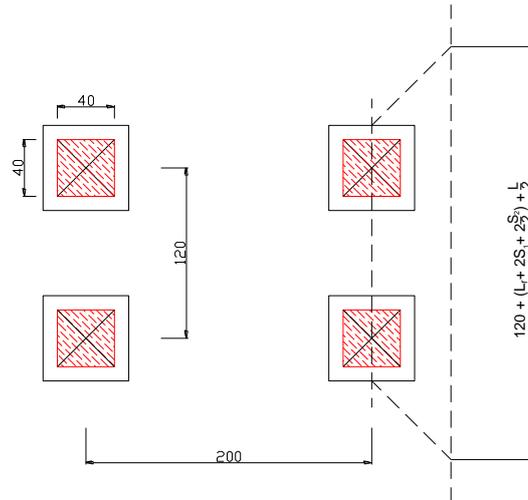
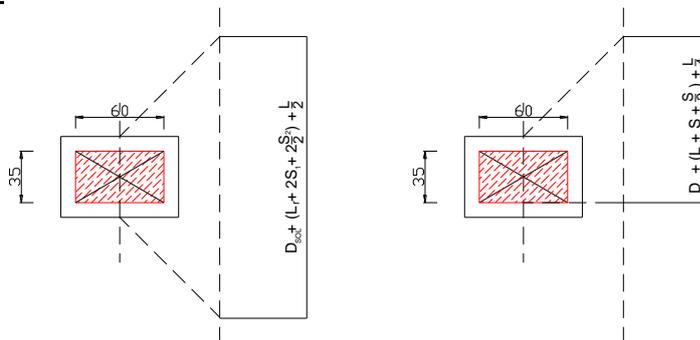


Figura 9.28. Diffusione su sezioni tipiche mezzeria

Interasse assi di carico:	120 cm
Diffusione impronta schema 1:	89 cm
Interasse travi:	400 cm
Larg. coll. sez. corrente:	$120 + 89 + 400 / 2 = 409 \text{ cm}$

Schema di carico 2

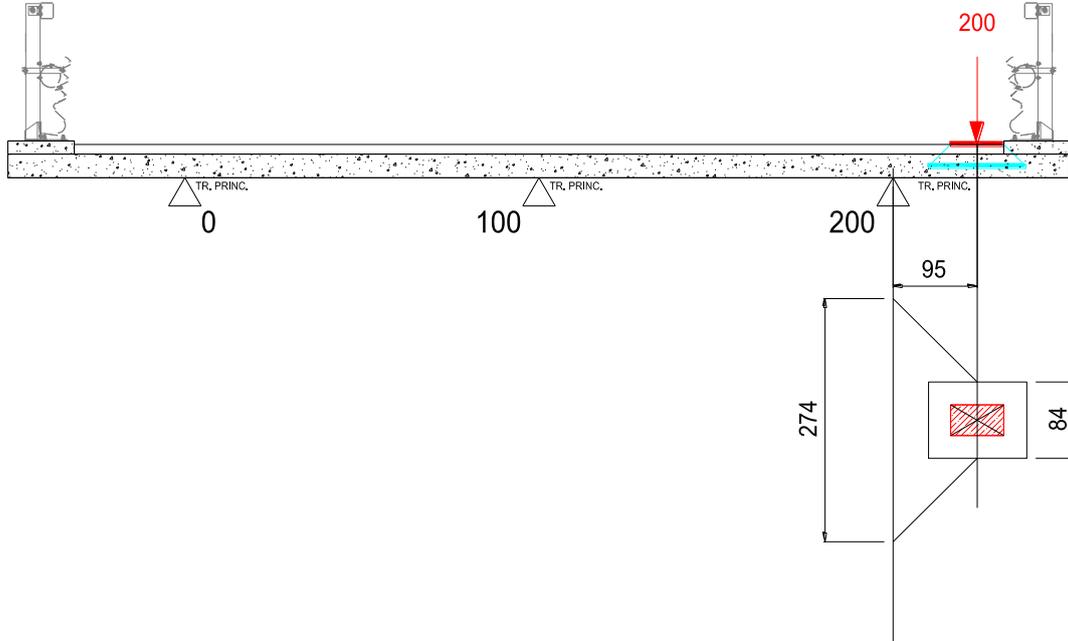


Diffusione impronta schema 2:	84 cm
Interasse travi:	400 cm
Larg. coll. sez. corrente:	$84 + 400 / 2 = 284 \text{ cm}$

PROGETTAZIONE ATI:

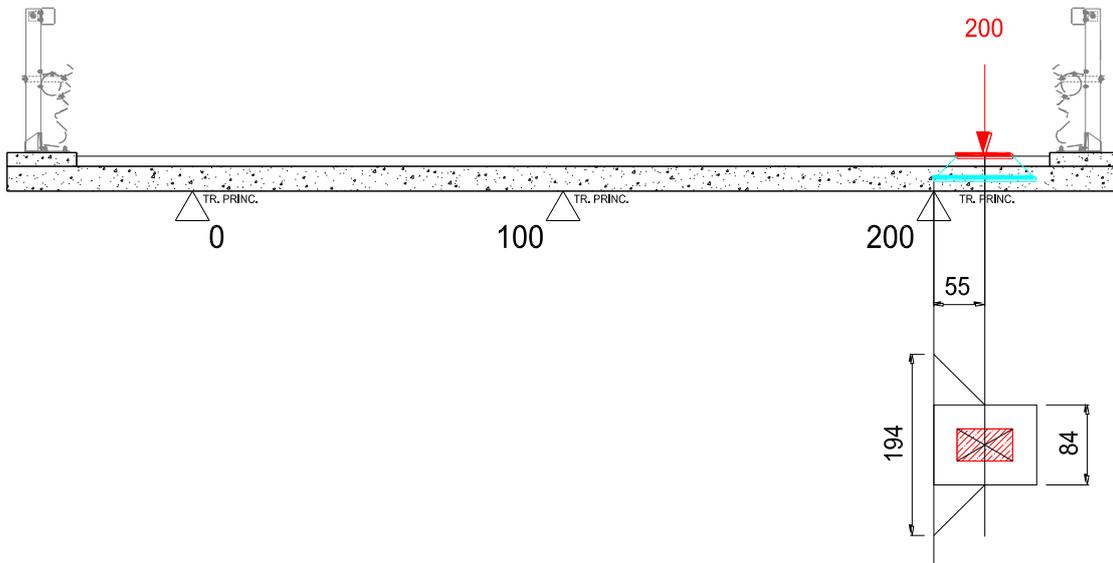
SBALZO

Minimo momento negativo



Larg. coll. sez. corrente: $84 + 95 \cdot 2 = 274 \text{ cm}$

Massimo taglio



Larg. coll. sez. corrente: $84 + 55 \cdot 2 = 194 \text{ cm}$

PROGETTAZIONE ATI:

9.4.3. EFFETTI DEI CARICHI DA TRAFFICO

Le sollecitazioni seguenti sono riferite alla condizione di carico elementare dei carichi da traffico.

Le sollecitazioni saranno calcolate sia per la sezione corrente che per la sezione in corrispondenza del giunto di spalla, nel qual caso sarà applicato alle sollecitazioni da traffico un coefficiente di amplificazione dinamica.

9.4.3.1. Coefficiente di amplificazione dinamica sezione di giunto spalla

Secondo quanto previsto dalla attuale circolare applicativa alle NTC al paragrafo C.5.1.4.3 l'azione dinamica dei carichi verticali da traffico deve essere amplificata di un fattore \emptyset in prossimità dei giunti di espansione in funzione della distanza da esso con la seguente formulazione:

$$\Delta\varphi_{\text{fat}} = 1,30 \cdot \left(1 - \frac{d}{26}\right) \geq 1,0 \quad (\text{C5.1.1})$$

dove d è la distanza in m della sezione considerata dalla sezione di giunto, espressa in m.

dove per d=0 il coefficiente assume il suo valore massimo di 1.3, tutti i carichi da traffico saranno amplificati del fattore

$$\emptyset = 1.30.$$

9.4.4. MOMENTO MINIMO SU TRAVE ESTERNA

Il momento minimo su trave è valutato mediante lo schema di carico 2 nella seguente configurazione.

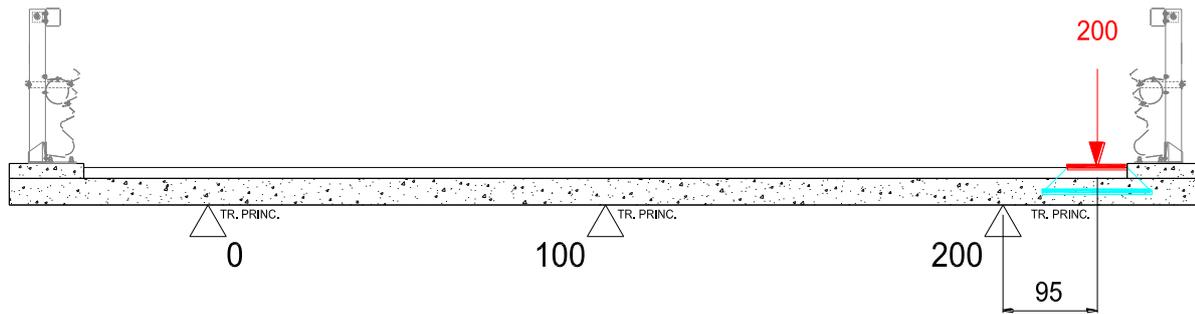


Figura 9.29. Minimo momento negativo su trave esterna - Schema di carico 2

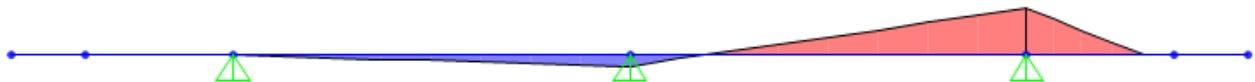


Figura 9.30. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

SEZIONE CORRENTE

Momento da carichi concentrati	$M_c = - 190 \text{ kNm}$
Larghezza collaborante	$L_{coll} = 2.74 \text{ m}$
Momento su striscia di 1m	$M_c = - 69.34 \text{ kNm/m}$
Momento risultante su striscia di 1m	$M^r = - 69.34 \text{ kNm/m}$

PROGETTAZIONE ATI:

9.4.5. MOMENTO MINIMO SU TRAVE INTERNA

Il momento minimo nella sezione di appoggio è valutato sia mediante lo schema di carico 2 nella seguente configurazione che mediante lo schema di carico 1 riportato a seguire.

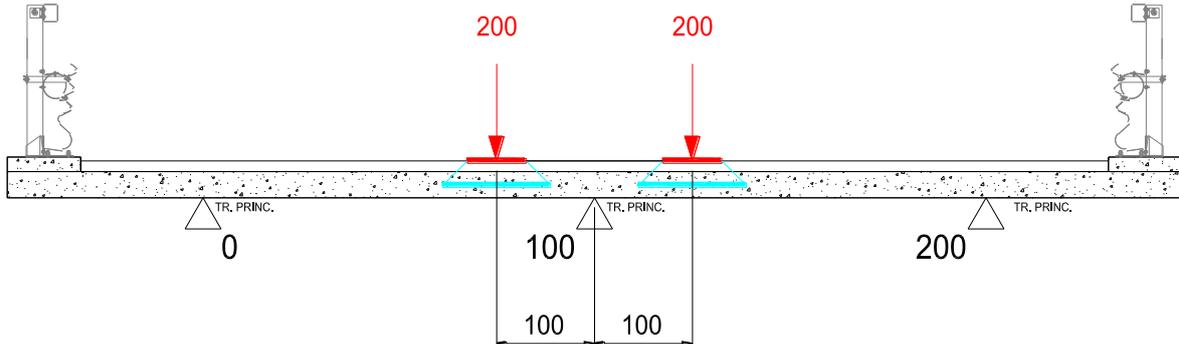


Figura 9.31. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 2

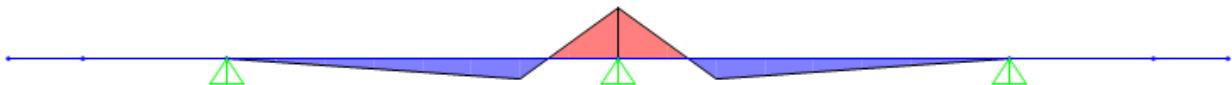


Figura 9.32. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

SEZIONE CORRENTE

Momento da carichi concentrati	$M_c = - 129.11 \text{ kNm}$
Larghezza collaborante	$L_{coll} = 2.84 \text{ m}$
Momento su striscia di 1m	$M_c = - 45.46 \text{ kNm/m}$
Momento risultante su striscia di 1m	$M^* = - 45.46 \text{ kNm/m}$

PROGETTAZIONE ATI:

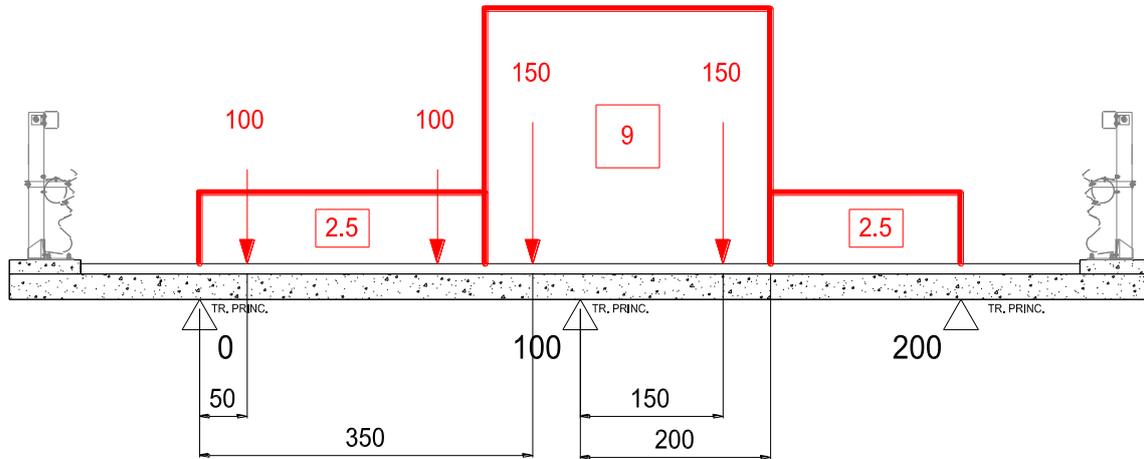


Figura 9.33. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 1

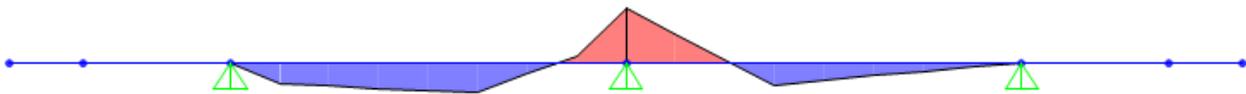


Figura 9.34. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

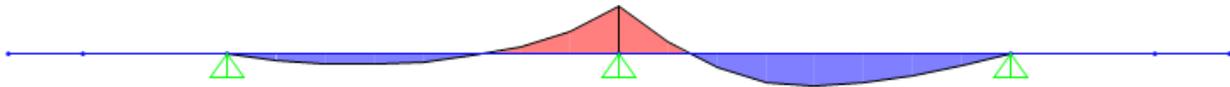


Figura 9.35. Andamento del momento flettente da carichi distribuiti

SEZIONE CORRENTE

Momento da carichi concentrati

$$M_c = - 272.06 \text{ kNm}$$

Larghezza collaborante

$$L_{coll} = 4.09 \text{ m}$$

Momento su striscia di 1m

$$M_c = - 66.52 \text{ kNm/m}$$

Momento da carichi distribuiti

$$M_c = - 9.74 \text{ kNm}$$

Momento risultante su striscia di 1m

$$M^* = - 76.26 \text{ kNm/m}$$

PROGETTAZIONE ATI:

9.4.6. MOMENTO MASSIMO IN CAMPATA

Il momento massimo nella sezione di campata è valutato mediante lo schema di carico 1 nella seguente configurazione:

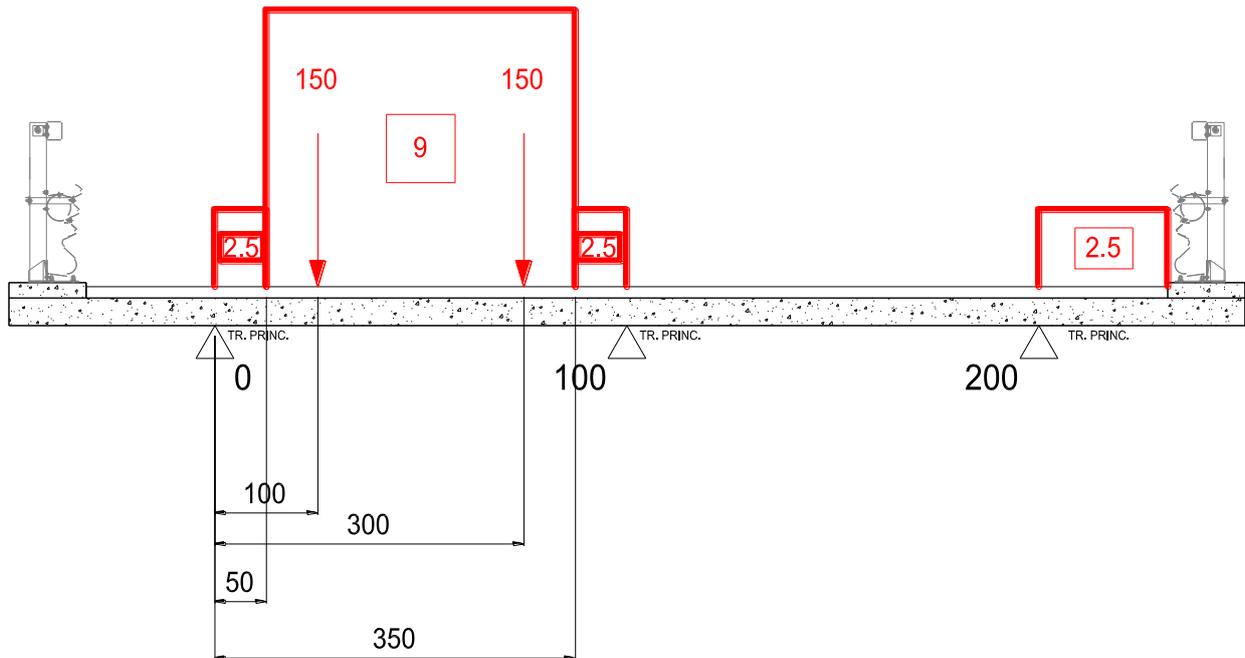


Figura 9.36. Massimo momento positivo in campata - Schema di carico 1

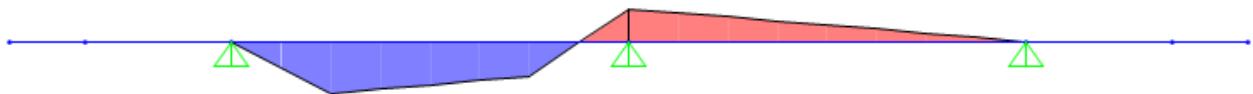


Figura 9.37. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

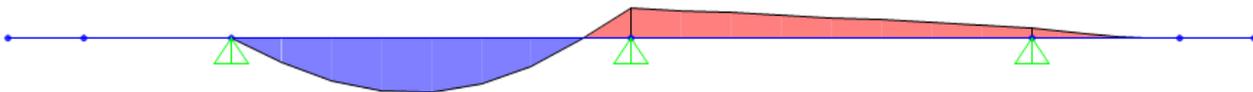


Figura 9.38. Andamento del momento flettente da carichi distribuiti

PROGETTAZIONE ATI:

SEZIONE CORRENTE

Momento da carichi concentrati	$M_c = 258.50 \text{ kNm}$
Larghezza collaborante	$L_{coll} = 4.09 \text{ m}$
Momento su striscia di 1m	$M_c = 63.20 \text{ kNm/m}$
Momento da carichi distribuiti	$M_d = 13.27 \text{ kNm}$
Momento risultante su striscia di 1m	$M^* = 76.47 \text{ kNm/m}$

PROGETTAZIONE ATI:

9.4.7. TAGLIO MASSIMO SU TRAVE ESTERNA

Il taglio massimo sulla trave esterna è dato dallo schema di carico 2 nella seguente configurazione:

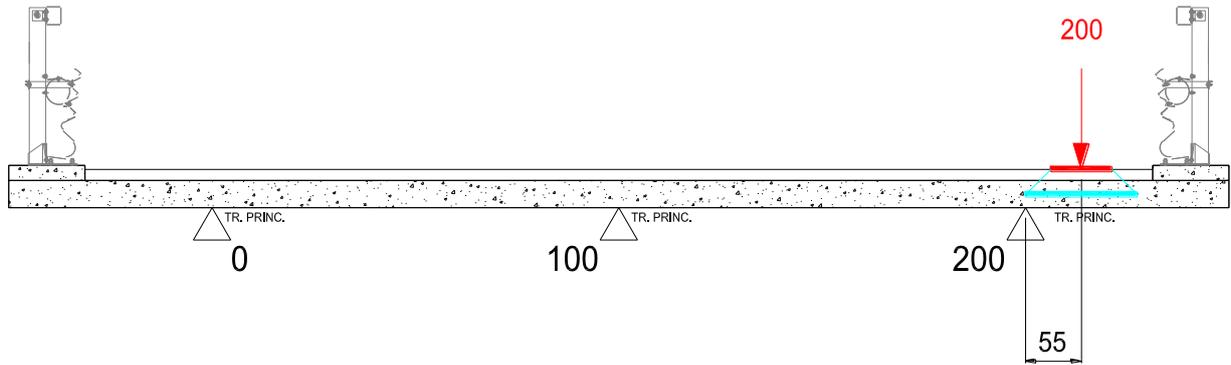


Figura 9.39. Massimo taglio su trave esterna - Schema di carico 2

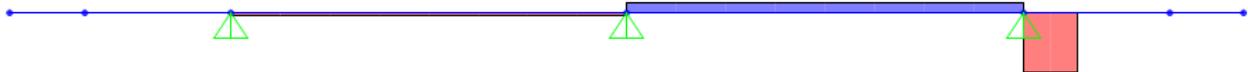


Figura 9.40. Andamento del momento da carichi concentrati

SEZIONE CORRENTE

Taglio da carichi concentrati

$$V_c = 200 \text{ kN}$$

Larghezza collaborante

$$L_{coll} = 1.94 \text{ m}$$

Taglio su striscia di 1m

$$V = 103.09 \text{ kN/m}$$

Taglio risultante su striscia di 1m

$$V = 103.09 \text{ kN/m}$$

9.4.8. TAGLIO MASSIMO SU TRAVE INTERNA

Il taglio massimo sulla trave interna è dato dallo schema di carico 1 nella seguente configurazione.

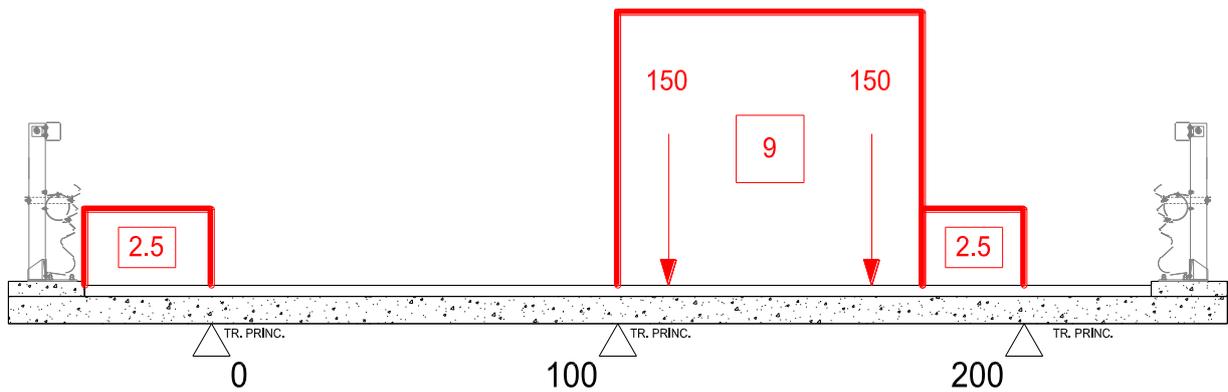


Figura 9.41. Massimo taglio su trave interna - Schema di carico 1

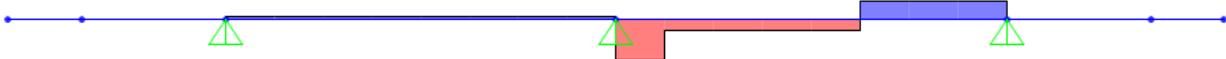


Figura 9.42. Andamento del taglio da carichi concentrati

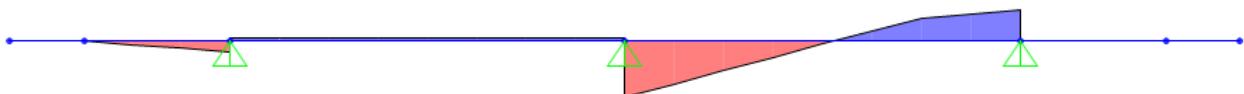


Figura 9.43. Andamento del taglio da carichi distribuiti

SEZIONE CORRENTE

Taglio da carichi concentrati

$$V_c = 413.90 \text{ kN}$$

Larghezza collaborante

$$L_{coll} = 4.09 \text{ m}$$

Taglio su striscia di 1m

$$V = 101.20 \text{ kN/m}$$

Taglio da carichi distribuiti

$$V_d = 19.09 \text{ kN}$$

Taglio risultante su striscia di 1m

$$M = 120.29 \text{ kN/m}$$

PROGETTAZIONE ATI:

9.5. RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano le sollecitazioni nelle condizioni di carico elementari.

Fase II

Momento flettente minimo su trave esterna	-20.7 kNm/m
Momento flettente massimo in campata	3.9 kNm/m

Taglio verticale lato sbalzo	15.4 kN/m
Taglio verticale lato campata	12.2 kN/m

Fase III

Mobili

Momento massimo in campata

Sezione corrente	76.5 kNm/m
------------------	------------

Momento minimo su trave

Sezione corrente	-76.3 kNm/m
------------------	-------------

Taglio massimo su appoggio

Sezione corrente	120.3 kN/m
------------------	------------

9.6. COMBINAZIONI DI CARICO

Per le verifiche delle sezioni si adottano le sollecitazioni previste dalle combinazioni di normativa qui di seguito riportate.

SLU Fasell * 1.5 + Acc. Traff. *1.35

9.7. AZIONI DI VERIFICA

Momento flettente minimo su trave		
Sezione corrente		
SLU	-134.0	kNm/m

Momento flettente massimo in campata		
Sezione corrente		
SLU	109.1	kNm/m

Taglio massimo su trave esterna		
Sezione corrente		
SLU	185.5	kNm/m

PROGETTAZIONE ATI:

9.8. VERIFICHE DELLA SOLETTA NELLE SEZIONI CORRENTI

9.8.1. VERIFICHE ALLO SLU

9.8.1.1. Sezioni di campata – verifica a momento flettente positivo

Momento flettente di verifica: $M_{ed} = 109.1 \text{ kNm/m}$

Armatura di verifica: superiore: $\varnothing 20/20$
inferiore: $\varnothing 20/20$

Momento resistente $M_{Rd} = 113.2 \text{ kNm/m} > M_{ed}$, verifica soddisfatta

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	27

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	20

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviate

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200'000 N/mm²	f _{cd}	18.13
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	12.25
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.7333
		τ _{c1}	2.114

M_{xRd} kNm

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

9.8.1.2. Sezione di appoggio – verifica a momento flettente negativo

Momento flettente di verifica: $M_{ed} = -134.0$ kNm/m

Armatura di verifica: superiore: $\varnothing 20/20 + \varnothing 16/20$
inferiore: $\varnothing 20/20$

Momento resistente $M_{Rd} = -193.1$ kNm/m $< M_{ed}$, verifica soddisfatta

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	27	1	25.76	5
			2	15.71	20

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
 yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd

L₀ cm

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200'000 N/mm ²	f_{cd}	18.13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8 ?
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12.25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.7333
		τ_{c1}	2.114

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

9.8.1.3. Sezione di appoggio – verifica a taglio

La verifica al taglio nelle sezioni tipiche è svolta considerando come armatura resistente quella del traliccio saldato alla predalles metallica e considerando la resistenza del materiale quella residua calcolata in fase I.

VERIFICA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto

$$V_{ed} = 185.5 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 0 \text{ kN}$$

Sezione rettangolare (o a T)

$$H = 27 \text{ cm} \quad d = 22 \text{ cm} \quad \text{Altezza utile}$$

$$b_w = 100 \text{ cm}$$

Proprietà cls

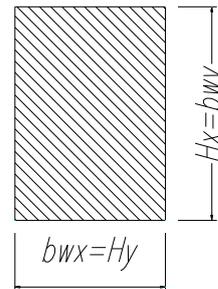
$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_c = 1.5$$

$$f_{ctk} = 2.21 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza caratteristica a trazione}$$

$$f_{ctd} = 1.47 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a trazione}$$

$$f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a compressione}$$

Sezione rettangolare



Armatura Tesa Longitudinale

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_a = 1.15$$

$$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$$

Strato Compresso

Diam (mm)	Passo (cm)	Strati	$A_{sl,sup}$
20	20	1	25.8 cm ²
16	20	1	
0	20	1	

Strato Teso

Diam (mm)	Passo (cm)	Strati	$A_{sl,inf}$
20	20	1	25.8 cm ²
16	20	1	
0	20	1	

$$c_x = 5 \text{ copriferro (distanza baricentro-bordo cls)}$$

$$r_1 = 0.00954 < 0.02$$

Armatura Staffe (angolo 90°)

$$f_{ywk} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad g_a = 1.15$$

$$f_{ywd} = 300 \text{ N/mm}^2 \quad a = 53 \text{ (angolo inclinazione staffe)}$$

$$A_{sl,x} = 3.93 \text{ cm}^2 \quad \text{Diam (mm)} \quad 10 \quad \text{Passo (cm)} \quad 20 \quad \text{Braccia} \quad 5$$

PROGETTAZIONE ATI:

2) IN PRESENZA DI ARMATURA A TAGLIO

Resistenza a taglio in presenza di specifica armatura a taglio

$$\begin{aligned} a_c &= 1 && \text{(cautelativamente si trascura la presenza di compressione)} \\ f_{cd} &= 9.41 && \text{N/mm}^2 \\ q &= 21 && ^\circ \text{ (inclinazione bielle cls)} \\ a &= 45 && ^\circ \text{ (inclinazione armature trasv. rispetto all'asse trave)} \end{aligned}$$

Verifica conglomerato

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

$$V_{Rcd} = 899 \text{ kN} \quad \text{vs} \quad V_{sdu,x} = 185.5 \text{ kN}$$

Verificato

Verifica armatura trasversale

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rsd} = 289 \text{ kN} \quad \text{vs} \quad V_{sdu,x} = 185.5 \text{ kN}$$

Verificato

9.8.2. VERIFICHE ALLO SLE

Mediante il foglio excel di combinazione si ricavano anche le sollecitazioni allo SLE_frequente e allo SLE_quasi permanente.

Momento flettente minimo su trave		
Sezione corrente		
SLE_frequente	-77.9	kNm/m

Momento flettente minimo su trave		
Sezione corrente		
SLE_quasi perm.	-20.7	kNm/m

Momento flettente massimo in campata		
Sezione corrente		
SLE_frequente	61.3	kNm/m

Momento flettente massimo in campata		
Sezione corrente		
SLE_quasi perm.	3.9	kNm/m

Taglio massimo su trave esterna		
Sezione corrente		
SLE_frequente	105.6	kNm/m

Taglio massimo su trave esterna		
Sezione corrente		
SLE_quasi perm.	15.4	kNm/m

Si procede pertanto alla verifica a fessurazione e a quella delle tensioni di esercizio.

9.8.2.1. Verifiche a fessurazione

In accordo con il par. 4.1.2.2.4.5 del DM 17/01/18 nel caso di struttura in cls ordinario si rispettano le limitazioni di tab. 4.1.IV. Si verificano unicamente le combinazioni di carico delle sezioni correnti.

La soletta di impalcato si trova nelle seguenti condizioni:

Classe di esposizione XC4
Condizioni ambientali Aggressive.
Armatura Poco sensibile

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4 , XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _d	Stato limite	w _d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

Essendo, in accordo con il par. 4.1.2.2.4:

Combinazione frequente: w₂ = 0.3 mm

Combinazione quasi permanente: w₁ = 0.2 mm

Sezione in campata

Verifica C.A. S.L.U. - File: sle_freq_M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	27

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	20

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N Ed 0 0 kN
 M xEd 0 61.3 kNm
 M yEd 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C32/40
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

σ_c -8.365 N/mm²
 σ_s 226.9 N/mm²
 ϵ_s 1.135 ‰
 d 20 cm
 x 7.121 x/d 0.356
 δ 0.885

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica
 N° iterazioni: 4

Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: sle_quasi perm_M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	27

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	20

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N Ed 0 0 kN
 M xEd 0 3.9 kNm
 M yEd 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C32/40
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

σ_c -0.5322 N/mm²
 σ_s 14.44 N/mm²
 ϵ_s 0.07219 ‰
 d 20 cm
 x 7.121 x/d 0.356
 δ 0.885

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica
 N° iterazioni: 4

Precompresso

σ_s , frequente = 226.9 MPa

σ_s , quasi permanente = 14.44 MPa

PROGETTAZIONE ATI:

SLE_frequente

Calcolo dell'ampiezza delle fessure

Tensione nelle barre

$\sigma_{s,MAX} = 226.9$ [N/mm²]

$\sigma_{s,MIN} = 0.0$ [N/mm²]

Coefficiente tipo di carico

lunga durata

$k_t = 0.4$

Resistenza a trazione media cls

$f_{ctm} = 3.1$ [N/mm²]

Modulo di Young acciaio

$E_s = 210000.0$ [N/mm²]

Modulo di Young cls

$E_{cm} = 33643$ [N/mm²]

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6.24$

Copriferro

$c = 40.0$ [mm]

Diametro barre

$\Phi = 16.0$ [mm]

Larghezza sezione

$B = 1000.0$ [mm]

$A_{c,eff} = 96000$ [mm²]

Numero barre

$n_b = 5$

Area armature

$A_s = 1005.3$ [mm²]

Rapporto di armatura

$\rho_{eff} = 0.010$

Deformazione media barre

$\epsilon_{sm} = 0.00065$

Tipologia barre

barre ad aderenza migliorata

$k_1 = 0.80$

Tipologia sollecitazione

flessione

$k_2 = 0.50$

$k_3 = 3.40$

$k_4 = 0.425$

Distanza massima fra le fessure

$\Delta_{s,max} = 395.7$ [mm]

Ampiezza di calcolo delle fessure

$w_d = \epsilon_{sm} \Delta_{s,max} = 0.26$ [mm]

Ampiezza limite fessure

$w_2 = 0.30$ [mm]

Verifica

$w_2 > w_d$ ok!

SLE_quasi permanente

Calcolo dell'ampiezza delle fessure

Tensione nelle barre

$\sigma_{s,MAX} = 14.4$ [N/mm²]

$\sigma_{s,MIN} = 0.0$ [N/mm²]

Coefficiente tipo di carico

lunga durata

$k_t = 0.4$

Resistenza a trazione media cls

$f_{ctm} = 3.1$ [N/mm²]

Modulo di Young acciaio

$E_s = 210000.0$ [N/mm²]

Modulo di Young cls

$E_{cm} = 33643$ [N/mm²]

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6.24$

Copriferro

$c = 40.0$ [mm]

Diametro barre

$\Phi = 16.0$ [mm]

Larghezza sezione

$B = 1000.0$ [mm]

$A_{c,eff} = 96000$ [mm²]

Numero barre

$n_b = 5$

Area armature

$A_s = 1005.3$ [mm²]

Rapporto di armatura

$\rho_{eff} = 0.010$

Deformazione media barre

$\epsilon_{sm} = 0.00004$

Tipologia barre

barre ad aderenza migliorata

$k_1 = 0.80$

Tipologia sollecitazione

flessione

$k_2 = 0.50$

$k_3 = 3.40$

$k_4 = 0.425$

Distanza massima fra le fessure

$\Delta_{s,max} = 395.7$ [mm]

Ampiezza di calcolo delle fessure

$w_d = \epsilon_{sm} \Delta_{s,max} = 0.02$ [mm]

Ampiezza limite fessure

$w_1 = 0.20$ [mm]

Verifica

$w_1 > w_d$ **ok!**

Sezione di appoggio

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	27

N°	As [cm²]	d [cm]
1	25.76	5
2	15.71	20

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 Metodo n

N Ed kN
 M Ed kNm
 M xEd kNm
 M yEd kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

Materiali

B450C	C32/40
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm²	f_{cd} 18.13
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 12.25
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.7333
	τ_{c1} 2.114

σ_c -8.038 N/mm²
 σ_s 163.9 N/mm²
 ϵ_s 0.8193 ‰
 d 22 cm
 x 9.326 x/d 0.4239
 δ 0.9699

Verifica C.A. S.L.U. - File: sle_quasi perm_M-

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	27

N°	As [cm²]	d [cm]
1	25.76	5
2	15.71	20

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 Metodo n

N Ed kN
 M Ed kNm
 M xEd kNm
 M yEd kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

Materiali

B450C	C32/40
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm²	f_{cd} 18.13
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 12.25
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.7333
	τ_{c1} 2.114

σ_c -2.136 N/mm²
 σ_s 43.54 N/mm²
 ϵ_s 0.2177 ‰
 d 22 cm
 x 9.326 x/d 0.4239
 δ 0.9699

$\sigma_{S, frequente} = 163.90 \text{ MPa}$

$\sigma_{S, quasi permanente} = 43.54 \text{ MPa}$

PROGETTAZIONE ATI:

SLE_frequente

Calcolo dell'ampiezza delle fessure

Tensione nelle barre

$\sigma_{s,MAX} = 163.9$ [N/mm²]

$\sigma_{s,MIN} = 0.0$ [N/mm²]

Coefficiente tipo di carico

lunga durata

$k_t = 0.4$

Resistenza a trazione media cls

$f_{ctm} = 3.1$ [N/mm²]

Modulo di Young acciaio

$E_s = 210000.0$ [N/mm²]

Modulo di Young cls

$E_{cm} = 33643$ [N/mm²]

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6.24$

Copriferro

$c = 40.0$ [mm]

Diametro barre

$\Phi = 20.0$ [mm]

Larghezza sezione

$B = 1000.0$ [mm]

$A_{c,eff} = 100000$ [mm²]

Numero barre

$n_b = 10$

Area armature

$A_s = 3141.6$ [mm²]

Rapporto di armatura

$\rho_{eff} = 0.031$

Deformazione media barre

$\epsilon_{sm} = 0.00056$

Tipologia barre

barre ad aderenza migliorata

$k_1 = 0.80$

Tipologia sollecitazione

flessione

$k_2 = 0.50$

$k_3 = 3.40$

$k_4 = 0.425$

Distanza massima fra le fessure

$\Delta_{s,max} = 244.2$ [mm]

Ampiezza di calcolo delle fessure

$w_d = \epsilon_{sm} \Delta_{s,max} = 0.14$ [mm]

Ampiezza limite fessure

$w_2 = 0.30$ [mm]

Verifica

$w_2 > w_d$ **ok!**

SLE_quasi permanente

Calcolo dell'ampiezza delle fessure

Tensione nelle barre

$\sigma_{s,MAX} = 43.5$ [N/mm²]

$\sigma_{s,MIN} = 0.0$ [N/mm²]

Coefficiente tipo di carico

lunga durata

$k_t = 0.4$

Resistenza a trazione media cls

$f_{ctm} = 3.1$ [N/mm²]

Modulo di Young acciaio

$E_s = 210000.0$ [N/mm²]

Modulo di Young cls

$E_{cm} = 33643$ [N/mm²]

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6.24$

Copriferro

$c = 40.0$ [mm]

Diametro barre

$\Phi = 20.0$ [mm]

Larghezza sezione

$B = 1000.0$ [mm]

$A_{c,eff} = 100000$ [mm²]

Numero barre

$n_b = 10$

Area armature

$A_s = 3141.6$ [mm²]

Rapporto di armatura

$\rho_{eff} = 0.031$

Deformazione media barre

$\epsilon_{sm} = 0.00012$

Tipologia barre

barre ad aderenza migliorata

$k_1 = 0.80$

Tipologia sollecitazione

flessione

$k_2 = 0.50$

$k_3 = 3.40$

$k_4 = 0.425$

Distanza massima fra le fessure

$\Delta_{s,max} = 244.2$ [mm]

Ampiezza di calcolo delle fessure

$w_d = \epsilon_{sm} \Delta_{s,max} = 0.03$ [mm]

Ampiezza limite fessure

$w_1 = 0.20$ [mm]

Verifica

$w_1 > w_d$ **ok!**

9.8.2.2. Verifiche tensionali allo SLE

Calcestruzzo

Secondo le NTC08 par.4.1.2.2.5.1 "Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio", la massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)} \quad (4.1.40)$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad (4.1.41)$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.

Acciaio

Secondo le NTC08 par.4.1.2.2.5.2 "Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio", la tensione massima nell'acciaio (σ_s), per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica, deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \text{ per combinazione caratteristica (rara)} \quad (4.1.42)$$

N.B.: Si verifica unicamente la combinazione di carico rara a favore di sicurezza.

Sezione in campata

Verifica C.A. S.L.U. - File: sle_rara_M+

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	27

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	20

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 80.4 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C32/40
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

σ_c -10.97 N/mm²
 σ_s 297.6 N/mm²
 ε_s 1.488 ‰
 d 20 cm
 x 7.121 x/d 0.356
 δ 0.885

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Calcestruzzo:

Limitazioni Combinazione Quasi Permanente $\sigma_c = 10.97 \text{ MPa} < 0.45 f_{ck} = 0.45 * 33.2 = 14.94 \text{ MPa}$

Acciaio

Limitazioni Combinazione RARA

$\sigma_s = 297.6 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk} = 0.8 * 450 = 360 \text{ MPa}$

Sezione di appoggio

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	27

N°	As [cm²]	d [cm]
1	25.76	5
2	15.71	20

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C32/40
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d 22 cm
 x 9.326 x/d 0.4239
 δ 0.9699

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

Calcestruzzo

Limitazioni Combinazione Quasi Permanente $\sigma_c = 10.0 \text{ MPa} < 0.45 f_{ck} = 0.45 * 33.2 = 14.94 \text{ MPa}$

Acciaio

Limitazioni Combinazione RARA

$\sigma_s = 203.8 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk} = 0.8 * 450 = 360 \text{ MPa}$

9.9. VERIFICHE DEGLI SBALZI LATERALI

Si procede con la verifica locale degli elementi strutturali del cordolo interessati dall'eventuale svio e conseguente urto di veicoli stradali. Si procede alle verifiche locali sulla zona del cordolo per garantire il trasferimento delle forze di urto dalle barriere alla sezione resistente del cordolo.

Ai fini delle verifiche in esame si considerano i seguenti carichi di progetto:

- azione da urto veicolare come da par.3.6.3.3.2 delle NTC2018

In accordo alle normative di riferimento, lo scenario di progetto si configura come condizione (e quindi combinazione) eccezionale, ossia coefficienti di ponderazione delle azioni e coefficienti di riduzione delle resistenze del calcestruzzo armato unitari.

Tenuto in conto della tipologia di elemento, della sua funzione strutturale e della natura dei carichi applicati, si procede con le seguenti verifiche "locali":

- Meccanismo "A": ripartizione orizzontale del carico localizzato di svio
- Meccanismo "B": resistenza a "pull-out" in corrispondenza dell'ancoraggio teso

Nelle figure seguenti si mostrano i meccanismi di calcolo considerati.

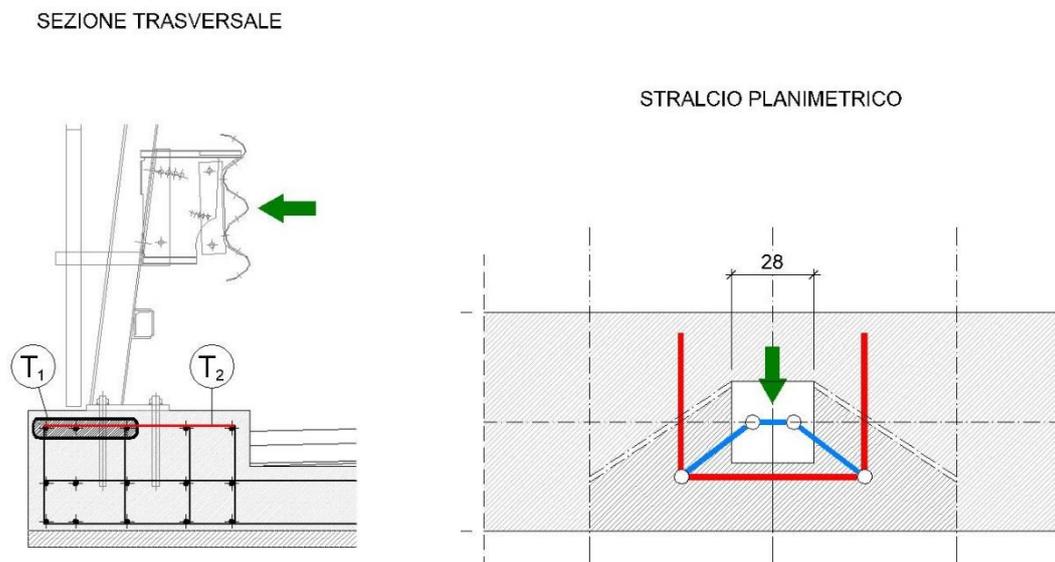


Figura 9.44 Schema del Meccanismo "A"

SEZIONE LONGITUDINALE

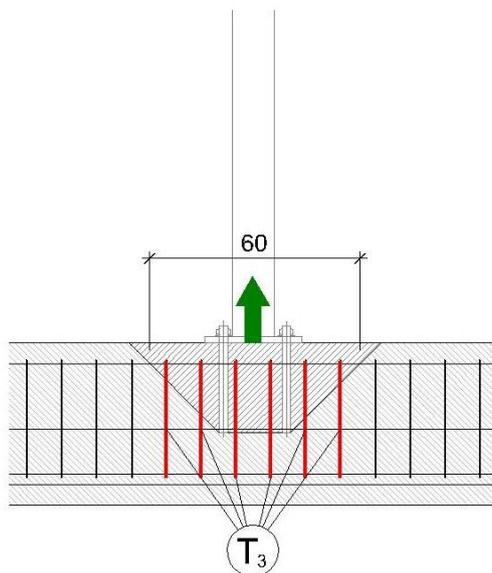


Figura 9.45 Schema del Meccanismo “B”

Per quanto riguarda il secondo (meccanismo “B”), l’azione sollecitante sulla coppia di ancoraggi tesi è stimata, partendo dal momento flettente ad estradosso cordolo, assumendo un braccio della coppia interna della connessione della barriera pari a 200 mm.

Meccanismo "A"

In virtù degli schemi di introduzione del carico sopra illustrati si ipotizza che per il tirante T1 intervengano almeno 3 ϕ 12 (armatura longitudinale cordolo ϕ 12 passo 20 cm) mentre per lo schema T2 si utilizzano le staffe tipiche del cordolo costituite da ferri ϕ 12 passo 20 cm.

Tirante T1

Azione applicata	H	=	100 kN
Azione sollecitante nell'elemento	Nsd	=	0.65 x 100 = 75 kN
Sezione resistente	As	=	3 ϕ 12
Tensione di snervamento	fy	=	450 N/mm ²
Azione resistente	Nrd	=	3x113x450/1000 = 153 kN
Coefficiente di sicurezza	Fs	=	Nrd / Nsd = 153 / 75 = 2.04 > 1.00

La verifica è pertanto soddisfatta.

Tirante T2

Azione applicata	H	=	100 kN
Azione sollecitante nell'elemento	Nsd	=	0.50 x 100 = 50 kN
Sezione resistente	As	=	1 ϕ 12/200mm su 750mm = = 3.75 x 113 = 423 mm ²
Tensione di snervamento	fy	=	450 N/mm ²
Azione resistente	Nrd	=	423x450/1000 = 190 kN
Coefficiente di sicurezza	Fs	=	Nrd / Nsd = 190 / 50 = 3.81 > 1.00

La verifica è pertanto soddisfatta.

Meccanismo “B”

In virtù degli schemi di introduzione del carico sopra illustrati si ipotizza che per il tirante T3 intervengano le sole staffe previste ad hoc in corrispondenza dell'ancoraggio della barriera, costituite da ferri $\phi 12$ a passo di 20 cm.

Tirante T3

Azione applicata	H	=	100 kN
Luce di inflessione	L	=	0.93 m
Momento flettente sollecitante alla base del paletto	M_{sd}	=	$100 \times 0.93 = 93$ kNm
Braccio coppia interna connessione paletto-cordolo	z	=	0.200 m
Azione sollecitante sulla coppia di ancoraggi tesi	N_{sd}	=	$93 / 0.200 = 465$ kN
Sezione resistente	A_s	=	$2 \times 5\phi 12 = 10 \times 113 = 1130$ mm ²
Tensione di snervamento	f_y	=	450 N/mm ²
Azione resistente	N_{rd}	=	$1130 \times 450 / 1000 = 508$ kN
Coefficiente di sicurezza	F_s	=	$N_{rd} / N_{sd} = 508 / 465 = 1.09 > 1.00$

La verifica è pertanto soddisfatta.

9.10. VERIFICHE LOCALI IN CODIZIONI DI SVIO

Ai fini delle verifiche in esame si considerano i seguenti carichi di progetto:

- pesi strutturali
- pesi non strutturali/finiture
- azione da traffico veicolare – Schema di carico 2
- azione da urto veicolare come da par.3.6.3.3.2 delle NTC08

9.10.1. ANALISI DEI CARICHI

Peso proprio soletta

Si considera uno spessore totale del getto in opera e della lastra predalles pari a $0.21+0.06=0.27\text{m}$

Spessore	s	=	$0.21+0.06 = 0.27 \text{ m}$
Peso specifico	γ	=	25 kN/m^3
Peso per unità di superficie	g_{1k}	=	$0.27 \times 25 = 6.75 \text{ kN/m}^2$

Peso proprio veletta

Peso per unità di lunghezza	G_{2k}	=	1.0 kN/m
-----------------------------	----------	---	--------------------

Peso proprio cordolo

Sezione	BxH	=	$0.75 \times 0.17 = 0.123 \text{ m}^2$
Peso specifico	γ	=	25 kN/m^3
Peso per unità di lunghezza	G_{3k}	=	$0.123 \times 25 = 3.188 \text{ kN/m}$

Peso proprio Guard Rail con rete integrativa

Peso per unità di lunghezza	G_{5k}	=	3.00 kN/m
-----------------------------	----------	---	---------------------

Peso proprio pavimentazione

Peso per unità di superficie	g_{6k}	=	3.00 kN/m^2
------------------------------	----------	---	-----------------------

PROGETTAZIONE ATI:

Traffico veicolare – Schema di carico 2

Tenuto in conto delle geometrie dello schema considerato, nonché della luce degli sbalzi laterali, si considera un carico di 200 kN applicato su un'impronta di 0.35x0.60m.

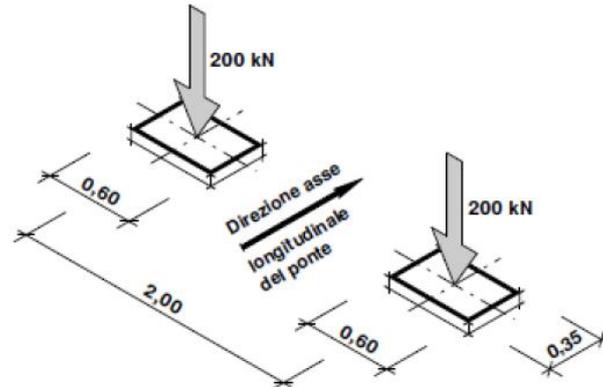


Figura 9.46: Schema di carico 2 (dimensioni espresse in metri)

Gli effetti del carico sono valutati considerando la diffusione fino all'asse della soletta e longitudinalmente, assumendo una diffusione a 45°, come mostrato nello stralcio planimetrico in figura.

Di seguito si riporta la valutazione dei carichi unitari considerati per la verifica della sezione di massimo sbalzo ovvero quella in asse trave.

Fascia tipica

Lunghezza di diffusione	L_{eff}	=	2.74 m
Carico singola impronta	Q_{2k}	=	200 kN

Urto

Si considera una forza puntuale di 100 kN agente trasversalmente all'asse del cavalcavia e ad una quota di +1.00m rispetto al piano viabile. Considerato che la barriera è di tipo flessibile l'azione dell'urto è assorbita da almeno 3 montanti nel caso in oggetto conservativamente si considera quindi che la larghezza collaborante per l'azione d'urto sia pari a 1.5 metri

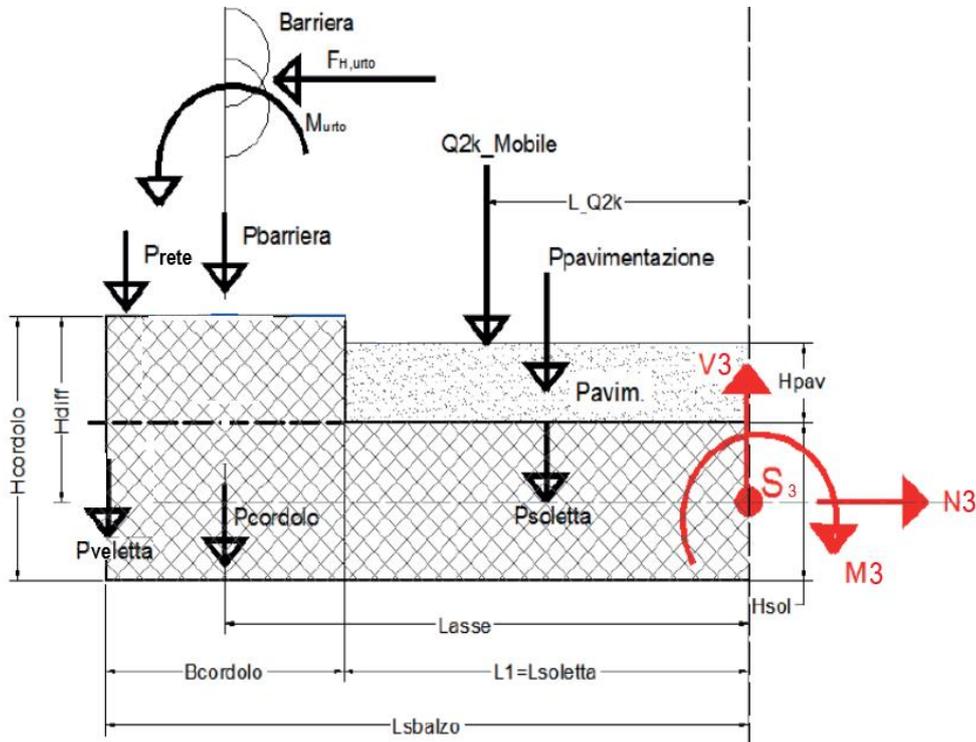


Figura 9.47 Schema riassuntivo dei carichi applicati

9.10.2. SOLLECITAZIONI

Le sollecitazioni nella sezione di appoggio si ricavano nella combinazione di carico Eccezionale. Le sollecitazioni relative alle Fase 1 e 2 si ricavano rispettivamente dai paragrafi 9.2 e 9.3. A favore di sicurezza non si considera le fasi di getto della Fase 1, quindi il momento e il taglio della Fase 1 sotto riportato è uguale alla somma della rispettiva sollecitazione della Fase 1a e della Fase 1b.

FASE 1

M = -15.50 kNm
T = 14.50 kN

FASE 2

M = -20.67 kNm
T = 15.38 kN/m

FASE 3

M = - 69.34 kNm
T = 73 kN

SVIO

M = - 100 x (1+0.1+0.27/2)/2.0 = - 61.75 kNm
N = 100 / 2.0 = 50 kN

COMBINAZIONE ECCEZIONALE

M = - 167.26 kNm
T = 102.88 kN
N = 50 kN

PROGETTAZIONE ATI:

9.10.3. VERIFICHE IN COMBINAZIONE ECCEZIONALE

9.10.3.1. VERIFICA A TENSOFFLESSIONE

Armatura di verifica: superiore: Ø20/20 + Ø16/20
inferiore: Ø20/20

Verifica C.A. S.L.U. - File: comb eccezionale

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	27	1	25.76	5
			2	15.71	20

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 50 0 kN
M_{xEd} -167.26 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Fletta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C32/40

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{c1} 2.114

σ_c -18.13 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 7.344 ‰
d 22 cm
x 7.101 x/d 0.3228
δ 0.8434

Dominio M-N

File

Sollecitazioni:

N	N [kN]	M [kNm]
1	50	-167.26

Aggiunge

Valori Infiltrici punti

9.10.3.2. Sezione di appoggio – verifica a taglio

La verifica al taglio nelle sezioni tipiche è svolta considerando come armatura resistente quella del traliccio saldato alla predalles metallica e considerando la resistenza del materiale quella residua calcolata in fase I.

VERIFICA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto

$$V_{ed} = 102.88 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 0 \text{ kN}$$

Sezione rettangolare (o a T)

$$H = 27 \text{ cm} \quad d = 22 \text{ cm} \quad \text{Altezza utile}$$

$$b_w = 100 \text{ cm}$$

Proprietà cls

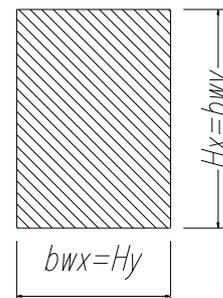
$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_c = 1.5$$

$$f_{ctk} = 2.21 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza caratteristica a trazione}$$

$$f_{ctd} = 1.47 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a trazione}$$

$$f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a compressione}$$

Sezione rettangolare



Armatura Tesa Longitudinale

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_a = 1.15$$

$$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$$

Strato Compresso

Diam (mm)	20	Passo (cm)	20	Strati	1	$A_{sl,sup} = 25.8 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	16	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

Strato Teso

Diam (mm)	20	Passo (cm)	20	Strati	1	$A_{sl,inf} = 25.8 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	16	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

$$c_x = 5 \text{ copriferro (distanza baricentro-bordo cls)}$$

$$r_l = 0.00954 < 0.02$$

Armatura Staffe (angolo 90°)

$$f_{yw} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad g_a = 1.15$$

$$f_{ywd} = 300 \text{ N/mm}^2 \quad a = 53 \text{ (angolo inclinazione staffe)}$$

$$A_{sl,x} = 3.93 \text{ cm}^2 \quad \text{Diam (mm)} \quad 10 \quad \text{Passo (cm)} \quad 20 \quad \text{Braccia} \quad 5$$

PROGETTAZIONE ATI:

1) IN ASSENZA DI ARMATURA A TAGLIO

Resistenza a taglio in assenza di specifica armatura a taglio:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1.953$$

$$v_{\min} = 0.551 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 0 \quad \text{N/mm}^2$$

$$V_{rd,x} = 163 \text{ kN}$$

$$^3 V_{sdu,x} = 102.88 \text{ kN}$$

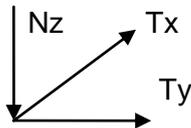
Verificato

10. APPARECCHI DI APPOGGIO

Si riportano di seguito le reazioni sugli appoggi verticali ed orizzontali sui dispositivi di appoggio nelle condizioni di carico elementari (non ponderate).

10.1. CONDIZIONI ELEMENTARI

10.1.1. SPALLA SPA – SPB



N(z) negativo se verso l'alto

SPA -SPB		Carichi Verticali		
		A (nodo 001)	B (nodo 101)	C (nodo 201)
		[kN]	[kN]	[kN]
Pesi propri (Fase1)	(g1)	2500	2400	2500
Pesi propri portati (Fase2)	(g2)	750	700	750
Ritiro	(e2)	0	0	0
Max Permanenti		3250	3100	3250
Min Permanenti		3250	3100	3250
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. Esterna)*	(q1+q2+qf)	1800	1250	400
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. Centrale)*	(q1+q2+qf)	800	1500	650
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stesa (Tr. Esterna)*	(q1+qf)	1750	600	-150
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Esterna)*	(q1+q2)	1850	950	-100
Gradiente termico	(q7)	0	0	0
Effetto cedimenti fondazioni (massimo)	(e5)	0	0	0
Effetto cedimenti fondazioni (minimo)	(e5)	0	0	0

SPA -SPB		Carichi Verticali		
		A (nodo 001)	B (nodo 101)	C (nodo 201)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma orizzontale	(q6)	± 800	± 0	±800
Sisma Verticale Max	(q6)	+200	+150	+200
Sisma Verticale Min	(q6)	-200	-150	-200
Vento Ponte Carico	(q5)	± 800	± 200	±800
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 800	± 200	±800
Centrifuga	(q4)	± 0	± 0	±0
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	0	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

SPA -SPB		Carichi Trasversali		
		A (nodo 001)	B (nodo 101)	C (nodo 201)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma orizzontale	(q6)	550	550	550
Sisma Verticale Max	(q6)	0	0	0
Sisma Verticale Min	(q6)	0	0	0
Vento Ponte Carico	(q5)	250	250	250
Vento Ponte Scarico	(q5)	250	250	250
Centrifuga	(q4)	0	0	0
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	0	0	0

SPA -SPB		Carichi Longitudinali		
		A (nodo 001)	B (nodo 101)	C (nodo 201)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma orizzontale	(q6)	550	550	550
Sisma Verticale Max	(q6)	0	0	0
Sisma Verticale Min	(q6)	0	0	0
Vento Ponte Carico	(q5)	0	0	0
Vento Ponte Scarico	(q5)	0	0	0
Centrifuga	(q4)	0	0	0
Frenatura	(q3)	150	150	150
Termica uniforme	(q7)	100	100	100

Nota Bene 1 : tutti i carichi sono non ponderati

Nota Bene 2 : Carichi sismici allo SLV. L'analisi sismica è stata condotta ai sensi del D.M. 17/01/18 con l'analisi spettrale del solo impalcato isolato con le seguenti caratteristiche del sistema di isolamento (rigidezza e smorzamento equivalente) : $k_r=3,09\text{kN/mm}$; $\xi_{eq} = 10\%$

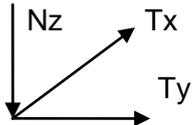
VN 50 anni, Classe d'uso IV, Coordinate geografiche: 12.54 ; 43.65, Categoria di sottosuolo B.

Le reazioni vengono fornite spurie per le tre direzioni, ossia senza combinazioni direzionali

Nota Bene 3: * Carichi in alternativa

10.2. INVILUPPO

10.2.1. SPALLA SPA – SPB

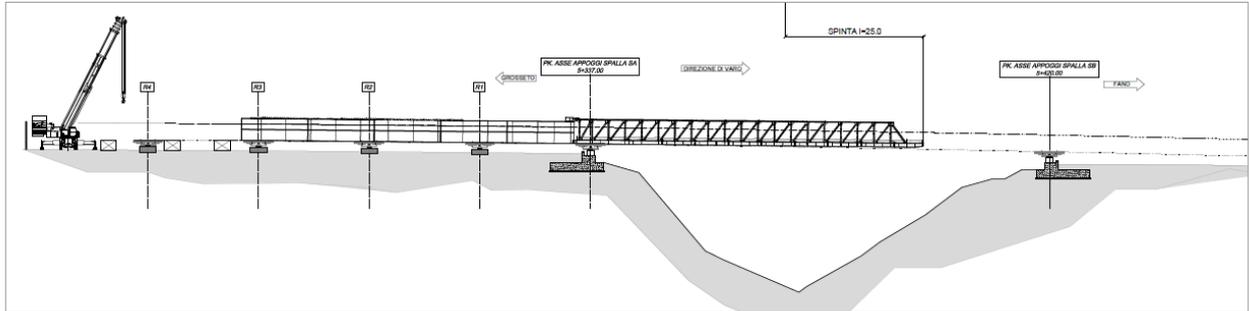


N(z) negativo se verso l'alto

SPALLA A - B						
	Nmax [kN]	TI [kN]	Tt [kN]	Nmin [kN]	TI [kN]	Tt [kN]
SLU	7720	90	230	1140	90	380
	7100	300	230	-	-	-
	7580	90	380	-	-	-
SLV	4140	220	550	1610	220	550
	3580	600	170	-	-	-
	4140	220	550	-	-	-
SLC	4370	250	650	1380	250	650
	3670	700	200	-	-	-
	4370	250	650	-	-	-

11. VERIFICHE IN FASE DI VARO

Si riportano di seguito le verifiche svolte in fase di varo.



FASE 6

Si considera la situazione di massimo sbalzo, cioè quando l'avambecco è in prossimità della spalla B.

PROGETTAZIONE ATI:

11.1. VERIFICHE TRAVI PRINCIPALI

I carichi agenti sono:

	R_0 (kN/m)	R_{100} (kN/m)	R_{200} (kN/m)	$R_{avambecco,0}$ (kN/m)	$R_{avambecco,200}$ (kN/m)
Carpenteria metallica	26.00	26.00	26.00	-	-
Passerella di ispezione	1.00	1.00	1.00	-	-
Predalles	6.75	5.80	6.75	-	-
Carico avambecco	-	-	-	9.0	9.0

Si riportano di seguito l'immagine del modello di calcolo utilizzato per il dimensionamento.

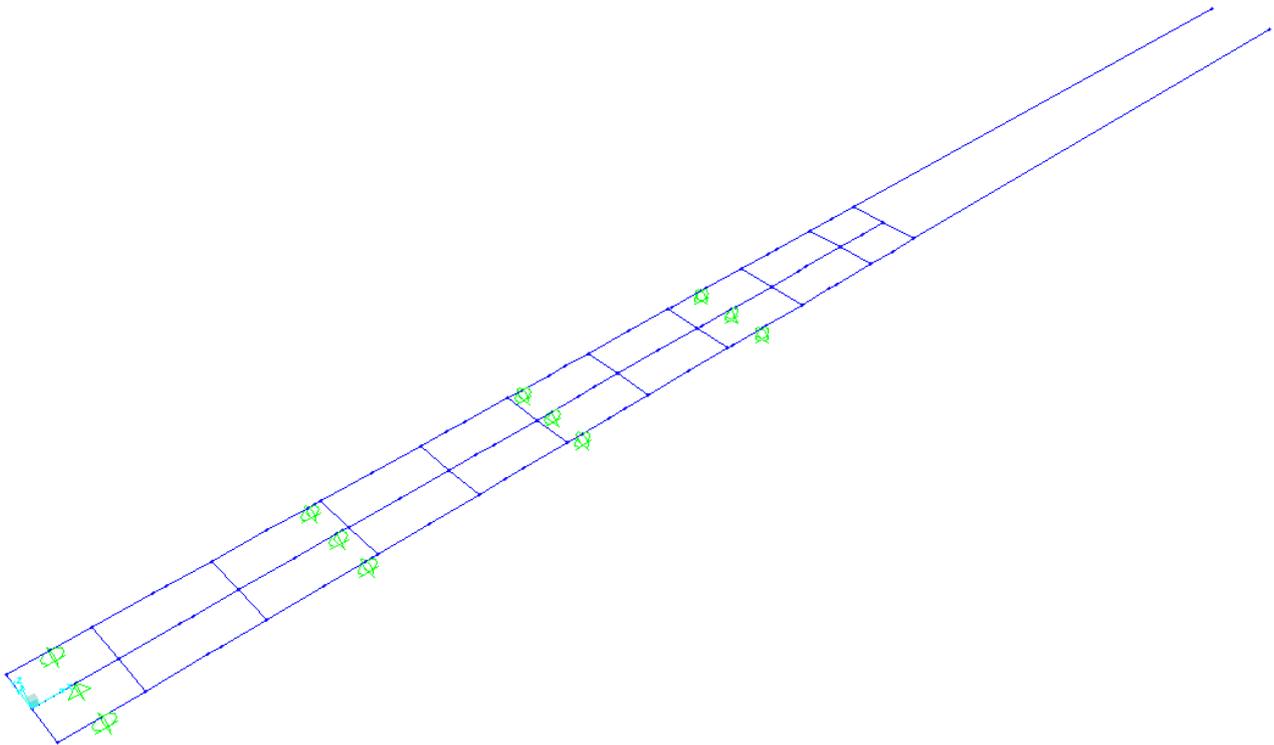


Figura 11.1 Modello di calcolo

PROGETTAZIONE ATI:

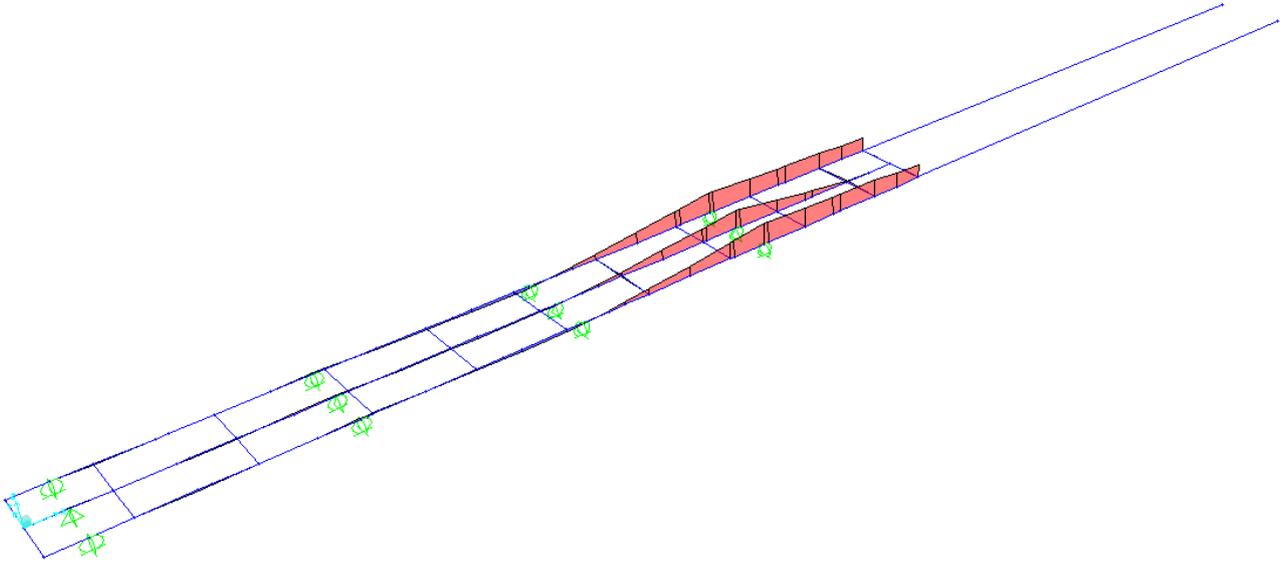


Figura 11.2 Sollecitazioni – Momento

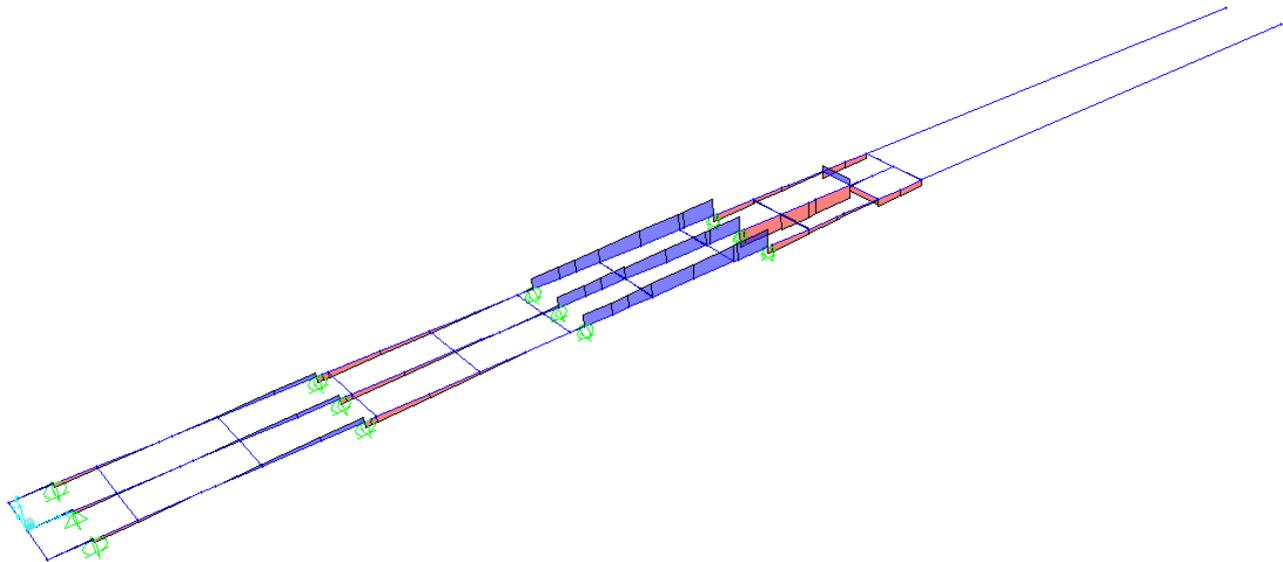


Figura 11.3 Sollecitazioni Taglio

La sezione più sollecitata è quella in corrispondenza dell'appoggio del carrellone.

$$M_{SLU} = 1.35 * (- 26930 \text{ kNm}) = - 36355 \text{ kNm}$$

$$V_{SLU} = 1.35 * 1085 \text{ kN} = 1464 \text{ kN}$$

La sezione di verifica corrisponde al frame 021

PROGETTAZIONE ATI:

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4000 mm
Piattabanda superiore	1200x50 mm
Piattabanda inferiore	1150x90 mm
Anima	22x3860 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4000x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 70 mm
Armatura inferiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	400x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	1000 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2000 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 250x22 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.484E+5	3.143E+5	3.143E+5	3.143E+5	4.103E+5	2.565E+5
Z _G (mm)	1669.334	2188.369	2188.369	2188.369	2647.403	1746.028
J _v (mm ⁴)	7.08E+11	1.028E+12	1.028E+12	1.028E+12	1.311E+12	7.547E+11
W _{v,0} (mm ³)	-4.241E+8	-4.696E+8	-4.696E+8	-4.696E+8	-4.953E+8	-4.322E+8
W _{v,1} (mm ³)	-4.483E+8	-4.897E+8	-4.897E+8	-4.897E+8	-5.127E+8	-4.557E+8
W _{v,3} (mm ³)	3.104E+8	5.834E+8	5.834E+8	5.834E+8	1.007E+9	3.424E+8
W _{v,4} (mm ³)	3.038E+8	5.673E+8	5.673E+8	5.673E+8	9.693E+8	3.348E+8
W _{v,5} (mm ³)	1E+300	5.58E+8	5.58E+8	5.58E+8	9.483E+8	3.304E+8
W _{v,6} (mm ³)	1E+300	5.58E+8	5.58E+8	5.58E+8	9.483E+8	3.304E+8
W _{v,7} (mm ³)	1E+300	5.109E+8	5.109E+8	5.109E+8	8.445E+8	3.075E+8
W _{v,8} (mm ³)	1E+300	4.937E+8	4.937E+8	4.937E+8	8.08E+8	2.99E+8
S _{v,1} (mm ³)	1.681E+8	2.218E+8	2.218E+8	2.218E+8	2.693E+8	1.761E+8
S _{v,2} (mm ³)	1.956E+8	2.703E+8	2.703E+8	2.703E+8	3.413E+8	2.062E+8
S _{v,3} (mm ³)	1.383E+8	2.361E+8	2.361E+8	2.361E+8	3.226E+8	1.528E+8
S _{v,4} (mm ³)	0E+00	1.289E+8	1.289E+8	1.289E+8	2.43E+8	1.905E+7
n _E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.24	1E+300

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	5.884E+	4235.2	427	4200.
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.431E+	411	4199.	4030.
Strato di calcestruzzo inferiore	-4.255E+	4029.7	4029.	403
Strato di armatura superiore	1.574E+	420	4200.	4199.
Strato di armatura inferiore	1.574E+	403	4030.	4029.
Raccordo in cls	0E+0	401	403	400
Flangia superiore della trave di acciaio	1.914E+	397	400	395
Anima della trave di acciaio	2.871E+	202	395	9
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.302E+	4	9	

PROGETTAZIONE ATI:

PONTE CERRETO – IMPALCATO - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Compressione ultima per la sezione completa	-1.042E+		
Trazione ultima per la sezione completa	8.402E+		
Compressione ultima per la sezione senza anima	-7.546E+		
Trazione ultima per la sezione senza anima	5.531E+		

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	11.78	0.838	1	0
Flangia inferiore	6.267	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	175.455	0.814	0.313	-1.331	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	175.455	0.814	0.336	-0.509	4
Compressione semplice (N)	175.455	0.814	1	1	4

Verifica

Verifica a taglio

$$V_{Ed} / A_v = 1464 \text{ kN} / (386 \text{ cm} \times 2.2 \text{ cm}) = 1.72 \text{ kN/cm}^2 \ll \tau_{lim} = 19.5 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica a momento

Viene fatta in corrispondenza della piattabanda superiore che presenta il minimo modulo resistente

$$M_{Ed} / W_{el,min} = 3635500 \text{ kNcm} / 3.038E5 \text{ cm}^3 = 11.97 \text{ kN/cm}^2 \ll \sigma_{lim} = 33.8 \text{ kN/cm}^2$$

Verifica di stabilità

Si conduce la verifica secondo il § 7.3.2.2.2 delle CNR 10011, secondo il quale per le travi a doppio T laminate o composte, inflesse nel piano dell'anima, una verifica sommaria può essere condotta controllando, nel piano normale a quello di flessione, la stabilità dell'ala compressa, supposta isolata dall'anima.

In questo caso l'ala compressa è la piattabanda inferiore

PIATTABANDA INFERIORE	
i raggio d'inerzia (cm)	33.20
λ snellezza	27.11
ω	1.12
σ _{crit} (kN/cm ²)	9.60
σ (kN/cm ²)	33.80
σ _{crit} / σ	0.28

Le verifiche di resistenza non risultano quindi dimensionanti e significative in questa fase.

12. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Ai sensi del paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni si riporta nei successivi paragrafi il giudizio motivato di accettabilità dei risultati relativamente alle analisi svolte con elaboratore elettronico.

12.1. CONTROLLO DELLE REAZIONI

12.1.1. FASE 1

Si riportano nella tabella seguente i valori di reazione derivanti dal calcolo manuale e dal modello di calcolo per la Fase 1.

FASE 1	L =	83	m
<i>IMPALCATO</i>			<i>kN/m</i>
Peso lineare acciaio			78.0
Peso lineare soletta			81.0
Veletta metallica			2.0
Passerella di ispezione			3.0
<i>Totale [kN]</i>			<i>13612</i>
<i>Carico da modello</i>			<i>13613</i>
<i>Differenza</i>			<i>-0.01%</i>

12.1.2. FASE 2

FASE 2	L =	83	m
<i>IMPALCATO</i>			<i>kN/m</i>
Pavimentazione			31.5
Cordoli			6.4
Guard Rail			6.0
Smaltimento acque			3.0
<i>Totale</i>			<i>3891</i>
<i>Carico da modello</i>			<i>3891</i>
<i>Differenza</i>			<i>0.00%</i>

La differenza massima risulta inferiore al 5%, si può quindi concludere che i modelli risultano attendibili.

PROGETTAZIONE ATI:

13. ALLEGATI

Si allegano alla presente relazione:

- 1) Output dei modelli di calcolo (SAP 2000)
- 2) Verifiche estese (PEC 4)

PROGETTAZIONE ATI: