




Variante alla SS12 da Buttapietra
alla tangenziale SUD di Verona

PROGETTO DEFINITIVO

COD. VE92

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO PROGETTISTI	MANDATARIA:  Sigeco Engineering	MANDANTI:  IDRO.STRADE s.r.l.	 No.Do. e Servizi s.r.l. Società di Ingegneria	 Barci Engineering	 SANDRO D'AGOSTINI INGEGNERE
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: <i>Ing. Antonino Alvaro – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Ingegneri Provincia di Cosenza n. A282</i>		IL PROGETTISTA: <i>Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti di Reggio Cal. n. A2316 Ing. Giovanni Costa – Steel Project Engineering – Consulenza Specialistica per le strutture delle opere d'arte maggiori – Ordine Ingegneri Livorno n. A Dott.ssa Laura Casadei – Kora s.r.l. – Consulenza specialistica Archeologica M.I.B.A.C. Iscrizione elenco Operatori abilitati Archeologia Preventiva n. 2248</i>			
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: <i>Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. A2316</i>		GRUPPO DI PROGETTAZIONE: <i>Ing. Ovidio Italiano – SIGECO Eng. srl Ordine Ingegneri di Reggio Calabria n. A2177 Arch. Alessandra Alvaro – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti Cosenza n. A1490 Ing. Gaetano Zupo – SIGECO Eng. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5385 Geom. Giuseppe Crispino – SIGECO Eng. srl Collegio Geometri Potenza n. 2296 Ing. Paola Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5488 Ing. Mario Perri – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A3784 Arch. Simona Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1637 Ing. Roberto Scrivano – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A2061 Ing. Emiliano Domestico – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5501 Geol. Carolina Simone – NO.DO. e Serv. srl Ordine Geologi della Calabria n. 730 Ing. Giorgio Barci – BARCI Eng. srl Ordine Ingegneri Prov. di Cosenza n. A5873</i>			
I GEOLOGI: <i>Dott. Geol. Domenico Carrà – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 641 Dott. Geol. Francesco Molinaro – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 1063</i>		VISTO:IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: <i>Ing. Antonio Marsella</i>			
PROTOCOLLO:	DATA:				

VI 03 VIADOTTO SAN GIORGIO - (L=740 m.)

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REV.	SCALA:
		T00VI03STRRE01A.				
CO VE0029 D 2001		CODICE ELAB. T00VI03STRRE01			A	-
D						
C						
B						
A	EMISSIONE	10/01/2022	SPE	AC	GC	-
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	RAMPA	4
1.1	INTRODUZIONE	4
1.1.1	DESCRIZIONE GENERALE	4
1.1.2	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	6
1.2	RIFERIMENTI DI CALCOLO	7
1.2.1	NORMATIVE	7
1.2.2	UNITÀ DI MISURA	10
1.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E COEFFICIENTI DI SICUREZZA	11
1.3.1	CARPENTERIA METALLICA.....	11
1.3.2	BULLONI E SALDATURE	12
1.3.3	CLASSE DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO	13
1.3.4	CONNETTORI A PIOLO.....	15
1.3.5	CALCESTRUZZO	16
1.3.6	ACCIAIO DA ARMATURA	17
1.4	ANALISI DEI CARICHI.....	18
1.4.1	CARICHI PERMANENTI AGENTI SULLA SEZIONE TRASVERSALE (G_1 E G_2)	18
1.4.2	CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q_1)	20
1.4.3	AZIONE DEL RITIRO (E_2).....	31
1.4.4	VARIAZIONI TERMICHE (Q_7)	34
1.4.5	CEDIMENTI VINCOLARI: ϵ_4	38
1.4.6	FRENATURA (Q_3)	39
1.4.7	CENTRIFUGA (Q_4).....	40
1.4.8	AZIONE DEL VENTO (Q_5).....	41
1.4.9	URTO DI VEICOLO IN SVIO (Q_8)	46
1.4.10	AZIONE SISMICA (E).....	47
1.5	CRITERI DI CALCOLO	51
1.5.1	CRITERI DI CALCOLO E DI VERIFICA PER LE AZIONI STATICHE	51
1.5.2	ANALISI GLOBALE ELASTICA	53
1.5.3	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	56
1.6	MODELLI DI CALCOLO ADOTTATI	60
1.6.1	Discretizzazione della struttura.....	61
1.6.2	Modello di calcolo agli elementi finiti	63
1.6.3	Caratteristiche statiche delle sezioni.....	70
1.6.4	Analisi globale e calcolo delle sollecitazioni.....	81
1.6.5	Massime azioni interne	81
1.6.6	ANALISI SISMICA	86
1.7	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	100
1.7.1	Distribuzione delle sezioni strutturali.....	100
1.7.2	Travi longitudinali – verifiche S.L.U.	103
1.7.3	Travi longitudinali - verifiche S.L.E	138
1.7.4	Travi Longitudinali - Verifiche A Fatica	143
1.7.5	saldatura di composizione	150
1.7.6	Verifica dei pioli.....	151
1.7.7	Verifiche di deformabilità.....	154
1.8	DIAFRAMMI E CONTROVENTI	159
1.8.1	DIAFRAMMI	159
1.8.2	CONTROVENTI DI MONTAGGIO	172
1.9	SOLETTA DI IMPALCATO.....	175
1.9.1	Descrizione e modalità di calcolo della soletta	175
1.9.2	FASE I	176

1.9.3	FASE II	183
1.9.4	FASE III	186
1.9.5	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI	201
1.9.6	COMBINAZIONI DI CARICO.....	202
1.9.7	AZIONI DI VERIFICA	202
1.9.8	VERIFICA DI RESISTENZA AGLI SLU.....	203
1.9.9	VERIFICHE LOCALI IN CONDIZIONI DI SVIO	207
1.10	APPARECCHI DI APPOGGIO	214
1.10.1	Condizioni elementari	214
1.10.2	Inviluppi.....	222
1.11	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	224
1.11.1	Controllo dei carichi applicati al modello.....	224
2	PONTE.....	225
2.1	INTRODUZIONE.....	225
2.1.1	DESCRIZIONE GENERALE	225
2.1.2	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	227
2.2	RIFERIMENTI DI CALCOLO	228
2.2.1	NORMATIVE	228
2.2.2	UNITÀ DI MISURA	231
2.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E COEFFICIENTI DI SICUREZZA	232
2.3.1	CARPENTERIA METALLICA.....	232
2.3.2	BULLONI E SALDATURE	233
2.3.3	CLASSE DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO	234
2.3.4	CONNETTORI A PIOLO.....	236
2.3.5	CALCESTRUZZO	237
2.3.6	ACCIAIO DA ARMATURA	238
2.4	ANALISI DEI CARICHI.....	239
2.4.1	CARICHI PERMANENTI AGENTI SULLA SEZIONE TRASVERSALE (G_1 E G_2)	239
2.4.2	CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q_1)	241
2.4.3	AZIONE DEL RITIRO (E_2).....	252
2.4.4	VARIAZIONI TERMICHE (Q_7)	255
2.4.5	CEDIMENTI VINCOLARI: ϵ_4	258
2.4.6	FRENATURA (Q_3)	259
2.4.7	CENTRIFUGA (Q_4)	260
2.4.8	AZIONE DEL VENTO (Q_5).....	261
2.4.9	URTO DI VEICOLO IN SVIO (Q_8)	266
2.4.10	AZIONE SISMICA (E).....	267
2.5	CRITERI DI CALCOLO	271
2.5.1	CRITERI DI CALCOLO E DI VERIFICA PER LE AZIONI STATICHE	271
2.5.2	ANALISI GLOBALE ELASTICA	273
2.5.3	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	276
2.6	MODELLI DI CALCOLO ADOTTATI	280
2.6.1	Discretizzazione della struttura.....	281
2.6.2	Modello di calcolo agli elementi finiti	283
2.6.3	Caratteristiche statiche delle sezioni.....	290
2.6.4	Analisi globale e calcolo delle sollecitazioni.....	316
2.6.5	Massime azioni interne	316
2.6.6	ANALISI SISMICA	321
2.7	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	333
2.7.1	Distribuzione delle sezioni strutturali.....	333
2.7.2	Travi longitudinali – verifiche S.L.U.....	336
2.7.3	Travi longitudinali - verifiche S.L.E	407

2.7.4	Travi Longitudinali - Verifiche A Fatica	413
2.7.5	Saldatura di composizione	421
2.7.6	Verifica dei pioli.....	423
2.7.7	Verifiche di deformabilità.....	430
2.8	DIAFRAMMI E CONTROVENTI	435
2.8.1	DIAFRAMMI	435
2.8.2	CONTROVENTI SUPERIORI.....	467
2.8.3	CONTROVENTI INFERIORI.....	479
2.9	SOLETTA DI IMPALCATO.....	487
2.9.1	Descrizione e modalita' di calcolo della soletta	487
2.9.2	FASE I	488
2.9.3	FASE II	495
2.9.4	FASE III	498
2.9.5	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI	513
2.9.6	COMBINAZIONI DI CARICO.....	514
2.9.7	AZIONI DI VERIFICA	514
2.9.8	VERIFICA DI RESISTENZA AGLI SLU.....	515
2.9.1	VERIFICHE LOCALI IN CONDIZIONI DI SVIO	519
2.10	APPARECCHI DI APPOGGIO	526
2.10.1	Condizioni elementari	526
2.10.2	Inviluppo	532
2.11	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	533
2.11.1	Controllo dei carichi applicati al modello.....	533

1 RAMPA

1.1 INTRODUZIONE

1.1.1 DESCRIZIONE GENERALE

L'opera è costituita da un ponte su 5 campate di luci uguali e pari a 40.00. La piattaforma stradale presenta una larghezza che varia da 12.15 m a un massimo di 12.68 m comprensivi di due cordoli da 0.75m ciascuno.

La struttura è costituita da un graticcio di travi in acciaio con tre travi principali a doppio T in composizione saldata e da traversi posti a passo regolare pari a 5 m. La soletta in calcestruzzo ha uno spessore di 27cm, 6cm di predalla in cls e 21cm di getto. Le tre travi metalliche principali presentano sezione trasversale a doppio T. Le travi sono di altezza 2.00 m.

I diaframmi di spalla, di pila e intermedi sono costituiti da profili ad anima piena composti saldati.

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 L90x6.

La connessione soletta-travi è realizzata mediante pioli Nelson.

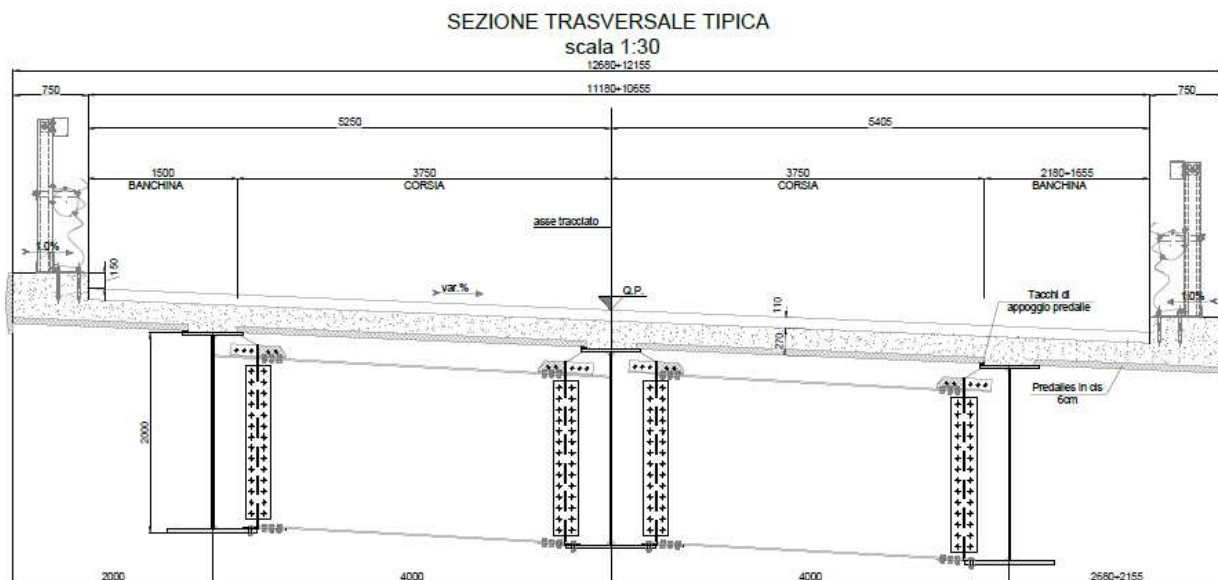


Figura 1.1. Sezione trasversale tipologica

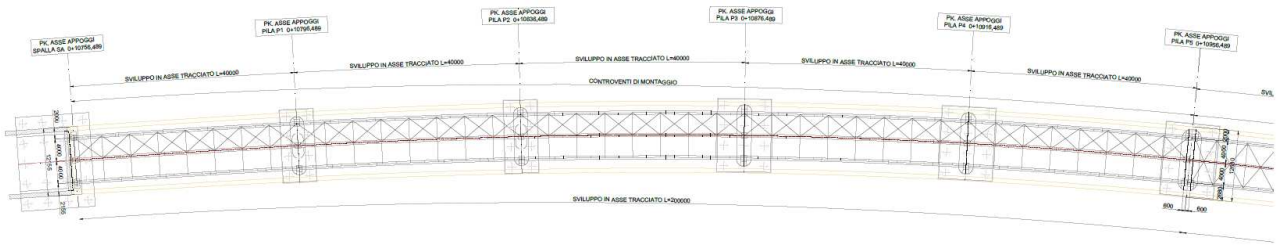


Figura 1.2. Pianta superiore impalcato

PROFILO LONGITUDINALE
 scala 1:300

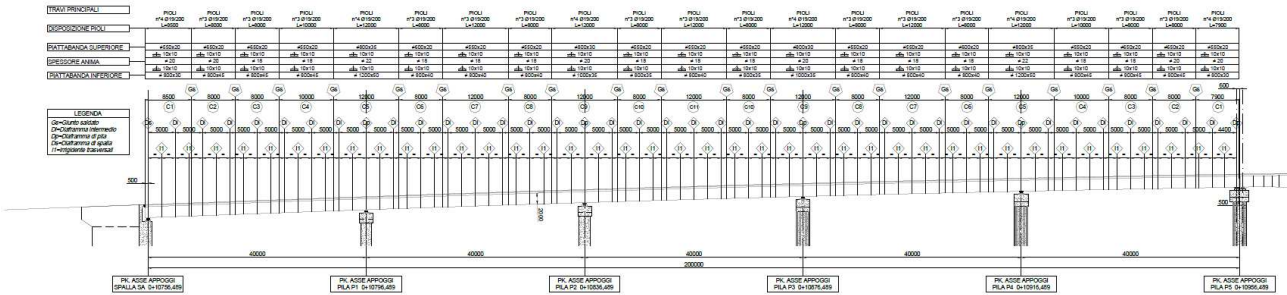


Figura 1.3. Profilo longitudinale

1.1.2 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** e è caratterizzata quindi dalla vita nominale $V_N = 50$ anni.

Tabella 1-1. Vita nominale.

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

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.

Tabella 1-2. Classi d'uso.

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 al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

La struttura in esame rientra nella **Classe IV**, quindi il suo coefficiente d'uso C_U è pari a 2.

Il periodo di riferimento è quindi pari a:

$$V_R = C_U V_N = 2.0 * 50 = 100 \text{ anni}$$

1.2 RIFERIMENTI DI CALCOLO

1.2.1 NORMATIVE

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 11 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 ENV 1993-1-1:1993 - EUROCODICE 3 Parte 1-1** - *“Progettazione delle strutture di acciaio - Regole generali e regole per gli edifici”* con il relativo NAD, allegato al D.M. 9 gennaio 1996 - *“Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, ordinario e precompresso e per le strutture metalliche”*;
- **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;
- **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.

- **CNR 10030/87** - "Anime irrigidite di travi a parete piena".

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";
- **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”*.

1.2.2 UNITÀ DI MISURA

Salvo diverse specificazioni, le unità di misura correntemente utilizzate, in conformità al sistema degli eurocodici ed al D.P.R. n. 802 del 12 agosto 1982 e s.m.i., sono:

- forze e carichi: [kN], [kN/m], [kN/m²];
- massa specifica: [kg/m³];
- peso specifico: [kN/m³];
- tensioni e resistenze: [kN/cm²], [N/mm²], [kPa], [MPa];
- momenti: [kN cm], [kN m].

1.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E COEFFICIENTI DI SICUREZZA

1.3.1 CARPENTERIA METALLICA

Per la determinazione delle caratteristiche dei materiali da utilizzare per la struttura metallica 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) ed 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 S 355 W (ex Fe 510 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.

Tabella 1-3. 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.

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]

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

1.3.2 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 ad 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:

Tabella 1-4. Resistenze di progetto dei bulloni utilizzati (tabella 11.3.XII.b del D. M. 2018)

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

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 C 50 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 ed il dado verso il basso. Devono essere previste una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado (UNI EN 14399-5,6:2005).

Per la verifica dei bulloni e delle saldature a parziale penetrazione ed 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 ed 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.

1.3.3 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.

1.3.3.1 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.

Tabella 1-5. classe di conseguenza per diversi tipi di opere (prospetto B.1 dell'UNI EN 1990).

Classe d'uso	Descrizione	Esempi di edifici ed opere civili
CC3 (ALTA)	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o 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

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

1.3.3.2 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.

Tabella 1-6. criteri suggeriti per la determinazione della categoria di servizio (prospetto B.1 dell'UNI EN 1090-2).

Categoria di servizio	Criterio
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 dal 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 1-7. criteri suggeriti per la determinazione della categoria di servizio (prospetto B.1 dell'UNI EN 1090-2)

Categoria di produzione	Criterio
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.

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

1.3.3.3 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.

Tabella 1-8. matrice raccomandata per la determinazione delle classi di esecuzione (prospetto B.3 dell'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

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.

1.3.4 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 S235J2G3+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:

Tabella 1-9. 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).

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 [daN/cm 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]

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

Tabella 1-10. requisiti addizionali per l'acciaio utilizzato per i connettori a piolo secondo D. M. 2018 (paragrafo 11.3.4.7).

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]

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 $\gamma_v = 1.25$

1.3.5 CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo impiegato per il getto della soletta è caratterizzato dalla classe di resistenza C32/40, dalla classe di esposizione ambientale XC4+XD1 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.

Tabella 1-11. proprietà di confezionamento del calcestruzzo C 32/40 utilizzato per la soletta dell'impalcato

Proprietà	Valore	Norma di Riferimento	Riferimento
Tipo di calcestruzzo	C 32/40	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 + XD 1	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 $T < 10^\circ\text{C}$)	UNI 11104:2016	[Prospetto 5]
Copriferro nominale	40 [mm]	Circolare 7/2018	[Tab. C4.1.IV]

Le proprietà meccaniche sono riportate di seguito:

RESISTENZE CALCESTRUZZO

Resistenza a compressione cubica	$R_{ck} = 40.0$ [N/mm ²]
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0,83 R_{ck} = 33.2$ [N/mm ²]
Resistenza a compressione media	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2$ [N/mm ²]
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} = 3.1$ [N/mm ²]
Resistenza a trazione caratteristica	$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 2.2$ [N/mm ²]
Resistenza a trazione da flessione media	$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} = 3.7$ [N/mm ²]
Modulo di elasticità	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$ [N/mm ²]

Coefficiente per carichi di lungo periodo	$\alpha_{cc} = 0.85$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_C = 1.5$
Resistenza a compressione di progetto	$f_{cd} = \alpha_{cc} / \gamma_C \cdot f_{ck} = 18.8$ [N/mm ²]
Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1.4$ [N/mm ²]

1.3.6 ACCIAIO DA ARMATURA

L'acciaio utilizzato per le armature è del tipo B 450C, per il quale il D. M. 17 gennaio 2018, al paragrafo 11.3.2.1, prevede le proprietà riportate nella seguente tabella.

Tabella 1-12. proprietà caratteristiche dell'acciaio per armature secondo D. M. 2018 (paragrafo 11.3.2.1).

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di acciaio	B 450C		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450 [N/mm ²]	[Tab. 11.3.1b]
Tensione caratteristica di rottura a trazione	f_{tk}	540 [N/mm ²]	[Tab. 11.3.1b]
Rapporto tra rottura e snervamento caratteristici	$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 < 1.35	[Tab. 11.3.1b]
Rapporto tra snervamento reale e nominale	$(f_y/f_{y,nom})_k$	≤ 1.25	[Tab. 11.3.1b]
Allungamento a rottura	$(A_{gt})_k$	≥ 7.5%	[Tab. 11.3.1b]
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]
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1.15	
Tensione di snervamento di progetto	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$	391 [N/mm ²]	

1.4 ANALISI DEI CARICHI

1.4.1 CARICHI PERMANENTI AGENTI SULLA SEZIONE TRASVERSALE (G₁ E G₂)

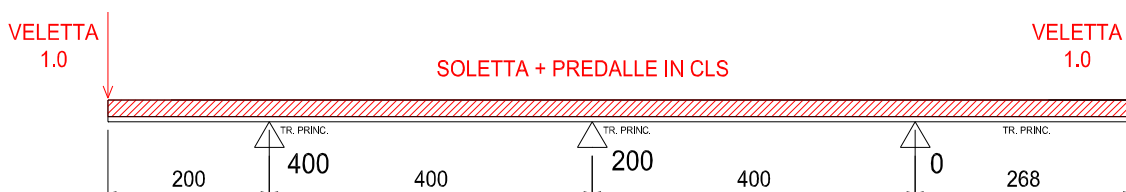
1.4.1.1 Fase I

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

La struttura resistente in questa fase di carico è costituita unicamente dalla carpenteria metallica.

Il peso di analisi della carpenteria metallica è considerato cautelativamente pari a circa 237 kg/m² di impalcato.

Soletta	25 kN/m ³ x (0.27 m x 12.68 m) =	85.59 kN/m
Carpenteria metallica	2.37 kN/m ² x 12.68 m =	30.00 kN/m
Veletta metallica	1.00 kN/m ² x 2.00 m =	2.00 kN/m
		117.59 kN/m



I valori delle reazioni sono i seguenti:

	R₀* [kN/m]	R₁₀₀* [kN/m]	R₄₀₀* [kN/m]
Fase 1	49.32	26.39	41.88

Tabella 1-13: reazioni per carichi permanenti strutturali

1.4.1.2 Fase II

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 11.18	= 33.54 kN/m
Cordoli	(6.00+6.88) kN/m ² x 0.75 m	= 9.66 kN/m
Guard Rail	2 x 1.5 kN/m	= 3.00 kN/m
Impianto smaltimento acque	1 x 2 kN/m	= 2.00 kN/m
		48.20 kN/m

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

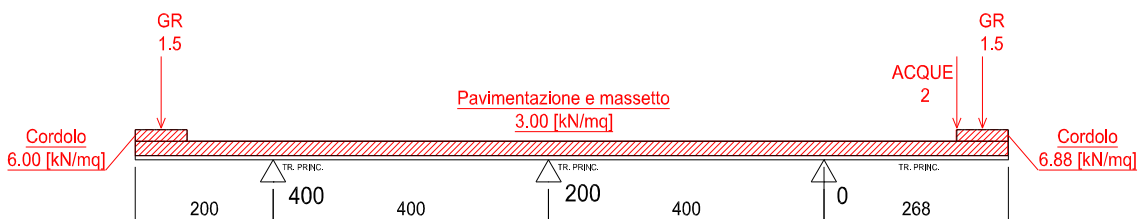


Figura 1.4. Pesì propri portati – Sezione tipica

I valori delle reazioni sono i seguenti:

	R₀* [kN/m]	R₁₀₀* [kN/m]	R₄₀₀* [kN/m]
Fase 2	27.36	1.34	19.49

Tabella 1-14: reazioni per carichi permanenti portati

1.4.2 CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q_{1k})

Secondo le indicazioni contenute al par. 5.1.3.3.3 del D.M. 17/01/18 le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti schemi di carico:

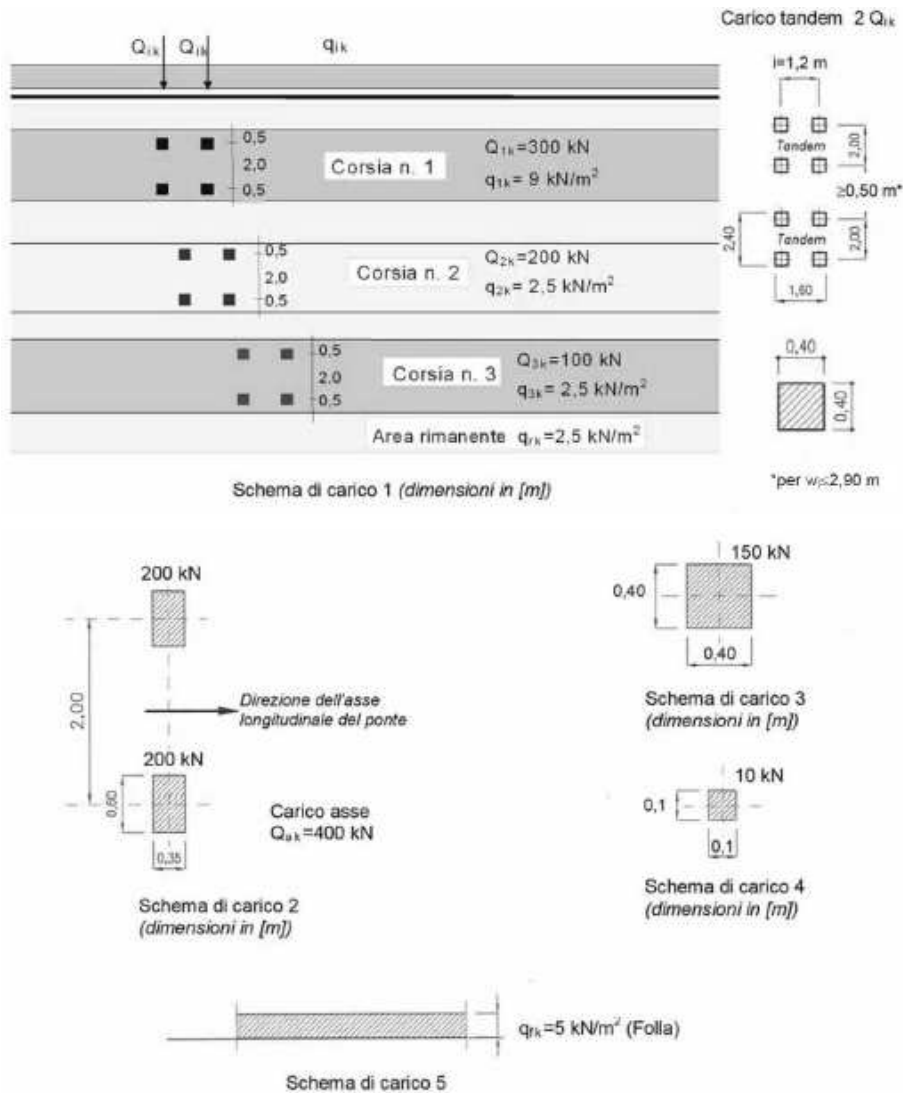


Figura 1.5: Schemi di carico 1÷5, dimensioni in m [Figura 5.1.2 – NTC2018]

Sulla base della larghezza di carreggiata prevista dal progetto stradale (il ponte è dimensionato e classificato come opera di prima categoria), si definisce una capacità di ingombro della sede stradale pari a due corsie di carico così composte:

- una colonna di carichi costituita da un automezzo convenzionale Q_{1k} di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno (impronta $0,40\text{m} \times 0,40\text{m}$), distanti $1,20$ m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di $2,00$ m; un carico ripartito q_{1k} di 9 kN/m² distribuito linearmente in asse al convoglio.

- una seconda colonna di carichi, analoga alla prima, ma con carichi pari rispettivamente a 400 kN di Q_{1k} e $2.5 \text{ kN/m}^2 q_{2k}$ e posta ad interasse di 3.00 m. da essa
- una terza colonna di carichi, analoga alla seconda, ma con carichi pari rispettivamente a 200 kN di Q_{1k} e $2.5 \text{ kN/m}^2 q_{2k}$ e posta ad interasse di 3.00 m. da essa
- una colonna di carico $q_{rk} = 2.5 \text{ kN/m}^2$ nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti (area rimanente).
- sul marciapiede di servizio il carico $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$ da considerare in alternativa ai carichi stradali.

I carichi mobili vengono fatti muovere, secondo le indicazioni di norma, su tutto lo sviluppo longitudinale dell'impalcato con passo 1.50 m, ripartendo i carichi uniformemente distribuiti (q_{1k} , q_{rk} , q_{fk}) secondo le linee di influenza di taglio e momento, in modo da massimizzare gli effetti su ciascun elemento della struttura.

È inoltre considerato per il calcolo degli effetti locali sulla soletta lo schema di carico 2, il quale viene preso autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa:

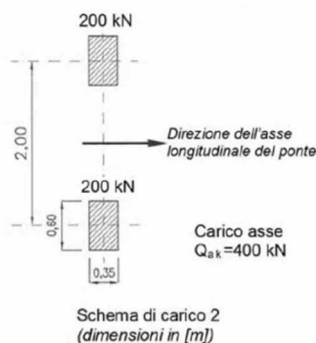


Figura 1.6. schema di carico 2

costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.

La posizione di tale schema di carico per il calcolo degli effetti sulla soletta viene disposto secondo le linee di influenza allo scopo di massimizzarne gli effetti in campata e sugli appoggi della soletta sui diaframmi.

1.4.2.1 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)

1.4.2.1.1 Massimo momento flettente in campata

Per massimizzare il momento flettente positivo in ogni sezione della i -esima 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. Le rimanenti campate sono caricate con i carichi distribuiti frazionabili seguendo l'andamento della linea di influenza del momento flettente.

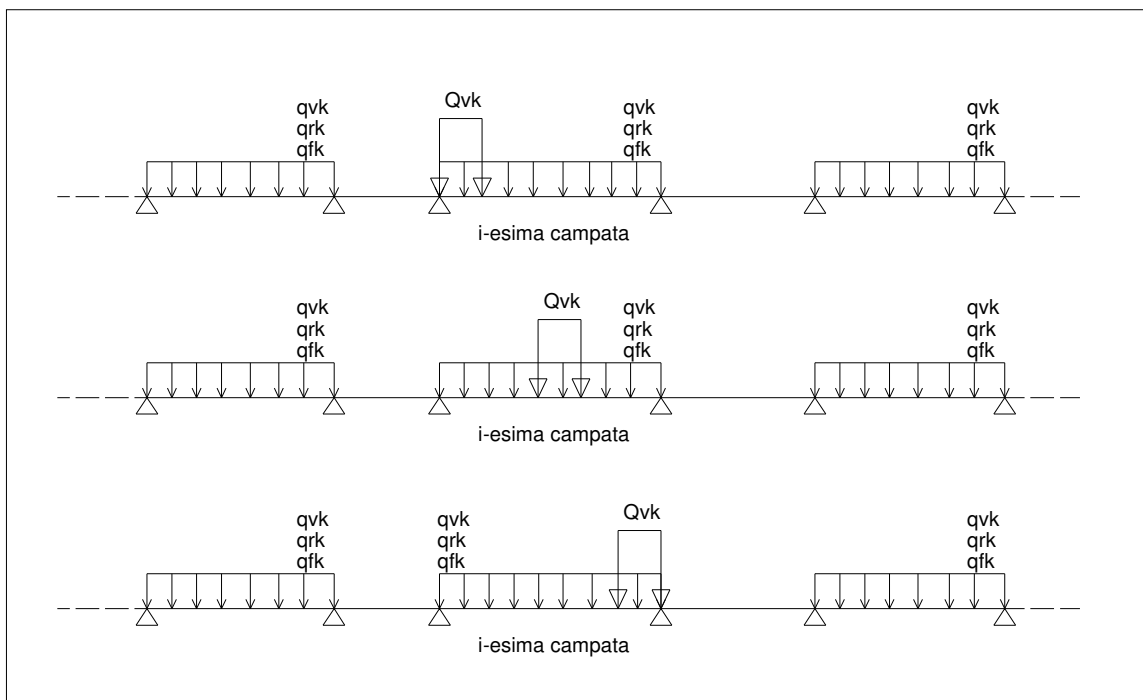


Figura 1.7: Disposizione dei carichi mobili per massimizzare il momento positivo in campata

1.4.2.1.2 Massimo momento flettente in pila – Massima reazione

Per massimizzare il momento flettente negativo sulla pila della *i*-esima campata si fa avanzare di 1.5 m il carico Tandem partendo dalla mezzeria della campata precedente e facendolo arrivare alla mezzeria della campata successiva, così come illustrato nel grafico sottostante. Le rimanenti campate sono caricate con i carichi distribuiti frazionabili seguendo l'andamento della linea di influenza del momento flettente.

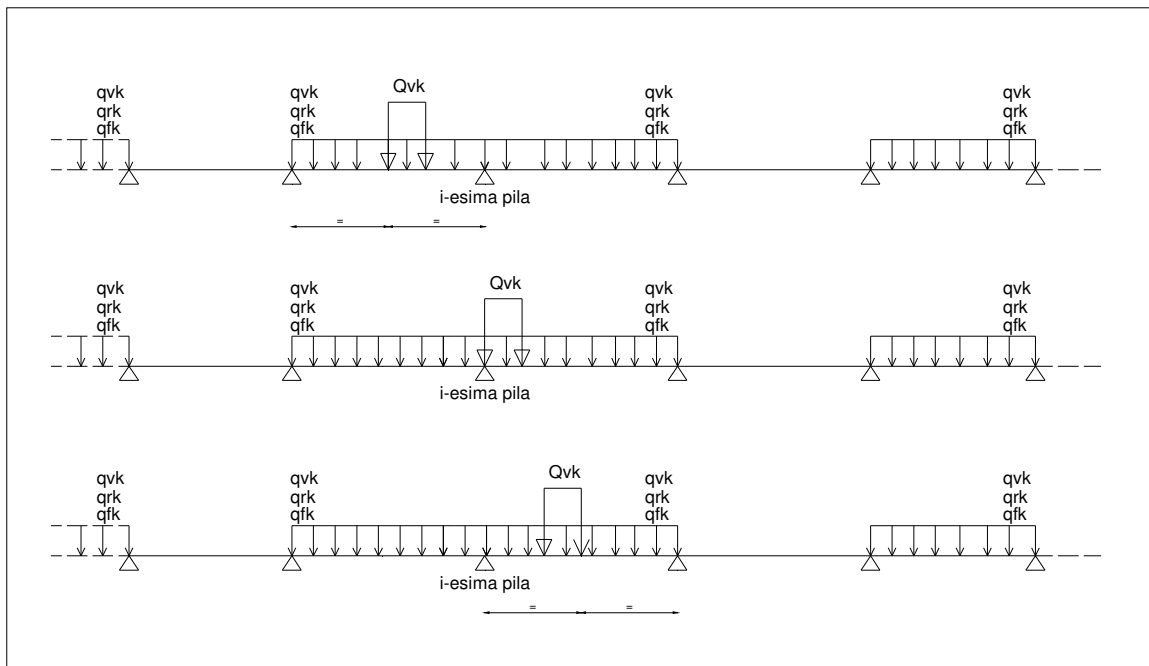


Figura 1.8: Disposizione dei carichi mobili per massimizzare il momento negativo in pila

1.4.2.1.3 Massimo taglio in campata

Per massimizzare il taglio di ogni sezione trasversale della *i*-esima campata si fa avanzare di 1.5 m il carico Tandem partendo dalla mezzeria della campata precedente e facendolo arrivare alla mezzeria della campata successiva, così come illustrato nel grafico sottostante. Le rimanenti campate sono caricate con i carichi distribuiti frazionabili seguendo l'andamento della linea di influenza del taglio.

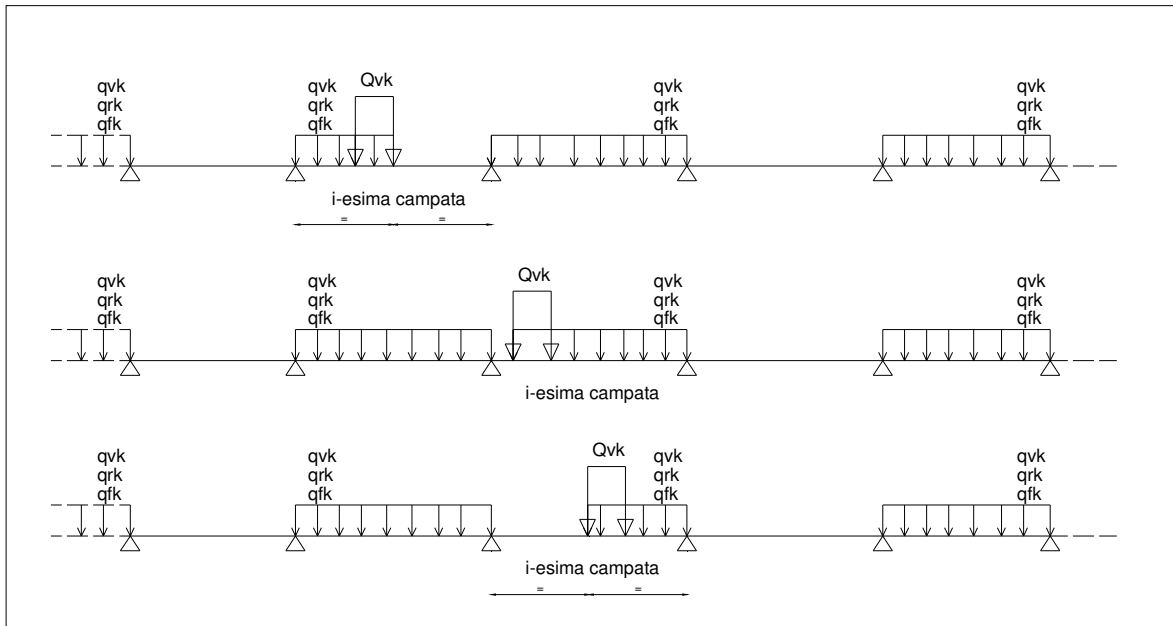


Figura 1.9: Disposizione dei carichi mobili per massimizzare il taglio

1.4.2.2 Ripartizione trasversale dei carichi mobili

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

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

1.4.2.2.1 Massimo carico verticale su trave esterno curva (Mext)

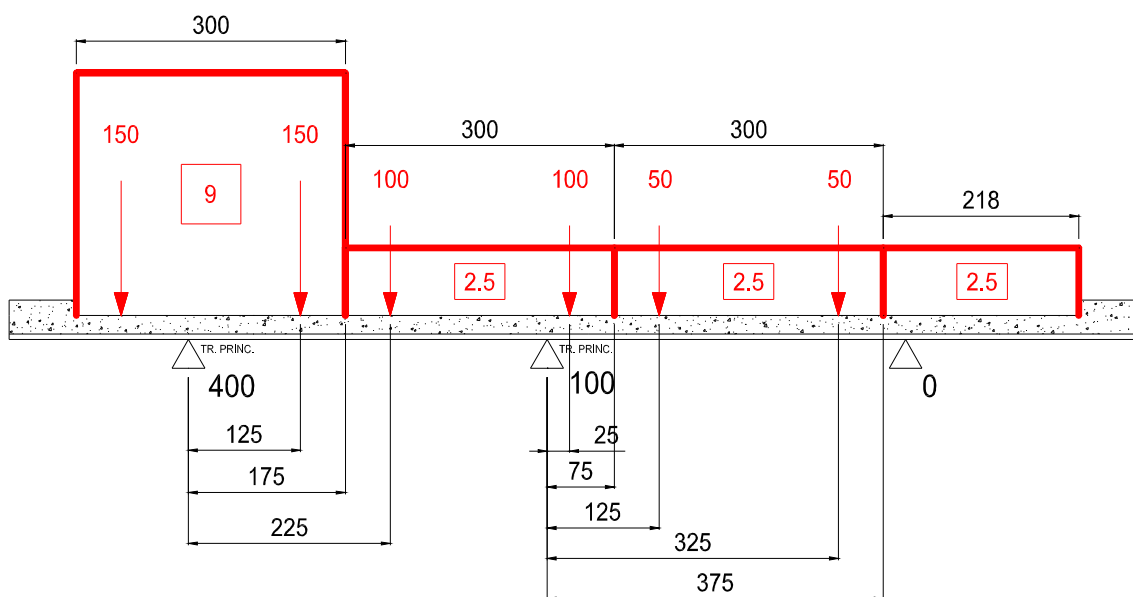


Figura 1.10: Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	39.85	9.9	-
R_{100}^*	257.79	11.74	-
R_{400}^*	302.36	25.81	-
TOTALE	600	47.45	-

Tabella 1-15: reazioni per carichi da traffico Mext.

1.4.2.2 Massimo carico verticale su trave interno curva (Mint)

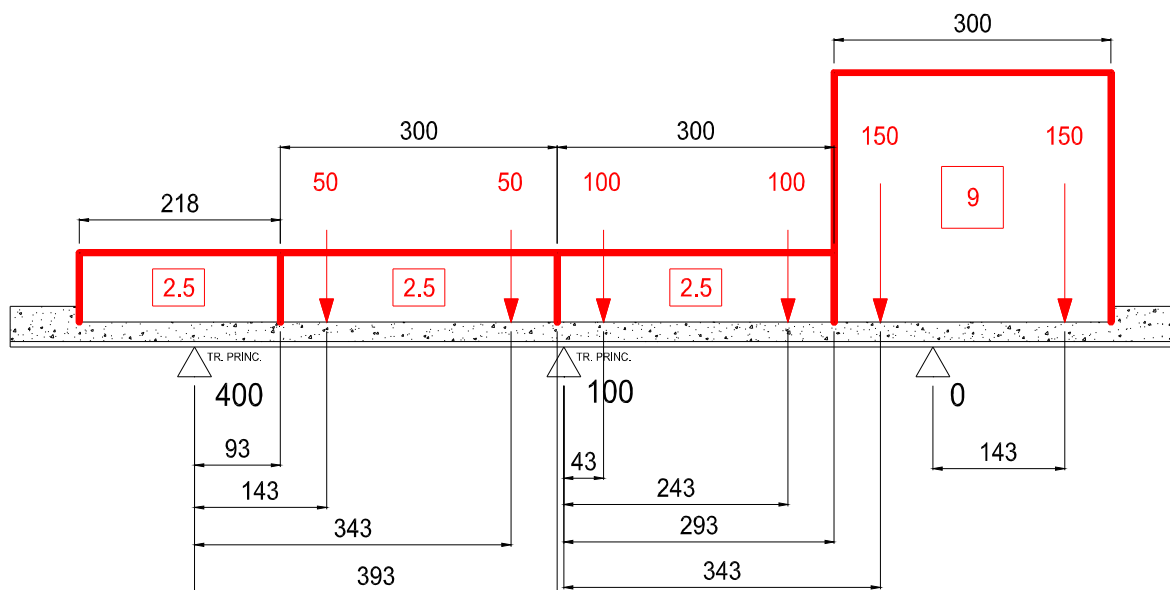


Figura 1.11: Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	392.1	32.25	-
R_{100}^*	180.3	6.93	-
R_{400}^*	27.6	8.28	-
TOTALE	600	47.46	-

Tabella 1-16: carico al metro lineare da applicare ai fili di caricamento 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100 del modello FEM per la condizione Mint.

1.4.2.2.3 Massimo carico torcente su trave esterna (T2ext)

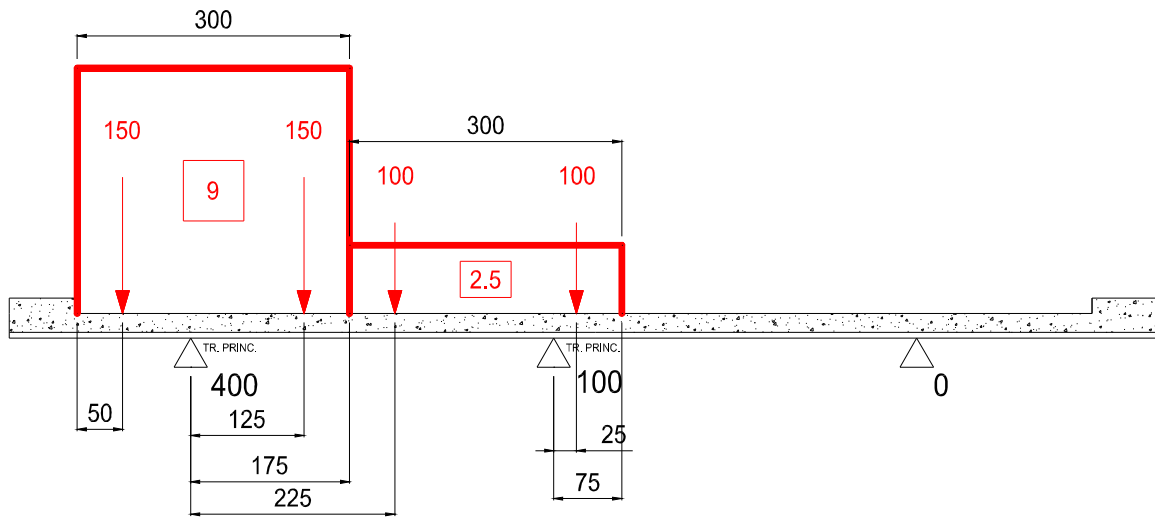


Figura 1.12: Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	-9.71	-0.65	-
R_{100}^*	200.67	9.07	-
R_{400}^*	309.04	26.08	-
TOTALE	500	34.5	-

Tabella 1-17: reazioni per carichi da traffico T2ext

1.4.2.2.4 Massimo carico torcente su trave interna (T2int)

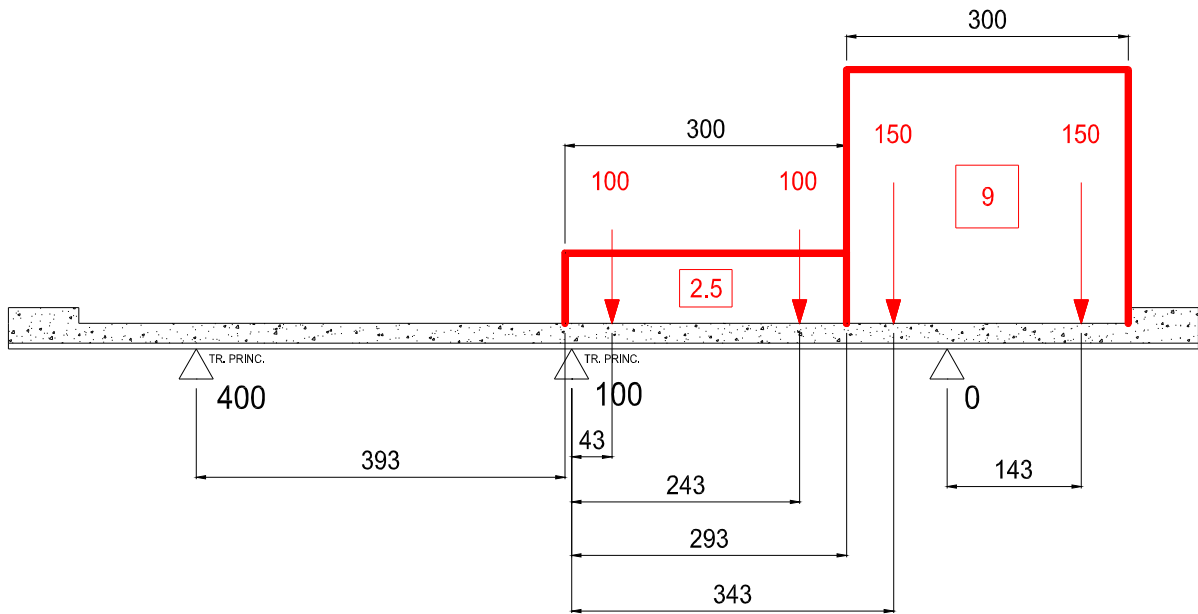


Figura 1.13 Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	398.72	32.75	-
R_{100}^*	106.31	1.59	-
R_{400}^*	-5.03	0.16	-
TOTALE	500	34.5	-

Tabella 1-18: reazioni per carichi da traffico T2intt

1.4.2.2.5 Massimo carico torcente su trave esterna con una stesa di carico(T1ext)

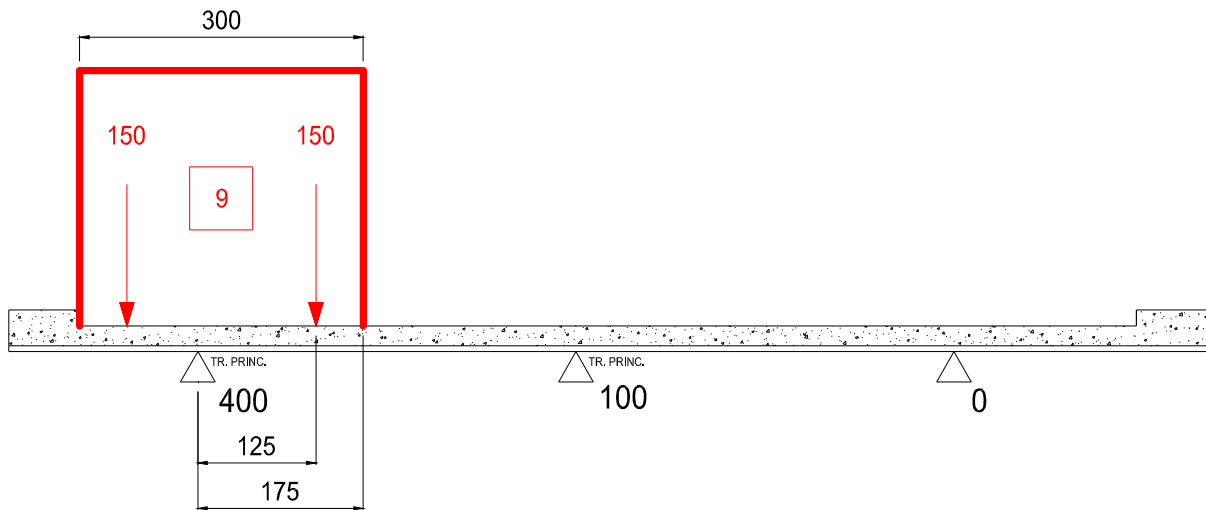


Figura 1.14: Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_r [kN/m]
R_0^*	-3.71	-0.35	-
R_{100}^*	26.17	2.38	-
R_{400}^*	277.54	24.96	-
TOTALE	300	26.99	-

Tabella 1-19: reazioni per carichi da traffico T1ext.

1.4.2.2.6 Massimo carico torcente su trave interna con una stesa di carico(T1int)

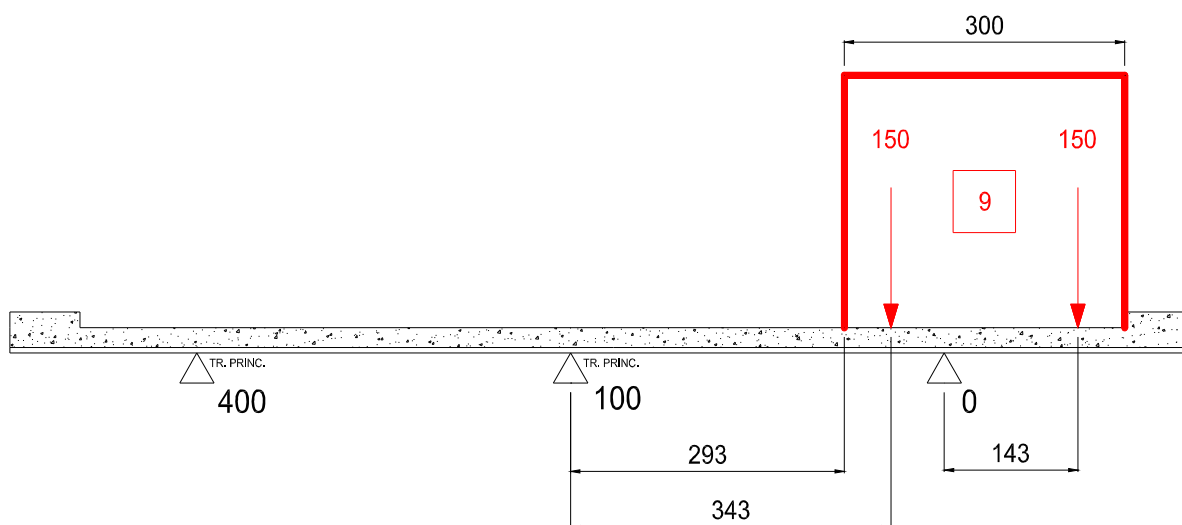


Figura 1.15 Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	339.85	30.59	-
R_{100}^*	-47.45	-4.28	-
R_{400}^*	7.6	0.69	-
TOTALE	300	27	-

Tabella 1-20: reazioni per carichi da traffico T1intt.

1.4.3 AZIONE DEL RITIRO (E_2)

1.4.3.1 Ritiro della soletta in senso trasversale (calcolo delle azioni equivalenti per i traversi)

Gli effetti del ritiro e dello scorrimento viscoso del calcestruzzo vengono valutati secondo la teoria approssimata del metodo di Mörsh (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.

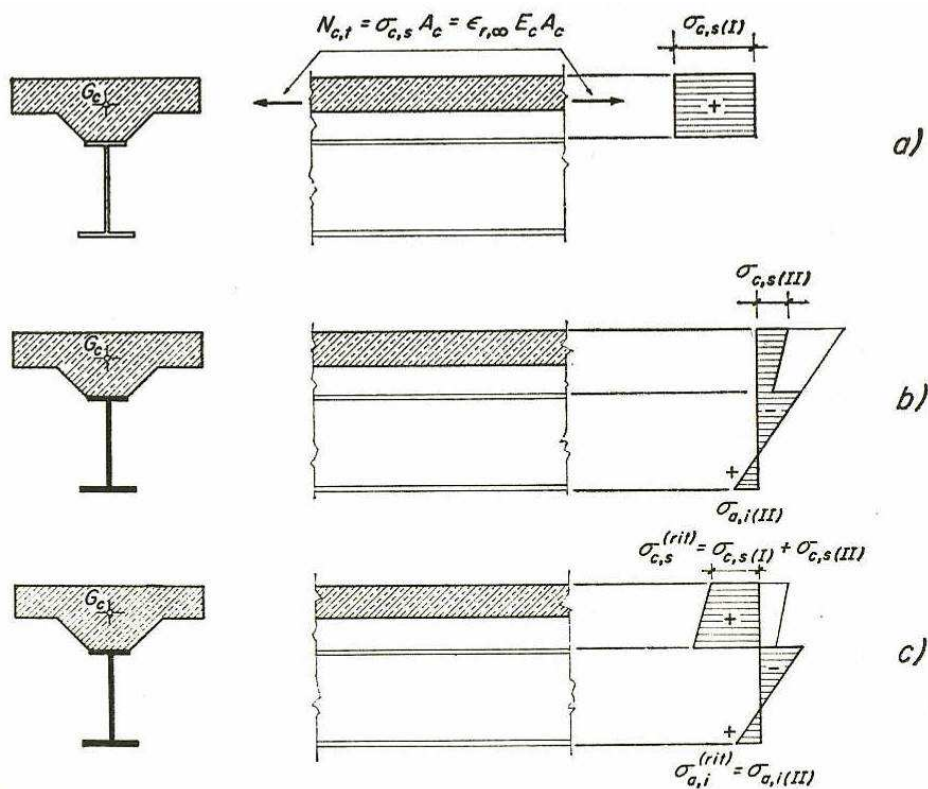


Figura 1.16: Andamento tensioni interne per l'effetto del ritiro del calcestruzzo della soletta

1.4.3.1.1 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=	12.68	m	
S_{getto}	= 27.00	cm	Spessore soletta
S_{predalla}	= 6.00	cm	Spessore predalla

da cui si ottiene

A_c	= 2.66	m ²	area sezione getto in calcestruzzo
u	= 12.68	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 (75%) il coefficiente di Viscosità e quelli di omogeneizzazione derivanti

Deformazione da ritiro per essiccamento	ϵ_{c0}	= -0.00030
Valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento	$\epsilon_{cd,\infty}$	= -0.00022
Valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,\infty}$	= -0.00006
Deformazione totale da ritiro	$\epsilon_{cs,\infty}$	= -0.00027
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

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

$A_c =$	2.6628 m ²	
$n = n_2 =$	16.60	Coeff. di omogeneizzazione
$\epsilon_{cs,\infty} =$	-0.00027	Deformazione totale da ritiro
$b =$	0.764 m	Distanza baricentro getto cls - baricentro medio sez. mista in Fase 2

$$N_{r,eq} = (A_c \cdot \epsilon_{cs,\infty} \cdot E_a) / n_2 = 9219 \text{ kN}$$
$$M_{r,eq} = N_{r,eq} \cdot b_2 = 7038 \text{ kNm}$$

$N_{r,eq} \cong$	3080	kN	(per ciascuna trave)
$M_{r,eq} \cong$	2350	kNm	(per ciascuna trave)

1.4.4 VARIAZIONI TERMICHE (Q₇)

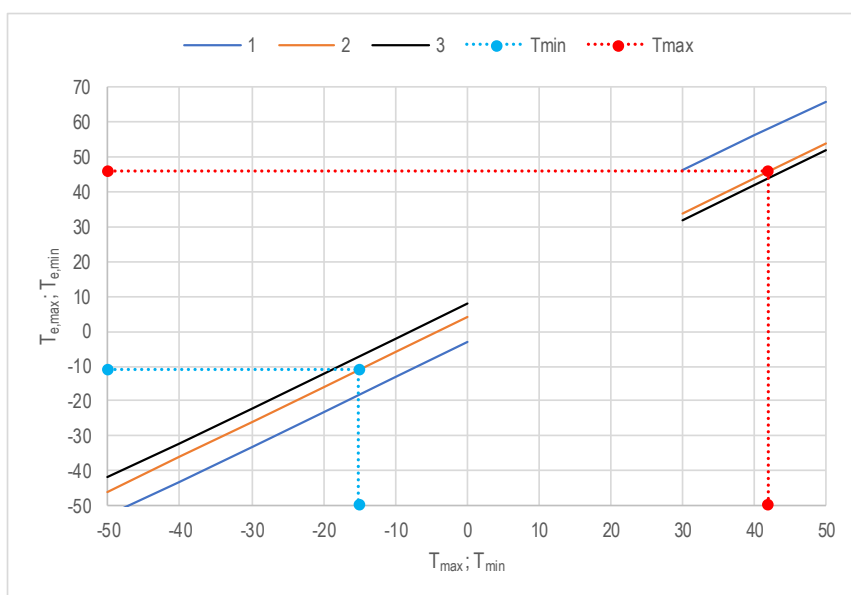
Gli effetti della temperatura sono valutati in accordo alle norme EN 1991-1-5 e EN 1991-1-5/NA.

1.4.4.1 Variazioni uniformi della temperatura (VUT)

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	Buttapietra		
Regione	Veneto		
Zona	I		
a_s (Quota su l.m.m. del sito)	30	m	
Tempo di ritorno	50	anni	
Temperatura minima aria esterna	$T_{min} =$	-15	°C
Temperatura massima aria esterna	$T_{max} =$	42	°C
Tipo di impalcato	Impalcato a struttura composta		
Curva di riferimento	2		



Temperatura uniforme minima	$T_{e,min} =$	-11	°C
Temperatura uniforme massima	$T_{e,max} =$	46	°C

Temperatura iniziale all'atto della regolazione degli appoggi $T_0 =$ 15 °C

Tipo di installazione Stima temperatura accurata e prerogolazione

Variazione di temperatura iniziale $\Delta T_0 =$ 10 °C

Variazione termica in fase di riscaldamento $\Delta T_{exp,d} = T_{e,max} - T_0 + \Delta T_0 =$ 41 °C

Variazione termica in fase di raffreddamento $\Delta T_{con,d} = T_{e,min} - T_0 - \Delta T_0 =$ -36 °C

1.4.4.2 Variazione termica differenziale

La trattazione teorica della variazione termica differenziale sulla sezione mista acciaio-clt 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).

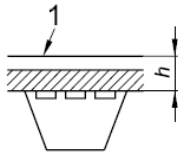
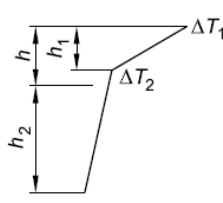
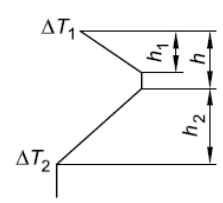
Tipo di Costruzione	Differenza di Temperatura (ΔT)																									
	(a) Riscaldamento	(b) Raffreddamento																								
 <p>2a. Impalcato di calcestruzzo su travi di acciaio a cassone, travi di acciaio reticolari o a parete piena 1 100 mm di rivestimento</p>	<p>Procedura normale</p>  <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 1.17: 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 involuppo 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 $\Delta T = \pm 10^\circ\text{C}$ 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 clt, 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

$A_a =$	797 cm ²	Area media della sezione metallica
$\alpha =$	1.20E-05	Coeff. di dilatazione termica acciaio
$\Delta T =$	10 °C	
$N_{t,eq} \cong$	$(\alpha \cdot \Delta T \cdot E_a \cdot A_a) =$	2010 kN (per ciascuna trave)
$b_3 =$	0.569 m	Distanza baricentro soletta - baricentro sez. mista in Fase 3
$M_{t,eq} =$	$N_{t,eq} \cdot b_3 =$	1150 kNm (per ciascuna trave)

1.4.5 CEDIMENTI VINCOLARI: ϵ_4

Per tenere conto dei possibili cedimenti fondazionali delle sottostrutture a sostegno dell'impalcato nel corso della vita utile dello stesso, si valuta convenzionalmente l'effetto iperstatico associato a tale situazione utilizzando per ciascun appoggio del ponte la seguente formula come indicato al §5.1.3.2 delle NTC2018.

Cedimento verticale sull'i-esima pila $\delta_{i,p} = (l_{i-1} + l_i) / 2 \times 1/5000$

Cedimento sull'i-esima spalla $\delta_{i,sp} = l_i / 2 \times 1/5000$

Cedimento di progetto		δ_i [mm]
Spalla 1	40000 / (2x5000)	4.0
Pila 1	(40000+40000) / (2x5000)	8.0
Pila 2	(40000+40000) / (2x5000)	8.0
Pila 3	(40000+40000) / (2x5000)	8.0
Pila 4	(40000+40000) / (2x5000)	8.0
Spalla 2	40000/ (2x5000)	4.0

Tabella 1-21: Effetti dei cedimenti vincolari.

In particolare vengono considerate le due condizioni di carico che prevedono il cedimento alternato delle pile non adiacenti, allo scopo di massimizzare i momenti massimi in pila, e quello dei sostegni adiacenti per massimizzare l'effetto in campata.

1.4.6 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, ed è uguale a:

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

Considerando la lunghezza massima del viadotto risulta:

$$Q_3 = 0.6 \times 2 \times 300 + 0.1 \times 9 \times 3 \times (200 \text{ m}) = 900 \Rightarrow \mathbf{Q_3 = 900 \text{ kN.}}$$

Poiché la definizione dei gruppi di carico di cui alla tabella 5.1.IV del D.M. 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), l'effetto flessionale dell'azione di frenamento non è stato preso in considerazione.

1.4.7 CENTRIFUGA (Q₄)

In accordo al par. 5.1.3.6 del DM 17/01/2018 l'azione centrifuga totale, applicata a livello della pavimentazione e agente in direzione normale all'asse del ponte, risulta pari a:

		RAGGIO DI CURVATURA
Spalla A	Spalla B	1000 m

$$200 \text{ m} < R < 1500 \text{ m} \rightarrow Q_4 = 40 \times Q_v / R = 40 \times 600 \text{ kN} / 1000 \approx 24 \text{ kN}$$

essendo

- n numero di corsie di carico = 3
- R raggio di curvatura
- Q_v carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte

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.

1.4.8 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 DEL VENTO SULL'IMPALCATO

(EC1-4)

Nome del sito		Buttapietra	
Regione		1.Veneto	
Velocità base di riferimento	$v_{b,0} =$	25	m/s
Altitudine di riferimento	$a_0 =$	1000	m/s
Parametro del sito	$k_s =$	0.4	
Quota sul l.m.m. del sito	$a_s =$	100	m (<1500)
Coefficiente di altitudine	$c_a =$	1.00	
Tempo di ritorno	$T_R =$	50	anni
Coefficiente di ritorno	$c_r =$	1.00	
Velocità di riferimento	$v_r =$	25.02	m/s
Pressione cinetica di riferimento	$q_r =$	39.12	daN/m ²
Categoria di esposizione		III	
Coefficiente di categoria	$K_r =$	0.20	
Altezza di riferimento	$z_0 =$	0.10	
Altezza minima	$z_{min} =$	5.00	
Altezza caratteristica struttura	$h =$	10	m
Coefficiente di topografia	$c_t =$	1	
Coefficiente dinamico	$c_d =$	1	
Coefficiente di esposizione	$c_e =$	2.14	
Pressione di riferimento	$p_r =$	83.6	daN/m ²

1.4.8.1 Vento su 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 calcola il carico orizzontale ed il momento torcente dovuto al vento scarico, il carico orizzontale ed il momento torcente dovuto al vento carico.

In questo caso, essendo un ponte a via inferiore ed essendo l'altezza dell'anima maggiore dell'altezza della stesa di carico pari a 3 m, si ha che le condizioni di vento a ponte carico e a ponte scarico coincidono.

A favore di sicurezza si considera che l'altezza investita sia sempre pari a quella massima (6.0m).

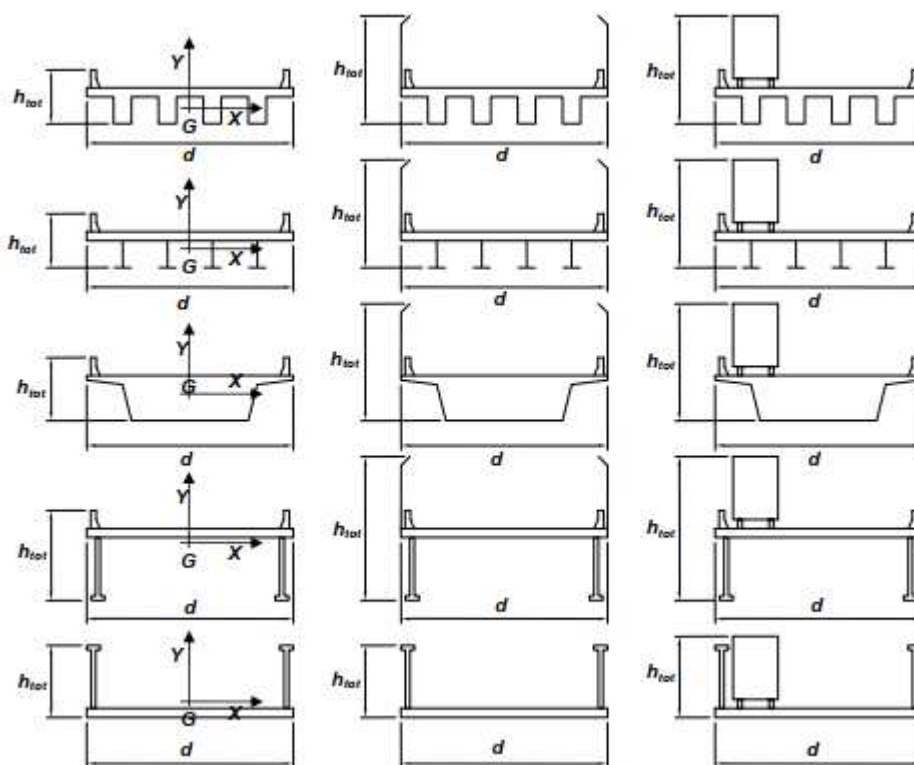
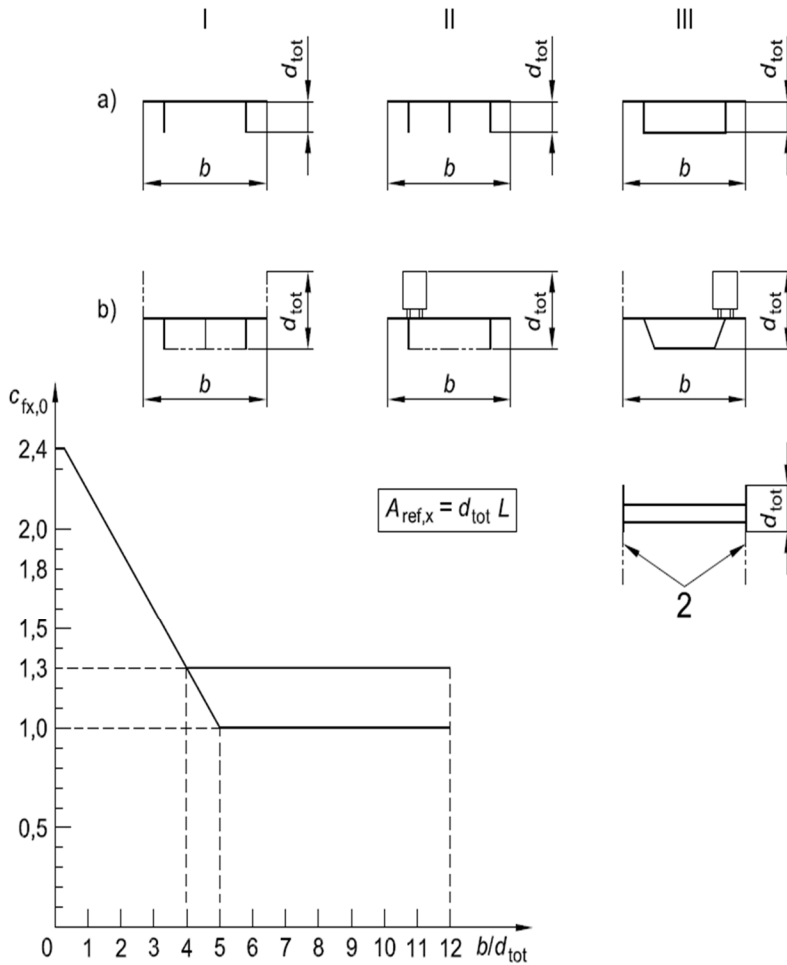


Figura 1.18: Tipi di impalcato da ponte trattati nel presente paragrafo delle CNR-DT 207/2008

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 ad 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 .

Coefficiente di forza in direzione X

Il coefficiente di forza in direzione X si calcola in riferimento al punto 8.3 dell'UNI EN 1991-1-4:2005 e facendo la distinzione tra la condizione di ponte carico, quella di ponte scarico e quella di ponte in fase



Coefficiente di forza in direzione Y

Il coefficiente di forza in direzione Y si calcola in riferimento al punto 8.3 dell'UNI EN 1991-1-4:2005 e facendo la distinzione tra la condizione di ponte carico, ponte scarico e ponte in fase di montaggio. Si assume un coefficiente c_{fy} pari al 25% di c_{fx} per ponti a parete piena e al 50% di c_{fx} per ponti reticolari.

Coefficiente di forza in direzione Z

Il coefficiente di forza in direzione Z si calcola in riferimento al punto 8.3 dell'UNI EN 1991-1-4:2005 e facendo la distinzione tra la condizione di ponte in esercizio e quella di ponte in fase di montaggio. Si assume un coefficiente c_{fz} pari a 0.9. Si assume che vi sia una eccentricità pari a un quarto della

Nel caso di ponte carico si ha che:

Altezza totale (struttura + carico)	$d_{tot} =$	5.38	m
	$b/d_{tot} =$	2.30	
Coefficiente di forza lungo X	$c_{f,x} =$	1.84	
Coefficiente di forza lungo Y	$c_{f,y} =$	0.46	
Coefficiente di forza lungo Z	$c_{f,z} =$	0.90	
Area di riferimento per azione X	$A_{ref,x} =$	1076.0	m ²
Area di riferimento per azione Z	$A_{ref,z} =$	2480.0	m ²
Azione concentrata dovuta al vento X	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,x} =$	± 1654	kN
Azione concentrata dovuta al vento Y	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,y} =$	± 414	kN
Azione concentrata dovuta al vento Z	$F_x = A_{ref,z} \cdot q_b \cdot c_{f,z} =$	± 1867	kN

Azione totale vento su impalcato X	$p_{tot} = F_{w,x} / L =$	± 8.27	kN/m
Azione totale vento su impalcato Y	$p_{tot} = F_{w,y} / L =$	± 2.07	kN/m
Azione totale vento su impalcato Z	$p_{tot} = F_{w,z} / L =$	± 9.33	kN/m

Nel caso di ponte scarico si ha che:

Altezza totale (struttura)	$d_{tot} =$	5.55	m
	$b/d_{tot} =$	2.23	
Coefficiente di forza lungo X	$c_{f,x} =$	1.86	
Coefficiente di forza lungo Y	$c_{f,y} =$	0.47	
Area di riferimento	$A_{ref,x} =$	1110.0	m ²
Azione concentrata dovuta al vento X	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,x} =$	± 1727	kN
Azione concentrata dovuta al vento Y	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,y} =$	± 432	

Azione totale vento su impalcato X	$p_{tot} = F_{w,x} / L =$	± 8.64	kN/m
Azione totale vento su impalcato Y	$p_{tot} = F_{w,y} / L =$	± 2.16	kN/m

1.4.8.2 Vento in fase di montaggio

Nel caso di ponte in fase di montaggio si ha che:

Tempo di ritorno		10	anni
α_r (Coefficiente di ritorno)		0.90	
v_r (Velocità di riferimento)		22.58	m/s
q_r (Pressione cinetica di riferimento)		31.86	daN/m ²
q_d (Pressione di riferimento)		68.11	daN/m ²
Altezza totale (struttura)	$d_{tot} =$	2.38	m
	$b/d_{tot} =$	5.21	
Coefficiente di forza lungo X	$c_{f,x} =$	1.30	
Coefficiente di forza lungo Y	$c_{f,y} =$	0.33	
Area di riferimento	$A_{ref,x} =$	476.0	m ²
Azione concentrata dovuta al vento X	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,x} =$	± 421	kN
Azione concentrata dovuta al vento Y	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,y} =$	± 105	
Azione totale vento su impalcato X	$p_{tot} = F_{w,x} / L =$	± 2.59	kN/m
Azione totale vento su impalcato Y	$p_{tot} = F_{w,y} / L =$	± 0.65	kN/m

1.4.9 URTO DI VEICOLO IN SVIO (Q_8)

Le azioni eccezionali q_8 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 per le verifiche locali del cordolo.

1.4.10 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 1.19. Localizzazione geografica del ponte.



Figura 1.20. Vita nominale e classe d'uso del ponte.

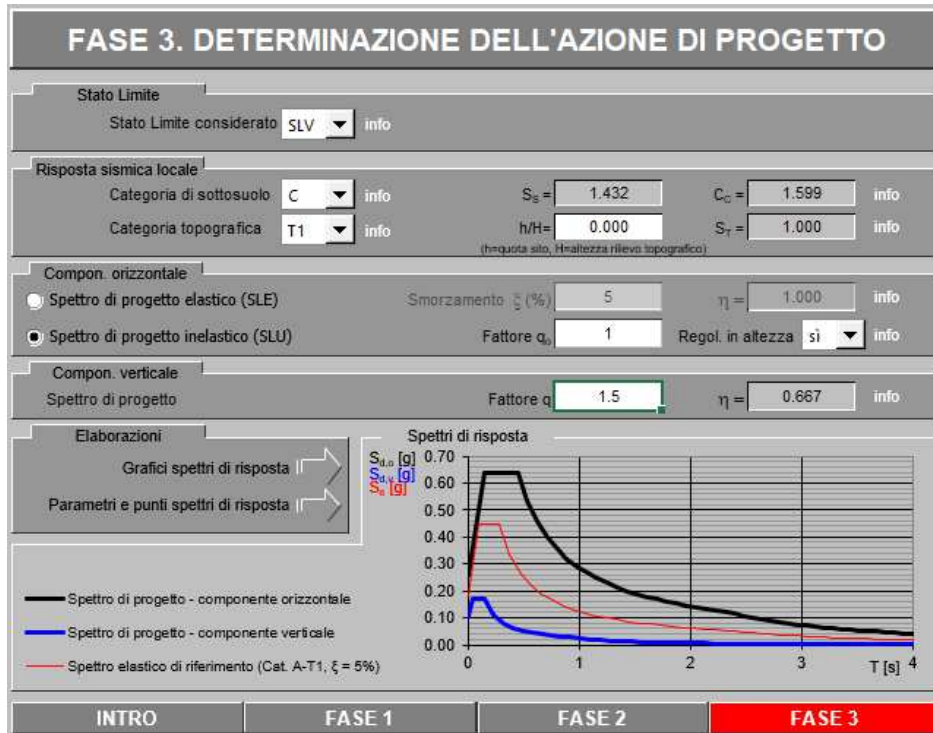


Figura 1.21. Spettri di risposta.

Di seguito si riportano gli spettri smorzati utilizzati.

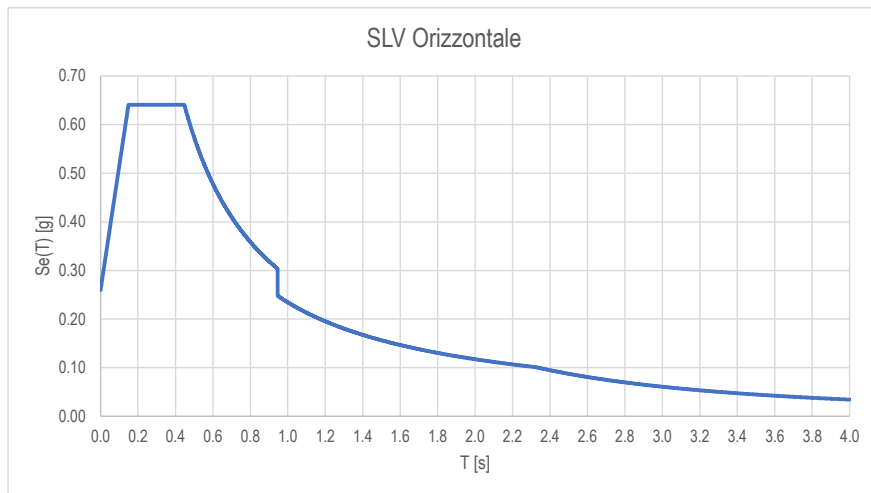


Figura 1.22. Spettro di risposta orizzontale SLV con smorzamento equivalente del 10%

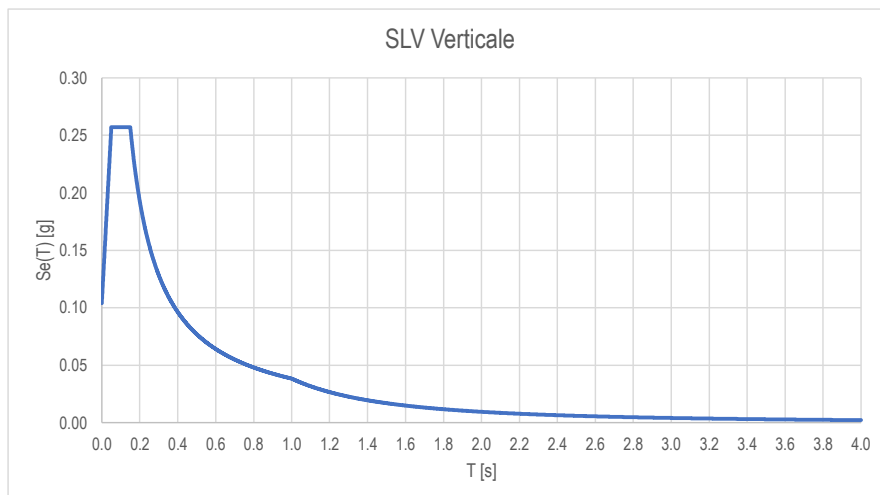


Figura 1.23. Spettro di risposta verticale SLV con smorzamento equivalente del 5%

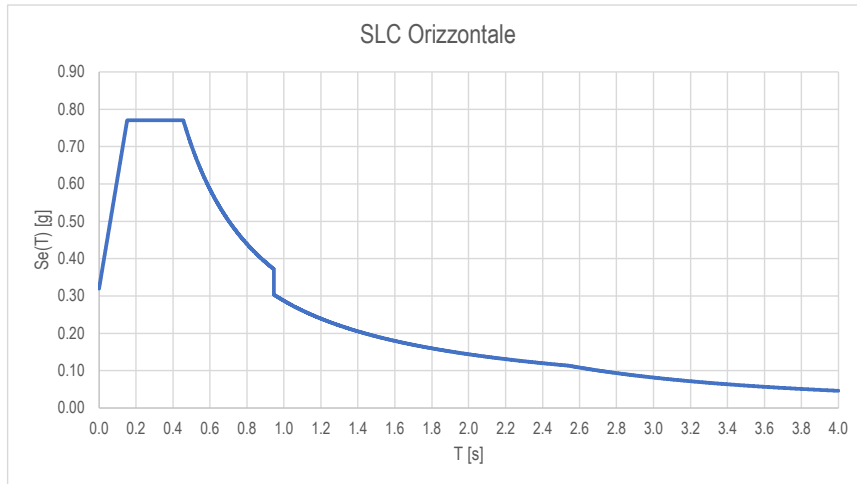


Figura 1.24. Spettro di risposta orizzontale SLC con smorzamento equivalente del 10%

1.5 CRITERI DI CALCOLO

Nel presente capitolo si riportano i criteri generali di verifica degli elementi strutturali soggetti alle azioni statiche e sismiche, gli approcci ed 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.

1.5.1 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 ed 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 ed 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.

1.5.2 ANALISI GLOBALE ELASTICA

L'analisi è eseguita secondo il metodo globale elastico. Il programma di calcolo utilizzato per la modellazione è il SAP2000[®] versione 21 (licenze di Sap2000 Advanced/Ultimate intestata a Steel Project Engineering s.r.l.). Le sollecitazioni ottenute dai singoli modelli di calcolo di ciascuna fase resistente di seguito illustrata vengono involupate 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.).

1.5.2.1 Fasi di calcolo

Trattandosi, nel funzionamento globale dell'impalcato, di un sistema misto acciaio-cls. le azioni agenti vengono suddivise in tre fasi, corrispondenti al grado di maturazione del getto di cls. 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 per l'impalcato principale.

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 16.60.

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.

La sezione resistente risulta mista acciaio-calcestruzzo. Nel modello sono presenti elementi soletta longitudinali che schematizzano il contributo di rigidità longitudinale e trasversale della soletta; per tenere in considerazione i fenomeni " impulsivi " che accompagnano questa fase, 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 6.24.

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 e a quella uniforme.

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 computazionali può essere necessario utilizzare un modello privo di carichi per simulare la condizione di carico nullo, direttamente all'interno dell'involuppo 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.

Tabella 1-22: Files studio per l'analisi delle travi principali

NOME FILE	TIPO FASE	CARICHI
<i>Fase1.sdb</i>	Montaggio – caratteristiche statiche del solo acciaio	Peso proprio strutture metalliche, veletta, predalle cls 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>Cedimenti.sdb</i>	Carichi di lunga durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Effetto dei cedimenti vincolari
<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>Mint_***.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, addossato su trave interno curva. 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>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, addossato su trave esterno curva. 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>T1int_**.sdb</i> (più file in funzione del numero di campate)	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Come T1ext ma con il carico
<i>T1ext_***.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 1 stesa di carico, addossato su trave esterno curva. 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>T2int_**.sdb</i> (più file in funzione del numero di campate)	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Come T2ext ma con il carico addossato su trave interna.
<i>T2ext_**.sdb</i> (più file in funzione del numero di campate)	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Come T1ext ma con due stese di carico
<i>Vento.sdb</i>	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Azione da vento
<i>Centrifuga.sdb</i>	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Azione centrifuga da traffico

1.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, il punto 2.5.3 del D.M. 2018 definisce le seguenti tipologie di combinazione delle azioni:

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

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

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), 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 A_d :

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

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 ;
$\psi_{i,j}$	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.

Tabella 1-23: 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

Azioni	Effetto del Carico	ψ_0 di combinazione	ψ_1 frequenti	ψ_2 quasi permanenti
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

1.5.3.1 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.

1.5.3.2 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.

Tabella 1-24: 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

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 Variazioni termiche	Favorevoli	γ_{E2}, γ_{E3}	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.

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.

1.5.3.3 Stati limite di esercizio

1.5.3.3.1 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.

1.5.3.3.2 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.

1.6 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 sezione collaborante nelle diverse fasi di calcolo. Per la modellazione dell'impalcato sono stati schematizzati gli elementi principali (travi longitudinali, diaframmi trasversali, 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 continua su sei appoggi con luci di 40 m.

È stata svolta un'analisi globale di tipo 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 dei diaframmi in fase 2 e fase 3 è stata determinata in accordo con il 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.

1.6.1 Discretizzazione della struttura

La struttura, analizzata con il metodo degli elementi finiti, è stata discretizzata seguendo i seguenti criteri:

1.6.1.1 Nodi

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

001 – 101	Trave interna
201 – 301	Trave centrale
401 – 501	Trave esterna

I nodi vincolati sono i seguenti:

001 – 201 – 401	Spalla 1
021 – 221 – 421	Pila 1
041 – 241 – 441	Pila 2
061 – 261 – 461	Pila 3
081 – 281 – 481	Pila 4
101 – 301 – 501	Pila 5

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.

1.6.1.2 Elementi

Gli elementi della struttura sono i seguenti:

Travi principali

001 – ... – 100	trave interna
201 – ... – 301	trave centrale
401 – ... – 501	trave esterna

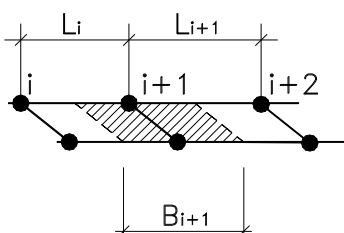
Diaframmi intermedi, di pila e di spalla

1001 – 2001	Diaframma di spalla 1
1021 – 2021	Diaframma di pila 1
1041 – 2041	Diaframma di pila 2
1061 – 2061	Diaframma di pila 3
1081 – 2081	Diaframma di pila 4
1101 – 2101	Diaframma di pila 5

Elementi soletta

10001 – 20001	Elementi soletta
...	
10101 – 20101	Elementi soletta

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:



1.6.2 Modello di calcolo agli elementi finiti

Nel seguito si riportano le immagini relative al graticcio di nodi ed 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 ed aste.

1.6.2.1 Modello completo

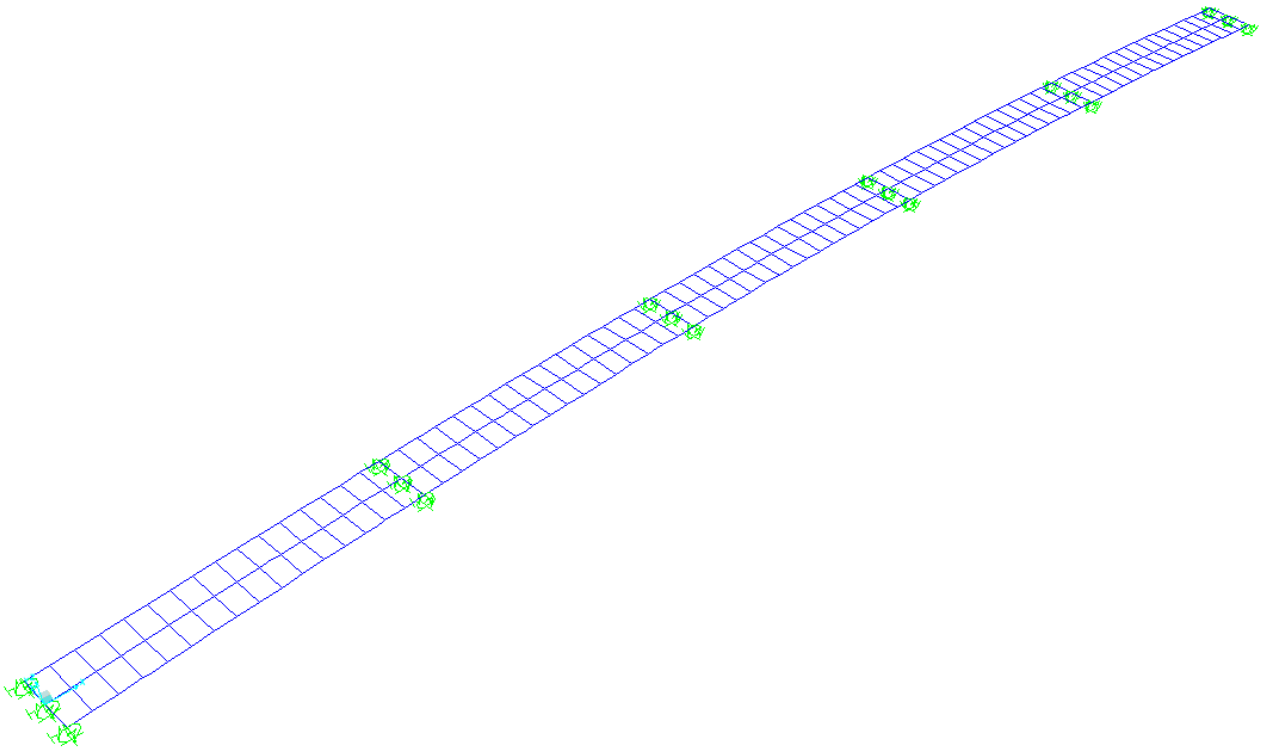


Figura 1.25. Modello 3D

1.6.2.2 Nodi

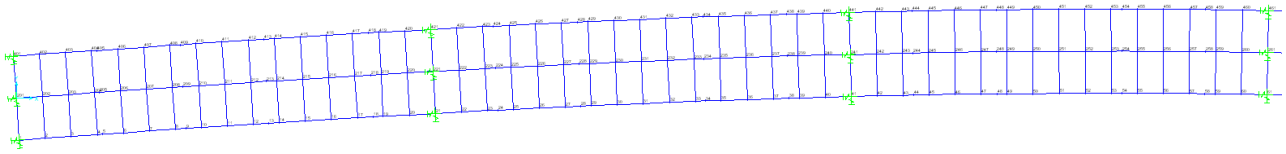


Figura 1.26. Nodi travi principali campata SP1 – P3

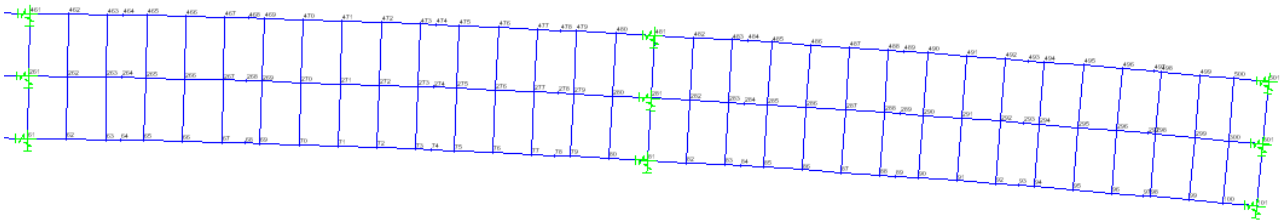


Figura 1.27. Nodi travi principali campata P3 – P5

1.6.2.3 Elementi travi, diaframmi e elementi soletta



Figura 1.28. Travi principali, diaframmi SP1 – P3

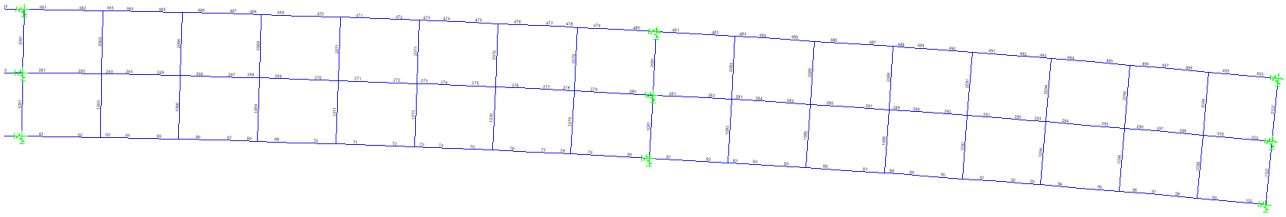


Figura 1.29. Travi principali, diaframmi P3 – P5

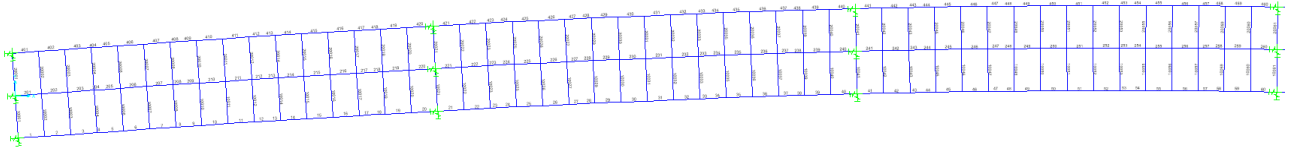


Figura 1.30. Travi principali, elementi soletta SP1 – P3

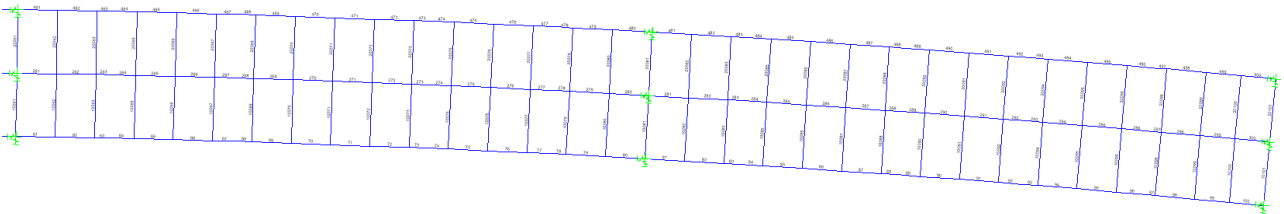


Figura 1.31. Travi principali, elementi soletta P3 – P5

1.6.2.4 Carichi applicati al modello

Si riportano come esempio alcuni caricamenti dei modelli globali

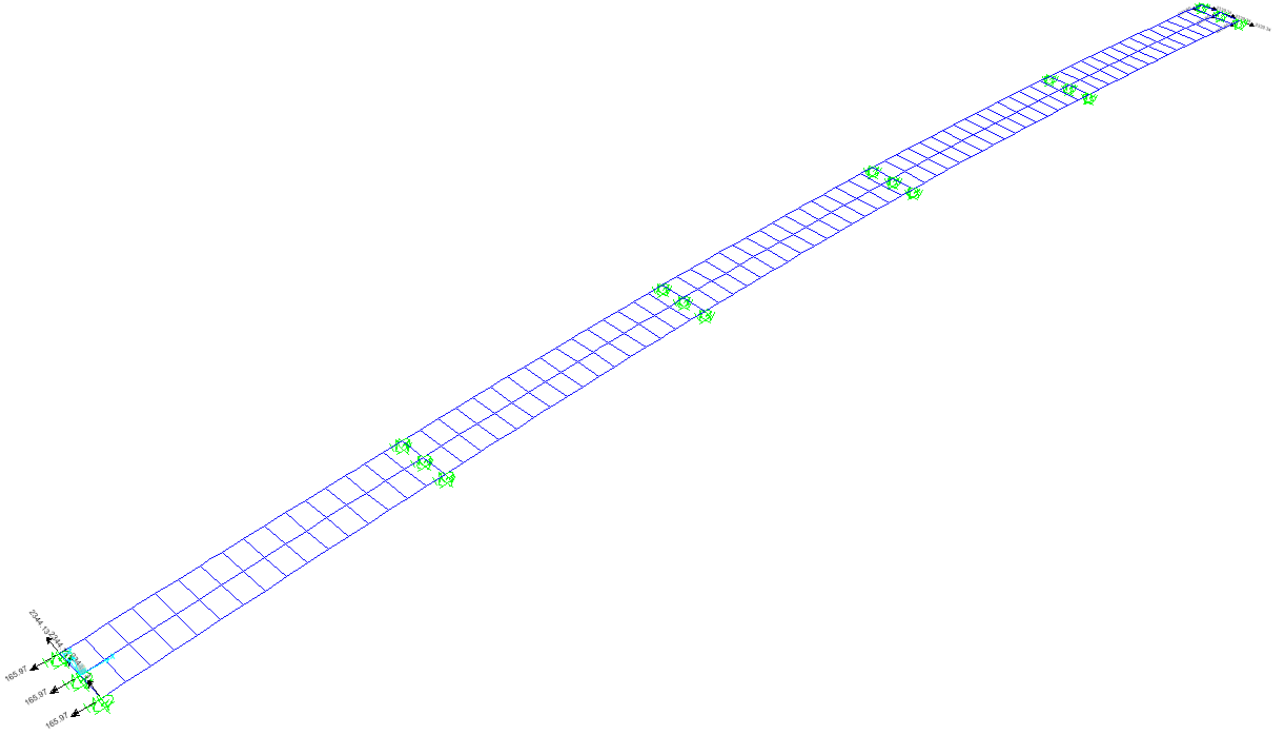


Figura 1.32 Ritiro

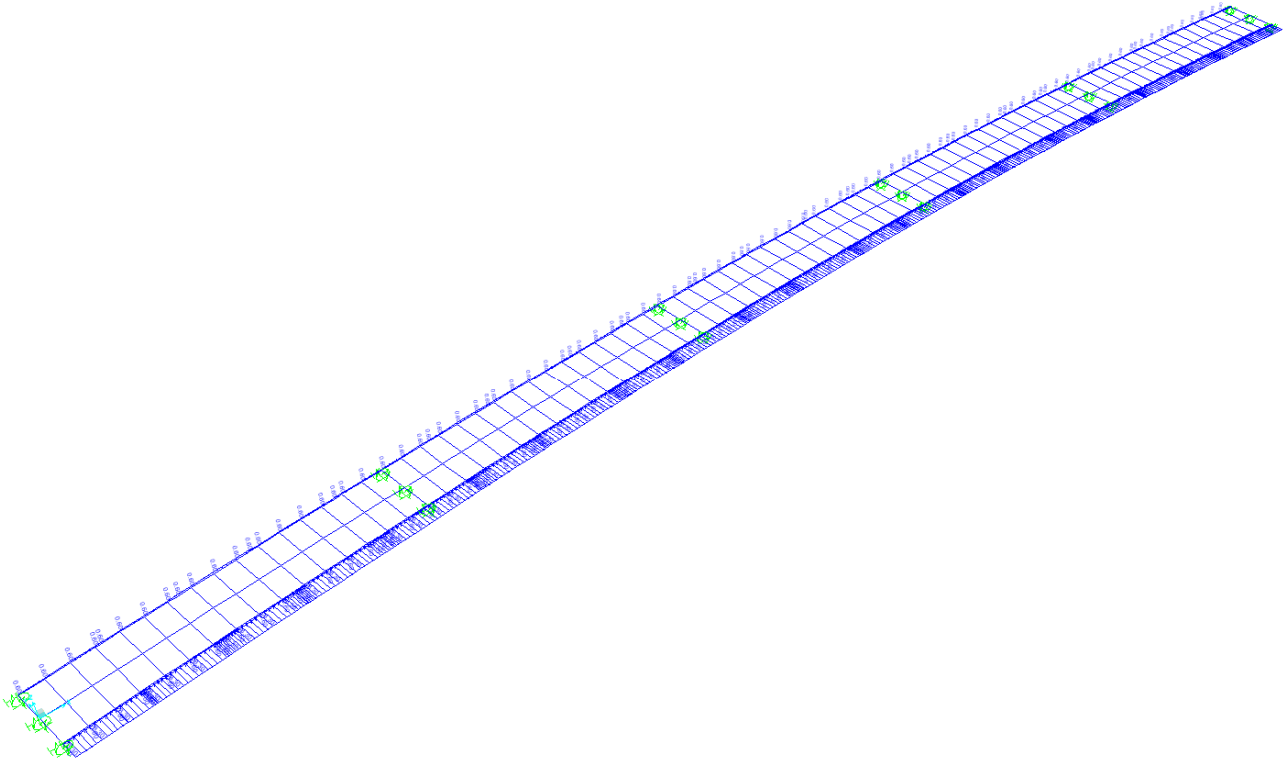


Figura 1.33 Vento

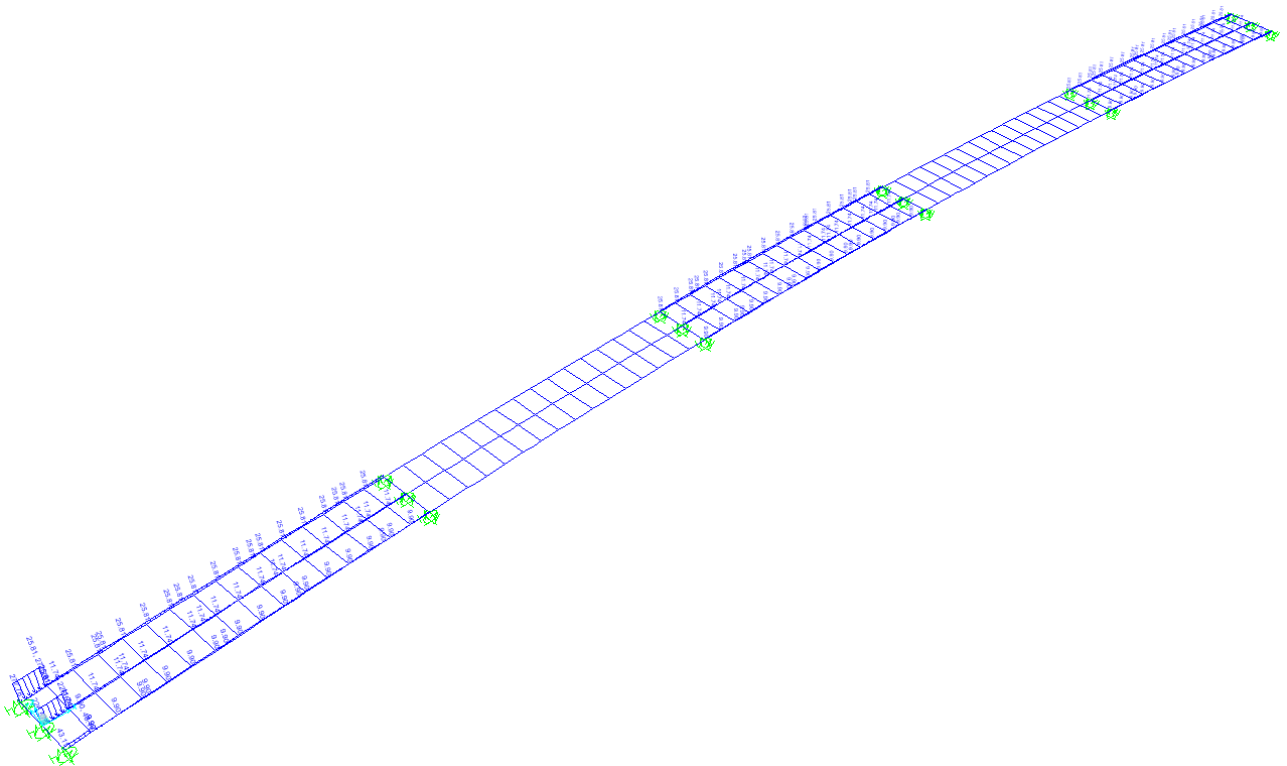


Figura 1.34 Traffico – Mext_M01 01 [kN/m]

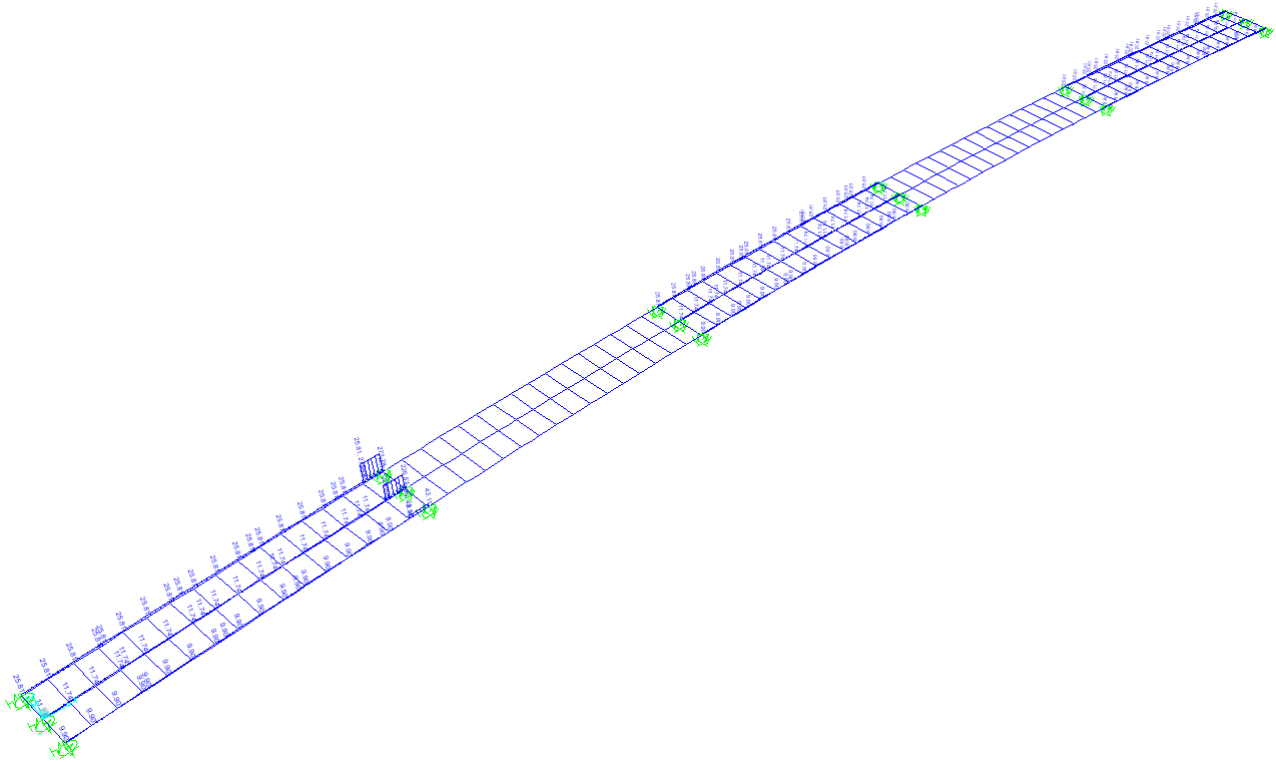


Figura 1.35 Traffico – Mext_M01-17 [kN/m]

1.6.3 Caratteristiche statiche delle sezioni

1.6.3.1 Larghezze collaboranti diaframmi

Le tre travi principali sono poste a interasse pari a 4.0 m e gli sbalzi laterali hanno luci pari a 2.00 m e 2.15 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:

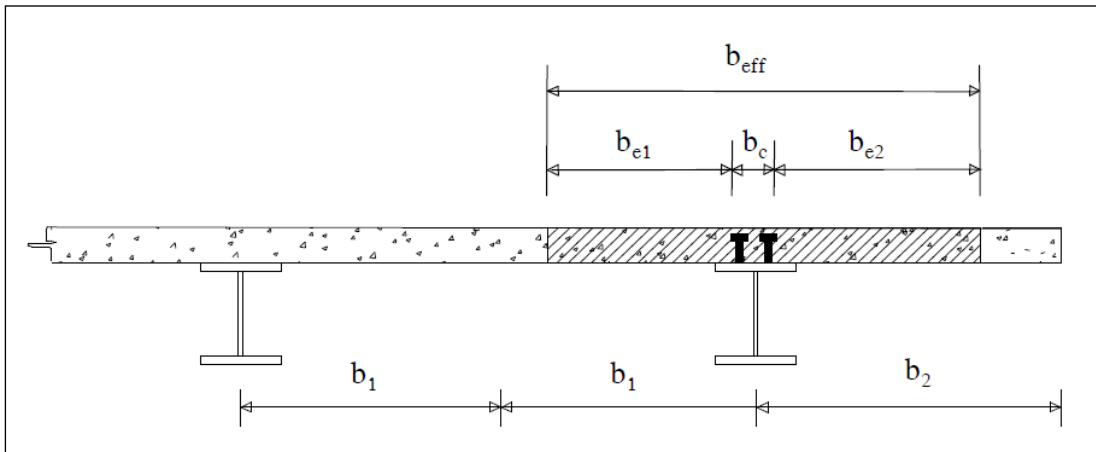


Figura 1.36. Definizione delle larghezze efficaci b_{eff}

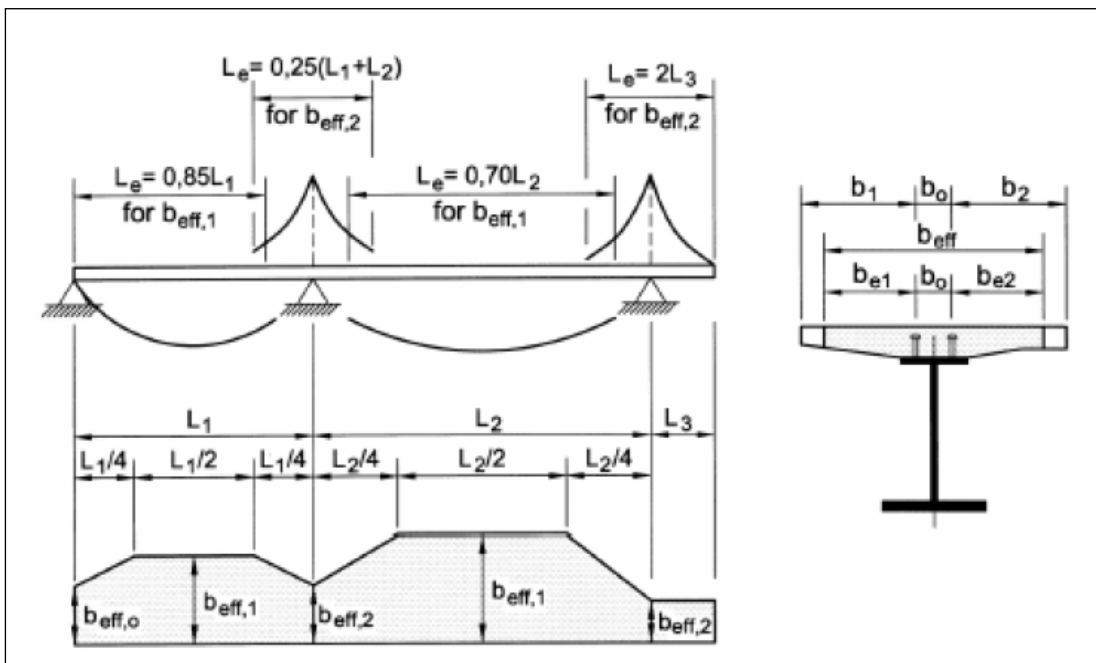


Figura 1.37. Larghezze efficaci b_{eff} e luci equivalenti L_e per travi continue

Campata di riva (SPA-P1; P4-P5)

numero di travi	3			
L ₁ =	4000 cm			
L _e = 0.85 x L ₁ =	3400 cm	Le / 8 ≈	425 cm	
i =	400 cm	(interasse travi longitudinali)		trave esterna
B _{tot} =	1215.5 cm			
b ₀ =	0 cm			
b _{e1} = min(L _e /8; b ₁) =	200 cm			
b _{e2} = min(L _e /8; b ₂) =	207.75 cm			

Conci in campata

Alla luce di ciò ai conci in campata di riva (C2,C3,C4) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi 1 e 3 $B_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} =$ 410 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:

$$\beta_1 = 0.98 < 1$$

$$\beta_2 = 0.96 < 1$$

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

Travi 1 e 3 $B_{eff} = b_0 + \beta_1 \cdot b_{e1} + \beta_2 \cdot b_{e2} =$ 395 cm

Campata di riva (SPA-P1; P4-P5)

$L_1 =$	4000 cm		
$L_e = 0.85 \times L_1 =$	3400 cm	$L_e / 8 \approx$	425 cm
$i =$	400 cm	(interasse travi longitudinali)	trave interna
$B_{tot} =$	1215.5 cm		
$b_0 =$	0 cm		
$b_{e1} = \min(L_e/8; b_1) =$	200 cm		
$b_{e2} = \min(L_e/8; b_2) =$	200 cm		

Conci in campata

Alla luce di ciò ai conci in campata di riva (C2,C3,C4) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Trave 2 $B_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} =$ 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:

$$\beta_1 = 0.98 < 1$$

$$\beta_2 = 0.98 < 1$$

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

Trave 2 $B_{eff} = b_0 + \beta_1 \cdot b_{e1} + \beta_2 \cdot b_{e2} =$ 390 cm

Pila 1 - 2 - 3 - 4

numero di travi	3		
L ₁ =	4000 cm		
L ₂ =	4000 cm		
L _e = 0.25 x (L ₁ +L ₂) =	2000 cm	Le / 8 ≈	250 cm
i =	400 cm	(interasse travi longitudinali)	trave esterna
B _{tot} =	1215.5 cm		
b ₀ =	0 cm		
b _{e1} = min(L _e /8; b ₁) =	200 cm		
b _{e2} = min(L _e /8; b ₂) =	207.75 cm		

Alla luce di ciò ai conci di pila (C4-C9) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 4) B_{eff} = b₀+b_{e1}+b_{e2} = 410 cm

Pila 1 - 2 - 3 - 4

L ₁ =	4000 cm		
L ₂ =	4000 cm		
L _e = 0.25 x (L ₁ +L ₂) =	2000 cm	Le / 8 ≈	250 cm
b ₀ =	0 cm		trave interna
b _{e1} = min(L _e /8; b ₁) =	200 cm		
b _{e2} = min(L _e /8; b ₂) =	200 cm		

Alla luce di ciò ai conci di pila (C4-C9) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 2) B_{eff} = b₀+b_{e1}+b_{e2} = 400 cm

1.6.3.2 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.

Tabella 1-25: Riferimento sezioni di analisi travi principali – conci di analisi.

Sezione d'analisi	Concio di analisi	Aste modello	Sezione d'analisi	Concio di analisi	Aste modello
001	C1	001 – 004 401 – 404	101	C1	201 – 204
002	C2	005 – 008 405 – 408	102	C2	205 – 208
003	C3	009 – 012 409 – 412	103	C3	209 – 212
004	C4	013 – 017 413 – 417	104	C4	213 – 217
005	C5	018 – 023 418 – 423	105	C5	218 – 223
006	C6	024 – 027 424 – 427	106	C6	224 – 227
007	C7	028 – 033 428 – 433	107	C7	228 – 233
008	C8	034 – 037 434 – 437	108	C8	234 – 237
009	C9	038 – 043 438 – 443	109	C9	238 – 243
010	C10	044 – 047 444 – 447	110	C10	244 – 247
011	C11	048 – 053 448 – 453	111	C11	248 – 253
010	C12	054 – 057 454 – 457	112	C12	254 – 257
009	C13	058 – 063 458 – 463	113	C13	258 – 263
008	C14	064 – 067 464 – 467	114	C14	264 – 267

007	C15	068 – 073 468 – 473	115	C15	268 – 273
006	C16	074 – 077 474 – 477	116	C16	274 – 277
005	C17	078 – 083 478 – 483	117	C17	278 – 283
004	C18	084 – 088 484 – 488	118	C18	284 – 288
003	C19	089 – 092 489 – 492	119	C19	289 – 292
002	C20	093 – 096 493 – 496	120	C20	293 – 296
001	C21	097 – 100 497 – 500	121	C21	297 – 300

1.6.3.3 Caratteristiche statiche delle travi principali

Fessurazione soletta

La soletta è considerata fessurata sul concio di pila.

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.

Sezione T1N010F T1N010F

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2000 mm
Piattabanda superiore	650x20 mm
Piattabanda inferiore	800x45 mm
Anima	18x1935 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4050x240 mm
Raccordo	650x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Caratteristiche geometriche lorde

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	8.383E+4	1.551E+5	1.551E+5	1.551E+5	2.523E+5	9.655E+4
Z _G (mm)	738.94	1385.323	1385.323	1385.323	1679.938	921.59
J _y (mm ⁴)	5.231E+10	1.289E+11	1.289E+11	1.289E+11	1.643E+11	7.364E+10
W _{y,0} (mm ³)	-7.079E+7	-9.307E+7	-9.307E+7	-9.307E+7	-9.782E+7	-7.991E+7
W _{y,1} (mm ³)	-7.538E+7	-9.619E+7	-9.619E+7	-9.619E+7	-1.005E+8	-8.401E+7
W _{y,3} (mm ³)	4.215E+7	2.168E+8	2.168E+8	2.168E+8	5.477E+8	6.958E+7
W _{y,4} (mm ³)	4.148E+7	2.097E+8	2.097E+8	2.097E+8	5.135E+8	6.829E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2E+8	2E+8	2E+8	4.695E+8	6.644E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	2E+8	2E+8	2E+8	4.695E+8	6.644E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.545E+8	1.545E+8	1.545E+8	3.043E+8	5.672E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.457E+8	1.457E+8	1.457E+8	2.785E+8	5.462E+7
S _{y,1} (mm ³)	2.579E+7	4.906E+7	4.906E+7	4.906E+7	5.967E+7	3.237E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.013E+7	6.523E+7	6.523E+7	6.523E+7	8.372E+7	3.928E+7
S _{y,3} (mm ³)	1.626E+7	6.205E+7	6.205E+7	6.205E+7	8.291E+7	2.92E+7
S _{y,4} (mm ³)	-1.863E-9	5.419E+7	5.419E+7	5.419E+7	7.888E+7	1.531E+7
n _E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.24	1E+300

Sezione T1N021I T1N021I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2000 mm
Piattabanda superiore	800x35 mm
Piattabanda inferiore	1200x50 mm
Anima	22x1915 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4050x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Caratteristiche geometriche lorde

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	1.301E+5	2.141E+5	2.141E+5	2.141E+5	3.113E+5	1.556E+5
Z _G (mm)	764.282	1304.912	1304.912	1304.912	1568.783	986.847
J _y (mm ⁴)	8.973E+10	1.872E+11	1.872E+11	1.872E+11	2.354E+11	1.294E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.174E+8	-1.435E+8	-1.435E+8	-1.435E+8	-1.501E+8	-1.311E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.256E+8	-1.492E+8	-1.492E+8	-1.492E+8	-1.55E+8	-1.381E+8
W _{y,3} (mm ³)	7.473E+7	2.836E+8	2.836E+8	2.836E+8	5.942E+8	1.323E+8
W _{y,4} (mm ³)	7.261E+7	2.693E+8	2.693E+8	2.693E+8	5.459E+8	1.277E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2.582E+8	2.582E+8	2.582E+8	5.104E+8	1.24E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	2.582E+8	2.582E+8	2.582E+8	5.104E+8	1.24E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	2.046E+8	2.046E+8	2.046E+8	3.615E+8	1.049E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.94E+8	1.94E+8	1.94E+8	3.357E+8	1.008E+8
S _{y,1} (mm ³)	4.436E+7	7.679E+7	7.679E+7	7.679E+7	9.263E+7	5.771E+7
S _{y,2} (mm ³)	4.997E+7	9.412E+7	9.412E+7	9.412E+7	1.18E+8	6.737E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.411E+7	8.932E+7	8.932E+7	8.932E+7	1.163E+8	5.684E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	7.035E+7	7.035E+7	7.035E+7	1.047E+8	2.896E+7
n _E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.24	1E+300

Sezione T1N050M T1N050M

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2000 mm
Piattabanda superiore	550x20 mm
Piattabanda inferiore	800x40 mm
Anima	18x1940 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4050x240 mm
Raccordo	550x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Caratteristiche geometriche lorde

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	7.792E+4	1.492E+5	1.492E+5	1.492E+5	2.464E+5	9.064E+4
Z _G (mm)	741.776	1412.409	1412.409	1412.409	1703.404	935.937
J _y (mm ⁴)	4.728E+10	1.21E+11	1.21E+11	1.21E+11	1.535E+11	6.832E+10
W _{y,0} (mm ³)	-6.374E+7	-8.569E+7	-8.569E+7	-8.569E+7	-9.013E+7	-7.3E+7
W _{y,1} (mm ³)	-6.737E+7	-8.819E+7	-8.819E+7	-8.819E+7	-9.23E+7	-7.626E+7
W _{y,3} (mm ³)	3.818E+7	2.132E+8	2.132E+8	2.132E+8	5.551E+8	6.544E+7
W _{y,4} (mm ³)	3.758E+7	2.06E+8	2.06E+8	2.06E+8	5.176E+8	6.421E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.96E+8	1.96E+8	1.96E+8	4.701E+8	6.245E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.96E+8	1.96E+8	1.96E+8	4.701E+8	6.245E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.499E+8	1.499E+8	1.499E+8	2.972E+8	5.321E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.411E+8	1.411E+8	1.411E+8	2.71E+8	5.121E+7
S _{y,1} (mm ³)	2.31E+7	4.456E+7	4.456E+7	4.456E+7	5.387E+7	2.931E+7
S _{y,2} (mm ³)	2.753E+7	6.151E+7	6.151E+7	6.151E+7	7.877E+7	3.653E+7
S _{y,3} (mm ³)	1.373E+7	5.861E+7	5.861E+7	5.861E+7	7.808E+7	2.672E+7
S _{y,4} (mm ³)	5.588E-9	5.226E+7	5.226E+7	5.226E+7	7.493E+7	1.513E+7
n _E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.24	1E+300

1.6.3.4 Inerzie diaframmi intermedi

I diaframmi di spalla, di pila e intermedi sono costituiti da profili ad anima piena composti saldati. Entrambi non sono collaboranti con la soletta di impalcato, di conseguenza le caratteristiche geometriche sono quelle della sola sezione metallica costituente il profilo.

1.6.3.5 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 250 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

1.6.4 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 principali e secondari dell'impalcato metallico, i file di output dell'analisi (file *.out ottenuti attraverso l'esportazione con routine di tipo API direttamente dal Sap2000 v21) 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 con il programma Ponti EC4 per le travi principali dell'impalcato e con fogli di calcolo o apposite routine realizzate ad hoc per gli altri elementi.

1.6.5 Massime azioni interne

1.6.5.1 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 ad 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 ad istante t_1 immediatamente dopo il getto, ed 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-cls.
 - fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine, per tutte le azioni accidentali legate a traffico, vento ed 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 ad istante successivo al getto, e di intensità costante nel tempo (es. permanenti di finitura);
- fase 2b: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante t_1 immediatamente dopo il getto, ed aventi sviluppo nel tempo parallelo a quello dei fenomeni differiti (ritiro);
- fase 2c: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per coazioni e/o cedimenti vincolari imposti all'istante t_1 dal il getto, ed aventi sviluppo nel tempo costante.
- fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine, utilizzata per le variazioni termiche differenziali e per tutte le azioni accidentali legate a traffico, vento ed 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 fl. 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 fl. 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 S.L.U. e i diagrammi relativi alle singole fasi per le travi principali di impalcato e i diaframmi.

1.6.5.2 Diagramma delle massime e minime sollecitazioni di verifica per le travi principali

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.

Fase 1

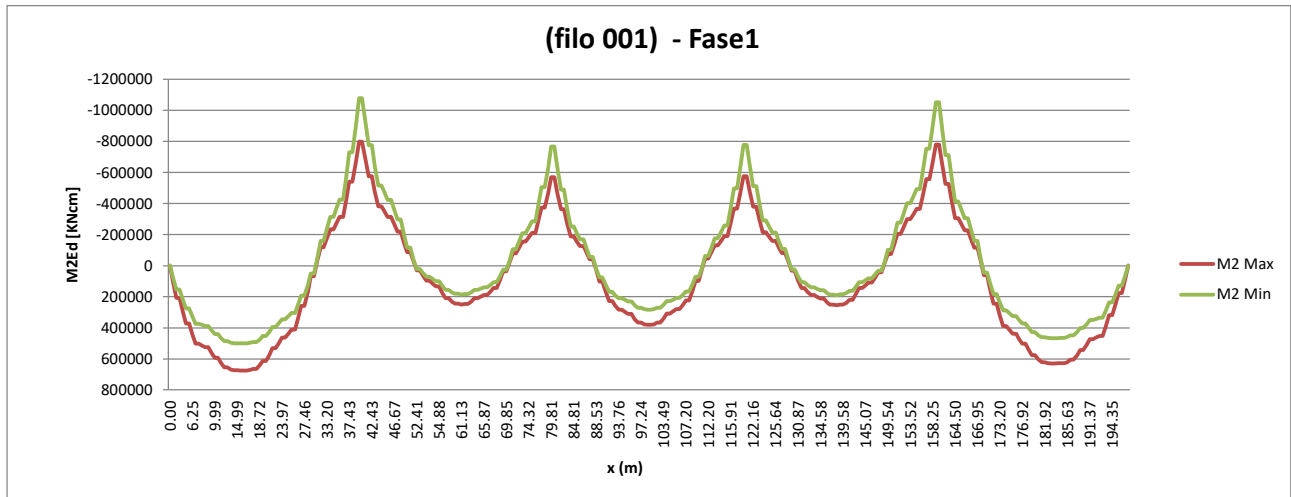


Figura 1.38 Carichi Fase 1 - momento sulla trave esterna (filo 001).

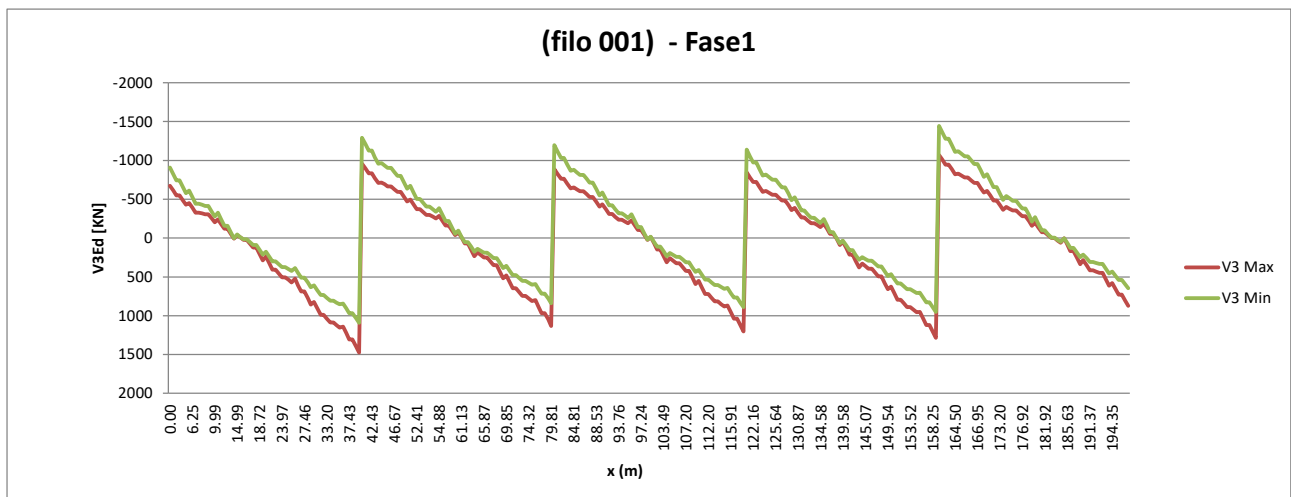


Figura 1.39 Carichi Fase 1 - taglio sulla trave esterna (filo 001).

Fase 2

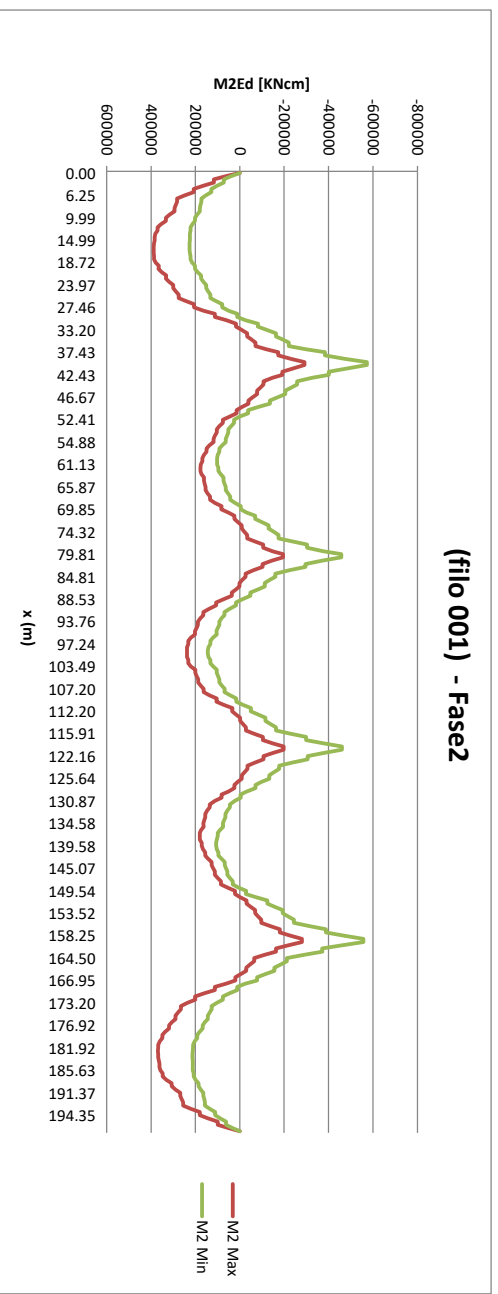


Figura 1.40 Carichi Fase 2 - momento sulla trave esterna (filo 001).

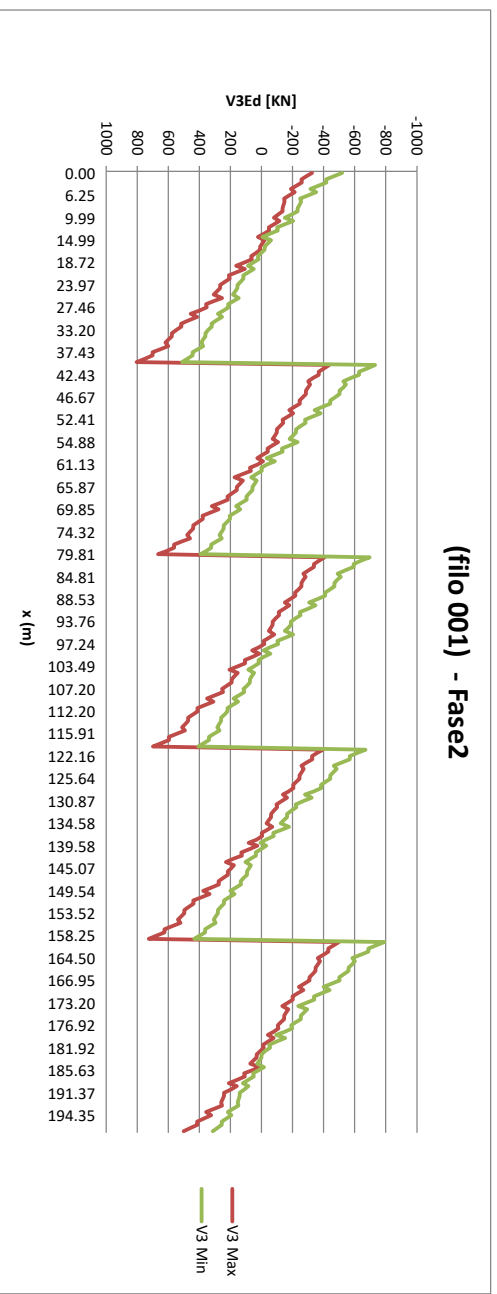


Figura 1.41 Carichi Fase 2 - taglio sulla trave esterna (filo 001).

SLU

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_M22.xlsx (max momento flettente) e R_SLU_V3.xlsx (max taglio). Si riportano i grafici relativi alla trave esterna (filo 001).

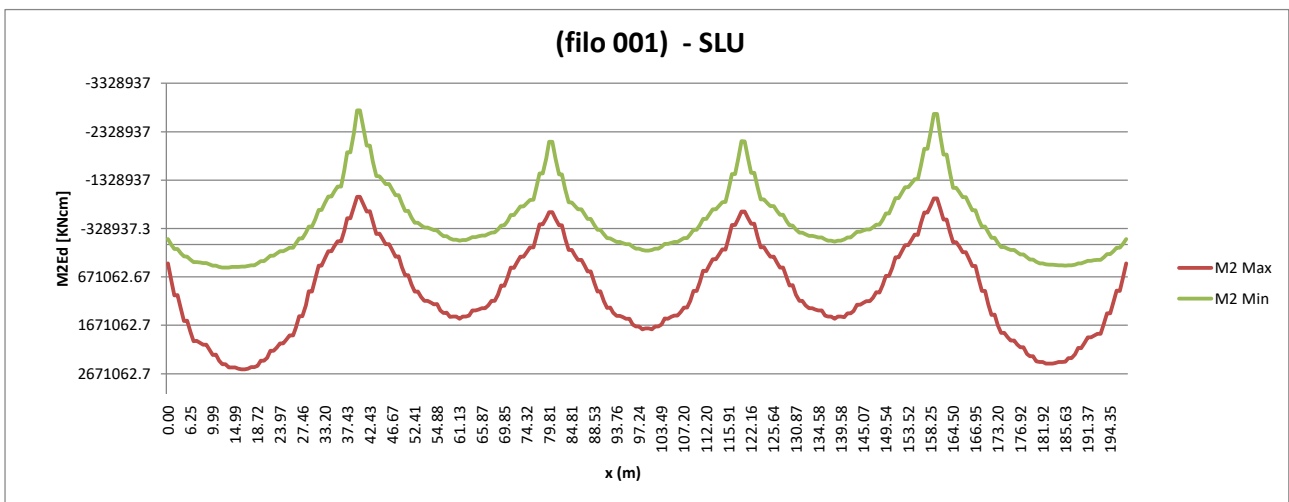


Figura 1.42: Involuppo del momento sulla trave esterna (filo 001).

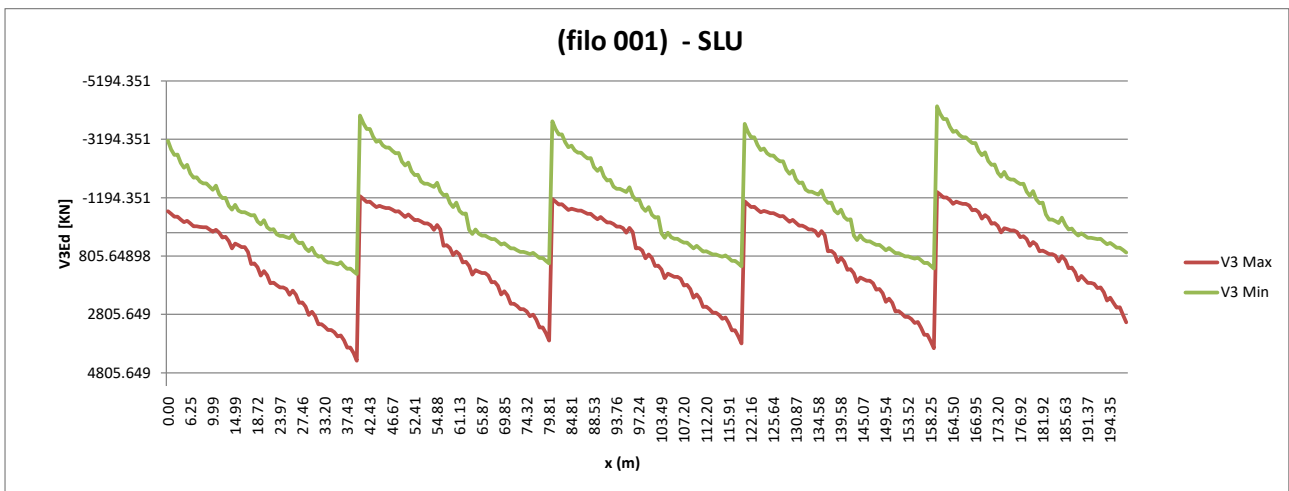


Figura 1.43: Involuppo del taglio sulla trave esterna (filo 001).

1.6.6 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
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_1			Linear Static	SOTTOSTRUTTURE	1
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_2			Linear Static	SOTTOSTRUTTURE	1
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
SLV_3			Linear Static	SOTTOSTRUTTURE	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_1			Linear Static	SOTTOSTRUTTURE	1
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_2			Linear Static	SOTTOSTRUTTURE	1
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
SLC_3			Linear Static	SOTTOSTRUTTURE	1

Tabella 1-26: Load Combination

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 rigidità orizzontale, elevata rigidità 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:

SPALLA – PILA

- coefficiente di smorzamento viscoso equivalente (pari a $\xi_{eq} = 10\%$),
- spostamento massimo pari a 200 mm,
- rigidità orizzontale equivalente $K_e = 4.30$ kN/mm
- rigidità verticale $K_v = 2735$ kN/mm

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

1.6.6.1 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 50 modi di vibrare.

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

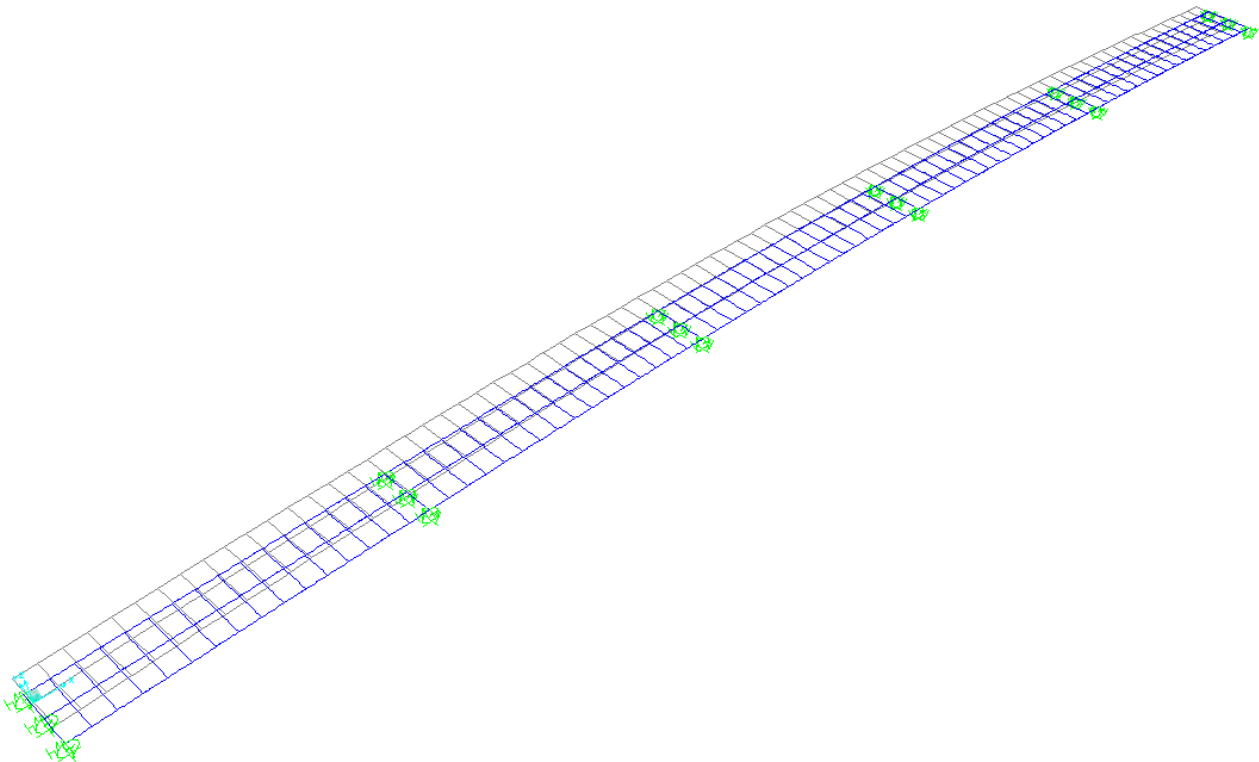


Figura 1-27: Primo modo di vibrare ($T = 1.349$)

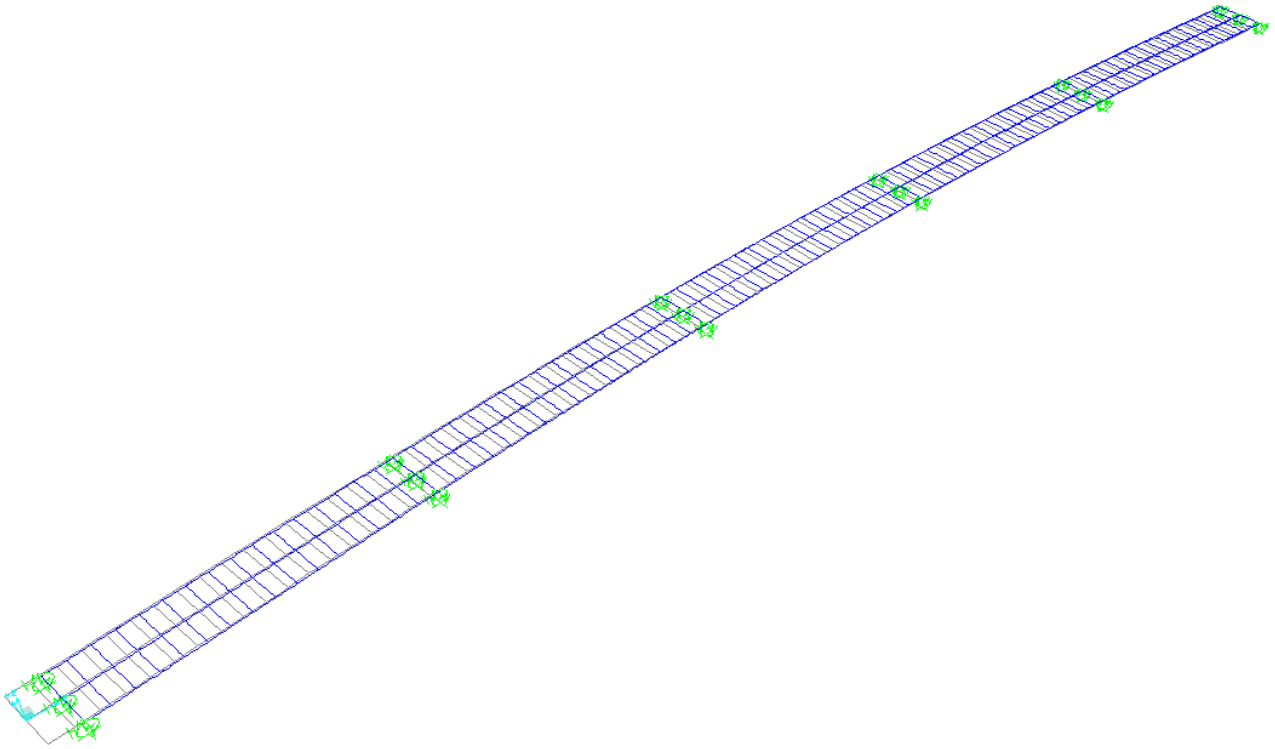


Figura 1-28: Secondo modo di vibrare ($T = 1.312$)

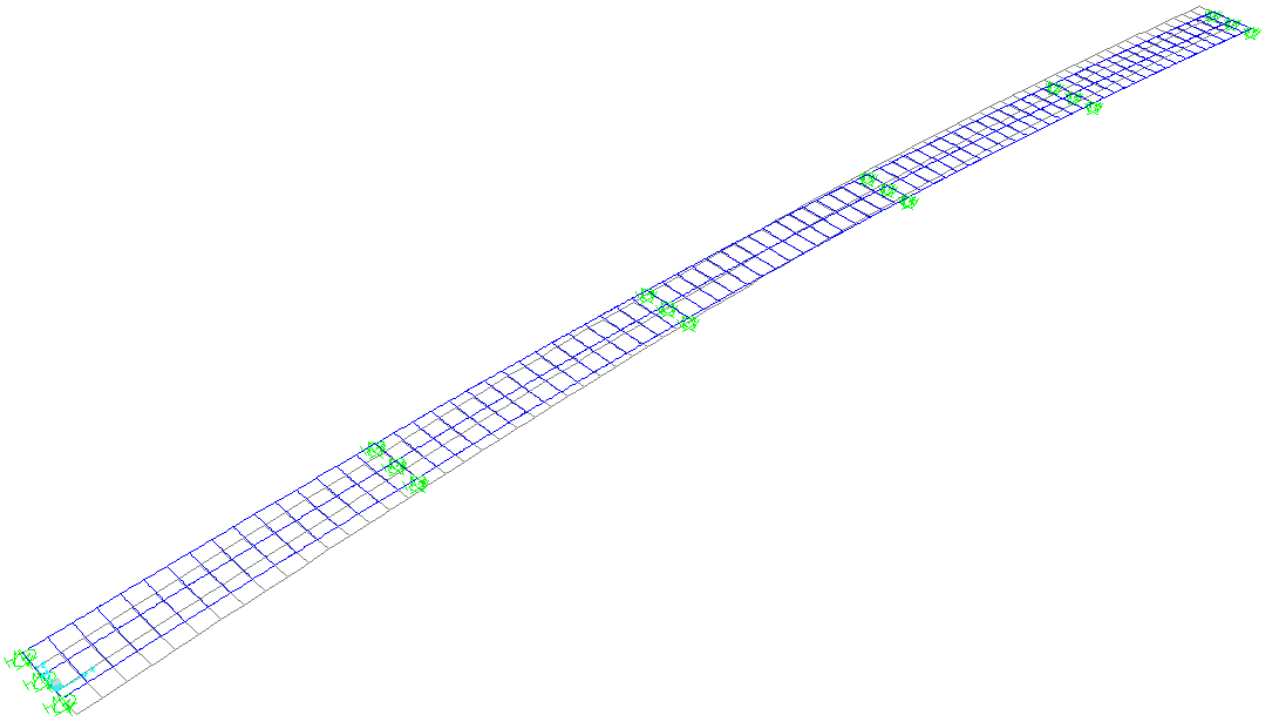


Figura 1-29: Terzo modo di vibrare ($T = 1.127$)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios											
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RZ	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.348955	0.00003889	0.982	0	3.89E-05	0.982	0	0.729	0.729
MODAL	Mode	2	1.311544	1	0.00003997	0	1	0.983	0	0.0009505	0.73
MODAL	Mode	3	1.126591	0.00003938	0.00004915	0	1	0.983	0	0.256	0.986
MODAL	Mode	4	0.677248	5.301E-07	0.017	0	1	1	0	0.013	0.999
MODAL	Mode	5	0.488349	0	0	0.016	1	1	0.016	0	0.999
MODAL	Mode	6	0.461818	0	0	0.009657	1	1	0.026	0	0.999
MODAL	Mode	7	0.447692	0	0	0.00003329	1	1	0.026	0	0.999
MODAL	Mode	8	0.420494	0	0	0.00006927	1	1	0.026	0	0.999
MODAL	Mode	9	0.379907	0	0	0.026	1	1	0.052	0	0.999
MODAL	Mode	10	0.351968	0	0	0.054	1	1	0.106	0	0.999
MODAL	Mode	11	0.325433	0.000003207	4.902E-09	0	1	1	0.106	0.0005816	1
MODAL	Mode	12	0.318675	0	0	0.00006286	1	1	0.106	0	1
...											
MODAL	Mode	50	0.006888	3.769E-09	1.05E-12	0.00002484	1	1	0.99	1.997E-11	1

Tabella 1-30: Periodi e masse partecipanti dei principali modi di vibrare

1.6.6.2 Reazioni degli appoggi allo SLV

Nel paragrafo seguente vengono indicate le reazioni degli appoggi allo SLV, utili al dimensionamento degli appoggi stessi e per quello della sottostruttura rappresentata dalle spalle.

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm
P1-0	SLV_1	Combination	Max	397.302	118.846	3058.749	0	0	0
P1-0	SLV_1	Combination	Min	-397.302	-118.846	2927.524	0	0	0
P1-0	SLV_2	Combination	Max	187.347	335.635	3058.751	0	0	0
P1-0	SLV_2	Combination	Min	-187.347	-335.635	2927.522	0	0	0
P1-0	SLV_3	Combination	Max	168.145	106.983	3211.842	0	0	0
P1-0	SLV_3	Combination	Min	-168.145	-106.983	2774.431	0	0	0
P1-1	SLV_1	Combination	Max	395.504	118.844	2187.277	0	0	0
P1-1	SLV_1	Combination	Min	-395.504	-118.844	2079.711	0	0	0
P1-1	SLV_2	Combination	Max	180.401	335.631	2187.279	0	0	0
P1-1	SLV_2	Combination	Min	-180.401	-335.631	2079.71	0	0	0
P1-1	SLV_3	Combination	Max	166.27	106.981	2312.769	0	0	0
P1-1	SLV_3	Combination	Min	-166.27	-106.981	1954.22	0	0	0
P1-2	SLV_1	Combination	Max	394.011	118.844	2409.587	0	0	0
P1-2	SLV_1	Combination	Min	-394.011	-118.844	2262.464	0	0	0
P1-2	SLV_2	Combination	Max	174.309	335.631	2409.589	0	0	0
P1-2	SLV_2	Combination	Min	-174.309	-335.631	2262.462	0	0	0
P1-2	SLV_3	Combination	Max	164.667	106.981	2581.229	0	0	0
P1-2	SLV_3	Combination	Min	-164.667	-106.981	2090.822	0	0	0
P2-0	SLV_1	Combination	Max	352.136	125.615	2687.329	0	0	0
P2-0	SLV_1	Combination	Min	-352.136	-125.615	2517.695	0	0	0
P2-0	SLV_2	Combination	Max	130.965	383.601	2687.33	0	0	0
P2-0	SLV_2	Combination	Min	-130.965	-383.601	2517.693	0	0	0
P2-0	SLV_3	Combination	Max	122.465	120.083	2885.232	0	0	0
P2-0	SLV_3	Combination	Min	-122.465	-120.083	2319.791	0	0	0
P2-1	SLV_1	Combination	Max	351.465	125.614	1882.417	0	0	0
P2-1	SLV_1	Combination	Min	-351.465	-125.614	1737.417	0	0	0
P2-1	SLV_2	Combination	Max	128.454	383.596	1882.418	0	0	0
P2-1	SLV_2	Combination	Min	-128.454	-383.596	1737.416	0	0	0
P2-1	SLV_3	Combination	Max	121.795	120.081	2051.58	0	0	0
P2-1	SLV_3	Combination	Min	-121.795	-120.081	1568.254	0	0	0
P2-2	SLV_1	Combination	Max	350.944	125.613	2147.98	0	0	0
P2-2	SLV_1	Combination	Min	-350.944	-125.613	1944.592	0	0	0
P2-2	SLV_2	Combination	Max	126.275	383.594	2147.981	0	0	0
P2-2	SLV_2	Combination	Min	-126.275	-383.594	1944.591	0	0	0
P2-2	SLV_3	Combination	Max	121.239	120.081	2385.263	0	0	0
P2-2	SLV_3	Combination	Min	-121.239	-120.081	1707.309	0	0	0
P3-0	SLV_1	Combination	Max	351.424	122.365	2699.427	0	0	0
P3-0	SLV_1	Combination	Min	-351.424	-122.365	2525.848	0	0	0
P3-0	SLV_2	Combination	Max	127.83	381.081	2699.429	0	0	0
P3-0	SLV_2	Combination	Min	-127.83	-381.081	2525.846	0	0	0
P3-0	SLV_3	Combination	Max	121.742	118.844	2901.934	0	0	0
P3-0	SLV_3	Combination	Min	-121.742	-118.844	2323.341	0	0	0
P3-1	SLV_1	Combination	Max	350.616	122.363	1891.543	0	0	0
P3-1	SLV_1	Combination	Min	-350.616	-122.363	1744.581	0	0	0
P3-1	SLV_2	Combination	Max	124.862	381.076	1891.544	0	0	0
P3-1	SLV_2	Combination	Min	-124.862	-381.076	1744.58	0	0	0
P3-1	SLV_3	Combination	Max	120.915	118.842	2062.995	0	0	0
P3-1	SLV_3	Combination	Min	-120.915	-118.842	1573.128	0	0	0
P3-3	SLV_1	Combination	Max	350.059	122.363	2154.943	0	0	0
P3-3	SLV_1	Combination	Min	-350.059	-122.363	1950.577	0	0	0
P3-3	SLV_2	Combination	Max	122.566	381.074	2154.944	0	0	0
P3-3	SLV_2	Combination	Min	-122.566	-381.074	1950.576	0	0	0
P3-3	SLV_3	Combination	Max	120.307	118.842	2393.367	0	0	0
P3-3	SLV_3	Combination	Min	-120.307	-118.842	1712.153	0	0	0

P4-0	SLV_1	Combination	Max	397.313	117.923	3016.41	0	0	0
P4-0	SLV_1	Combination	Min	-397.313	-117.923	2879.21	0	0	0
P4-0	SLV_2	Combination	Max	187.301	331.038	3016.411	0	0	0
P4-0	SLV_2	Combination	Min	-187.301	-331.038	2879.209	0	0	0
P4-0	SLV_3	Combination	Max	168.24	106.104	3176.472	0	0	0
P4-0	SLV_3	Combination	Min	-168.24	-106.104	2719.148	0	0	0
P4-1	SLV_1	Combination	Max	395.513	117.921	2164.82	0	0	0
P4-1	SLV_1	Combination	Min	-395.513	-117.921	2053.058	0	0	0
P4-1	SLV_2	Combination	Max	180.094	331.034	2164.821	0	0	0
P4-1	SLV_2	Combination	Min	-180.094	-331.034	2053.056	0	0	0
P4-1	SLV_3	Combination	Max	166.315	106.103	2295.206	0	0	0
P4-1	SLV_3	Combination	Min	-166.315	-106.103	1922.671	0	0	0
P4-2	SLV_1	Combination	Max	394.036	117.921	2409.022	0	0	0
P4-2	SLV_1	Combination	Min	-394.036	-117.921	2258.267	0	0	0
P4-2	SLV_2	Combination	Max	173.8	331.033	2409.024	0	0	0
P4-2	SLV_2	Combination	Min	-173.8	-331.033	2258.265	0	0	0
P4-2	SLV_3	Combination	Max	164.677	106.102	2584.901	0	0	0
P4-2	SLV_3	Combination	Min	-164.677	-106.102	2082.388	0	0	0
P5-0	SLV_1	Combination	Max	440.659	103.957	1033.492	0	0	0
P5-0	SLV_1	Combination	Min	-440.659	-103.957	991.802	0	0	0
P5-0	SLV_2	Combination	Max	240.567	254.724	1033.492	0	0	0
P5-0	SLV_2	Combination	Min	-240.567	-254.724	991.802	0	0	0
P5-0	SLV_3	Combination	Max	212.599	85.173	1082.127	0	0	0
P5-0	SLV_3	Combination	Min	-212.599	-85.173	943.167	0	0	0
P5-1	SLV_1	Combination	Max	438.644	103.958	776.276	0	0	0
P5-1	SLV_1	Combination	Min	-438.644	-103.958	743.368	0	0	0
P5-1	SLV_2	Combination	Max	231.895	254.73	776.276	0	0	0
P5-1	SLV_2	Combination	Min	-231.895	-254.73	743.367	0	0	0
P5-1	SLV_3	Combination	Max	210.36	85.175	814.668	0	0	0
P5-1	SLV_3	Combination	Min	-210.36	-85.175	704.975	0	0	0
P5-2	SLV_1	Combination	Max	436.906	103.952	851.88	0	0	0
P5-2	SLV_1	Combination	Min	-436.906	-103.952	807.592	0	0	0
P5-2	SLV_2	Combination	Max	224.008	254.72	851.881	0	0	0
P5-2	SLV_2	Combination	Min	-224.008	-254.72	807.591	0	0	0
P5-2	SLV_3	Combination	Max	208.37	85.172	903.549	0	0	0
P5-2	SLV_3	Combination	Min	-208.37	-85.172	755.922	0	0	0
S1-0	SLV_1	Combination	Max	440.244	96.999	1072.848	0	0	0
S1-0	SLV_1	Combination	Min	-440.244	-96.999	1031.032	0	0	0
S1-0	SLV_2	Combination	Max	235.473	257.271	1072.848	0	0	0
S1-0	SLV_2	Combination	Min	-235.473	-257.271	1031.031	0	0	0
S1-0	SLV_3	Combination	Max	211.671	82.913	1121.632	0	0	0
S1-0	SLV_3	Combination	Min	-211.671	-82.913	982.248	0	0	0
S1-1	SLV_1	Combination	Max	438.042	96.999	787.32	0	0	0
S1-1	SLV_1	Combination	Min	-438.042	-96.999	755.769	0	0	0
S1-1	SLV_2	Combination	Max	226.726	257.277	787.32	0	0	0
S1-1	SLV_2	Combination	Min	-226.726	-257.277	755.768	0	0	0
S1-1	SLV_3	Combination	Max	209.322	82.914	824.129	0	0	0
S1-1	SLV_3	Combination	Min	-209.322	-82.914	718.959	0	0	0
S1-2	SLV_1	Combination	Max	436.146	96.994	846.544	0	0	0
S1-2	SLV_1	Combination	Min	-436.146	-96.994	804.145	0	0	0
S1-2	SLV_2	Combination	Max	218.851	257.267	846.544	0	0	0
S1-2	SLV_2	Combination	Min	-218.851	-257.267	804.145	0	0	0
S1-2	SLV_3	Combination	Max	207.249	82.911	896.007	0	0	0
S1-2	SLV_3	Combination	Min	-207.249	-82.911	754.682	0	0	0

Tabella 1-31: Reazioni inerenti alle combinazioni allo SLV

1.6.6.3 Spostamenti allo SLC e allo 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
P1-0	SLC_1	Combination	Max	11.001766	3.367663	11.5
P1-0	SLC_1	Combination	Min	-11.001766	-3.367663	11.5
P1-0	SLC_2	Combination	Max	5.016722	9.548215	10.8
P1-0	SLC_2	Combination	Min	-5.016722	-9.548215	10.8
P1-0	SLC_3	Combination	Max	4.469303	3.029509	5.4
P1-0	SLC_3	Combination	Min	-4.469303	-3.029509	5.4
P1-1	SLC_1	Combination	Max	10.949092	3.36762	11.5
P1-1	SLC_1	Combination	Min	-10.949092	-3.36762	11.5
P1-1	SLC_2	Combination	Max	4.817296	9.548099	10.7
P1-1	SLC_2	Combination	Min	-4.817296	-9.548099	10.7
P1-1	SLC_3	Combination	Max	4.414433	3.029472	5.4
P1-1	SLC_3	Combination	Min	-4.414433	-3.029472	5.4
P1-2	SLC_1	Combination	Max	10.905117	3.367615	11.4
P1-2	SLC_1	Combination	Min	-10.905117	-3.367615	11.4
P1-2	SLC_2	Combination	Max	4.6422	9.548085	10.6
P1-2	SLC_2	Combination	Min	-4.6422	-9.548085	10.6
P1-2	SLC_3	Combination	Max	4.367321	3.029464	5.3
P1-2	SLC_3	Combination	Min	-4.367321	-3.029464	5.3
P2-0	SLC_1	Combination	Max	9.931137	3.556138	10.5
P2-0	SLC_1	Combination	Min	-9.931137	-3.556138	10.5
P2-0	SLC_2	Combination	Max	3.626339	10.911135	11.5
P2-0	SLC_2	Combination	Min	-3.626339	-10.911135	11.5
P2-0	SLC_3	Combination	Max	3.384031	3.398468	4.8
P2-0	SLC_3	Combination	Min	-3.384031	-3.398468	4.8
P2-1	SLC_1	Combination	Max	9.911399	3.556089	10.5
P2-1	SLC_1	Combination	Min	-9.911399	-3.556089	10.5
P2-1	SLC_2	Combination	Max	3.554122	10.910996	11.5
P2-1	SLC_2	Combination	Min	-3.554122	-10.910996	11.5
P2-1	SLC_3	Combination	Max	3.364297	3.398408	4.8
P2-1	SLC_3	Combination	Min	-3.364297	-3.398408	4.8
P2-2	SLC_1	Combination	Max	9.8959	3.556075	10.5
P2-2	SLC_1	Combination	Min	-9.8959	-3.556075	10.5
P2-2	SLC_2	Combination	Max	3.491385	10.910942	11.5
P2-2	SLC_2	Combination	Min	-3.491385	-10.910942	11.5
P2-2	SLC_3	Combination	Max	3.347831	3.398402	4.8
P2-2	SLC_3	Combination	Min	-3.347831	-3.398402	4.8
P3-0	SLC_1	Combination	Max	9.909286	3.462587	10.5
P3-0	SLC_1	Combination	Min	-9.909286	-3.462587	0.0
P3-0	SLC_2	Combination	Max	3.535412	10.838401	11.4
P3-0	SLC_2	Combination	Min	-3.535412	-10.838401	11.4
P3-0	SLC_3	Combination	Max	3.36189	3.36223	4.8
P3-0	SLC_3	Combination	Min	-3.36189	-3.36223	4.8
P3-1	SLC_1	Combination	Max	9.88576	3.462535	10.5
P3-1	SLC_1	Combination	Min	-9.88576	-3.462535	10.5
P3-1	SLC_2	Combination	Max	3.450299	10.838249	11.4
P3-1	SLC_2	Combination	Min	-3.450299	-10.838249	11.4
P3-1	SLC_3	Combination	Max	3.337781	3.362169	4.7
P3-1	SLC_3	Combination	Min	-3.337781	-3.362169	4.7
P3-3	SLC_1	Combination	Max	9.869413	3.462516	10.5
P3-3	SLC_1	Combination	Min	-9.869413	-3.462516	10.5
P3-3	SLC_2	Combination	Max	3.38437	10.83818	11.4
P3-3	SLC_2	Combination	Min	-3.38437	-10.83818	11.4
P3-3	SLC_3	Combination	Max	3.31998	3.362157	4.7
P3-3	SLC_3	Combination	Min	-3.31998	-3.362157	4.7

P4-0	SLC_1	Combination	Max	11.001037	3.337507	11.5
P4-0	SLC_1	Combination	Min	-11.001037	-3.337507	11.5
P4-0	SLC_2	Combination	Max	5.014385	9.413309	10.7
P4-0	SLC_2	Combination	Min	-5.014385	-9.413309	10.7
P4-0	SLC_3	Combination	Max	4.470983	3.000611	5.4
P4-0	SLC_3	Combination	Min	-4.470983	-3.000611	5.4
P4-1	SLC_1	Combination	Max	10.948251	3.337463	11.4
P4-1	SLC_1	Combination	Min	-10.948251	-3.337463	11.4
P4-1	SLC_2	Combination	Max	4.807429	9.41319	10.6
P4-1	SLC_2	Combination	Min	-4.807429	-9.41319	10.6
P4-1	SLC_3	Combination	Max	4.414595	3.000572	5.3
P4-1	SLC_3	Combination	Min	-4.414595	-3.000572	5.3
P4-2	SLC_1	Combination	Max	10.904658	3.337456	11.4
P4-2	SLC_1	Combination	Min	-10.904658	-3.337456	11.4
P4-2	SLC_2	Combination	Max	4.626496	9.413171	10.5
P4-2	SLC_2	Combination	Min	-4.626496	-9.413171	10.5
P4-2	SLC_3	Combination	Max	4.366423	3.000563	5.3
P4-2	SLC_3	Combination	Min	-4.366423	-3.000563	5.3
P5-0	SLC_1	Combination	Max	12.02158	2.940295	12.4
P5-0	SLC_1	Combination	Min	-12.02158	-2.940295	12.4
P5-0	SLC_2	Combination	Max	6.317698	7.238562	9.6
P5-0	SLC_2	Combination	Min	-6.317698	-7.238562	9.6
P5-0	SLC_3	Combination	Max	5.520377	2.404856	6.0
P5-0	SLC_3	Combination	Min	-5.520377	-2.404856	6.0
P5-1	SLC_1	Combination	Max	11.96188	2.940307	12.3
P5-1	SLC_1	Combination	Min	-11.96188	-2.940307	12.3
P5-1	SLC_2	Combination	Max	6.06824	7.23872	9.4
P5-1	SLC_2	Combination	Min	-6.06824	-7.23872	9.4
P5-1	SLC_3	Combination	Max	5.454314	2.404893	6.0
P5-1	SLC_3	Combination	Min	-5.454314	-2.404893	6.0
P5-2	SLC_1	Combination	Max	11.910093	2.940151	12.3
P5-2	SLC_1	Combination	Min	-11.910093	-2.940151	12.3
P5-2	SLC_2	Combination	Max	5.841136	7.238443	9.3
P5-2	SLC_2	Combination	Min	-5.841136	-7.238443	9.3
P5-2	SLC_3	Combination	Max	5.395328	2.404803	5.9
P5-2	SLC_3	Combination	Min	-5.395328	-2.404803	5.9
S1-0	SLC_1	Combination	Max	12.00638	2.754049	12.3
S1-0	SLC_1	Combination	Min	-12.00638	-2.754049	12.3
S1-0	SLC_2	Combination	Max	6.169126	7.323289	9.6
S1-0	SLC_2	Combination	Min	-6.169126	-7.323289	9.6
S1-0	SLC_3	Combination	Max	5.490578	2.352531	6.0
S1-0	SLC_3	Combination	Min	-5.490578	-2.352531	6.0
S1-1	SLC_1	Combination	Max	11.941859	2.754064	12.3
S1-1	SLC_1	Combination	Min	-11.941859	-2.754064	12.3
S1-1	SLC_2	Combination	Max	5.91803	7.323459	9.4
S1-1	SLC_2	Combination	Min	-5.91803	-7.323459	9.4
S1-1	SLC_3	Combination	Max	5.421865	2.352571	5.9
S1-1	SLC_3	Combination	Min	-5.421865	-2.352571	5.9
S1-2	SLC_1	Combination	Max	11.886074	2.753904	12.2
S1-2	SLC_1	Combination	Min	-11.886074	-2.753904	12.2
S1-2	SLC_2	Combination	Max	5.691779	7.323176	9.3
S1-2	SLC_2	Combination	Min	-5.691779	-7.323176	9.3
S1-2	SLC_3	Combination	Max	5.361041	2.352468	5.9
S1-2	SLC_3	Combination	Min	-5.361041	-2.352468	5.9

Tabella 1-32: Spostamento dei vincoli alle combinazioni allo SLC

Lo spostamento massimo richiesto in combinazione SLC è dunque pari a 124 mm che risulta essere minore rispetto alla corsa dell'isolatore che risulta essere pari a 200 mm.

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

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepTy	U1	U2
Text	Text	Text	Text	cm	cm
P1-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	2.016217	3.443833
P1-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-2.016217	-3.443833
P1-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.979694	3.443664
P1-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.979694	-3.443664
P1-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.94317	3.44356
P1-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.94317	-3.44356
P2-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.890032	3.665758
P2-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.890032	-3.665758
P2-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.877678	3.66559
P2-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.877678	-3.66559
P2-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.865323	3.665478
P2-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.865323	-3.665478
P3-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.857114	3.642296
P3-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.857114	-3.642296
P3-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.842929	3.642125
P3-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.842929	-3.642125
P3-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.828744	3.64201
P3-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.828744	-3.64201
P4-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	2.01694	3.417659
P4-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-2.01694	-3.417659
P4-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.97895	3.417488
P4-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.97895	-3.417488
P4-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.94096	3.417383
P4-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.94096	-3.417383
P5-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	2.14546	2.983772
P5-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-2.14546	-2.983772
P5-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	2.095724	2.983739
P5-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-2.095724	-2.983739
P5-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	2.046022	2.983618
P5-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-2.046022	-2.983618
S1-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	2.076356	2.984181
S1-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-2.076356	-2.984181
S1-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	1.978757	2.984016
S1-2	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-1.978757	-2.984016

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

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepTy	U1	U2
Text	Text	Text	Text	cm	cm
P1-0	ENV SLU	Combination	Max	3.206117	5.682081
P1-0	ENV SLU	Combination	Min	-3.206117	-5.682081
P1-1	ENV SLU	Combination	Max	3.170268	5.681799
P1-1	ENV SLU	Combination	Min	-3.170268	-5.681799
P1-2	ENV SLU	Combination	Max	3.134418	5.681626
P1-2	ENV SLU	Combination	Min	-3.134418	-5.681626
P2-0	ENV SLU	Combination	Max	3.082037	6.082808
P2-0	ENV SLU	Combination	Min	-3.082037	-6.082808
P2-1	ENV SLU	Combination	Max	3.070066	6.082528
P2-1	ENV SLU	Combination	Min	-3.070066	-6.082528
P2-2	ENV SLU	Combination	Max	3.058093	6.082342
P2-2	ENV SLU	Combination	Min	-3.058093	-6.082342
P3-0	ENV SLU	Combination	Max	3.049233	6.053363
P3-0	ENV SLU	Combination	Min	-3.049233	-6.053363
P3-1	ENV SLU	Combination	Max	3.035479	6.053078
P3-1	ENV SLU	Combination	Min	-3.035479	-6.053078
P3-2	ENV SLU	Combination	Max	3.021727	6.052888
P3-2	ENV SLU	Combination	Min	-3.021727	-6.052888
P4-0	ENV SLU	Combination	Max	3.206525	5.637089
P4-0	ENV SLU	Combination	Min	-3.206525	-5.637089
P4-1	ENV SLU	Combination	Max	3.169371	5.636805
P4-1	ENV SLU	Combination	Min	-3.169371	-5.636805
P4-2	ENV SLU	Combination	Max	3.132218	5.636631
P4-2	ENV SLU	Combination	Min	-3.132218	-5.636631
P5-0	ENV SLU	Combination	Max	3.330681	4.877097
P5-0	ENV SLU	Combination	Min	-3.330681	-4.877097
P5-1	ENV SLU	Combination	Max	3.282114	4.877041
P5-1	ENV SLU	Combination	Min	-3.282114	-4.877041
P5-2	ENV SLU	Combination	Max	3.233584	4.876841
P5-2	ENV SLU	Combination	Min	-3.233584	-4.876841
S1-0	ENV SLU	Combination	Max	3.264048	4.905275
S1-0	ENV SLU	Combination	Min	-3.264048	-4.905275
S1-2	ENV SLU	Combination	Max	3.168305	4.905
S1-2	ENV SLU	Combination	Min	-3.168305	-4.905

1.6.6.4 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
S1-0	SLV_1	Combination	Max	10.23823	2.255787
S1-0	SLV_1	Combination	Min	-10.23823	-2.255787
S1-0	SLV_2	Combination	Max	5.476109	5.983041
S1-0	SLV_2	Combination	Min	-5.476109	-5.983041
S1-1	SLV_1	Combination	Max	10.187016	2.2558
S1-1	SLV_1	Combination	Min	-10.187016	-2.2558
S1-1	SLV_2	Combination	Max	5.272698	5.98318
S1-1	SLV_2	Combination	Min	-5.272698	-5.98318
S1-2	SLV_1	Combination	Max	10.142929	2.255669
S1-2	SLV_1	Combination	Min	-10.142929	-2.255669
S1-2	SLV_2	Combination	Max	5.089559	5.982949
S1-2	SLV_2	Combination	Min	-5.089559	-5.982949

SPALLA B	Giunto di dilatazione (n=1)	Lunghezza [m]	12.68
		Scorrimento long. [mm]	200
		Scorrimento trasv. [mm]	200
SPALLA A	Giunto di dilatazione (n=1)	Lunghezza [m]	12.16
		Scorrimento long. [mm]	200
		Scorrimento trasv. [mm]	200

1.6.6.5 Verifica martellamento paraghiaia-soletta

Per valutare il varco minimo necessario fra paraghiaia della spalla e extra-soletta di impalcato viene valutata la condizione più gravosa fra le due sotto elencate, ossia per il varco viene assunto pari al massimo valore tra:

- Spostamento massimo allo SLC
- Spostamento massimo allo SLV + 50 mm

Il varco minimo fra spalla e ponte viene quindi valutato nella ipotesi che allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita il giunto mantenga la sua funzionalità (di conseguenza all'escursione sismica calcolata nella combinazione SLV si aggiunge l'ingombro fisico del giunto in condizione tutto chiuso), mentre nella condizione allo Stato Limite di Collasso si accetta un fuori servizio per il giunto (elemento non strutturale bensì funzionale del ponte) a patto di non avere il martellamento fra soletta e paraghiaia.

Gli spostamenti nelle combinazioni SLV e SLC sono riportati nelle tabelle precedenti.

ESCURSIONI	
SLC (cm)	12.40
SLV (cm)	10.24
SLV (cm) + 5 cm	15.24
Dimensione varco (cm)	16

1.7 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 NTC-08 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-clc che costituiscono le travi principali del viadotto. Nel seguito vengono espresse in dettaglio le modalità operative attraverso il commento della reportistica delle sezioni più significative prese a campione.

1.7.1 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 corrispondente nel modello seguendo i seguenti parametri:

- Trave interna o trave esterna (interna T2 – travi esterna T1)
- Numero elemento frame considerato (numero frame del modello di calcolo)
- Output Station considerato ("I" = inizio elemento, "M" = mezzera elemento, "F" = fine elemento)

Ad esempio le verifiche dell'elemento 16 (frame appartenente alla trave esterno curva) verranno riportate le verifiche per le sezioni resistenti T1 N16 i. 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:

SEZIONE DI VERIFICA	CONCIO METALLICO DI ANALISI	ASTE MODELLO
T1N001I-T1N004F	001	1-4
T1N005I-T1N008F	002	5-8
T1N009I-T1N012F	003	9-12
T1N013I-T1N017F	004	13-17
T1N018I-T1N023F	005	18-23
T1N024I-T1N027F	006	24-27
T1N028I-T1N033F	007	28-33
T1N034I-T1N037F	008	34-37
T1N038I-T1N043F	009	38-43
T1N044I-T1N047F	010	44-47
T1N048I-T1N053F	011	48-53
T1N054I-T1N057F	012	54-57
T1N058I-T1N063F	013	58-63
T1N064I-T1N067F	014	64-67
T1N068I-T1N073F	015	68-73
T1N074I-T1N077F	016	74-77
T1N078I-T1N083F	017	78-83
T1N084I-T1N088F	018	84-88
T1N089I-T1N092F	019	89-92
T1N093I-T1N096F	020	93-96
T1N097I-T1N100F	021	97-100

Tabella 1-33: Tabella di riferimento sezioni di verifica – conci metallici di analisi – frame modello – TRAVE 000

1.7.2 Travi longitudinali – verifiche S.L.U.

Le verifiche 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

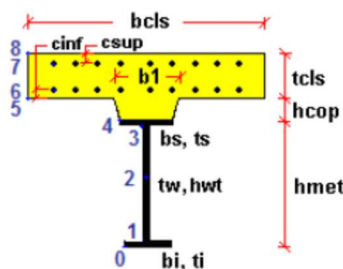
Effettuata sulla base dell'effettivo valore di N_{Ed} , M_{Ed} per la combinazione in esame (max/min M_{Ed} , max/min V_{Ed} , con i rispettivi valori concomitanti)

- 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. 3-4)

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 dell'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, ed il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio.

- 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 contributo 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 ad 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 η_1 in luogo di quello plastico $\bar{\eta}_1$, 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 risulta interamente in compressione). Inoltre in EN 1993-1-5 7.1 (2) è indicato che la verifica deve essere effettuata a distanza maggiore di $h_w/2$ 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 degli stress cumulati nella fibra più sollecitata ($M_{Ed,eq} = \max | W_{xi} * \Sigma \sigma_{x,i} |$).

A seguire si riporta lo sviluppo delle verifiche nelle sezioni più significative, tramite le singole tabelle prodotte dalla procedura PontiEC4. Per tutte le altre sezioni si indicheranno in forma grafica e tabellare i coefficienti di utilizzo.

1.7.2.1 Verifica delle sezioni

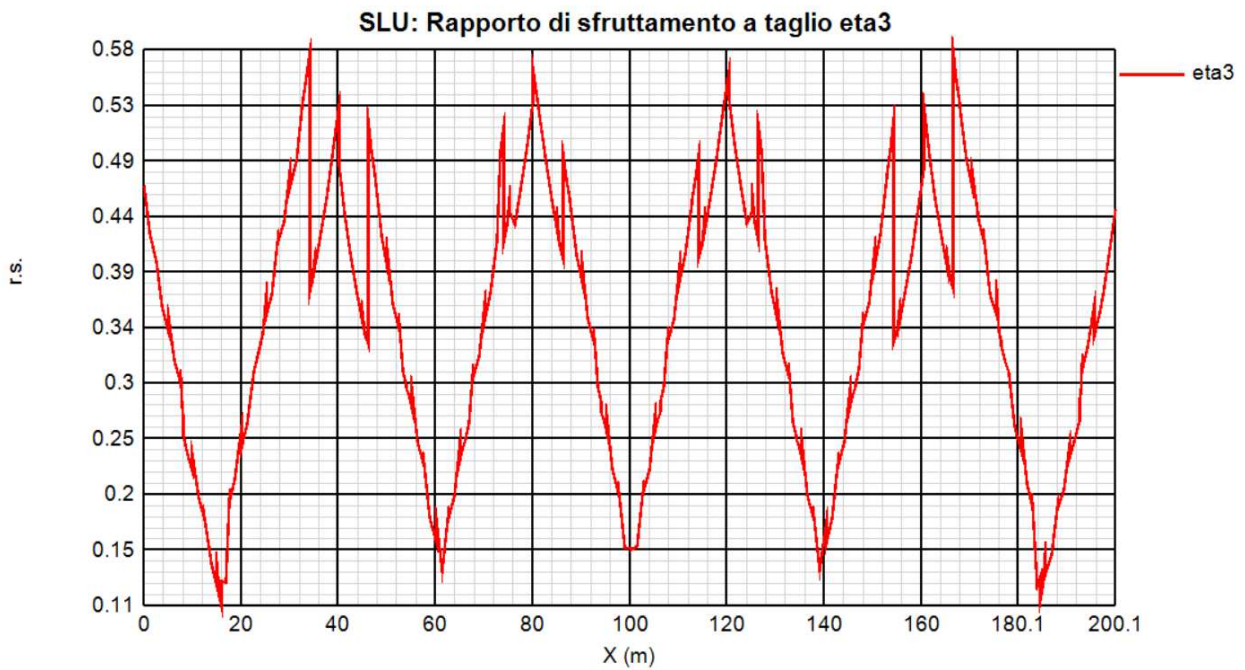
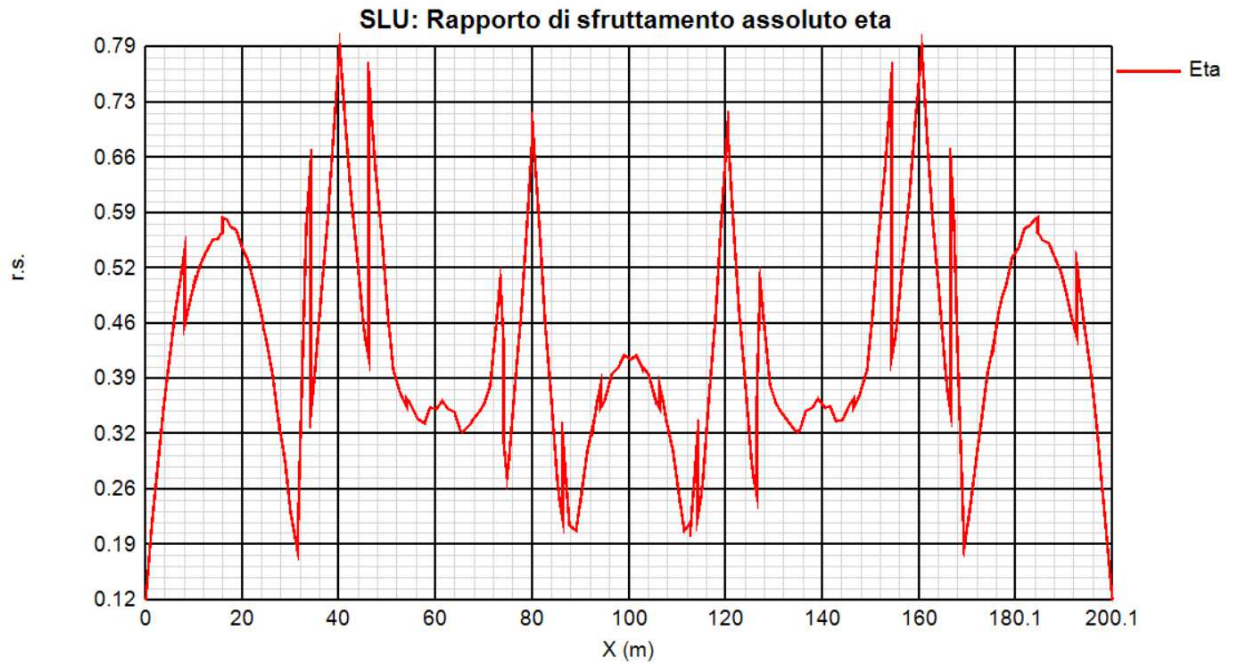
Il programma effettua sistematicamente il set di verifiche per le quattro condizioni fondamentali M_{max} , M_{min} , V_{max} e V_{min} , sulla base delle sollecitazioni di progetto S.L.U. esportate direttamente, nell'ambito di ciascuna "fase", dal modello ad elementi finiti. Negli allegati di calcolo 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 ed in forma tabellare l'output sintetico delle verifiche del programma Ponti EC4, contenenti, 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
- $\bar{\eta}_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$ 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)

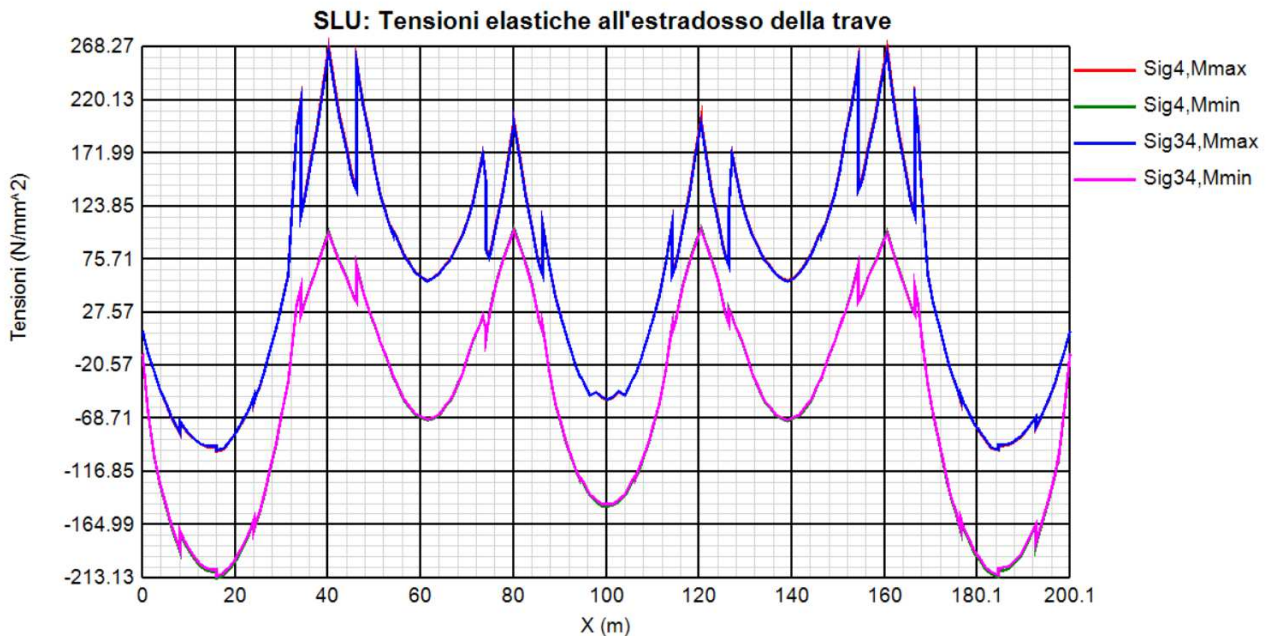
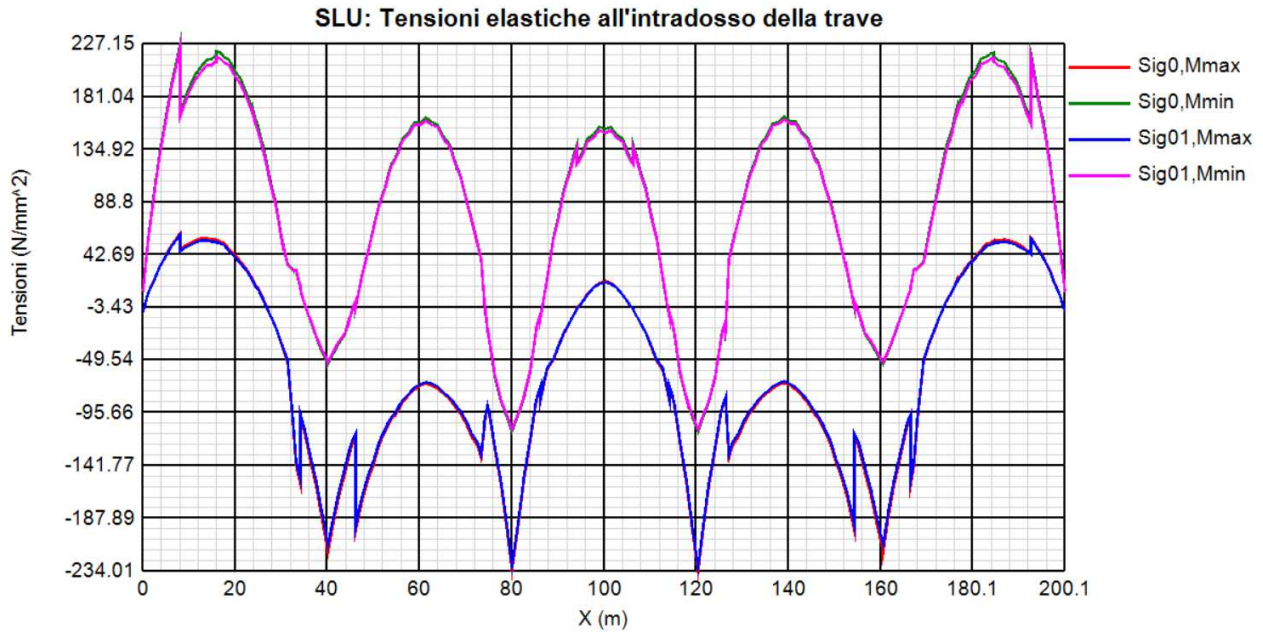
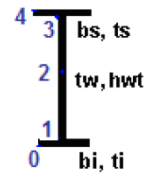
FILO 000



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)



Si riportano infine di seguito, a titolo puramente illustrative alcune delle verifiche estese per le sezioni resistenti più significative delle travi principali; per le verifiche estese di tutti i conci si rimanda, per ovvie esigenze di computazionali, agli allegati di calcolo su supporto informatico.

Sezione T1N010F T1N010F

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2000 mm
Piattabanda superiore	650x20 mm
Piattabanda inferiore	800x45 mm
Anima	18x1935 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4050x240 mm
Raccordo	650x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Caratteristiche geometriche lorde

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	8.383E+4	1.551E+5	1.551E+5	1.551E+5	2.523E+5	9.655E+4
z _G (mm)	738.94	1385.323	1385.323	1385.323	1679.938	921.59
J _y (mm ⁴)	5.231E+10	1.289E+11	1.289E+11	1.289E+11	1.643E+11	7.364E+10
W _{y,0} (mm ³)	-7.079E+7	-9.307E+7	-9.307E+7	-9.307E+7	-9.782E+7	-7.991E+7
W _{y,1} (mm ³)	-7.538E+7	-9.619E+7	-9.619E+7	-9.619E+7	-1.005E+8	-8.401E+7
W _{y,3} (mm ³)	4.215E+7	2.168E+8	2.168E+8	2.168E+8	5.477E+8	6.958E+7
W _{y,4} (mm ³)	4.148E+7	2.097E+8	2.097E+8	2.097E+8	5.135E+8	6.829E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2E+8	2E+8	2E+8	4.695E+8	6.644E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	2E+8	2E+8	2E+8	4.695E+8	6.644E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.545E+8	1.545E+8	1.545E+8	3.043E+8	5.672E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.457E+8	1.457E+8	1.457E+8	2.785E+8	5.462E+7
S _{y,1} (mm ³)	2.579E+7	4.906E+7	4.906E+7	4.906E+7	5.967E+7	3.237E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.013E+7	6.523E+7	6.523E+7	6.523E+7	8.372E+7	3.928E+7
S _{y,3} (mm ³)	1.626E+7	6.205E+7	6.205E+7	6.205E+7	8.291E+7	2.92E+7
S _{y,4} (mm ³)	-1.863E-9	5.419E+7	5.419E+7	5.419E+7	7.888E+7	1.531E+7
ΠE	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

<i>Componenti</i>	<i>N_{pl} (N)</i>	<i>z_N (mm)</i>	<i>z_{max} (mm)</i>	<i>z_{min} (mm)</i>
Strato di calcestruzzo superiore	3.75E+6	2245.39	2270	2220.79
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.436E+7	2125	2219.21	2030.79
Strato di calcestruzzo inferiore	-5.984E+4	2029.61	2029.21	2030
Strato di armatura superiore	2.489E+6	2220	2220.79	2219.21
Strato di armatura inferiore	2.489E+6	2030	2030.79	2029.21
Raccordo in cls	0E+00	2015	2030	2000
Flangia superiore della trave di acciaio	4.395E+6	1990	2000	1980
Anima della trave di acciaio	1.178E+7	1012.5	1980	45
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.149E+7	22.5	45	0
<i>Compressione ultima per la sezione completa</i>	-5.068E+7			
<i>Trazione ultima per la sezione completa</i>	3.264E+7			
<i>Compressione ultima per la sezione senza anima</i>	-3.891E+7			
<i>Trazione ultima per la sezione senza anima</i>	2.086E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	15.8	0.814	1	0
Flangia inferiore	8.689	0.838	3	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	107.5	0.814	0.41	-1.207	3
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	107.5	0.814	0	-0.184	1
Compressione semplice (N)	107.5	0.814	1	1	4

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-1.82E+5	-3.9E+6	0E+00
2a	0E+00	-8.28E+4	-1.24E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	3.21E+4	-4.45E+5	0E+00
Term.Iso	1.8E+6	0	8.46E+5	0
3b	-1.69E+5	-1.34E+5	2.6E+6	0E+00
Totale	1.63E+6	-3.66E+5	-2.14E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	107.5	1993.17	-0.01	-0.48	1
Piattabanda superiore	15.8				1
Piattabanda inferiore	8.69				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

	Azione assiale	Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	1.63E+6	M _{Ed} (Nm)	-2.139E+6	N _{Ed} (N)	1.63E+6
N _{Rd} (N)	3.264E+7	M _{Rd} (Nm)	-3.77E+7	M _{Ed} (Nm)	-2.139E+6
				M _{Rd} (Nm)	-3.719E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.05	M _{Ed} /M _{Rd}	0.057	M _{Ed} /M _{Rd}	0.058

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	-0.5	0	0	0	0	0	-0.5	-0.5	0	1.4	0	0	0
σ_7	0	-8	-21.8	0	0	0	0	-8	8.4	-7.8	7.9	44.1	14.4	0.037
σ_6	0	-6.2	-18.6	0	0	0	0	-6.2	8	-6.7	4.9	37.3	12.1	0.031
σ_5	0	-0.4	0	0	0	0	0	-0.4	-0.6	0	0.8	0	0	0
σ_4	-94.1	-5.9	-18.1	0	0	0	0	-100	7.9	-6.5	4.4	36.3	-82.4	0.244
σ_3	-92.6	-5.7	-17.8	0	0	0	0	-98.3	7.9	-6.4	4.1	35.6	-81.2	0.24
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	7.1	0	-0.7	-1.8	-1.8	0.005
σ_1	51.8	12.8	14.7	0	0	0	0	64.6	3.1	5.3	-26.5	-32.7	39.1	0.123
σ_0	55.1	13.3	15.5	0	0	0	0	68.4	3	5.6	-27.2	-34.3	41.9	0.131

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.244 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.51 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.37 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 = 0.4 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.16 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
 $h_w/t_w=107.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 58.461$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=4.927E+6 N**

Essendo:

a/h_w=1.292, η=1.2, K_τ=7.736
 contributo anima: V_{bw,Rd}=4.242E+6 N, contributo flange: V_{bf,Rd}=6.843E+5 N
 χ_w=0.654, λ_w=1.27, τ_{cr}=127.2, C=715.7
 M_{Ed}=-2.139E+6 Nm, M_{f,Rd}=-2.521E+7 Nm, M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.085

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=8.159E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.927E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.074, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.086, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.058$$

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)
1	0E+00	-2.45E+5	-5.27E+6	0E+00
2a	0E+00	-9.26E+4	-2.49E+6	0E+00
2b	0E+00	-8.9E+4	1.75E+6	0E+00
Rit.Iso	-3.68E+6	0	-2.82E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-3.21E+4	4.45E+5	0E+00
Term.Iso	-1.8E+6	0	-8.46E+5	0
3b	1.69E+5	-5.22E+5	-1.14E+7	0E+00
Totale	-5.31E+6	-9.8E+5	-2.06E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	107.5	1885.18	0.05	-1	1
Piattabanda superiore	15.8				1
Piattabanda inferiore	8.69				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale	Flessione semplice	Interazione N/M
----------------	--------------------	-----------------

N _{Ed} (N)	-5.314E+6	M _{Ed} (Nm)	-2.063E+7	N _{Ed} (N)	-5.314E+6
N _{Rd} (N)	-5.068E+7	M _{Rd} (Nm)	-3.77E+7	M _{Ed} (Nm)	-2.063E+7
				M _{Rd} (Nm)	-3.926E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.105	M _{Ed} /M _{Rd}	0.547	M _{Ed} /M _{Rd}	0.526
VERIFICA SODDISFATTA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde
Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	-1	0	1.9	0	0	0	0	0.5	0	-6.5	0	-5.1	0.27
σ ₇	0	-16.2	-44	-30.7	30.8	0	0	-13.1	-8.4	7.8	-36.8	-199.3	-92.1	0.235
σ ₆	0	-12.5	-37.5	-29.1	26.3	0	0	-11.2	-8	6.7	-23.6	-169.8	-73.2	0.187
σ ₅	0	-0.8	0	2	0	0	0	0	0.6	0	-3.8	0	-1.9	0.102
σ ₄	-127	-11.9	-36.5	-28.8	25.6	0	0	-137.9	-7.9	6.5	-21.5	-165.2	-197.2	0.583
σ ₃	-125	-11.5	-35.9	-28.7	25.1	0	0	-135.7	-7.9	6.4	-20.1	-162.1	-193.2	0.571
σ ₂	0	0	0	-23.8	0	0	0	0	-7.1	0	0.7	1.8	-30.2	0.089
σ ₁	69.9	25.9	29.7	-12.7	-20.8	0	0	78.8	-3.1	-5.3	114.1	137.5	194.1	0.609
σ ₀	74.4	26.8	31.2	-12.3	-21.9	0	0	83.8	-3	-5.6	117.2	144.4	203.2	0.637

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.637 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 = 1.29 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.09 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

$$h_w/t_w=107.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 58.461 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

 Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 4.55E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=1.292, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.736$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=4.242E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=3.079E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.654, \quad \lambda_w=1.27, \quad \tau_{cr}=127.2, \quad C=715.7$$

$$M_{Ed}=-2.063E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=-2.774E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.744$$

 Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 8.159E+6 N**

 Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.55E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.215, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.231, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.526$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-1.82E+5	-3.9E+6	0E+00
2a	0E+00	-5.7E+4	-1.76E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	3.21E+4	-4.45E+5	0E+00
Term.Iso	1.8E+6	0	8.46E+5	0
3b	-1.69E+5	4.64E+5	-8.64E+6	0E+00
Totale	1.63E+6	2.58E+5	-1.39E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	107.5	1993.17	-0.01	-1.45	1
Piattabanda superiore	15.8				1
Piattabanda inferiore	8.69				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	1.63E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.39E+7	N _{Ed} (N)	1.63E+6
N _{Rd} (N)	3.264E+7	M _{Rd} (Nm)	-3.77E+7	M _{Ed} (Nm)	-1.39E+7
				M _{Rd} (Nm)	-3.719E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.05	M _{Ed} /M _{Rd}	0.369	M _{Ed} /M _{Rd}	0.374

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	-0.7	0	0	0	0	0	-0.7	-0.5	0	-5.1	0	-6.3	0.334
σ ₇	0	-11.4	-31	0	0	0	0	-11.4	8.4	-7.8	-29.1	-154.1	-32	0.082
σ ₆	0	-8.8	-26.5	0	0	0	0	-8.8	8	-6.7	-19.1	-131.8	-19.9	0.051
σ ₅	0	-0.5	0	0	0	0	0	-0.5	-0.6	0	-3.1	0	-4.2	0.221
σ ₄	-94.1	-8.4	-25.8	0	0	0	0	-102.5	7.9	-6.5	-17.5	-128.3	-112.1	0.331
σ ₃	-92.6	-8.1	-25.3	0	0	0	0	-100.7	7.9	-6.4	-16.4	-125.9	-109.3	0.323
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	7.1	0	-0.7	-1.8	6.5	0.019
σ ₁	51.8	18.3	20.9	0	0	0	0	70.1	3.1	5.3	85.3	101.1	158.5	0.497
σ ₀	55.1	18.9	22	0	0	0	0	74	3	5.6	87.6	106.4	164.7	0.516

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.516 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.73 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.53 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 = -6.28 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -4.16 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

$$h_w/t_w = 107.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 58.461 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 4.722E+6 N**

Essendo:

$a/h_w = 1.292$, $\eta = 1.2$, $K_\tau = 7.736$
 contributo anima: $V_{bw,Rd} = 4.242E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 4.797E+5$ N
 $\chi_w = 0.654$, $\lambda_w = 1.27$, $\tau_{cr} = 127.2$, $C = 715.7$
 $M_{Ed} = -1.39E+7$ Nm, $M_{f,Rd} = -2.521E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.551$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 8.159E+6$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.722E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.055, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.061, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.374$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-2.45E+5	-5.27E+6	0E+00
2a	0E+00	-1.18E+5	-1.97E+6	0E+00
2b	0E+00	-8.9E+4	1.75E+6	0E+00
Rit.Iso	-3.68E+6	0	-2.82E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-3.21E+4	4.45E+5	0E+00
Term.Iso	-1.8E+6	0	-8.46E+5	0
3b	1.69E+5	-7.35E+5	-7.47E+6	0E+00
Totale	-5.31E+6	-1.22E+6	-1.62E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	107.5	1885.18	0.05	-0.81	1
Piattabanda superiore	15.8				1
Piattabanda inferiore	8.69				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-5.314E+6	M_{Ed} (Nm)	-1.618E+7	N_{Ed} (N)	-5.314E+6
N_{Rd} (N)	-5.068E+7	M_{Rd} (Nm)	-3.77E+7	M_{Ed} (Nm)	-1.618E+7
				M_{Rd} (Nm)	-3.926E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.105	M_{Ed}/M_{Rd}	0.429	M_{Ed}/M_{Rd}	0.412

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	-0.8	0	1.9	0	0	0	0	0.5	0	-4.2	0	-2.6	0.139
σ_7	0	-12.8	-34.7	-30.7	30.8	0	0	-3.9	-8.4	7.8	-23.9	-130	-75.8	0.194

σ_6	0	-9.9	-29.7	-29.1	26.3	0	0	-3.3	-8	6.7	-15.2	-110.7	-62.2	0.159
σ_5	0	-0.6	0	2	0	0	0	0	0.6	0	-2.4	0	-0.4	0.023
σ_4	-127	-9.4	-28.9	-28.8	25.6	0	0	-130.3	-7.9	6.5	-13.9	-107.7	-187.1	0.553
σ_3	-125	-9.1	-28.3	-28.7	25.1	0	0	-128.2	-7.9	6.4	-13	-105.7	-183.6	0.543
σ_2	0	0	0	-23.8	0	0	0	0	-7.1	0	0.7	1.8	-30.2	0.089
σ_1	69.9	20.5	23.5	-12.7	-20.8	0	0	72.5	-3.1	-5.3	75	90.7	149.6	0.469
σ_0	74.4	21.2	24.7	-12.3	-21.9	0	0	77.2	-3	-5.6	77.1	95.3	157.4	0.493

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.553 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.1 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.44 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.61 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.43 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

$$h_w/t_w = 107.5 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 58.461 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

 Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 4.697E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.292, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.736$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 4.242E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 4.547E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.654, \quad \lambda_w = 1.27, \quad \tau_{cr} = 127.2, \quad C = 715.7$$

$$M_{Ed} = -1.618E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = -2.774E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.583$$

 Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 8.159E+6$ N**

 Resistenza a taglio: **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.697E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.26, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.288, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.412$$

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 T1N021I T1N021I
Caratteristiche generali
Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2000 mm
Piattabanda superiore	800x35 mm
Piattabanda inferiore	1200x50 mm
Anima	22x1915 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4050x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
--	--------	---------	---------	---------	--------	-----------

A (mm ²)	1.301E+5	2.141E+5	2.141E+5	2.141E+5	3.113E+5	1.556E+5
Z _G (mm)	764.282	1304.912	1304.912	1304.912	1568.783	986.847
J _y (mm ⁴)	8.973E+10	1.872E+11	1.872E+11	1.872E+11	2.354E+11	1.294E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.174E+8	-1.435E+8	-1.435E+8	-1.435E+8	-1.501E+8	-1.311E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.256E+8	-1.492E+8	-1.492E+8	-1.492E+8	-1.55E+8	-1.381E+8
W _{y,3} (mm ³)	7.473E+7	2.836E+8	2.836E+8	2.836E+8	5.942E+8	1.323E+8
W _{y,4} (mm ³)	7.261E+7	2.693E+8	2.693E+8	2.693E+8	5.459E+8	1.277E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2.582E+8	2.582E+8	2.582E+8	5.104E+8	1.24E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	2.582E+8	2.582E+8	2.582E+8	5.104E+8	1.24E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	2.046E+8	2.046E+8	2.046E+8	3.615E+8	1.049E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.94E+8	1.94E+8	1.94E+8	3.357E+8	1.008E+8
S _{y,1} (mm ³)	4.436E+7	7.679E+7	7.679E+7	7.679E+7	9.263E+7	5.771E+7
S _{y,2} (mm ³)	4.997E+7	9.412E+7	9.412E+7	9.412E+7	1.18E+8	6.737E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.411E+7	8.932E+7	8.932E+7	8.932E+7	1.163E+8	5.684E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	7.035E+7	7.035E+7	7.035E+7	1.047E+8	2.896E+7
nE	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	3.69E+6	2245.79	2270	2221.57
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.424E+7	2125	2218.43	2031.57
Strato di calcestruzzo inferiore	-1.197E+5	2029.21	2028.43	2030
Strato di armatura superiore	4.979E+6	2220	2221.57	2218.43
Strato di armatura inferiore	4.979E+6	2030	2031.57	2028.43
Raccordo in cls	0E+00	2015	2030	2000
Flangia superiore della trave di acciaio	9.467E+6	1982.5	2000	1965
Anima della trave di acciaio	1.424E+7	1007.5	1965	50
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.914E+7	25	50	0
Compressione ultima per la sezione completa	-7.062E+7			
Trazione ultima per la sezione completa	5.281E+7			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-5.637E+7			
Trazione ultima per la sezione senza anima	3.857E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	11.11 4	0.814	1	0
Flangia inferiore	11.78	0.838	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	87.045	0.814	0.51	-1.044	3
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	87.045	0.814	0	-0.261	1
Compressione semplice (N)	87.045	0.814	1	1	4

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	1.07E+6	9.08E+6	0E+00
2a	0E+00	4.84E+5	3.86E+6	0E+00
2b	0E+00	1.94E+4	3.84E+6	0E+00
Rit.Iso	-3.68E+6	0	-3.11E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	6.6E+3	1.29E+6	0E+00

Term.Iso	-1.8E+6	0	-1.05E+6	0
3b	1.98E+5	9.11E+5	9.09E+6	0E+00
Totale	-5.28E+6	2.49E+6	2.3E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	87.05	1381.65	0.7	-1.28	3
Piattabanda superiore	11.11				1
Piattabanda inferiore	11.78				4
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-5.285E+6	M _{Ed} (Nm)	2.299E+7	N _{Ed} (N)	-5.285E+6
N _{Rd} (N)	-7.062E+7	M _{Rd} (Nm)	4.598E+7	M _{Ed} (Nm)	2.299E+7
				M _{Rd} (Nm)	4.791E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.075	M _{Ed} /M _{Rd}	0.5	M _{Ed} /M _{Rd}	0.48

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	1.2	0	3	0	0	0	0	1	0	4.4	0	0	0
σ ₇	0	18.9	36.8	-13.7	36.6	0	0	73.4	-5.1	12.3	25.8	87.9	173.6	0.444
σ ₆	0	14.9	31.1	-14.4	31	0	0	62.1	-5.3	10.4	18.4	74.5	147	0.376
σ ₅	0	0.9	0	2.9	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0
σ ₄	125	14.3	30.2	-14.5	30.1	0	0	185.3	-5.3	10.1	17.3	72.4	267.8	0.792
σ ₃	121.5	13.6	29.2	-14.6	29	0	0	179.7	-5.4	9.8	15.9	70	259.4	0.767
σ ₂	0	0	0	-17.2	0	0	0	0	-5.8	0	0.6	1.3	1.3	0.004
σ ₁	-72.2	-25.9	-28	-22.1	-27.8	0	0	-128	-7.4	-9.4	-58	-64.5	-201.9	0.633
σ ₀	-77.3	-26.9	-29.4	-22.3	-29.3	0	0	-136	-7.4	-9.9	-59.9	-68	-213.9	0.671

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.792 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 4.18 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.82 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 9.66 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.78 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

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

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β ^k	A _{c,eff} * β ^k (mm ²)
Piattabanda superiore SX	400	35	---	---	---	1	14000
Piattabanda superiore DX	400	35	---	---	---	1	14000
Piattabanda inferiore SX	600	50	0.769	0.982	29465.6	1	29465.6
Piattabanda inferiore DX	600	50	0.769	0.982	29465.6	1	29465.6

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

	Anima
b (mm)	1915

σ_{cr0E} (N/mm ²)	25.08
σ_{sup} (N/mm ²)	259.71
σ_{inf} (N/mm ²)	-204.92
ψ	-1.27
K_{σ}	30.74
λ_p	0.68
D_c (mm)	844.58
$D_{c, sup}$ (mm)	506.75
$b_{c, sup}$ (mm)	337.83
ρ_{loc}	1
b_{ceff} (mm)	844.58
$b_{ceff, sup}$ (mm)	506.75
$D_{ceff, sup}$ (mm)	337.83
ϕ_{Foro} (mm)	0

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge, sup}$	1.115E+4	641.2	2.386E+8
$A_{c, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, Edge, inf}$	7.432E+3	218.9	7.069E+7
$A_{c, tot}$	1.858E+4	472.3	1.105E+9
A_c	0E+00		

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, eff, Edge, sup}$	1.115E+4	641.2	2.386E+8
$A_{c, eff, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, eff, Edge, inf}$	7.432E+3	218.9	7.069E+7
$A_{c, eff, tot}$	1.858E+4	472.3	1.105E+9
$A_{c, eff, loc}$	0E+00		

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

	<i>Piastra</i>		<i>Colonna</i>
$\sigma_{cr, p}$ (p)	770.93	$\sigma_{cr, c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	4.915
λ_p	0.679	λ_c	1
ρ_p	1	χ_c	

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	1.115E+4	641.2	2.386E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	7.432E+3	218.9	7.069E+7
Totale	1.858E+4	472.3	1.105E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	ΔA (mm ²)	z_G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	0E+00	0	0E+00
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	-1.069E+3	25	-2.227E+5

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	1.291E+5	2.131E+5	2.131E+5	2.131E+5	3.103E+5	1.545E+5
z_G (mm)	770.404	1311.332	1311.332	1311.332	1574.1	993.5
Δz_{Geff} (mm)	-6.12	-6.42	-6.42	-6.42	-5.32	-6.65

$J_{y,eff}$ (mm ⁴)	8.914E+10	1.854E+11	1.854E+11	1.854E+11	2.329E+11	1.284E+11
$W_{y,0eff}$ (mm ³)	-1.157E+8	-1.414E+8	-1.414E+8	-1.414E+8	-1.479E+8	-1.292E+8
$W_{y,1eff}$ (mm ³)	-1.237E+8	-1.47E+8	-1.47E+8	-1.47E+8	-1.528E+8	-1.361E+8
$W_{y,3eff}$ (mm ³)	7.462E+7	2.837E+8	2.837E+8	2.837E+8	5.957E+8	1.321E+8
$W_{y,4eff}$ (mm ³)	7.249E+7	2.693E+8	2.693E+8	2.693E+8	5.468E+8	1.275E+8
$W_{y,5eff}$ (mm ³)	1E+300	2.58E+8	2.58E+8	2.58E+8	5.108E+8	1.239E+8
$W_{y,6eff}$ (mm ³)	1E+300	2.58E+8	2.58E+8	2.58E+8	5.108E+8	1.239E+8
$W_{y,7eff}$ (mm ³)	1E+300	2.041E+8	2.041E+8	2.041E+8	3.605E+8	1.047E+8
$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	1.934E+8	1.934E+8	1.934E+8	3.346E+8	1.006E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	4.393E+7	7.581E+7	7.581E+7	7.581E+7	9.129E+7	5.707E+7
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	4.964E+7	9.331E+7	9.331E+7	9.331E+7	1.168E+8	6.687E+7
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	3.394E+7	8.861E+7	8.861E+7	8.861E+7	1.152E+8	5.649E+7
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	1.341E-291	6.981E+7	6.981E+7	6.981E+7	1.037E+8	2.879E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	0
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-1.321E+3
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	2.365E+4	0E+00	9.567E+3	-1.056E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	1.2	0	3	0	0	0	0	1	0	4.5	0	0	0
σ_7	0	18.9	36.9	-13.6	36.7	0	0	73.6	-5.1	12.4	25.8	88.1	174	0.445
σ_6	0	15	31.2	-14.4	31	0	0	62.2	-5.3	10.4	18.4	74.6	147.2	0.376
σ_5	0	0.9	0	2.9	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0
σ_4	125.2	14.3	30.3	-14.5	30.1	0	0	185.6	-5.3	10.1	17.3	72.5	268.2	0.793
σ_3	121.6	13.6	29.2	-14.6	29.1	0	0	179.9	-5.4	9.8	15.9	70	259.7	0.768
σ_2	0	0	0	-17.3	0	0	0	0	-5.8	0	0.6	1.3	1.3	0.004
σ_1	-73.3	-26.3	-28.4	-22.4	-28.2	0	0	-129.9	-7.5	-9.5	-58.8	-65.5	-204.9	0.642
σ_0	-78.4	-27.3	-29.9	-22.6	-29.7	0	0	-138	-7.5	-10	-60.8	-69	-217.1	0.68

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.793 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 4.18 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.82 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 9.68 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 7.78 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

$$h_w/t_w = 87.045 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 58.275 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 6.478E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.305, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.687$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.317E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 1.608E+5 \text{ N}$$

$\chi_w = 0.805$, $\lambda_w = 1.031$, $\tau_{cr} = 192.8$, $C = 765.4$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 3.421E+7$ Nm, $M_{f,Rd} = 3.677E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.93$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 9.868E+6$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.478E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.385$, (\Rightarrow VERIFICA SODDISFATTA)
 $\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.395$, $\eta_1 = \max(\eta_i) = 0.793$

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. Mmin)

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	7.93E+5	6.72E+6	0E+00
2a	0E+00	2.76E+5	1.71E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-6.6E+3	-1.29E+6	0E+00
Term.Iso	1.8E+6	0	1.05E+6	0
3b	-1.98E+5	-1.59E+5	-1.48E+6	0E+00
Totale	1.6E+6	9.03E+5	6.7E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	87.05	918.81	0.45	-2.02	3
Piattabanda superiore	11.11				1
Piattabanda inferiore	11.78				4
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	1.601E+6	M_{Ed} (Nm)	6.705E+6	N_{Ed} (N)	1.601E+6
N_{Rd} (N)	5.281E+7	M_{Rd} (Nm)	4.598E+7	M_{Ed} (Nm)	6.705E+6
				M_{Rd} (Nm)	4.503E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.03	M_{Ed}/M_{Rd}	0.146	M_{Ed}/M_{Rd}	0.149

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	0	0.5	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.8	0	-1.3	0.07
σ_7	0	8.4	16.3	0	0	0	0	16.3	5.1	-12.3	-4.7	-15.4	8.7	0.022
σ_6	0	6.6	13.8	0	0	0	0	13.8	5.3	-10.4	-3.5	-13.2	8.4	0.021
σ_5	0	0.4	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.6	0	-1.2	0.062
σ_4	92.6	6.4	13.4	0	0	0	0	106	5.3	-10.1	-3.4	-12.9	100.9	0.298

σ_3	90	6	12.9	0	0	0	0	102.9	5.4	-9.8	-3.1	-12.5	98.2	0.291
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	5.8	0	-0.6	-1.3	5.1	0.015
σ_1	-53.5	-11.5	-12.4	0	0	0	0	-65.9	7.4	9.4	8.9	9.4	-48.7	0.153
σ_0	-57.3	-11.9	-13	0	0	0	0	-70.3	7.4	9.9	9.2	10	-52.5	0.165

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.298 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.53 N/mm²

 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.4 N/mm²

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

 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.32 N/mm²

 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.17 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	400	35	---	---	---	1	14000
Piattabanda superiore DX	400	35	---	---	---	1	14000
Piattabanda inferiore SX	600	50	0.769	0.982	29465.6	1	29465.6
Piattabanda inferiore DX	600	50	0.769	0.982	29465.6	1	29465.6

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

	Anima
b (mm)	1915
σ_{cr0E} (N/mm ²)	25.08
σ_{sup} (N/mm ²)	98.37
σ_{inf} (N/mm ²)	-49.44
ψ	-1.99
K_σ	53.45
λ_p	0.51
b_c (mm)	640.54
$b_{c, sup}$ (mm)	384.32
$b_{c, sup}$ (mm)	256.21
ρ_{loc}	1
b_{ceff} (mm)	640.54
$b_{ceff, sup}$ (mm)	384.32
$b_{ceff, sup}$ (mm)	256.21
ϕ_{Foro} (mm)	0

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

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	8.455E+3	498.4	1.041E+8
A_c 1	0E+00	0	0E+00
A_c 2	0E+00	0	0E+00
A_c Edge inf	5.637E+3	178.1	3.084E+7
A_c tot	1.409E+4	370.3	4.818E+8
A_c	0E+00		

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	8.455E+3	498.4	1.041E+8
$A_{c,eff}$ 1	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ 2	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ Edge inf	5.637E+3	178.1	3.084E+7
$A_{c,eff}$ tot	1.409E+4	370.3	4.818E+8
$A_{c,eff,loc}$	0E+00		

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

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p} (p)$	1340.33	$\sigma_{cr,c} (c)$	1
$\beta_{ac} (p)$	1	$\beta_{ac} (c)$	4.915
λ_p	0.515	λ_c	1
ρ_p	1	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	8.455E+3	498.4	1.041E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	5.637E+3	178.1	3.084E+7
Totale	1.409E+4	370.3	4.818E+8

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmin)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	0E+00	0	0E+00
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	-1.069E+3	25	-2.227E+5

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.291E+5	2.131E+5	2.131E+5	2.131E+5	3.103E+5	1.545E+5
z _G (mm)	770.404	1311.332	1311.332	1311.332	1574.1	993.5
Δz_{Geff} (mm)	-6.12	-6.42	-6.42	-6.42	-5.32	-6.65
J _{y,eff} (mm ⁴)	8.914E+10	1.854E+11	1.854E+11	1.854E+11	2.329E+11	1.284E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.157E+8	-1.414E+8	-1.414E+8	-1.414E+8	-1.479E+8	-1.292E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-1.237E+8	-1.47E+8	-1.47E+8	-1.47E+8	-1.528E+8	-1.361E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	7.462E+7	2.837E+8	2.837E+8	2.837E+8	5.957E+8	1.321E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	7.249E+7	2.693E+8	2.693E+8	2.693E+8	5.468E+8	1.275E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	2.58E+8	2.58E+8	2.58E+8	5.108E+8	1.239E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	2.58E+8	2.58E+8	2.58E+8	5.108E+8	1.239E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	2.041E+8	2.041E+8	2.041E+8	3.605E+8	1.047E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	1.934E+8	1.934E+8	1.934E+8	3.346E+8	1.006E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	4.393E+7	7.581E+7	7.581E+7	7.581E+7	9.129E+7	5.707E+7
S _{y,2eff} (mm ³)	4.964E+7	9.331E+7	9.331E+7	9.331E+7	1.168E+8	6.687E+7
S _{y,3eff} (mm ³)	3.394E+7	8.861E+7	8.861E+7	8.861E+7	1.152E+8	5.649E+7
S _{y,4eff} (mm ³)	1.341E-291	6.981E+7	6.981E+7	6.981E+7	1.037E+8	2.879E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	0
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	1.321E+3
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-9.567E+3	1.056E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	0.5	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.8	0	-1.3	0.07
σ_7	0	8.4	16.3	0	0	0	0	16.3	5.1	-12.4	-4.7	-15.4	8.7	0.022

σ_6	0	6.6	13.8	0	0	0	0	13.8	5.3	-10.4	-3.5	-13.2	8.4	0.021
σ_5	0	0.4	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.6	0	-1.2	0.062
σ_4	92.7	6.4	13.4	0	0	0	0	106.1	5.3	-10.1	-3.3	-12.9	101.1	0.299
σ_3	90.1	6	12.9	0	0	0	0	103	5.4	-9.8	-3.1	-12.5	98.4	0.291
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	5.8	0	-0.6	-1.3	5.2	0.015
σ_1	-54.3	-11.6	-12.6	0	0	0	0	-66.9	7.5	9.5	9	9.6	-49.4	0.155
σ_0	-58.1	-12.1	-13.2	0	0	0	0	-71.3	7.5	10	9.4	10.2	-53.3	0.167

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.299 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.53 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.4 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.32 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.17 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

$$h_w/t_w = 87.045 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 58.275 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 6.317E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.305, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.687$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.317E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 0E+00 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.805, \quad \lambda_w = 1.031, \quad \tau_{cr} = 192.8, \quad C = 765.4$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 5.526E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 3.7E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 1.493$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 9.868E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.317E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.143, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.143, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.299$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	1.07E+6	9.08E+6	0E+00
2a	0E+00	4.84E+5	3.86E+6	0E+00
2b	0E+00	1.94E+4	3.84E+6	0E+00
Rit.Iso	-3.68E+6	0	-3.11E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	6.6E+3	1.29E+6	0E+00
Term.Iso	-1.8E+6	0	-1.05E+6	0
3b	1.98E+5	1.63E+6	6.42E+6	0E+00
Totale	-5.28E+6	3.21E+6	2.03E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	$z_{pl} (mm)$	α	ψ	Classe
Anima	87.05	1381.65	0.7	-1.31	3
Piattabanda superiore	11.11				1
Piattabanda inferiore	11.78				4
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
$N_{Ed} (N)$	-5.285E+6	$M_{Ed} (Nm)$	2.033E+7	$N_{Ed} (N)$	-5.285E+6
$N_{Rd} (N)$	-7.062E+7	$M_{Rd} (Nm)$	4.598E+7	$M_{Ed} (Nm)$	2.033E+7
				$M_{Rd} (Nm)$	4.791E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.075	M_{Ed}/M_{Rd}	0.442	M_{Ed}/M_{Rd}	0.424

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	1.2	0	3	0	0	0	0	1	0	3.2	0	0	0
σ_7	0	18.9	36.8	-13.7	36.6	0	0	73.4	-5.1	12.3	18.4	62.5	148.2	0.379
σ_6	0	14.9	31.1	-14.4	31	0	0	62.1	-5.3	10.4	13.2	53.1	125.6	0.321
σ_5	0	0.9	0	2.9	0	0	0	0	1	0	2.1	0	0	0
σ_4	125	14.3	30.2	-14.5	30.1	0	0	185.3	-5.3	10.1	12.4	51.6	247	0.731
σ_3	121.5	13.6	29.2	-14.6	29	0	0	179.7	-5.4	9.8	11.5	49.9	239.3	0.708
σ_2	0	0	0	-17.2	0	0	0	0	-5.8	0	0.6	1.3	1.3	0.004
σ_1	-72.2	-25.9	-28	-22.1	-27.8	0	0	-128	-7.4	-9.4	-40.8	-45.3	-182.6	0.572
σ_0	-77.3	-26.9	-29.4	-22.3	-29.3	0	0	-136	-7.4	-9.9	-42.2	-47.7	-193.6	0.607

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.731 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 4.18 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.82 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 8.39 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.95 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

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

Componente	$b (mm)$	$t (mm)$	λ_p	ρ	$A_{c,eff} (mm^2)$	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k (mm^2)$
Piattabanda superiore SX	400	35	---	---	---	1	14000
Piattabanda superiore DX	400	35	---	---	---	1	14000
Piattabanda inferiore SX	600	50	0.769	0.982	29465.6	1	29465.6
Piattabanda inferiore DX	600	50	0.769	0.982	29465.6	1	29465.6

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

Anima	
$b (mm)$	1915
$\sigma_{cr0E} (N/mm^2)$	25.08
$\sigma_{sup} (N/mm^2)$	239.58
$\sigma_{inf} (N/mm^2)$	-185.36
ψ	-1.29
K_σ	31.43
λ_p	0.67
$b_c (mm)$	835.35

b _{c sup} (mm)	501.21
b _{c sup} (mm)	334.14
ρ _{loc}	1
D _{ceff} (mm)	835.35
D _{ceff sup} (mm)	501.21
D _{ceff sup} (mm)	334.14
Φ _{Foro} (mm)	0

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c Edge sup}	1.103E+4	634.7	2.308E+8
A _{c 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c Edge inf}	7.351E+3	217.1	6.839E+7
A _{c tot}	1.838E+4	467.7	1.069E+9
A _c	0E+00		

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}	1.103E+4	634.7	2.308E+8
A _{c,eff 1}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff 2}	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff Edge inf}	7.351E+3	217.1	6.839E+7
A _{c,eff tot}	1.838E+4	467.7	1.069E+9
A _{c,eff,loc}	0E+00		

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

	Piastra		Colonna
σ _{cr,p} (p)	788.08	σ _{cr,c} (c)	1
β _{ac} (p)	1	β _{ac} (c)	4.915
λ _p	0.671	λ _c	1
ρ _p	1	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	1.103E+4	634.7	2.308E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	7.351E+3	217.1	6.839E+7
Totale	1.838E+4	467.7	1.069E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	0E+00	0	0E+00
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	-1.069E+3	25	-2.227E+5

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.291E+5	2.131E+5	2.131E+5	2.131E+5	3.103E+5	1.545E+5
z _G (mm)	770.404	1311.332	1311.332	1311.332	1574.1	993.5
Δ z _{Geff} (mm)	-6.12	-6.42	-6.42	-6.42	-5.32	-6.65
J _{y,eff} (mm ⁴)	8.914E+10	1.854E+11	1.854E+11	1.854E+11	2.329E+11	1.284E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.157E+8	-1.414E+8	-1.414E+8	-1.414E+8	-1.479E+8	-1.292E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-1.237E+8	-1.47E+8	-1.47E+8	-1.47E+8	-1.528E+8	-1.361E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	7.462E+7	2.837E+8	2.837E+8	2.837E+8	5.957E+8	1.321E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	7.249E+7	2.693E+8	2.693E+8	2.693E+8	5.468E+8	1.275E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	2.58E+8	2.58E+8	2.58E+8	5.108E+8	1.239E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	2.58E+8	2.58E+8	2.58E+8	5.108E+8	1.239E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	2.041E+8	2.041E+8	2.041E+8	3.605E+8	1.047E+8

$W_{y,8eff}$ (mm ³)	1E+300	1.934E+8	1.934E+8	1.934E+8	3.346E+8	1.006E+8
$S_{y,1eff}$ (mm ³)	4.393E+7	7.581E+7	7.581E+7	7.581E+7	9.129E+7	5.707E+7
$S_{y,2eff}$ (mm ³)	4.964E+7	9.331E+7	9.331E+7	9.331E+7	1.168E+8	6.687E+7
$S_{y,3eff}$ (mm ³)	3.394E+7	8.861E+7	8.861E+7	8.861E+7	1.152E+8	5.649E+7
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	1.341E-291	6.981E+7	6.981E+7	6.981E+7	1.037E+8	2.879E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	0
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-1.321E+3
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	2.365E+4	0E+00	9.567E+3	-1.056E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	1.2	0	3	0	0	0	0	1	0	3.2	0	0	0
σ_7	0	18.9	36.9	-13.6	36.7	0	0	73.6	-5.1	12.4	18.5	62.7	148.6	0.38
σ_6	0	15	31.2	-14.4	31	0	0	62.2	-5.3	10.4	13.2	53.2	125.8	0.321
σ_5	0	0.9	0	2.9	0	0	0	0	1	0	2.1	0	0	0
σ_4	125.2	14.3	30.3	-14.5	30.1	0	0	185.6	-5.3	10.1	12.4	51.6	247.3	0.732
σ_3	121.6	13.6	29.2	-14.6	29.1	0	0	179.9	-5.4	9.8	11.4	49.9	239.6	0.709
σ_2	0	0	0	-17.3	0	0	0	0	-5.8	0	0.6	1.3	1.3	0.004
σ_1	-73.3	-26.3	-28.4	-22.4	-28.2	0	0	-129.9	-7.5	-9.5	-41.4	-45.9	-185.4	0.581
σ_0	-78.4	-27.3	-29.9	-22.6	-29.7	0	0	-138	-7.5	-10	-42.8	-48.4	-196.5	0.616

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.732 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 4.18 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 3.82 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 8.41 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 6.94 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 87.045 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 58.275 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 6.632E+6$ N

Essendo:

$$a/h_w = 1.305, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 7.687$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 6.317E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 3.152E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.805, \quad \lambda_{wv} = 1.031, \quad \tau_{cr} = 192.8, \quad C = 765.4$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 3.155E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd} = 3.677E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.858$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 9.868E+6$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 6.632E+6$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.484, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.508, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.732$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	7.93E+5	6.72E+6	0E+00
2a	0E+00	2.76E+5	1.71E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-6.6E+3	-1.29E+6	0E+00
Term.Iso	1.8E+6	0	1.05E+6	0
3b	-1.98E+5	-2.32E+5	-1.39E+6	0E+00
Totale	1.6E+6	8.3E+5	6.79E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	87.05	918.81	0.45	-2	3
Piattabanda superiore	11.11				1
Piattabanda inferiore	11.78				4
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	1.601E+6	M _{Ed} (Nm)	6.794E+6	N _{Ed} (N)	1.601E+6
N _{Rd} (N)	5.281E+7	M _{Rd} (Nm)	4.598E+7	M _{Ed} (Nm)	6.794E+6
				M _{Rd} (Nm)	4.503E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.03	M _{Ed} /M _{Rd}	0.148	M _{Ed} /M _{Rd}	0.151

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	0.5	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.8	0	-1.3	0.068
σ ₇	0	8.4	16.3	0	0	0	0	16.3	5.1	-12.3	-4.5	-14.5	9	0.023
σ ₆	0	6.6	13.8	0	0	0	0	13.8	5.3	-10.4	-3.4	-12.5	8.6	0.022
σ ₅	0	0.4	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.5	0	-1.1	0.061
σ ₄	92.6	6.4	13.4	0	0	0	0	106	5.3	-10.1	-3.2	-12.2	101.1	0.299
σ ₃	90	6	12.9	0	0	0	0	102.9	5.4	-9.8	-3	-11.8	98.4	0.291
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	5.8	0	-0.6	-1.3	5.1	0.015
σ ₁	-53.5	-11.5	-12.4	0	0	0	0	-65.9	7.4	9.4	8.3	8.8	-49.3	0.154
σ ₀	-57.3	-11.9	-13	0	0	0	0	-70.3	7.4	9.9	8.6	9.3	-53.1	0.167

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.299 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.53 N/mm²

- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.4 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.28 N/mm²
 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.14 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	400	35	---	---	---	1	14000
Piattabanda superiore DX	400	35	---	---	---	1	14000
Piattabanda inferiore SX	600	50	0.769	0.982	29465.6	1	29465.6
Piattabanda inferiore DX	600	50	0.769	0.982	29465.6	1	29465.6

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

Anima	
b (mm)	1915
σ_{cr0E} (N/mm ²)	25.08
σ_{sup} (N/mm ²)	98.52
σ_{inf} (N/mm ²)	-50.02
ψ	-1.97
K_σ	52.73
λ_p	0.52
b_c (mm)	644.9
$b_{c, sup}$ (mm)	386.94
$b_{c, sup}$ (mm)	257.96
ρ_{loc}	1
b_{ceff} (mm)	644.9
$b_{ceff, sup}$ (mm)	386.94
$b_{ceff, sup}$ (mm)	257.96
ϕ_{Foro} (mm)	0

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	8.513E+3	501.4	1.062E+8
A_c 1	0E+00	0	0E+00
A_c 2	0E+00	0	0E+00
A_c Edge inf	5.675E+3	179	3.147E+7
A_c tot	1.419E+4	372.5	4.917E+8
A_c	0E+00		

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff}$ Edge sup	8.513E+3	501.4	1.062E+8
$A_{c,eff}$ 1	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ 2	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ Edge inf	5.675E+3	179	3.147E+7
$A_{c,eff}$ tot	1.419E+4	372.5	4.917E+8
$A_{c,eff,loc}$	0E+00		

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

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	1322.25	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	4.915
λ_p	0.518	λ_c	1
ρ_p	1	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	8.513E+3	501.4	1.062E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	5.675E+3	179	3.147E+7
Totale	1.419E+4	372.5	4.917E+8

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	0E+00	0	0E+00
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	-1.069E+3	25	-2.227E+5

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.291E+5	2.131E+5	2.131E+5	2.131E+5	3.103E+5	1.545E+5
z _G (mm)	770.404	1311.332	1311.332	1311.332	1574.1	993.5
Δ z _G eff (mm)	-6.12	-6.42	-6.42	-6.42	-5.32	-6.65
J _{y,eff} (mm ⁴)	8.914E+10	1.854E+11	1.854E+11	1.854E+11	2.329E+11	1.284E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-1.157E+8	-1.414E+8	-1.414E+8	-1.414E+8	-1.479E+8	-1.292E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-1.237E+8	-1.47E+8	-1.47E+8	-1.47E+8	-1.528E+8	-1.361E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	7.462E+7	2.837E+8	2.837E+8	2.837E+8	5.957E+8	1.321E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	7.249E+7	2.693E+8	2.693E+8	2.693E+8	5.468E+8	1.275E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	2.58E+8	2.58E+8	2.58E+8	5.108E+8	1.239E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	2.58E+8	2.58E+8	2.58E+8	5.108E+8	1.239E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	2.041E+8	2.041E+8	2.041E+8	3.605E+8	1.047E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	1.934E+8	1.934E+8	1.934E+8	3.346E+8	1.006E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	4.393E+7	7.581E+7	7.581E+7	7.581E+7	9.129E+7	5.707E+7
S _{y,2eff} (mm ³)	4.964E+7	9.331E+7	9.331E+7	9.331E+7	1.168E+8	6.687E+7
S _{y,3eff} (mm ³)	3.394E+7	8.861E+7	8.861E+7	8.861E+7	1.152E+8	5.649E+7
S _{y,4eff} (mm ³)	1.341E-291	6.981E+7	6.981E+7	6.981E+7	1.037E+8	2.879E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0) / \psi_0 * 100$	0
$(\psi_2 - \psi_1) / \psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2) / \psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3) / \psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4) / \psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
ΔM _{Fessurata} (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	1.321E+3
ΔM _{Non fessurata} (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-9.567E+3	1.056E+3

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	0.5	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.8	0	-1.3	0.068
σ ₇	0	8.4	16.3	0	0	0	0	16.3	5.1	-12.4	-4.5	-14.6	9	0.023
σ ₆	0	6.6	13.8	0	0	0	0	13.8	5.3	-10.4	-3.4	-12.5	8.6	0.022
σ ₅	0	0.4	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.5	0	-1.1	0.061
σ ₄	92.7	6.4	13.4	0	0	0	0	106.1	5.3	-10.1	-3.2	-12.2	101.2	0.299
σ ₃	90.1	6	12.9	0	0	0	0	103	5.4	-9.8	-3	-11.8	98.5	0.291
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	5.8	0	-0.6	-1.3	5.2	0.015
σ ₁	-54.3	-11.6	-12.6	0	0	0	0	-66.9	7.5	9.5	8.5	8.9	-50	0.157
σ ₀	-58.1	-12.1	-13.2	0	0	0	0	-71.3	7.5	10	8.8	9.5	-53.9	0.169

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.299 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.53 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.4 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.28 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -1.14 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling
 $h_w/t_w=87.045 > 31/\eta * \epsilon_w *(K_\tau)^{0.5}=58.275$ Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=6.317E+6 N**

Essendo:

$a/h_w=1.305$, $\eta=1.2$, $K_\tau=7.687$
 contributo anima: $V_{bw,Rd}=6.317E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=0E+00$ N
 $\chi_w=0.805$, $\lambda_w=1.031$, $\tau_{cr}=192.8$, $C=765.4$
 $M_{Ed}=M_{Ed,eq}=5.535E+7$ Nm, $M_{f,Rd}=3.7E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=1.496$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=9.868E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=6.317E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.131, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.131, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.299$$

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 T1N050M T1N050M

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2000 mm
Piattabanda superiore	550x20 mm
Piattabanda inferiore	800x40 mm
Anima	18x1940 mm, Inclinazione: 0
Soletta	4050x240 mm
Raccordo	550x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	7.792E+4	1.492E+5	1.492E+5	1.492E+5	2.464E+5	9.064E+4
Z _G (mm)	741.776	1412.409	1412.409	1412.409	1703.404	935.937
J _y (mm ⁴)	4.728E+10	1.21E+11	1.21E+11	1.21E+11	1.535E+11	6.832E+10
W _{y,0} (mm ³)	-6.374E+7	-8.569E+7	-8.569E+7	-8.569E+7	-9.013E+7	-7.3E+7
W _{y,1} (mm ³)	-6.737E+7	-8.819E+7	-8.819E+7	-8.819E+7	-9.23E+7	-7.626E+7
W _{y,3} (mm ³)	3.818E+7	2.132E+8	2.132E+8	2.132E+8	5.551E+8	6.544E+7
W _{y,4} (mm ³)	3.758E+7	2.06E+8	2.06E+8	2.06E+8	5.176E+8	6.421E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.96E+8	1.96E+8	1.96E+8	4.701E+8	6.245E+7

W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.96E+8	1.96E+8	1.96E+8	4.701E+8	6.245E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.499E+8	1.499E+8	1.499E+8	2.972E+8	5.321E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.411E+8	1.411E+8	1.411E+8	2.71E+8	5.121E+7
S _{y,1} (mm ³)	2.31E+7	4.456E+7	4.456E+7	4.456E+7	5.387E+7	2.931E+7
S _{y,2} (mm ³)	2.753E+7	6.151E+7	6.151E+7	6.151E+7	7.877E+7	3.653E+7
S _{y,3} (mm ³)	1.373E+7	5.861E+7	5.861E+7	5.861E+7	7.808E+7	2.672E+7
S _{y,4} (mm ³)	5.588E-9	5.226E+7	5.226E+7	5.226E+7	7.493E+7	1.513E+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	3.75E+6	2245.39	2270	2220.79
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.436E+7	2125	2219.21	2030.79
Strato di calcestruzzo inferiore	-5.984E+4	2029.61	2029.21	2030
Strato di armatura superiore	2.489E+6	2220	2220.79	2219.21
Strato di armatura inferiore	2.489E+6	2030	2030.79	2029.21
Raccordo in cls	0E+00	2015	2030	2000
Flangia superiore della trave di acciaio	3.719E+6	1990	2000	1980
Anima della trave di acciaio	1.181E+7	1010	1980	40
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.082E+7	20	40	0
Compressione ultima per la sezione completa	-4.937E+7			
Trazione ultima per la sezione completa	3.132E+7			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-3.756E+7			
Trazione ultima per la sezione senza anima	1.952E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	13.3	0.814	1	0
Flangia inferiore	9.775	0.814	3	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	107.778	0.814	0.41	-1.165	3
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	107.778	0.814	0	-0.166	1
Compressione semplice (N)	107.778	0.814	1	1	4

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	3.5E+4	-2.47E+6	0E+00
2a	0E+00	3.93E+4	-9.2E+5	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	0E+00	-7.62E+5	0E+00
Term.Iso	1.8E+6	0	8.03E+5	0
3b	-3.26E+5	8.4E+4	2.93E+6	0E+00
Totale	1.47E+6	1.58E+5	-4.17E+5	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	107.78	1995.04	-0.01	-0.34	1

Piattabanda superiore	13.3				1
Piattabanda inferiore	9.78				1
classe della sezione					1
Analisi plastica: APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	1.474E+6	M _{Ed} (Nm)	-4.174E+5	N _{Ed} (N)	1.474E+6
N _{Rd} (N)	3.132E+7	M _{Rd} (Nm)	-3.647E+7	M _{Ed} (Nm)	-4.174E+5
				M _{Rd} (Nm)	-3.604E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.047	M _{Ed} /M _{Rd}	0.011	M _{Ed} /M _{Rd}	0.012
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	-0.4	0	0	0	0	0	-0.4	-0.7	0	1.5	0	0	0
σ ₇	0	-6.1	-17.3	0	0	0	0	-6.1	7.4	-14.3	8.5	51.5	19.9	0.051
σ ₆	0	-4.7	-14.7	0	0	0	0	-4.7	7.4	-12.2	4.9	43.4	16.4	0.042
σ ₅	0	-0.3	0	0	0	0	0	-0.3	-0.7	0	0.8	0	0	0
σ ₄	-65.8	-4.5	-14.3	0	0	0	0	-70.2	7.4	-11.9	4.3	42.1	-49.9	0.148
σ ₃	-64.7	-4.3	-14.1	0	0	0	0	-69	7.4	-11.6	4	41.2	-49.2	0.146
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	7.3	0	-1.3	-3.6	-3.6	0.011
σ ₁	36.7	10.4	12.1	0	0	0	0	47.1	6.9	10	-33.1	-42	16.7	0.049
σ ₀	38.8	10.7	12.6	0	0	0	0	49.5	6.8	10.4	-33.9	-43.8	18.1	0.053

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.148 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

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 = -0.28 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 = 0.47 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.16 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

$$h_w/t_w=107.778 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=58.508 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 4.835E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=1.289, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.749$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=4.246E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=5.895E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.653, \quad \lambda_w=1.272, \quad \tau_{cr}=126.7, \quad C=700.6$$

$$M_{Ed}=-4.174E+5 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=-2.389E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.017$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 8.18E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.835E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.033, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.037, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.012$$

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)
1	0E+00	4.72E+4	-3.34E+6	0E+00
2a	0E+00	1.04E+4	-1.66E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	2.58E+6	0E+00
Rit.Iso	-3.68E+6	0	-2.72E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	0E+00	7.62E+5	0E+00
Term.Iso	-1.8E+6	0	-8.03E+5	0
3b	3.26E+5	7.54E+4	-1E+7	0E+00
Totale	-5.16E+6	1.33E+5	-1.52E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	107.78	1894.72	0.04	-1.03	1
Piattabanda superiore	13.3				1
Piattabanda inferiore	9.78				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-5.158E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.522E+7	N _{Ed} (N)	-5.158E+6
N _{Rd} (N)	-4.937E+7	M _{Rd} (Nm)	-3.647E+7	M _{Ed} (Nm)	-1.522E+7
				M _{Rd} (Nm)	-3.787E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.104	M _{Ed} /M _{Rd}	0.417	M _{Ed} /M _{Rd}	0.402

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	-0.7	0	2.2	0	0	0	0	0.7	0	-5.7	0	-3.5	0.188
σ ₇	0	-11.1	-31.2	-25.6	48.5	0	0	17.3	-7.4	14.3	-32.5	-185.3	-76.6	0.196
σ ₆	0	-8.5	-26.6	-25.4	41.3	0	0	14.7	-7.4	12.2	-20.1	-157.3	-61.3	0.157
σ ₅	0	-0.5	0	2.3	0	0	0	0	0.7	0	-3.2	0	-0.8	0.042
σ ₄	-88.8	-8.1	-25.9	-25.4	40.2	0	0	-74.4	-7.4	11.9	-18.1	-152.9	-147.7	0.437
σ ₃	-87.4	-7.8	-25.4	-25.3	39.4	0	0	-73.3	-7.4	11.6	-16.8	-150	-144.6	0.428
σ ₂	0	0	0	-24.7	0	0	0	0	-7.3	0	1.3	3.6	-30.7	0.091
σ ₁	49.5	18.8	21.8	-23.1	-33.8	0	0	37.4	-6.9	-10	110.2	135.4	148.5	0.439
σ ₀	52.3	19.4	22.7	-23.1	-35.3	0	0	39.7	-6.8	-10.4	112.8	141.2	154.6	0.457

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.457 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.54 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.75 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.54 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.8 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
 $h_w/t_w=107.778 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 58.508$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd}=4.637E+6$ N**

Essendo:

$a/h_w=1.289$, $\eta=1.2$, $K_\tau=7.749$
 contributo anima: $V_{bw,Rd}=4.246E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=3.91E+5$ N
 $\chi_w=0.653$, $\lambda_w=1.272$, $\tau_{cr}=126.7$, $C=700.6$
 $M_{Ed}=-1.522E+7$ Nm, $M_{f,Rd}=-2.622E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.58$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd}=8.18E+6$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.637E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd}=0.029$, (\Rightarrow VERIFICA SODDISFATTA)
 $\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.031$, $\eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd}=0.402$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	4.72E+4	-3.34E+6	0E+00
2a	0E+00	4.28E+4	-1.41E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	2.58E+6	0E+00
Rit.Iso	-3.68E+6	0	-2.72E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	0E+00	-7.62E+5	0E+00
Term.Iso	1.8E+6	0	8.03E+5	0
3b	0E+00	6.45E+5	-5.81E+6	0E+00
Totale	-1.88E+6	7.35E+5	-1.06E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	107.78	1986.01	0	-0.92	1
Piattabanda superiore	13.3				1
Piattabanda inferiore	9.78				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-1.885E+6	M_{Ed} (Nm)	-1.065E+7	N_{Ed} (N)	-1.885E+6
N_{Rd} (N)	-4.937E+7	M_{Rd} (Nm)	-3.647E+7	M_{Ed} (Nm)	-1.065E+7
				M_{Rd} (Nm)	-3.701E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.038	M_{Ed}/M_{Rd}	0.292	M_{Ed}/M_{Rd}	0.288

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	-0.6	0	2.2	0	0	0	0	-0.7	0	-3.4	0	-2.4	0.13
σ_7	0	-9.4	-26.4	-25.6	48.5	0	0	22.1	7.4	-14.3	-19.6	-109.2	-47.1	0.12
σ_6	0	-7.2	-22.5	-25.4	41.3	0	0	18.8	7.4	-12.2	-12.4	-93.1	-37.5	0.096
σ_5	0	-0.4	0	2.3	0	0	0	0	-0.7	0	-2	0	-0.8	0.044
σ_4	-88.8	-6.8	-21.9	-25.4	40.2	0	0	-70.5	7.4	-11.9	-11.2	-90.5	-124.8	0.369
σ_3	-87.4	-6.6	-21.5	-25.3	39.4	0	0	-69.4	7.4	-11.6	-10.5	-88.8	-122.4	0.362
σ_2	0	0	0	-24.7	0	0	0	0	7.3	0	0	0	-17.4	0.051
σ_1	49.5	15.9	18.4	-23.1	-33.8	0	0	34.1	6.9	10	63	76.2	112.1	0.332
σ_0	52.3	16.4	19.3	-23.1	-35.3	0	0	36.2	6.8	10.4	64.5	79.6	117	0.346

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.369 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.64 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.83 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.45 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.82 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

$$h_w/t_w=107.778 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=58.508 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=4.73E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=1.289, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.749$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=4.246E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=4.838E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.653, \quad \lambda_w=1.272, \quad \tau_{cr}=126.7, \quad C=700.6$$

$$M_{Ed}=-1.065E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=-2.514E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.424$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=8.18E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=4.73E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.155, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.173, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.288$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	3.5E+4	-2.47E+6	0E+00
2a	0E+00	-2.62E+4	-1E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	2.58E+6	0E+00
Rit.Iso	-3.68E+6	0	-2.72E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	0E+00	-7.62E+5	0E+00

Term.Iso	1.8E+6	0	8.03E+5	0
3b	0E+00	-5.46E+5	-5.8E+6	0E+00
Totale	-1.88E+6	-5.37E+5	-9.37E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	107.78	1986.01	0	-0.97	1
Piattabanda superiore	13.3				1
Piattabanda inferiore	9.78				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-1.885E+6	M_{Ed} (Nm)	-9.369E+6	N_{Ed} (N)	-1.885E+6
N_{Rd} (N)	-4.937E+7	M_{Rd} (Nm)	-3.647E+7	M_{Ed} (Nm)	-9.369E+6
				M_{Rd} (Nm)	-3.701E+7
N_{Ed}/N_{Rd}	0.038	M_{Ed}/M_{Rd}	0.257	M_{Ed}/M_{Rd}	0.253

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	-0.4	0	2.2	0	0	0	0	-0.7	0	-3.4	0	-2.3	0.121
σ_7	0	-6.7	-18.8	-25.6	48.5	0	0	29.7	7.4	-14.3	-19.5	-109	-44.4	0.113
σ_6	0	-5.1	-16	-25.4	41.3	0	0	25.3	7.4	-12.2	-12.3	-92.9	-35.5	0.091
σ_5	0	-0.3	0	2.3	0	0	0	0	-0.7	0	-2	0	-0.7	0.037
σ_4	-65.8	-4.9	-15.6	-25.4	40.2	0	0	-41.2	7.4	-11.9	-11.2	-90.4	-99.8	0.295
σ_3	-64.7	-4.7	-15.3	-25.3	39.4	0	0	-40.6	7.4	-11.6	-10.5	-88.7	-97.8	0.289
σ_2	0	0	0	-24.7	0	0	0	0	7.3	0	0	0	-17.4	0.051
σ_1	36.7	11.4	13.1	-23.1	-33.8	0	0	16	6.9	10	62.9	76.1	94.6	0.28
σ_0	38.8	11.7	13.7	-23.1	-35.3	0	0	17.1	6.8	10.4	64.4	79.5	98.6	0.292

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.295 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.82 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.95 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.27 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.69 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

$$h_w/t_w=107.778 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 58.508 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd}=4.754E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w=1.289, \quad \eta=1.2, \quad K_\tau=7.749$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=4.246E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=5.077E+5 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.653, \quad \lambda_w=1.272, \quad \tau_{cr}=126.7, \quad C=700.6$$

$$M_{Ed}=-9.369E+6 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=-2.514E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.373$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 8.18E+6 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 4.754E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.113, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$
$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.127, \quad \eta_1 = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.253$$

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

1.7.3 Travi longitudinali - verifiche S.L.E

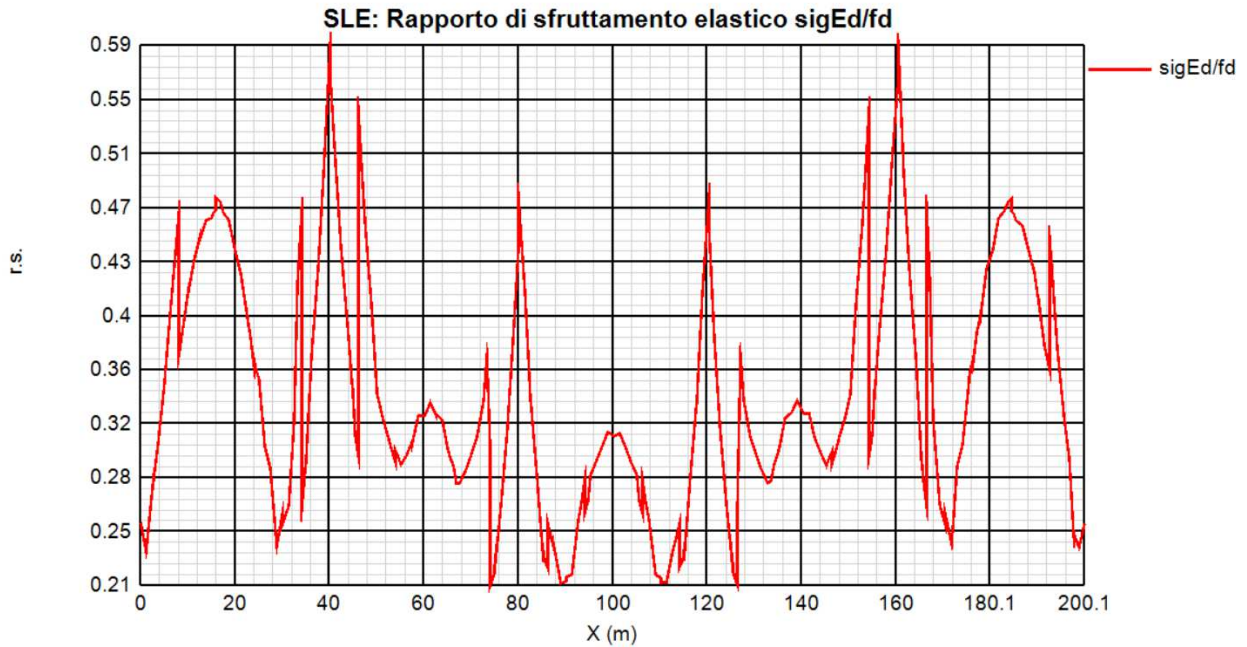
La verifica viene condotta con riferimento alle tensioni di Von Mises valutate sotto la combinazione fondamentale S.L.E., applicando il coefficiente di materiale $\gamma_{m,ser} = 1.0$. Il programma Ponti EC4, procede al calcolo del rapporto di sfruttamento dei vari componenti (acciaio, calcetrusso ed 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.

1.7.3.1 Verifica S.L.E. tensionale - Riepilogo coefficienti di sfruttamento

Si riporta una rappresentazione grafica dei coefficienti massimi di sfruttamento per il caso più significativo:

FILO 000



1.7.3.2 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-08, 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 S.L.E. frequente, rappresentando 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)):

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma} \sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \tau_{x,Ed,ser}}{k_{\tau} \sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

In cui:

$\sigma_E = 186200(t/h)^2$ tensione critica Euleriana

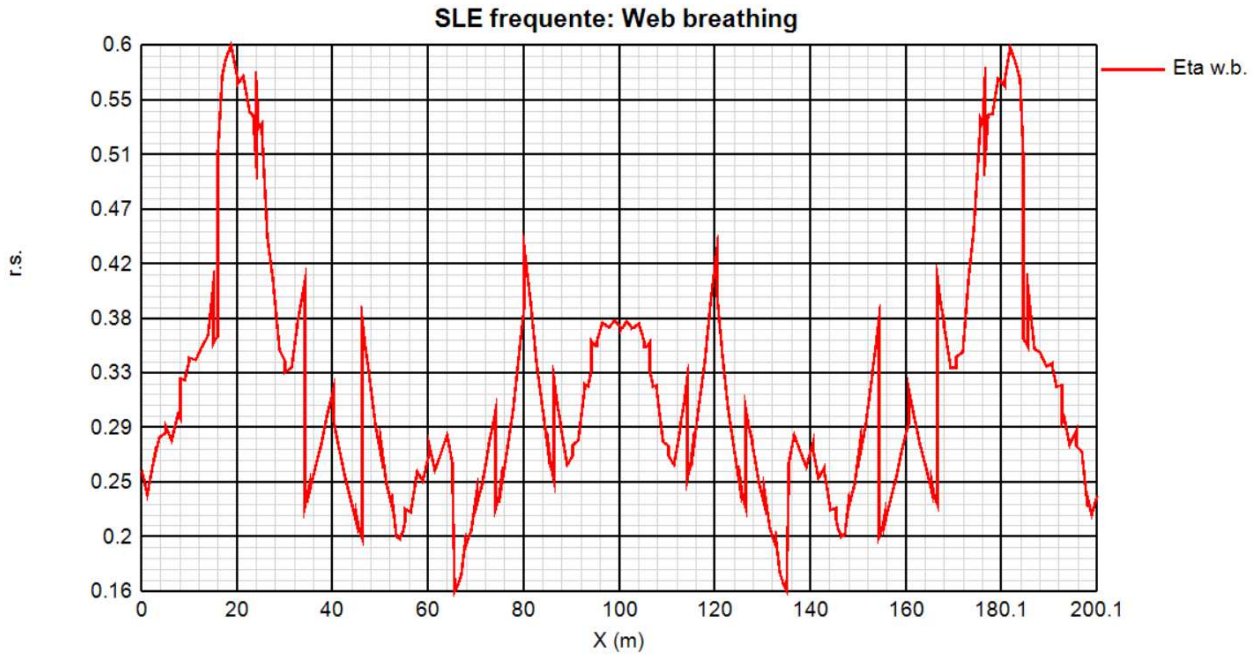
k_{σ}, k_{τ} = coefficienti di imbozzamento per tensioni normali e per taglio, funzione della geometria e stato di sforzo del pannello.

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 ξ , 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 il grafico dei coefficienti di utilizzo a web breathing per entrambe le travi principali:

FILO 000

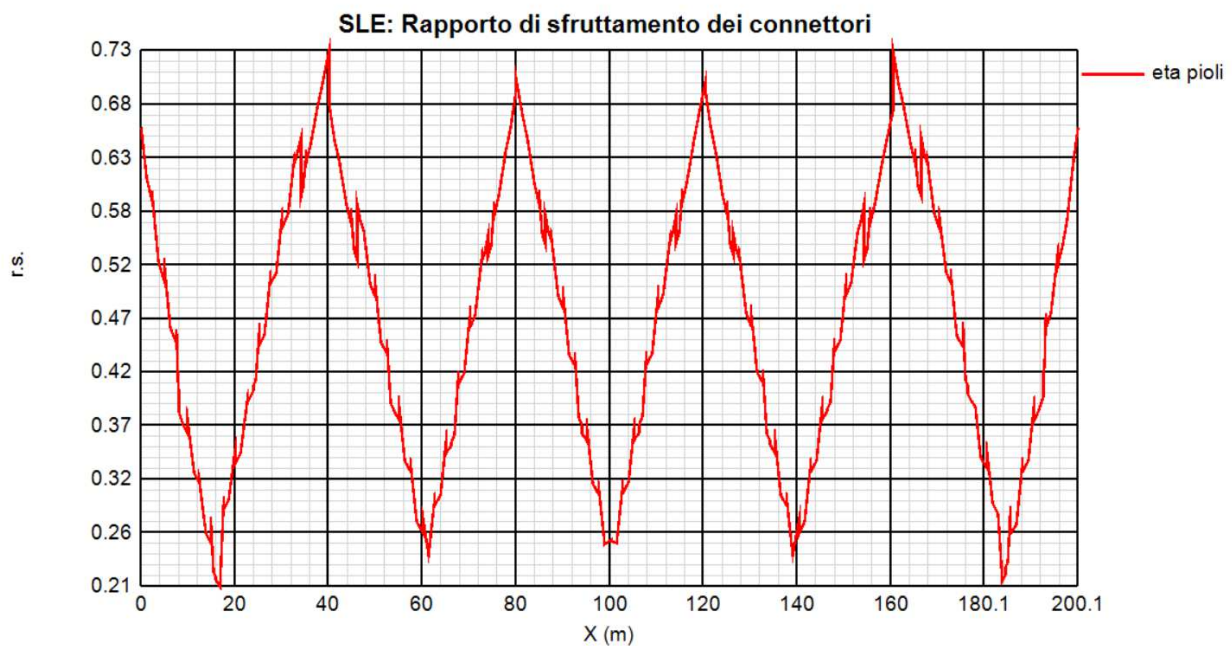


1.7.3.3 Verifica dei pioli allo sle – riepilogo coefficienti di sfruttamento

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 200

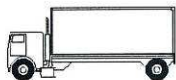

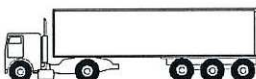
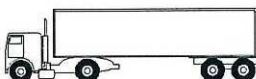



1.7.4 Travi Longitudinali - Verifiche A Fatica

1.7.4.1 Modelli di carico per le verifiche a fatica

In accordo con il punto 5.1.4.3 del DM 17/01/2018 le verifiche a fatica si eseguono facendo riferimento al modello di carico 2 applicato sulla corsia convenzionale n. 1.

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

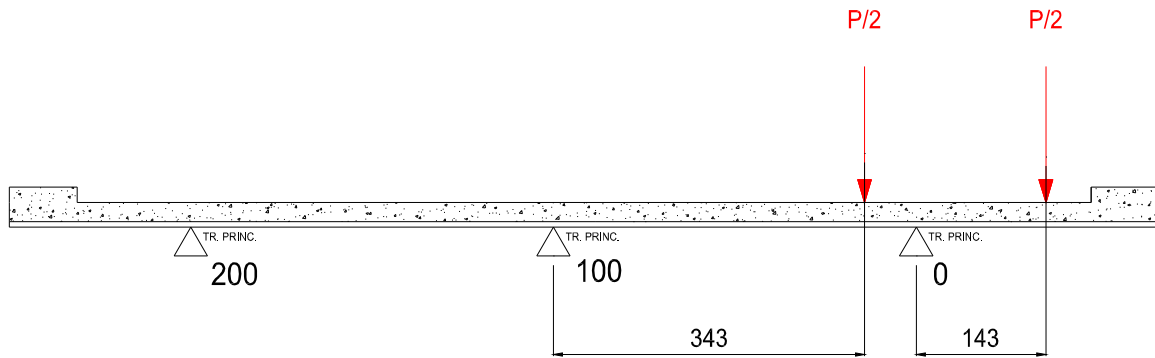
SAGOMA del VEICOLO		Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
		4,5	90	A
			190	B
		4,20	80	A
		1,30	140	B
			140	B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120	C
			120	C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140	B
			140	B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120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

I delta di tensione si determinano in base agli effetti più severi dei diversi autocarri, considerati separatamente, che viaggiano da soli sulla corsia convenzionale n.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 involuppi realizzati ad hoc e di seguito elencati:

- 1) **Fat_M22.out** Stato Limite di Fatica - max momento flettente. verticale
- 2) **Fat_V3.out** Stato Limite di Fatica. - max taglio verticale

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^*	1.13 P
R_{100}^*	-0.16 P
R_{200}^*	0.03 P

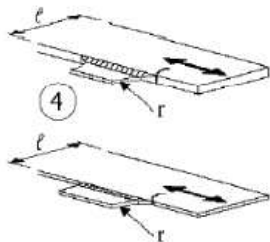

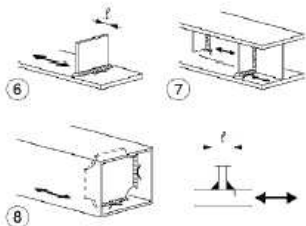
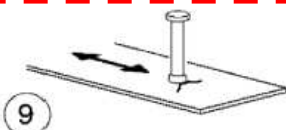
Tabella 1.34 Reazioni per carichi da fatica

1.7.4.2 Categorie 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.

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. (a) $r \geq L/3$ o $r > 150$ mm (b) $L/3 > r \geq L/6$ (c) $r < L/6$	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 (a) $l \leq 50$ mm (b) $50 < l \leq 80$ mm Le classi sono valide anche per nervature anulari	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	

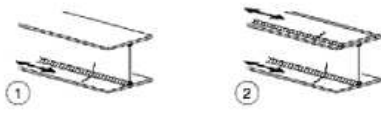
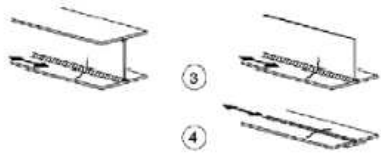
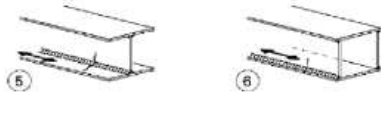
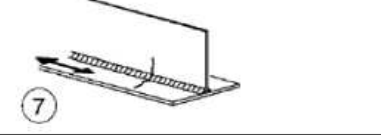
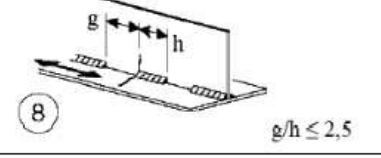

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
125		Saldature longitudinali continue 1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati 2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo. Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 5) e 6) della tabella C4.2.XVIa)	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 C4.2.XV)	$\Delta\sigma$ riferiti alle tensioni nella piattabanda

Figura 1.44 Dettagli costruttivi per attacchi e irrigidenti saldati ($\Delta\sigma$).

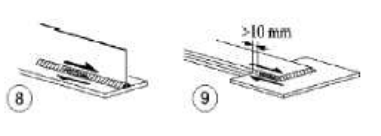
Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
80		8) Cordoni d'angolo continui soggetti a sforzi di sconnessione, quali quelli di composizione tra anima e piattabanda in travi composte saldate 9) Giunzioni a sovrapposizione a cordoni d'angolo soggette a tensioni tangenziali	8) $\Delta\tau$ 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 1.45 Dettagli costruttivi per sezioni saldate ($\Delta\tau$).

1.7.4.3 Verifiche per vita illimitata

In accordo con il par. 4.2.4.1.4 del DM 17/01/2018 e con i punti C4.2.4.1.4.4 e C4.2.4.1.4.6 delle “*istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni*” si verifica che:

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

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

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 ad ampiezza costante per $N = 5 \times 10^6$ cicli.

$\Delta\tau_D = \Delta\tau_L = 0.457\Delta\tau_c$ limite a fatica ad ampiezza costante per $N = 10^8$ cicli

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

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

γ_{Mf} : coefficiente parziale di sicurezza.

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

1.7.4.3.1 [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 024 – x = 0.00 cm (Sezione 006)

$$\Delta\sigma_{sup,max} = 2.32 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

Piattabanda inferiore

Asta 047 – x = 148.00 cm (Sezione 010)

$$\Delta\sigma_{inf,max} = 4.19 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

1.7.4.3.2 [Saldature dei pioli alle piattabande](#)

Classe del dettaglio	$\Delta\sigma^*_C = 8.0 \text{ kN/cm}^2$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{mf} = 1.35$
Resistenza di progetto a fatica	$\Delta\sigma_D = 8.0 \times 0.737 / 1.35 = 4.37 \text{ kN/cm}^2$

Asta 024 - x= 0.00 cm (Sezione 006)

$$\Delta\sigma_{max,max} = 2.37 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

1.7.4.3.3 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 085 – x = 0.00 cm (Sezione 004)

$$\Delta\tau_{med,max} = 1.38 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

cordone 10x10 $\max \Delta\tau_w = 1.8 * 1.38 / (2 * 1.0 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 1.76 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$

anima 20 mm

Asta 061 – x = 0.00 cm (Sezione 009)

$$\Delta\tau_{med,max} = 1.62 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

cordone 10x10 $\max \Delta\tau_w = 2.0 * 1.62 / (2 * 1.0 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 2.29 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$

anima 22 mm

Asta 81 – x = 0.00 cm (Sezione 005)

$$\Delta\tau_{med,max} = 1.49 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

cordone 10x10 $\max \Delta\tau_w = 2.2 * 1.49 / (2 * 1.0 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 2.31 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$

1.7.5 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'inviluppo 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

SAN GIORGIO - saldature cordone superiore							
Sezione	t Anima	Scorrimento	Ag minima	cordone		h gola	$\tau//$
	(mm)	[kN/cm]	[cm]	[mm]		[mm]	[kN/cm ²]
001	20	13.28	0.53	10	x 10	7.07	9.4
002	20	7.80	0.31	10	x 10	7.07	5.5
003	18	8.42	0.34	10	x 10	7.07	6.0
004	18	13.77	0.55	10	x 10	7.07	9.7
005	22	18.44	0.74	10	x 10	7.07	13.0
006	18	12.10	0.49	10	x 10	7.07	8.6
007	18	7.78	0.31	10	x 10	7.07	5.5
008	18	11.25	0.45	10	x 10	7.07	8.0
009	20	16.54	0.67	10	x 10	7.07	11.7
010	18	11.75	0.47	10	x 10	7.07	8.3
011	18	7.22	0.29	10	x 10	7.07	5.1

SAN GIORGIO - saldature cordone inferiore							
Sezione	t Anima	Scorrimento	Ag minima	cordone		h gola	$\tau//$
	(mm)	[kN/cm]	[cm]	[mm]		[mm]	[kN/cm ²]
001	20	12.66	0.51	10	x 10	7.07	9.0
002	20	6.70	0.27	10	x 10	7.07	4.7
003	18	7.54	0.30	10	x 10	7.07	5.3
004	18	14.09	0.57	10	x 10	7.07	10.0
005	22	20.22	0.81	10	x 10	7.07	14.3
006	18	12.15	0.49	10	x 10	7.07	8.6
007	18	6.57	0.26	10	x 10	7.07	4.6
008	18	10.64	0.43	10	x 10	7.07	7.5
009	20	15.84	0.64	10	x 10	7.07	11.2
010	18	10.69	0.43	10	x 10	7.07	7.6
011	18	5.94	0.24	10	x 10	7.07	4.2

1.7.6 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:

Pioli di tipo Nelson	$\phi 19$, $h = 175$ mm ($h_{\min} = 0.6 h_{\text{sol}}$)
Soletta	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 001-100

CONCIO	ASTA	ascissa	Scorrimento[kN/m]	PRd	npioli	passo[cm]	Portata[kN/m]	Verifica
001	1	124.8	987.59	81.7	4	20	1633.1	0.60
001	2	0.0	944.49	81.7	4	20	1633.1	0.58
001	3	0.0	838.42	81.7	4	20	1633.1	0.51
001	4	0.0	713.41	81.7	4	20	1633.1	0.44
002	5	0.0	600.57	81.7	3	20	1224.8	0.49
002	6	0.0	605.64	81.7	3	20	1224.8	0.49
002	7	0.0	493.06	81.7	3	20	1224.8	0.40
002	8	0.0	433.77	81.7	3	20	1224.8	0.35
003	9	149.4	449.09	81.7	3	20	1224.8	0.37
003	10	250.0	555.92	81.7	3	20	1224.8	0.45
003	11	250.0	621.21	81.7	3	20	1224.8	0.51
003	12	149.2	639.19	81.7	3	20	1224.8	0.52
004	13	99.2	735.27	81.7	3	20	1224.8	0.60
004	14	250.0	807.31	81.7	3	20	1224.8	0.66
004	15	250.0	920.29	81.7	3	20	1224.8	0.75
004	16	250.0	899.51	81.7	3	20	1224.8	0.73
004	17	148.8	929.4	81.7	3	20	1224.8	0.76
005	18	0.0	866.92	81.7	4	20	1633.1	0.53
005	19	250.0	608.79	81.7	4	20	1633.1	0.37
005	20	250.0	670.51	81.7	4	20	1633.1	0.41
005	21	0.0	610.95	81.7	4	20	1633.1	0.37
005	22	250.0	700.56	81.7	4	20	1633.1	0.43
005	23	0.0	717.51	81.7	4	20	1633.1	0.44
006	24	74.4	818.71	81.7	3	20	1224.8	0.67
006	25	0.0	814.04	81.7	3	20	1224.8	0.66
006	26	0.0	735.61	81.7	3	20	1224.8	0.60
006	27	0.0	701.28	81.7	3	20	1224.8	0.57
007	28	0.0	603.25	81.7	3	20	1224.8	0.49
007	29	0.0	630.17	81.7	3	20	1224.8	0.51
007	30	0.0	515.31	81.7	3	20	1224.8	0.42
007	31	250.0	460.98	81.7	3	20	1224.8	0.38
007	32	250.0	576.57	81.7	3	20	1224.8	0.47
007	33	98.4	547.59	81.7	3	20	1224.8	0.45
008	34	148.4	648.49	81.7	3	20	1224.8	0.53
008	35	250.0	764.42	81.7	3	20	1224.8	0.62
008	36	250.0	775.86	81.7	3	20	1224.8	0.63
008	37	148.2	802.54	81.7	3	20	1224.8	0.66
009	38	0.0	792.04	81.7	4	20	1633.1	0.48
009	39	0.0	703.21	81.7	4	20	1633.1	0.43
009	40	250.0	648.3	81.7	4	20	1633.1	0.40
009	41	0.0	658.07	81.7	4	20	1633.1	0.40
009	42	250.0	726.96	81.7	4	20	1633.1	0.45
009	43	98.1	802.49	81.7	4	20	1633.1	0.49
010	44	0.0	822.47	81.7	3	20	1224.8	0.67
010	45	0.0	795.14	81.7	3	20	1224.8	0.65
010	46	0.0	790.07	81.7	3	20	1224.8	0.65
010	47	0.0	673.35	81.7	3	20	1224.8	0.55
011	48	0.0	564.4	81.7	3	20	1224.8	0.46
011	49	0.0	594.7	81.7	3	20	1224.8	0.49

011	50	0.0	479.11	81.7	3	20	1224.8	0.39	ok
011	51	250.0	482.19	81.7	3	20	1224.8	0.39	ok
011	52	250.0	597.96	81.7	3	20	1224.8	0.49	ok
011	53	98.0	567.43	81.7	3	20	1224.8	0.46	ok
010	54	148.0	672.17	81.7	3	20	1224.8	0.55	ok
010	55	250.0	788.99	81.7	3	20	1224.8	0.64	ok
010	56	250.0	793.7	81.7	3	20	1224.8	0.65	ok
010	57	148.0	824.47	81.7	3	20	1224.8	0.67	ok
009	58	0.0	804.47	81.7	4	20	1633.1	0.49	ok
009	59	0.0	718.11	81.7	4	20	1633.1	0.44	ok
009	60	250.0	652.7	81.7	4	20	1633.1	0.40	ok
009	61	0.0	650.99	81.7	4	20	1633.1	0.40	ok
009	62	250.0	705.36	81.7	4	20	1633.1	0.43	ok
009	63	98.0	790.84	81.7	4	20	1633.1	0.48	ok
008	64	0.0	801.13	81.7	3	20	1224.8	0.65	ok
008	65	0.0	774.13	81.7	3	20	1224.8	0.63	ok
008	66	0.0	763.33	81.7	3	20	1224.8	0.62	ok
008	67	0.0	647.71	81.7	3	20	1224.8	0.53	ok
007	68	0.0	546.99	81.7	3	20	1224.8	0.45	ok
007	69	0.0	577.01	81.7	3	20	1224.8	0.47	ok
007	70	0.0	461.22	81.7	3	20	1224.8	0.38	ok
007	71	250.0	511.81	81.7	3	20	1224.8	0.42	ok
007	72	250.0	627.15	81.7	3	20	1224.8	0.51	ok
007	73	98.0	598.63	81.7	3	20	1224.8	0.49	ok
006	74	148.0	692	81.7	3	20	1224.8	0.56	ok
006	75	250.0	727.29	81.7	3	20	1224.8	0.59	ok
006	76	250.0	806.16	81.7	3	20	1224.8	0.66	ok
006	77	74.0	814.97	81.7	3	20	1224.8	0.67	ok
005	78	0.0	760.12	81.7	4	20	1633.1	0.47	ok
005	79	0.0	687.02	81.7	4	20	1633.1	0.42	ok
005	80	250.0	603.05	81.7	4	20	1633.1	0.37	ok
005	81	0.0	663.32	81.7	4	20	1633.1	0.41	ok
005	82	0.0	600.98	81.7	4	20	1633.1	0.37	ok
005	83	97.8	852.65	81.7	4	20	1633.1	0.52	ok
004	84	0.0	914.25	81.7	3	20	1224.8	0.75	ok
004	85	0.0	885.02	81.7	3	20	1224.8	0.72	ok
004	86	0.0	900.86	81.7	3	20	1224.8	0.74	ok
004	87	0.0	786.93	81.7	3	20	1224.8	0.64	ok
004	88	0.0	719.36	81.7	3	20	1224.8	0.59	ok
003	89	0.0	622.34	81.7	3	20	1224.8	0.51	ok
003	90	0.0	605.87	81.7	3	20	1224.8	0.49	ok
003	91	0.0	540.55	81.7	3	20	1224.8	0.44	ok
003	92	0.0	435.1	81.7	3	20	1224.8	0.36	ok
002	93	98.4	443.12	81.7	3	20	1224.8	0.36	ok
002	94	250.0	499.67	81.7	3	20	1224.8	0.41	ok
002	95	250.0	614.57	81.7	3	20	1224.8	0.50	ok
002	96	198.5	614.34	81.7	3	20	1224.8	0.50	ok
001	97	48.5	716.33	81.7	4	20	1633.1	0.44	ok
001	98	250.0	841.22	81.7	4	20	1633.1	0.52	ok
001	99	220.0	898.11	81.7	4	20	1633.1	0.55	ok
001	100	109.2	989.71	81.7	4	20	1633.1	0.61	ok

1.7.7 Verifiche 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 SA - P1
Lunghezza 4000 cm

Frecce (cm)	Trave 1		Trave 2		Trave 3	
Fase 1	-6.44	L/621 < L/300	-5.94	L/674 < L/300	-5.58	L/717 < L/300
Fase 2	-1.56		-1.22		-1.03	
Ritiro	-0.83		-0.85		-0.87	
Fase 3	-4.90	L/817 < L/700	-2.99	L/1338 < L/700	-4.45	L/898 < L/700

SLE (rara)	-4.90	L/816 < L/700	-3.00	L/1333 < L/700	-4.50	L/889 < L/700
------------	-------	---------------	-------	----------------	-------	---------------

Campata P1 - P2
Lunghezza 4000 cm

Frecce (cm)	Trave 1		Trave 2		Trave 3	
Fase 1	-1.25	L/3200 < L/300	-1.04	L/3831 < L/300	-0.98	L/4090 < L/300
Fase 2	-0.46		-0.30		-0.28	
Ritiro	0.00		0.00		0.00	
Fase 3	-3.61	L/1110 < L/700	-2.23	L/1797 < L/700	-3.36	L/1190 < L/700

SLE (rara)	-3.70	L/1081 < L/700	-2.30	L/1739 < L/700	-3.40	L/1176 < L/700
------------	-------	----------------	-------	----------------	-------	----------------

Campata **P2 - P3**
Lunghezza **4000** cm

Frecce (cm)	Trave 1		Trave 2		Trave 3	
Fase 1	-3.11	L/1287 < L/300	-2.90	L/1381 < L/300	-2.82	L/1416 < L/300
Fase 2	-0.75		-0.56		-0.52	
Ritiro	-0.09		-0.10		-0.11	
Fase 3	-3.73	L/1073 < L/700	-2.34	L/1706 < L/700	-3.54	L/1129 < L/700

SLE (rara)	-3.80	L/1053 < L/700	-2.40	L/1667 < L/700	-3.60	L/1111 < L/700
------------	-------	----------------	-------	----------------	-------	----------------

Campata **P3 - P4**
Lunghezza **4000** cm

Frecce (cm)	Trave 1		Trave 2		Trave 3	
Fase 1	-1.35	L/2959 < L/300	-1.11	L/3597 < L/300	-1.01	L/3953 < L/300
Fase 2	-0.48		-0.31		-0.29	
Ritiro	0.00		0.00		0.00	
Fase 3	-5.89	L/680 < L/700	-2.23	L/1792 < L/700	-3.39	L/1181 < L/700

SLE (rara)	-3.57	L/1121 < L/700	-2.30	L/1739 < L/700	-3.40	L/1176 < L/700
------------	-------	----------------	-------	----------------	-------	----------------

Campata **P4 - P5**
Lunghezza **4000** cm

Frecce (cm)	Trave 1		Trave 2		Trave 3	
Fase 1	-6.05	L/661 < L/300	-5.77	L/694 < L/300	-5.63	L/711 < L/300
Fase 2	-1.40		-1.12		-1.00	
Ritiro	-0.79		-0.83		-0.87	
Fase 3	-4.50	L/889 < L/700	-2.86	L/1401 < L/700	-4.33	L/924 < L/700

SLE (rara)	-4.50	L/889 < L/700	-2.90	L/1379 < L/700	-4.40	L/909 < L/700
------------	-------	---------------	-------	----------------	-------	---------------

Si riportano i valori di monta da assegnare ad ogni concio.

TRAVE 1

Nodi	GIUNTO	Fase1	Fase2	Ritiro	Fase3 (minimi)	Somma Min	Monta (cm)	Distanza (cm)
1	SpallaIniz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
5	G1	-4.49	-1.07	-0.69	-3.16	-7.04	7.50	799
9	G2	-6.44	-1.56	-0.83	-4.90	-10.06	10.50	1598
13	G3	-5.52	-1.36	-0.66	-4.61	-8.68	9.00	2397
18	G4	-1.80	-0.47	-0.24	-1.94	-2.99	3.00	3395
21	1° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3993
24	G5	0.16	-0.07	0.15	-1.66	-0.32	0.50	4592
28	G6	-0.86	-0.39	0.22	-3.56	-2.13	2.50	5390
34	G7	-1.25	-0.46	0.16	-3.61	-2.61	3.00	6587
38	G8	-0.28	-0.16	0.07	-1.72	-0.86	1.00	7383
41	2° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7981
44	G9	-1.15	-0.30	-0.05	-1.78	-1.94	2.00	8580
48	G10	-3.11	-0.75	-0.09	-3.73	-4.88	5.00	9376
54	G11	-3.10	-0.75	-0.09	-3.72	-4.86	5.00	10572
58	G12	-1.14	-0.29	-0.05	-1.77	-1.92	2.00	11368
61	3° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11966
64	G13	-0.31	-0.16	0.07	-1.70	-0.90	1.00	12564
68	G14	-1.35	-0.48	0.16	-3.57	-2.72	3.00	13360
74	G15	-1.00	-0.42	0.21	-3.51	-2.29	2.50	14556
78	G16	0.08	-0.09	0.14	-1.63	-0.41	0.50	15352
81	4° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15950
84	G17	-1.68	-0.43	-0.23	-1.84	-2.79	3.00	16547
89	G18	-5.24	-1.24	-0.63	-4.32	-8.19	8.50	17543
93	G19	-6.05	-1.40	-0.79	-4.50	-9.37	9.50	18340
97	G20	-4.06	-0.92	-0.63	-2.77	-6.30	6.50	19137
101	SpallaFine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19874

TRAVE 2

Nodi	GIUNTO	Fase1	Fase2	Ritiro	Fase3 (minimi)	Somma Min	Monta (cm)	Distanza (cm)
201	Spallalniz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
205	G1	-4.12	-0.83	-0.71	-1.92	-6.13	6.50	800
209	G2	-5.94	-1.22	-0.85	-2.99	-8.75	9.00	1600
213	G3	-5.08	-1.06	-0.67	-2.82	-7.52	8.00	2400
218	G4	-1.65	-0.35	-0.24	-1.19	-2.55	3.00	3400
221	1° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4000
224	G5	0.20	-0.02	0.15	-1.02	-0.07	0.50	4600
228	G6	-0.68	-0.24	0.23	-2.19	-1.47	1.50	5400
234	G7	-1.04	-0.30	0.17	-2.23	-1.90	2.00	6600
238	G8	-0.19	-0.09	0.08	-1.06	-0.54	1.00	7400
241	2° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8000
244	G9	-1.07	-0.21	-0.06	-1.12	-1.62	2.00	8600
248	G10	-2.90	-0.56	-0.10	-2.34	-4.14	4.50	9400
254	G11	-2.89	-0.56	-0.10	-2.34	-4.13	4.50	10600
258	G12	-1.06	-0.21	-0.06	-1.12	-1.60	2.00	11400
261	3° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12000
264	G13	-0.21	-0.09	0.07	-1.07	-0.57	1.00	12600
268	G14	-1.11	-0.31	0.17	-2.23	-1.98	2.00	13400
274	G15	-0.76	-0.26	0.23	-2.20	-1.57	2.00	14600
278	G16	0.17	-0.03	0.15	-1.02	-0.11	0.50	15400
281	4° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16000
284	G17	-1.60	-0.33	-0.24	-1.17	-2.46	2.50	16600
289	G18	-5.00	-0.99	-0.66	-2.75	-7.34	7.50	17600
293	G19	-5.77	-1.12	-0.83	-2.86	-8.43	8.50	18400
297	G20	-3.85	-0.73	-0.66	-1.75	-5.67	6.00	19200
301	SpallaFine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19940

TRAVE 3

Nodi	GIUNTO	Fase1	Fase2	Ritiro	Fase3 (minimi)	Somma Min	Monta (cm)	Distanza (cm)
401	Spallalniz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
405	G1	-3.88	-0.71	-0.72	-2.87	-6.02	6.50	801
409	G2	-5.58	-1.03	-0.87	-4.45	-8.59	9.00	1602
413	G3	-4.79	-0.90	-0.69	-4.21	-7.43	7.50	2403
418	G4	-1.57	-0.31	-0.25	-1.79	-2.58	3.00	3405
421	1° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4007
424	G5	0.18	-0.04	0.16	-1.53	-0.24	0.50	4608
428	G6	-0.65	-0.24	0.25	-3.30	-1.71	2.00	5410
434	G7	-0.98	-0.28	0.18	-3.36	-2.10	2.50	6613
438	G8	-0.18	-0.09	0.08	-1.61	-0.68	1.00	7417
441	2° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8019
444	G9	-1.06	-0.21	-0.06	-1.69	-1.75	2.00	8620
448	G10	-2.82	-0.52	-0.11	-3.54	-4.33	4.50	9424
454	G11	-2.82	-0.52	-0.11	-3.54	-4.33	4.50	10628
458	G12	-1.05	-0.20	-0.06	-1.69	-1.74	2.00	11432
461	3° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12034
464	G13	-0.19	-0.10	0.08	-1.62	-0.69	1.00	12636
468	G14	-1.01	-0.29	0.19	-3.39	-2.15	2.50	13440
474	G15	-0.67	-0.24	0.25	-3.34	-1.75	2.00	14644
478	G16	0.19	-0.04	0.16	-1.55	-0.24	0.50	15448
481	4° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16050
484	G17	-1.59	-0.31	-0.26	-1.78	-2.60	3.00	16653
489	G18	-4.89	-0.88	-0.70	-4.17	-7.52	8.00	17657
493	G19	-5.63	-1.00	-0.87	-4.33	-8.57	9.00	18460
497	G20	-3.77	-0.65	-0.69	-2.67	-5.77	6.00	19263
501	SpallaFine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20006

1.8 DIAFRAMMI E CONTROVENTI

1.8.1 DIAFRAMMI

I diaframmi di spalla, di pila e intermedi sono costituiti da profili ad anima piena composti saldati

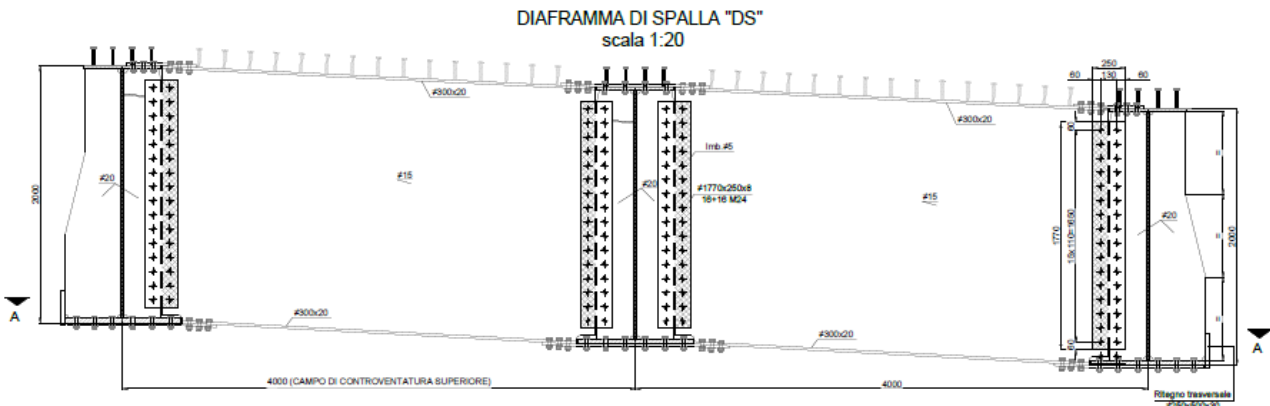


Figure 1-1 Sezione trasversale su diaframmi di spalla

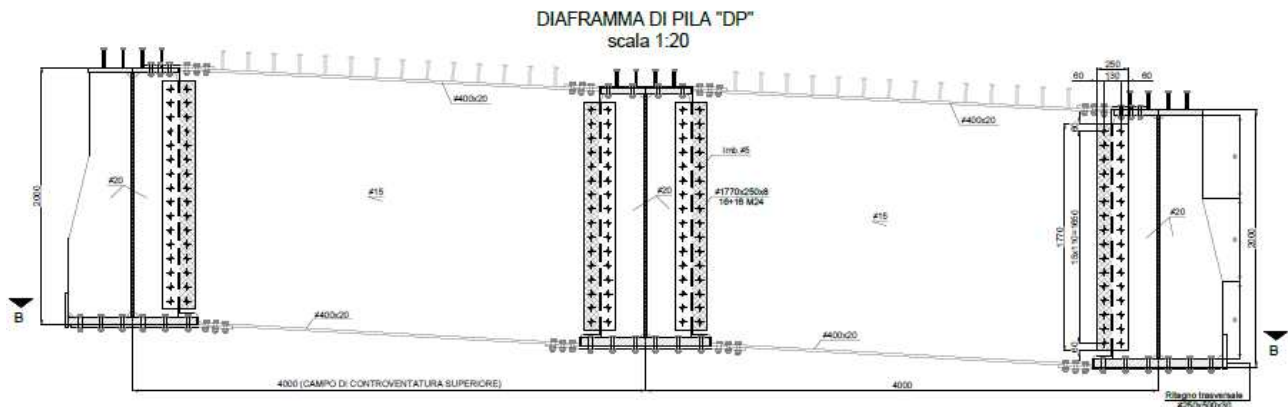


Figure 1-2 Sezione trasversale su diaframmi pila

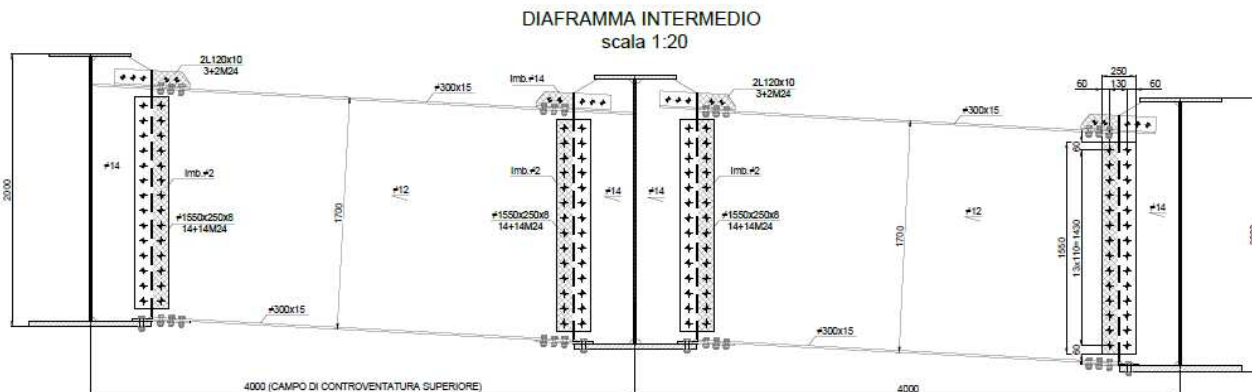


Figure 1-3 Sezione trasversale su diaframmi intermedi

1.8.1.1 Diaframmi di spalla

1.8.1.1.1 Sollecitazioni in esercizio

INVILUPPO DEI MOMENTI FLETTENTI

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		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)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)
1001	4	-11	419	-1150	6	-6	273	-133	243	-243	13378	-16745	0	0	0	0	19248	-24731
1101	3	-7	348	-1008	15	-14	1104	-542	232	-232	13354	-15827	0	0	0	0	20106	-23764
2001	5	-3	341	-325	6	-6	132	-266	243	-243	15106	-13393	0	0	0	0	21296	-19117
2101	-1	-2	196	-254	14	-15	541	-1098	232	-232	14150	-13366	0	0	0	0	20270	-19972
	max	min																
	21296	-24731																

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		Cedimenti		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)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)
1001	4	-11	419	-1150	6	-6	273	-133	243	-243	13378	-16745	0	0	17080	-17080	40498	-44845
1101	3	-7	348	-1008	15	-14	1104	-542	232	-232	13354	-15827	0	0	17080	-17080	41358	-44181
2001	5	-3	341	-325	6	-6	132	-266	243	-243	15106	-13393	0	0	17080	-17080	41963	-40363
2101	-1	-2	196	-254	14	-15	541	-1098	232	-232	14150	-13366	0	0	17080	-17080	41254	-41220
	max	min																
	41963	-44845																

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		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)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)
1001	4	-11	419	-1150	6	-6	273	-133	243	-243	13378	-16745	0	0	53162	-53162	53985	-54583
1101	3	-7	348	-1008	15	-14	1104	-542	232	-232	13354	-15827	0	0	53162	-53162	54748	-54849
2001	5	-3	341	-325	6	-6	132	-266	243	-243	15106	-13393	0	0	53162	-53162	53767	-53883
2101	-1	-2	196	-254	14	-15	541	-1098	232	-232	14150	-13366	0	0	53162	-53162	54028	-54647
	max	min																
	54748	-54849																

INVILUPPO DEI TAGLI

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		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)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)
1001	0	0	-4	-4	0	0	1	1	0	0	32	-7	0	0	0	0	44	-15
1101	0	0	-3	-3	0	0	4	4	0	0	32	-7	0	0	0	0	48	-14
2001	0	0	-2	-2	0	0	0	0	0	0	35	-7	0	0	0	0	47	-12
2101	0	0	-1	-1	0	0	4	4	0	0	35	-7	0	0	0	0	52	-11
	max	min																
	52	-15																

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		Cedimenti		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)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)
1001	0	0	-4	-4	0	0	1	1	0	0	32	-7	0	0	64	-64	130	-109
1101	0	0	-3	-3	0	0	4	4	0	0	32	-7	0	0	64	-64	133	-108
2001	0	0	-2	-2	0	0	0	0	0	0	35	-7	0	0	64	-64	132	-106
2101	0	0	-1	-1	0	0	4	4	0	0	35	-7	0	0	64	-64	136	-105
	max	min																
	136	-109																

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		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)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)
1001	0	0	-4	-4	0	0	1	1	0	0	32	-7	0	0	199	-199	200	-203
1101	0	0	-3	-3	0	0	4	4	0	0	32	-7	0	0	199	-199	203	-202
2001	0	0	-2	-2	0	0	0	0	0	0	35	-7	0	0	199	-199	199	-201
2101	0	0	-1	-1	0	0	4	4	0	0	35	-7	0	0	199	-199	203	-200
	max	min																
	203	-203																

1.8.1.1.2 Verifiche

CALCOLO DEL MOMENTO CRITICO

Acciaio

$f_y =$ kN/cm^2 $E =$ kN/cm^2 $G =$ kN/cm^2 $\gamma_{M1} =$

Profilo

Sezione trasversale

Lunghezza libera di inflessione

$L_z =$ cm (distanza di libera inflessione nel piano debole)
 $L_y =$ cm (distanza di libera inflessione nel piano forte)
 $L_t =$ cm (distanza tra due vincoli torsionali)

CARATTERISTICHE PROFILO

$I_y = 2117352 \text{ cm}^4$ $W_{y,el} = 21174 \text{ cm}^3$ $W_{z,el} = 607 \text{ cm}^3$ $A = 414 \text{ cm}^2$
 $I_z = 9110 \text{ cm}^4$ $W_{y,pl} = 26286 \text{ cm}^3$ $W_{z,pl} = 1009 \text{ cm}^3$ $A_{eff} =$ cm^2
 $I_t = 377 \text{ cm}^4$ $W_{y,eff} =$ cm^3 $W_{z,eff} =$ cm^3
 $I_w = 88209000 \text{ cm}^6$

SOLLECITAZIONI

$N_{Ed} =$ kN $M_{y,Ed} =$ kN.cm $M_{z,Ed} =$ kN.cm

TIPO DI CARICO Momento agli estremi

$M_A =$ kN.cm $M_B =$ kN.cm $\psi = -1$

$k =$ (1 = vincoli di estremità a cerniera - 0.5 = vincoli di estremità a incastro)
 $k_w =$ (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_y)
 $C_3 = 0.000$

$z_s =$ cm (se il profilo è doppiamente simmetrico =0)
 $z_a =$ cm Punto di applicazione del carico (>0 se in zona compressa)
 $z_3 = (z_a - z_s) = 0 \text{ cm}$
 $z_1 = 0.00 \text{ cm}$

$M_{cr} = 3234918 \text{ kN.cm}$

VERIFICA DI STABILITA' FLESSO TORSIONALE

classe profilo

$\lambda_{LT} = 0.482 > \lambda_{LT,0} = 0.4$ Verifica a svergolamento non necessaria

$M_{ED} = 49313 \text{ kNcm}$

$M_{ED}/M_{cr} = 0.015 < \lambda_{LT,0}^2 = 0.16$ Verifica a svergolamento non necessaria

Tipologia profilo (1 = laminato - 2 = saldato)

Altezza cm
 Larghezza cm

curva di stabilit  d
 $\alpha_{LT} = 0.76$ $\beta = 1$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \text{ but } \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

Fattore di correzione per il diagramma del momento

$k_c =$
 $f = 0.841$

$\Phi_{LT} = 0.647$
 $\chi_{LT} = 1.000$









$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd} = 683327 \text{ kNcm}$

$M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0.072 \leq 1$

VERIFICA SODDISFATTA

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

1.8.1.2 Diaframmi di pila

1.8.1.2.1 Sollecitazioni in esercizio

INVILUPPO DEI MOMENTI FLETTENTI

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		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)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)
1021	0	-49	209	-912	12	-9	-1	-6	150	-150	5372	-7578					7715	-11817
1041	8	-19	187	-851	18	-18	2	0	134	-134	5504	-7673					7866	-11803
1061	11	-12	190	-852	19	-20	2	-4	134	-134	5510	-7656					7884	-11779
1081	8	-29	199	-883	21	-16	2	-4	148	-148	5376	-7450					7728	-11578
2021	2	-11	-66	-147	7	-9	3	1	147	-147	5709	-5673					7854	-8037
2041	2	-2	-122	-148	18	-17	0	-2	131	-131	5653	-5854					7774	-8268
2061	2	-6	-126	-141	20	-20	3	-2	132	-132	5643	-5849					7767	-8261
2081	4	-7	-85	-138	15	-20	4	-1	143	-143	5496	-5598					7577	-7928
	max	min																
	7884	-11817																

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		Cedimenti		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)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)
1021	0	-49	209	-912	12	-9	-1	-6	150	-150	5372	-7578			21564	-21564	38337	-41695
1041	8	-19	187	-851	18	-18	2	0	134	-134	5504	-7673			21564	-21564	38434	-41639
1061	11	-12	190	-852	19	-20	2	-4	134	-134	5510	-7656			21564	-21564	38450	-41621
1081	8	-29	199	-883	21	-16	2	-4	148	-148	5376	-7450			21564	-21564	38347	-41498
2021	2	-11	-66	-147	7	-9	3	1	147	-147	5709	-5673			21564	-21564	38361	-38556
2041	2	-2	-122	-148	18	-17	0	-2	131	-131	5653	-5854			21564	-21564	38290	-38716
2061	2	-6	-126	-141	20	-20	3	-2	132	-132	5643	-5849			21564	-21564	38287	-38711
2081	4	-7	-85	-138	15	-20	4	-1	143	-143	5496	-5598			21564	-21564	38153	-38469
	max	min																
	38450	-41695																

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		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)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)
1021	0	-49	209	-912	12	-9	-1	-6	150	-150	5372	-7578			65236	-65236	65532	-66287
1041	8	-19	187	-851	18	-18	2	0	134	-134	5504	-7673			65236	-65236	65518	-66191
1061	11	-12	190	-852	19	-20	2	-4	134	-134	5510	-7656			65236	-65236	65525	-66191
1081	8	-29	199	-883	21	-16	2	-4	148	-148	5376	-7450			65236	-65236	65540	-66242
2021	2	-11	-66	-147	7	-9	3	1	147	-147	5709	-5673			65236	-65236	65322	-65477
2041	2	-2	-122	-148	18	-17	0	-2	131	-131	5653	-5854			65236	-65236	65322	-65471
2061	2	-6	-126	-141	20	-20	3	-2	132	-132	5643	-5849			65236	-65236	65327	-65471
2081	4	-7	-85	-138	15	-20	4	-1	143	-143	5496	-5598			65236	-65236	65331	-65474
	max	min																
	65540	-66287																

INVILUPPO DEI TAGLI

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		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)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)
1021	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0							0	-5
1041	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0							0	-5
1061	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0							0	-5
1081	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0							0	-5
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0	0
2041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0	0
2061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0	0
2081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0	0
	max	min																
	0	-5																

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		Cedimenti		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)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)
1021	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0	0	0			81	-81	121	-126
1041	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0	0	0			81	-81	121	-126
1061	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0	0	0			81	-81	121	-126
1081	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0	0	0			81	-81	121	-126
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			81	-81	121	-121
2041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			81	-81	121	-121
2061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			81	-81	121	-121
2081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			81	-81	121	-121
	max	min																
	121	-126																

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		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)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)
1021	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0	0	0			245	-245	245	-248
1041	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0	0	0			245	-245	245	-248
1061	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0	0	0			245	-245	245	-248
1081	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0	0	0			245	-245	245	-248
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			245	-245	245	-245
2041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			245	-245	245	-245
2061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			245	-245	245	-245
2081	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			245	-245	245	-245
	max	min																
	245	-248																

1.8.1.2.2 Verifiche

CALCOLO DEL MOMENTO CRITICO

Acciaio

$f_y =$ kN/cm^2 $E =$ kN/cm^2 $G =$ kN/cm^2 $\gamma_{M1} =$

Profilo

Sezione trasversale

Lunghezza libera di inflessione

$L_z =$ cm (distanza di libera inflessione nel piano debole)
 $L_y =$ cm (distanza di libera inflessione nel piano forte)
 $L_t =$ cm (distanza tra due vincoli torsionali)

CARATTERISTICHE PROFILO

$I_y = 2509405 \text{ cm}^4$ $W_{y,el} = 25094 \text{ cm}^3$ $W_{z,el} = 1072 \text{ cm}^3$ $A = 454 \text{ cm}^2$
 $I_z = 21444 \text{ cm}^4$ $W_{y,pl} = 30246 \text{ cm}^3$ $W_{z,pl} = 1709 \text{ cm}^3$ $A_{eff} =$ cm^2
 $I_t = 430 \text{ cm}^4$ $W_{y,eff} =$ cm^3 $W_{z,eff} =$ cm^3
 $I_w = 209088000 \text{ cm}^6$

SOLLECITAZIONI

$N_{Ed} =$ kN $M_{y,Ed} =$ kN.cm $M_{z,Ed} =$ kN.cm

TIPO DI CARICO Momento agli estremi

$M_A =$ kN.cm $M_B =$ kN.cm $\psi = -1$

$k =$ (1 = vincoli di estremità a cerniera - 0.5 = vincoli di estremità a incastro)
 $k_w =$ (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_y)
 $C_3 = 0.000$

$z_s =$ cm (se il profilo è doppiamente simmetrico =0)
 $z_a =$ cm Punto di applicazione del carico (>0 se in zona compressa)
 $z_3 = (z_a - z_s) = 0 \text{ cm}$
 $z_1 = 0.00 \text{ cm}$

$M_{cr} = 7589281 \text{ kN.cm}$

VERIFICA DI STABILITA' FLESSO TORSIONALE

classe profilo

$\lambda_{LT} = 0.343 < \lambda_{LT,0} = 0.4$ Verifica a svergolamento non necessaria

$M_{ED} = 53367 \text{ kNcm}$

3

$M_{ED}/M_{cr} = 0.007 < \lambda_{LT,0}^2 = 0.16$ Verifica a svergolamento non necessaria

Tipologia profilo (1 = laminato - 2 = saldato)

Altezza cm
 Larghezza cm

curva di stabilit  d
 $\alpha_{LT} = 0.76$ $\beta = 1$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \text{ but } \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

Fattore di correzione per il diagramma del momento

$k_c =$
 $f = 0.884$

$\Phi_{LT} = 0.537$
 $\chi_{LT} = 1.000$









$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd} = 809854 \text{ kNcm}$

$M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0.066 \leq 1$

VERIFICA SODDISFATTA

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

1.8.1.3 Diaframmi intermedi

1.8.1.3.1 Sollecitazioni in esercizio

INVILUPPO DEI MOMENTI FLETTENTI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Vento		FASE3		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)	M22 (max)	M22 (min)
1003	278	-9553	145	-8742	4	-3	81	25	40	-40	28104	-21380	38671	-54912
1006	652	-13315	128	-12781	8	-6	160	-32	63	-63	35798	-27346	49658	-74166
1008	1088	-14201	350	-14156	34	-27	211	-86	77	-77	36619	-28506	51793	-79093
1011	781	-13834	18	-13914	18	-14	56	-15	64	-64	36583	-27932	50615	-77348
1014	947	-13178	288	-13022	68	-55	132	-71	56	-56	35721	-27736	50224	-74969
1016	-101	-10334	-204	-10165	27	-22	-6	-14	18	-18	33368	-25024	44994	-63040
1019	-1231	-4768	-533	-5168	151	-122	23	-59	35	-35	22962	-17434	30008	-37973
1023	-1761	-4536	-701	-5148	125	-97	85	-179	44	-44	23161	-17488	29798	-37825
1026	-29	-10497	-232	-10284	33	-23	12	-52	6	-6	33721	-25230	45554	-63753
1029	430	-13108	61	-12946	54	-35	71	-144	38	-38	35653	-27503	48988	-74493
1031	3	-13499	-194	-13608	0	0	2	0	39	-39	36699	-27670	49585	-76025
1033	914	-13416	235	-13082	103	-94	34	-57	46	-46	35627	-27512	49889	-75098
1036	69	-10800	-136	-10471	57	-56	6	-6	18	-18	33974	-25254	46050	-64470
1039	-1232	-5074	-503	-5440	220	-221	7	-1	28	-28	23868	-18237	31287	-39921
1043	-1087	-5165	-460	-5458	225	-235	63	-31	26	-26	23797	-18217	31408	-40095
1046	236	-10866	-68	-10464	57	-60	19	-8	23	-23	33888	-25069	46179	-64311
1049	1741	-13735	531	-13160	99	-106	60	-35	58	-58	35405	-27320	51187	-75386
1051	-2	-13485	-165	-13596	0	0	-2	-4	48	-48	36736	-27421	49635	-75665
1053	1713	-13901	519	-13160	99	-107	57	-36	58	-58	35435	-27387	51168	-75703
1056	224	-10900	-75	-10464	60	-64	16	-9	23	-23	33974	-25126	46279	-64439
1059	-1169	-5110	-482	-5451	236	-246	59	-32	26	-26	23829	-18251	31378	-40071
1063	-1427	-4999	-552	-5421	249	-250	4	-2	29	-29	23781	-18198	31007	-39776
1066	98	-10816	-123	-10465	66	-65	8	-8	19	-19	33887	-25050	45986	-64221
1069	1162	-13538	357	-13103	127	-116	45	-67	50	-50	35415	-27315	50166	-75071
1071	3	-13463	-185	-13584	1	0	6	4	40	-40	36719	-27422	49619	-75607
1073	669	-13169	204	-12962	80	-50	104	-186	43	-43	35412	-27307	49275	-74408
1076	-41	-10446	-232	-10265	54	-40	28	-73	7	-7	33734	-24942	45605	-63313
1079	-2753	-4038	-920	-5057	213	-165	140	-277	47	-47	23014	-17472	28782	-37197
1083	-2254	-4293	-757	-5095	283	-229	42	-98	39	-39	22714	-17439	28835	-37408
1086	-182	-10278	-240	-10139	51	-41	-13	-23	18	-18	33343	-24472	44908	-62214
1088	2047	-13701	798	-13200	153	-124	304	-171	69	-69	35132	-27314	51999	-75586
1091	1804	-14331	224	-13870	40	-32	140	-59	71	-71	36407	-26936	52201	-76689
1094	2688	-15016	1024	-14245	86	-69	556	-279	92	-92	35872	-27805	54445	-79676
1096	1862	-13610	470	-12412	24	-19	512	-186	70	-70	35066	-26062	51264	-72484
1099	783	-8899	314	-7859	12	-10	277	-44	39	-39	25556	-19062	36411	-49636
2003	-235	-9308	-289	-8592	4	-4	67	-88	34	-34	28140	-19136	37870	-51428
2006	-556	-12715	-578	-12522	7	-8	91	-161	52	-52	35922	-24264	48103	-68954
2008	-926	-13208	-866	-13640	28	-35	107	-216	54	-54	37185	-24911	49484	-72270
2011	-674	-13108	-658	-13692	15	-18	10	-59	53	-53	36575	-24788	48780	-71838
2014	-813	-12317	-740	-12582	57	-70	56	-141	35	-35	36445	-24403	48555	-68730
2016	84	-10421	-226	-10147	22	-28	13	-16	18	-18	33319	-22745	45152	-60064
2019	1048	-5915	162	-5485	122	-150	57	-32	23	-23	23614	-16337	33772	-38507
2023	1525	-6186	287	-5597	96	-124	187	-86	27	-27	23809	-16465	34995	-39251
2026	29	-10529	-188	-10299	23	-33	58	-14	6	-6	33818	-22930	45796	-60680
2029	-336	-12749	-539	-12715	35	-53	155	-69	20	-20	36827	-24300	49626	-69253
2031	-2	-13496	-456	-13511	0	0	5	-2	36	-36	36554	-24854	49384	-72074
2033	-738	-12614	-663	-12718	94	-104	66	-24	23	-23	36973	-24169	49388	-68908
2036	-45	-10750	-267	-10432	58	-59	9	4	15	-15	34072	-22827	46046	-61061
2039	1095	-6252	145	-5743	217	-216	4	-3	16	-16	24821	-16832	35484	-40055
2043	922	-6185	100	-5723	230	-220	30	-68	14	-14	24855	-16768	35274	-39929
2046	-214	-10648	-321	-10394	62	-59	1	-23	17	-17	34025	-22601	45811	-60591
2049	-1523	-12137	-882	-12573	107	-104	27	-72	31	-31	37209	-23875	48898	-67715
2051	-8	-13482	-489	-13485	0	-2	2	-7	42	-42	36545	-24585	49368	-71667
2053	-1509	-12315	-876	-12575	107	-103	25	-71	30	-30	37149	-23859	48828	-67933
2056	-209	-10689	-316	-10397	64	-60	-1	-23	17	-17	34112	-22650	45934	-60718
2059	973	-6195	114	-5733	241	-230	29	-71	14	-14	24921	-16801	35465	-40018
2063	1247	-6350	177	-5765	246	-246	2	-3	15	-15	24869	-16768	35833	-40169
2066	-73	-10736	-275	-10422	67	-69	13	4	14	-14	34030	-22617	45976	-60755
2069	-937	-12520	-736	-12660	118	-131	84	-27	26	-26	37200	-23951	49549	-68439
2071	-2	-13461	-462	-13485	2	-2	13	-4	36	-36	36543	-24588	49381	-71728
2073	470	-12631	615	-12646	50	-75	218	-85	23	-23	37038	-23899	49874	-68497
2076	64	-10504	-183	-10280	38	-53	88	-8	7	-7	33877	-22630	45978	-60230
2079	2487	-6661	447	-5686	157	-204	306	-134	20	-20	24032	-16405	37045	-40092
2083	1944	-6399	304	-5582	227	-279	94	-48	17	-17	23926	-16204	35781	-39295
2086	161	-10451	-197	-10147	43	-54	20	-31	20	-20	33280	-22204	45239	-59425
2088	-1842	-11774	-1094	-12376	131	-161	133	-346	34	-34	36986	-23726	48437	-67128
2091	-1679	-12606	-789	-13578	37	-45	10	-165	52	-52	36556	-23922	47775	-69979
2094	-2424	-12453	-1319	-13223	77	-95	258	-608	51	-51	37705	-23569	48926	-69354
2096	-1676	-11910	-773	-12008	22	-27	196	-542	48	-48	35577	-22969	46658	-65825
2099	-699	-8173	-370	-7667	11	-14	104	-286	27	-27	25784	-17047	34272	-45932

INVILUPPO DEI TAGLI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Vento		FASE3		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)	V3 (max)	V3 (min)
1003	25	25	22	22	0	0	0	0	0	0	61	-71	149	-71
1006	35	35	32	32	0	0	0	0	0	0	78	-88	201	-84
1008	38	38	36	36	0	0	0	0	0	0	83	-88	217	-81
1011	37	37	35	35	0	0	0	0	0	0	80	-89	210	-83
1014	35	35	33	33	0	0	0	0	0	0	81	-86	206	-81
1016	26	26	25	25	0	0	0	0	0	0	69	-82	166	-85
1019	9	9	12	12	0	0	0	0	0	0	49	-57	96	-68
1023	7	7	11	11	0	0	0	0	0	0	48	-58	91	-71
1026	26	26	25	25	0	0	0	0	0	0	70	-83	167	-86
1029	34	34	33	33	0	0	0	0	0	0	81	-85	205	-81
1031	34	34	34	34	0	0	0	0	0	0	77	-90	201	-88
1033	36	36	33	33	0	0	0	0	0	0	82	-85	209	-79
1036	27	27	26	26	0	0	0	0	0	0	71	-84	171	-86
1039	10	10	12	12	0	0	0	0	0	0	52	-59	102	-70
1043	10	10	12	12	0	0	0	0	0	0	53	-59	103	-70
1046	28	28	26	26	0	0	0	0	0	0	71	-83	173	-84
1049	39	39	34	34	0	0	0	0	0	0	83	-84	216	-74
1051	34	34	34	34	0	0	0	0	0	0	77	-90	201	-88
1053	39	39	34	34	0	0	0	0	0	0	83	-84	216	-74
1056	28	28	26	26	0	0	0	0	0	0	71	-83	173	-84
1059	10	10	12	12	0	0	0	0	0	0	53	-59	103	-70
1063	9	9	12	12	0	0	0	0	0	0	53	-59	102	-71
1066	27	27	26	26	0	0	0	0	0	0	71	-83	171	-85
1069	37	37	34	34	0	0	0	0	0	0	83	-84	213	-76
1071	34	34	33	33	0	0	0	0	0	0	77	-90	199	-88
1073	35	35	33	33	0	0	0	0	0	0	82	-84	207	-78
1076	26	26	25	25	0	0	0	0	0	0	70	-83	167	-86
1079	3	3	10	10	0	0	-1	-1	0	0	50	-57	87	-75
1083	5	5	11	11	0	0	0	0	0	0	50	-56	91	-71
1086	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0	68	-82	163	-86
1088	39	39	35	35	0	0	1	1	0	0	84	-83	220	-73
1091	40	40	35	35	0	0	0	0	0	0	79	-88	213	-79
1094	44	44	38	38	0	0	2	2	0	0	86	-84	235	-69
1096	39	39	32	32	0	0	2	2	0	0	77	-85	207	-76
1099	24	24	20	20	0	0	0	0	0	0	56	-64	138	-62
2003	-23	-23	-21	-21	0	0	0	0	0	0	71	-42	73	-119
2006	-30	-30	-30	-30	0	0	0	0	0	0	89	-50	90	-153
2008	-31	-31	-32	-32	0	0	0	0	0	0	92	-51	93	-159
2011	-31	-31	-33	-33	0	0	0	0	0	0	90	-52	91	-162
2014	-29	-29	-30	-30	0	0	0	0	0	0	91	-52	94	-154
2016	-26	-26	-25	-25	0	0	0	0	0	0	82	-51	85	-141
2019	-17	-17	-14	-14	0	0	0	0	0	0	60	-40	64	-98
2023	-19	-19	-15	-15	0	0	0	0	0	0	61	-40	63	-102
2026	-26	-26	-25	-25	0	0	0	0	0	0	84	-51	87	-141
2029	-31	-31	-30	-30	0	0	0	0	0	0	93	-53	95	-158
2031	-34	-34	-33	-33	0	0	0	0	0	0	89	-52	86	-166
2033	-30	-30	-30	-30	0	0	0	0	0	0	94	-52	97	-156
2036	-27	-27	-25	-25	0	0	0	0	0	0	85	-51	88	-143
2039	-18	-18	-15	-15	0	0	0	0	0	0	64	-41	68	-102
2043	-18	-18	-15	-15	0	0	0	0	0	0	64	-41	68	-102
2046	-26	-26	-25	-25	0	0	0	0	0	0	85	-51	89	-141
2049	-27	-27	-29	-29	0	0	0	0	0	0	95	-52	101	-150
2051	-34	-34	-32	-32	0	0	0	0	0	0	89	-52	86	-164
2053	-27	-27	-29	-29	0	0	0	0	0	0	95	-52	101	-150
2056	-26	-26	-25	-25	0	0	0	0	0	0	85	-51	89	-141
2059	-18	-18	-15	-15	0	0	0	0	0	0	65	-41	70	-102
2063	-19	-19	-15	-15	0	0	0	0	0	0	64	-41	67	-104
2066	-27	-27	-25	-25	0	0	0	0	0	0	85	-51	88	-143
2069	-29	-29	-30	-30	0	0	0	0	0	0	95	-52	99	-154
2071	-34	-34	-33	-33	0	0	0	0	0	0	89	-52	86	-166
2073	-30	-30	-30	-30	0	0	0	0	0	0	94	-52	97	-156
2076	-26	-26	-25	-25	0	0	0	0	0	0	84	-51	87	-141
2079	-23	-23	-15	-15	0	0	-1	-1	0	0	62	-40	61	-109
2083	-21	-21	-15	-15	0	0	0	0	0	0	62	-40	63	-105
2086	-27	-27	-25	-25	0	0	0	0	0	0	82	-50	84	-141
2088	-25	-25	-28	-28	0	0	1	1	0	0	95	-51	104	-145
2091	-27	-27	-32	-32	0	0	0	0	0	0	90	-50	95	-152
2094	-25	-25	-30	-30	0	0	2	2	0	0	97	-48	108	-144
2096	-26	-26	-28	-28	0	0	2	2	0	0	89	-48	97	-142
2099	-19	-19	-18	-18	0	0	0	0	0	0	66	-38	70	-104

1.8.1.3.2 Verifiche

CALCOLO DEL MOMENTO CRITICO

Acciaio

$f_y =$ kN/cm^2 $E =$ kN/cm^2 $G =$ kN/cm^2 $\gamma_{M1} =$

Profilo

Sezione trasversale

Lunghezza libera di inflessione

$L_z =$ cm (distanza di libera inflessione nel piano debole)
 $L_y =$ cm (distanza di libera inflessione nel piano forte)
 $L_t =$ cm (distanza tra due vincoli torsionali)

CARATTERISTICHE PROFILO

$I_y = 1104589 \text{ cm}^4$ $W_{y,el} = 12995 \text{ cm}^3$ $W_{z,el} = 453 \text{ cm}^3$ $A = 290 \text{ cm}^2$
 $I_z = 6798 \text{ cm}^4$ $W_{y,pl} = 15949 \text{ cm}^3$ $W_{z,pl} = 734 \text{ cm}^3$ $A_{eff} =$ cm^2
 $I_t = 162 \text{ cm}^4$ $W_{y,eff} =$ cm^3 $W_{z,eff} =$ cm^3
 $I_w = 47911922 \text{ cm}^6$

SOLLECITAZIONI

$N_{Ed} =$ kN $M_{y,Ed} =$ kN.cm $M_{z,Ed} =$ kN.cm

TIPO DI CARICO Momento agli estremi

$M_A =$ kN.cm $M_B =$ kN.cm $\psi = -1$

$k =$ (1 = vincoli di estremità a cerniera - 0.5 = vincoli di estremità a incastro)
 $k_w =$ (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_y)
 $C_3 = 0.000$

$z_s =$ cm (se il profilo è doppiamente simmetrico =0)
 $z_a =$ cm Punto di applicazione del carico (>0 se in zona compressa)
 $z_3 = (z_a - z_s) = 0 \text{ cm}$
 $z_1 = 0.00 \text{ cm}$

$M_{cr} = 2053898 \text{ kN.cm}$

VERIFICA DI STABILITA' FLESSO TORSIONALE

classe profilo

$\lambda_{LT} = 0.474 > \lambda_{LT,0} = 0.4$ Verifica a svergolamento non necessaria

$M_{ED} = 57063 \text{ kNcm}$

$M_{ED}/M_{cr} = 0.028 < \lambda_{LT,0}^2 = 0.16$ Verifica a svergolamento non necessaria

Tipologia profilo (1 = laminato - 2 = saldato)









Altezza cm
 Larghezza cm

curva di stabilit  d
 $\alpha_{LT} = 0.76$ $\beta = 1$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \text{ but } \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

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

$k_c =$
 $f = 0.843$

$\Phi_{LT} = 0.640$
 $\chi_{LT} = 1.000$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd} = 419389 \text{ kNcm}$

$M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0.136 \leq 1$

VERIFICA SODDISFATTA

1.8.2 CONTROVENTI DI MONTAGGIO

1.8.2.1 Valori massimi di verifica allo slu

Asta	Taglio	Sforzo Normale	Profilo	L 90x6
	kN	kN		180
1	113	180	L 90X6	180
2	104	166	L 90X6	166
3	96	154	L 90X6	154
4	87	139	L 90X6	139
5	90	144	L 90X6	144
6	74	118	L 90X6	118
7	65	103	L 90X6	103
8	66	106	L 90X6	106
9	55	89	L 90X6	89
10	49	79	L 90X6	79
11	41	65	L 90X6	65
12	30	48	L 90X6	48
13	30	48	L 90X6	48
14	17	27	L 90X6	27
15	5	7	L 90X6	7
16	15	23	L 90X6	23
17	21	33	L 90X6	33
18	38	61	L 90X6	61
19	33	53	L 90X6	53
20	42	67	L 90X6	67
21	90	144	L 90X6	144
22	81	130	L 90X6	130
23	89	142	L 90X6	142
24	66	105	L 90X6	105
25	61	98	L 90X6	98
26	52	83	L 90X6	83
27	43	69	L 90X6	69
28	41	65	L 90X6	65
29	32	50	L 90X6	50
30	23	36	L 90X6	36
31	12	19	L 90X6	19
32	6	10	L 90X6	10
33	20	33	L 90X6	33
34	18	29	L 90X6	29
35	29	46	L 90X6	46
36	37	60	L 90X6	60
37	43	69	L 90X6	69
38	61	97	L 90X6	97
39	56	89	L 90X6	89
40	65	103	L 90X6	103
41	77	123	L 90X6	123
42	68	108	L 90X6	108
43	69	111	L 90X6	111
44	55	88	L 90X6	88
45	49	78	L 90X6	78
46	41	66	L 90X6	66
47	32	52	L 90X6	52
48	42	67	L 90X6	67
49	20	31	L 90X6	31
50	9	14	L 90X6	14

51	9	14	L 90X6	14
52	20	31	L 90X6	31
53	42	67	L 90X6	67
54	32	52	L 90X6	52
55	43	68	L 90X6	68
56	49	79	L 90X6	79
57	55	88	L 90X6	88
58	70	112	L 90X6	112
59	68	108	L 90X6	108
60	77	123	L 90X6	123
61	65	103	L 90X6	103
62	56	89	L 90X6	89
63	63	101	L 90X6	101
64	43	69	L 90X6	69
65	36	57	L 90X6	57
66	29	47	L 90X6	47
67	19	30	L 90X6	30
68	25	39	L 90X6	39
69	6	10	L 90X6	10
70	12	19	L 90X6	19
71	24	39	L 90X6	39
72	33	53	L 90X6	53
73	43	69	L 90X6	69
74	43	69	L 90X6	69
75	52	84	L 90X6	84
76	65	104	L 90X6	104
77	69	111	L 90X6	111
78	104	166	L 90X6	166
79	81	130	L 90X6	130
80	90	144	L 90X6	144
81	41	65	L 90X6	65
82	30	48	L 90X6	48
83	47	75	L 90X6	75
84	20	32	L 90X6	32
85	14	22	L 90X6	22
86	6	10	L 90X6	10
87	17	26	L 90X6	26
88	44	71	L 90X6	71
89	37	59	L 90X6	59
90	46	73	L 90X6	73
91	56	90	L 90X6	90
92	64	102	L 90X6	102
93	88	141	L 90X6	141
94	65	103	L 90X6	103
95	77	122	L 90X6	122
96	104	166	L 90X6	166
97	93	149	L 90X6	149
98	103	166	L 90X6	166
99	104	166	L 90X6	166
100	113	180	L 90X6	180

1 angolare singolo
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	180	[kN]	
Compressione	$N_C =$	0	[kN]	
Lunghezza libera di inflessione lungo asse principale 1	$L_1 =$	6403	[mm]	
Lunghezza libera di inflessione lungo asse principale 2	$L_2 =$	6403	[mm]	
Lato lungo asse x	$b_x =$	90	[mm]	
Lato lungo asse y	$b_y =$	90	[mm]	
Spessore	$t =$	6	[mm]	
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	10	[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	$A =$	1044	[mm ²]	
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	25812	[mm ³]	
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	25812	[mm ³]	
Ascissa baricentro da bordo irrigidito	$x_g =$	25	[mm]	
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	25	[mm]	
Momento di inerzia rispetto a asse x baricentrico	$J_x =$	825869	[mm ⁴]	
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	825869	[mm ⁴]	
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-492703	[mm ⁴]	
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]	
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	1318572	[mm ⁴]	
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	333165	[mm ⁴]	
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 1	$\rho_1 =$	36	[mm]	
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 2	$\rho_2 =$	18	[mm]	

Verifica profilo semplice

Snellezza lungo asse principale 1	$\lambda_1 = L_1 / \rho_2 =$	358	[-]	
Snellezza lungo asse principale 2	$\lambda_2 = L_2 / \rho_1 =$	180	[-]	
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	358	[-]	
Coefficiente omega	$\omega =$	12.40	[-]	
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	172	[N/mm ²]	< 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	0	[N/mm ²]	< 323, ok!

1.9 SOLETTA DI IMPALCATO

Nel presente capitolo si riportano i calcoli effettuati per le verifiche della soletta. La dimensione trasversale della soletta si assume costante e pari a 12.68 m.

1.9.1 Descrizione e modalita' 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 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 pari a 2.00 m e 2.68 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).

Fase 2

Lo schema statico è di trave semplicemente appoggiata, costituita dall'intero spessore di soletta (27cm predalle compresa); i carichi in gioco sono lo spessore di getto a completamento dei cordoli e i permanenti portati.

Fase 3

Lo schema statico è di trave semplicemente appoggiata, costituita dall'intero spessore di soletta (27cm predalle compresa); i carichi sono i sovraccarichi accidentali.

Le dalle 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. Alla suddetta fase seguono infine il getto della soletta a spessore definitivo e il getto dei cordoli laterali.

1.9.2 FASE I

Si riporta la verifica delle predalles per la fase I di getto della soletta considerando come elemento resistente la sola predalla in cls armata di tralicci, per una sezione di soletta di larghezza pari a 1.00 m.

1.9.2.1 Analisi dei carichi

In fase 1 di getto si considerano agenti il peso proprio delle lastre prefabbricate, il peso del getto della soletta che è ancora inerte ed un carico accidentale di getto relativo ai mezzi e agli operai.

La struttura resistente in questa fase di carico è costituita unicamente dalla predalle armata dai tralicci di altezza 18 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:

Soletta	$25 \text{ kN/m}^3 \times 0.21 \text{ m}$	=	5.25 kN/m^2
Predalle in cls. sp. 6 cm	$25 \text{ kN/m}^3 \times 0.06 \text{ m}$	=	1.50 kN/m^2
Veletta	$1.0 \text{ kN/m} \times 2$	=	2.00 kN/m

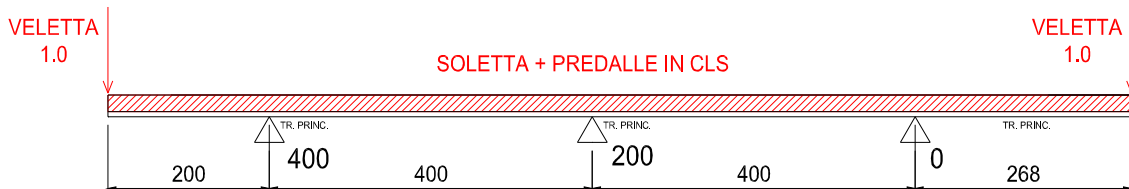


Figura 1.46: Schema di carico

1.9.2.2 Modello di calcolo

La soletta è schematizzata come trave in semplice appoggio sulle travi principali.



1.9.2.2.1 Carichi

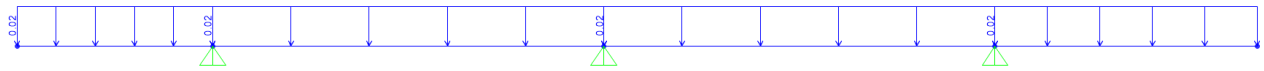


Figure 1-4 Carico predalles

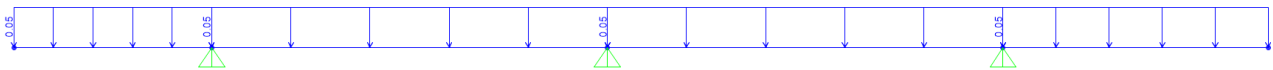


Figure 1-5 Carico getto calcestruzzo

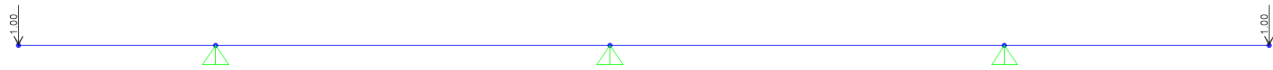


Figure 1-6 Carico velette di estremità

1.9.2.2.2 Sollecitazioni

Si riportano le sollecitazioni di verifica nella condizione di carico elementare.

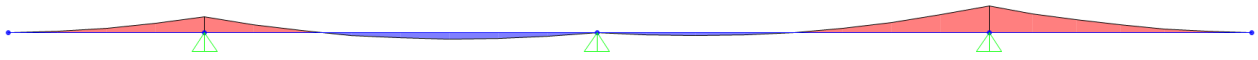


Figure 1-7 Momento flettente

Momento flettente minimo:

$$M^- = - 26.92 \text{ kNm/m}$$

Momento flettente massimo:

$$M^+ = 6.84 \text{ kNm/m}$$

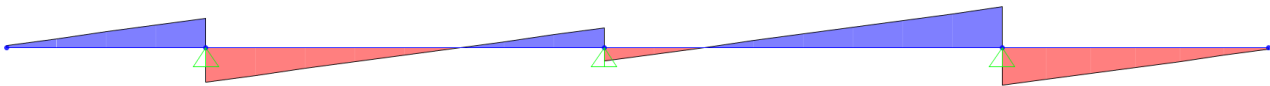


Figure 1-8 Taglio Verticale

Taglio verticale lato sbalzo:

$$T_{SX} = 19.09 \text{ kN/m}$$

Taglio verticale lato campata:

$$T_{DX} = 20.23 \text{ N/m}$$

1.9.2.2.3 Verifica traliccio predalles Fase I

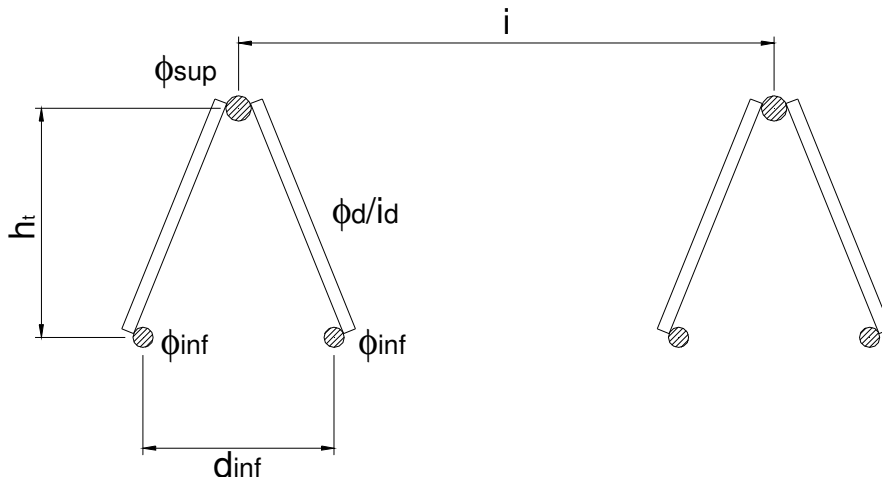
Momento flettente minimo:	$M^{-}SLU = -26.92 * 1.35 = - 36.34 \text{ kNm/m}$
Momento flettente massimo:	$M^{+}SLU = 6.84 * 1.35 = 9.23 \text{ kNm/m}$
Taglio verticale lato sbalzo:	$T_{SX,SLU} = 19.09 * 1.35 = 25.77 \text{ kN/m}$
Taglio verticale lato campata:	$T_{DX,SLU} = 20.23 * 1.35 = 27.31 \text{ kN/m}$

Caratteristiche di sollecitazione

Momento negativo massimo sull'appoggio	MB=	-36.34	kNm
Momento positivo massimo in campata	MC=	9.23	kNm
Taglio sx sull'appoggio	Vb sx=	25.77	kN
Taglio dx sull'appoggio	Vb dx=	27.31	kN

Caratteristiche tralicci

Altezza totale traliccio: ht	18 cm		
Altezza utile traliccio: ht	16.3 cm	=	0.163 m
Distanza ferri inf: d _{inf}	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:		=	26.87 kg/m ²



Verifica a momento negativo

M= -36.34 kNm
 N= -222.94 kN per ogni metro di soletta

n° di tralici per ogni metro di soletta 2.50

Sforzo normale nei correnti N= 89.2 kN

Corrente superiore (teso)

Verifica di resistenza $\sigma = 3504 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Corrente inferiore (compresso)

Verifica di resistenza $\sigma = 2218 \text{ daN/cm}^2$

Verifica di stabilità $i = 0.4 \text{ cm}$

Lo= 20.00 cm

$\lambda = 50.00$

$\omega = 1.35$

$\sigma = 2988 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Azioni nei diagonali dei tralici

Verifica di stabilità Nd= 662 daN

$\sigma = 843 \text{ daN/cm}^2$

$i = 0.25 \text{ cm}$

Ld= 19.77 cm

$\beta = 0.7$

$\lambda = (\Lambda\delta - 3) * \beta / l$ 46.94

$\omega = 1.30$

$\sigma = 1099 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Portata residua dei diagonali s= 2814 daN/cm²

Verifica a momento positivo

M= 9.23 kNm
N= 56.63 kN per ogni metro di soletta

n° di tralicci per ogni metro di soletta 2.50
Sforzo normale nei correnti N= 22.7 kN

Corrente superiore (compressa)

Verifica di resistenza $\sigma = 890 \text{ daN/cm}^2$
 Verifica di stabilità $i = 0.45 \text{ cm}$
 $L_0 = 20.00 \text{ cm}$
 $\lambda = 44.44$
 $\omega = 1.27$

$\sigma = 1131 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Corrente inferiore (teso)

Verifica di resistenza $\sigma = 563 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Azioni nei diagonali dei tralicci

Verifica di stabilità Nd= 625 daN
 $\sigma = 796 \text{ daN/cm}^2$
 $i = 0.25 \text{ cm}$
 $L_d = 19.77 \text{ cm}$ $\beta = 0.7$
 $\lambda = (\Lambda\delta - 3) * \beta / i = 46.94$
 $\omega = 1.30$

$\sigma = 1037 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Portata residua dei diagonali s= 2876 daN/cm²

1.9.3 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.

1.9.3.1 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	$3.00 \text{ kN/m}^2 \times 11.18 \text{ m}$	=	33.54 kN/m
Cordoli	$(6.00+6.88) \text{ kN/m}^2 \times 0.75 \text{ m}$	=	9.66 kN/m
Guard Rail	$2 \times 1.5 \text{ kN/m}$	=	3.00 kN/m
Impianto smaltimento acque	$1 \times 2 \text{ kN/m}$	=	2.00 kN/m
			48.20 kN/m

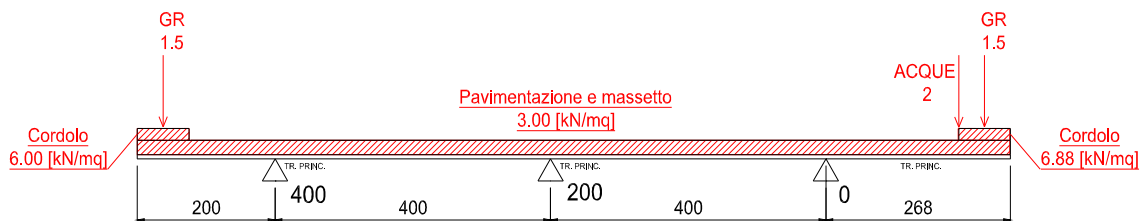


Figura 1.47. Schema di carico fase 2

1.9.3.2 Modello di calcolo

Nel calcolo di fase II soletta è modellata come trave continua su tre appoggi.

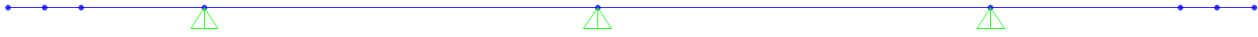


Figura 1.48: Modello di calcolo della soletta Fase 2

1.9.3.2.1 Carichi

Si riportano le illustrazioni dei carichi applicati nel modello di calcolo.

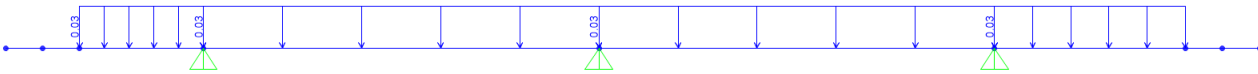


Figura 1.49. Carico pavimentazione

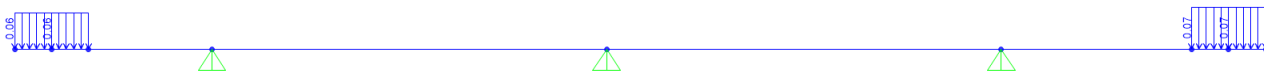


Figura 1.50. Carico cordolo

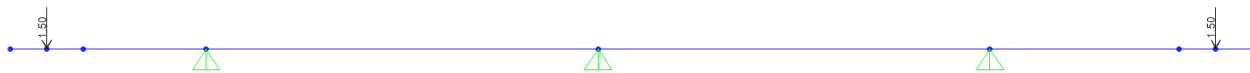


Figura 1.51. Carico Barriera

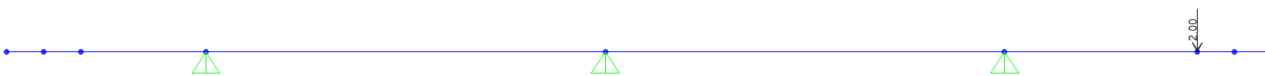


Figura 1.52. Carico smaltimento acque

1.9.3.2.2 Sollecitazioni di fase II

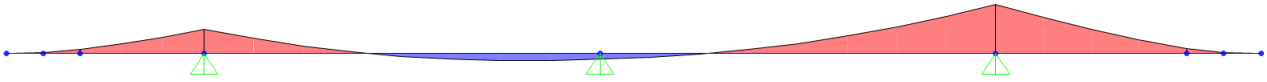


Figura 1.53. Momento flettente

Momento flettente minimo:

$$M^{-}_{SLE} = - 24.80 \text{ kNm/m}$$

Momento flettente massimo:

$$M^{+}_{SLE} = 3.63 \text{ kNm/m}$$

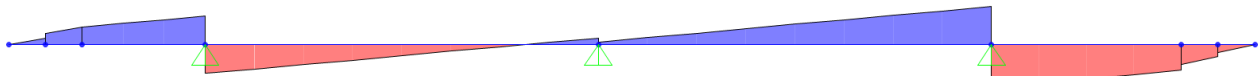


Figura 1.54. Taglio verticale

Taglio verticale lato sbalzo:

$$T_{SX,SLE} = 14.45 \text{ kN/m}$$

Taglio verticale lato campata:

$$T_{DX,SLE} = 12.92 \text{ kN/m}$$

Tali valori di sollecitazione saranno sommati ai valori delle sollecitazioni dovuti ai carichi di fase III.

1.9.4 FASE III

1.9.4.1 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 2 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.

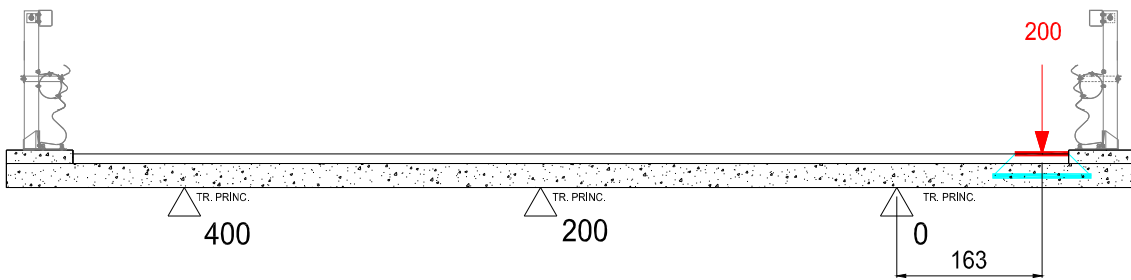


Figura 1.55. Minimo momento negativo su trave esterna - Schema di carico 2

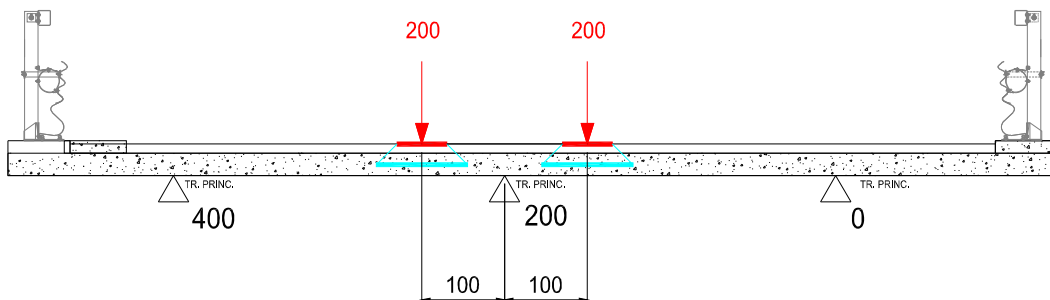


Figura 1.56. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 2

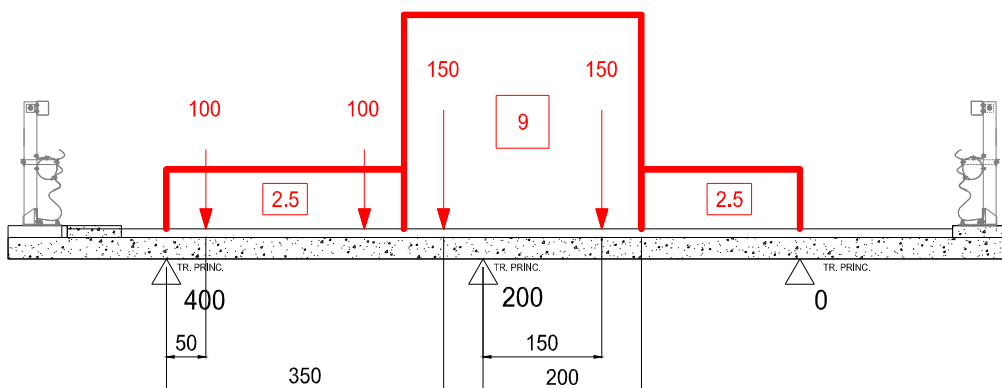


Figura 1.57. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 1

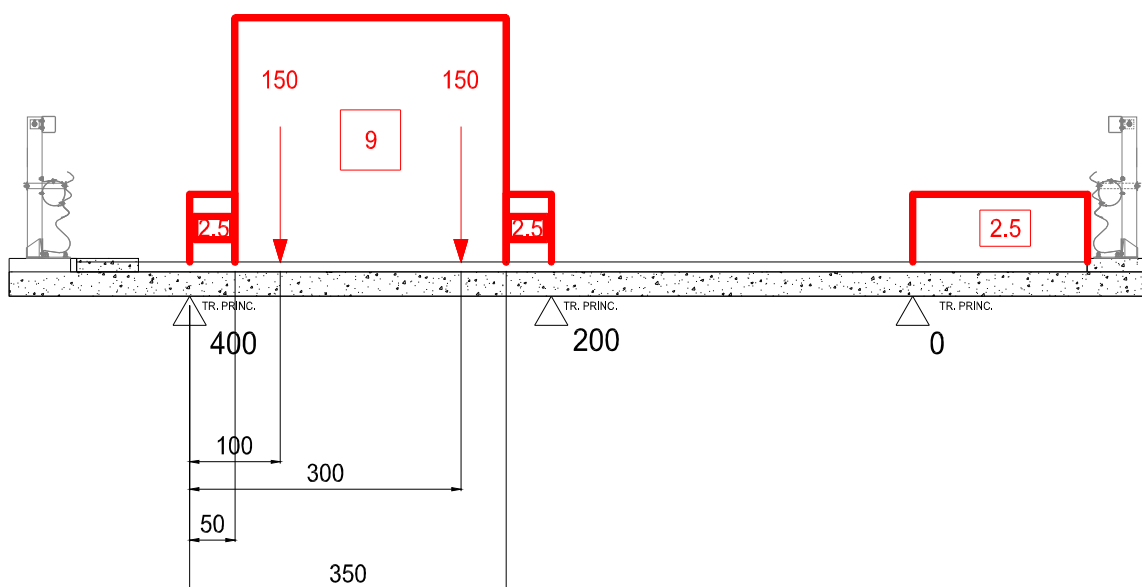


Figura 1.58. Massimo momento positivo in campata - Schema di carico 1

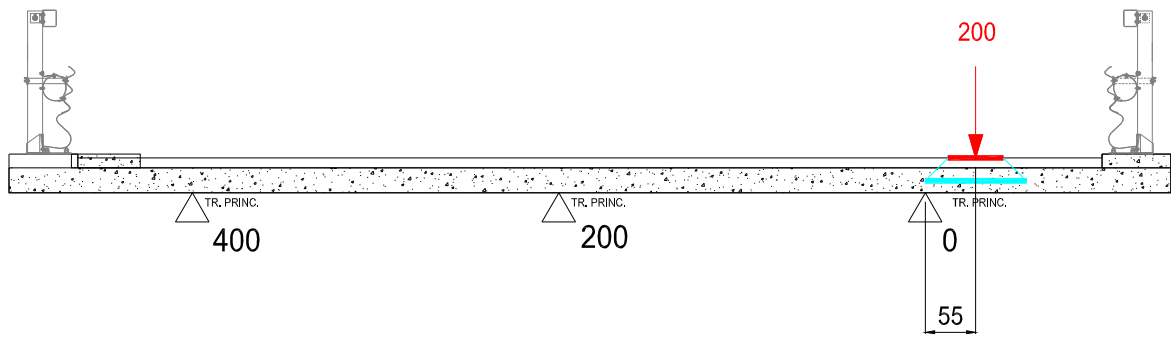


Figura 1.59. Massimo taglio su trave esterna - Schema di carico 2

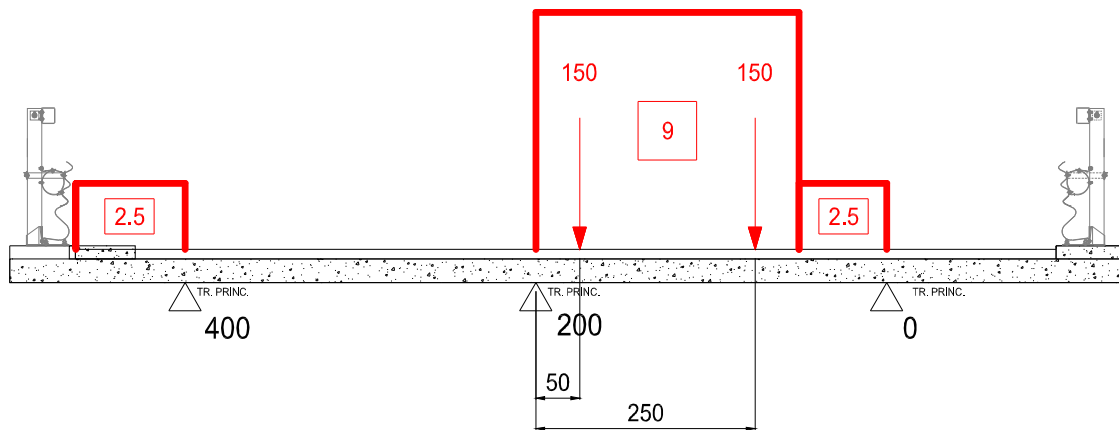


Figura 1.60. Massimo taglio su trave interna - Schema di carico 1

1.9.4.2 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.

1.9.4.2.1 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.

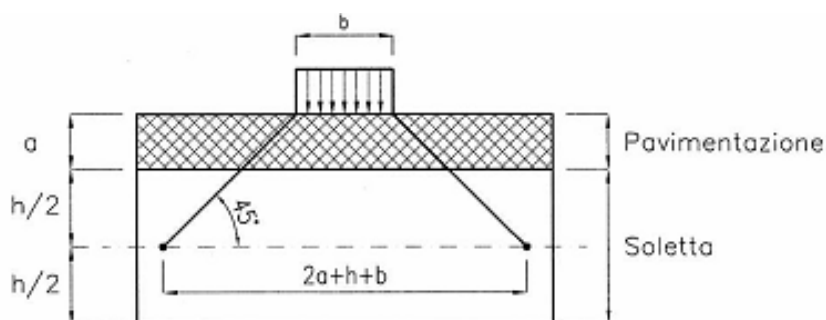


Figura 1.61: Diffusione dei carichi concentrati

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:

$$D_{SOL,C} = L_r + 2 \cdot s_1 + 2 \cdot \frac{s_2}{2} = 40 + 2 \cdot 11 + 2 \cdot \frac{27}{2} = 89 \text{ cm}$$

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:

$$D_{SOL,C} = L_r + 2 \cdot s_1 + 2 \cdot \frac{s_2}{2} = 35 + 2 \cdot 11 + 2 \cdot \frac{27}{2} = 84 \text{ cm}$$

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.

1.9.4.2.2 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

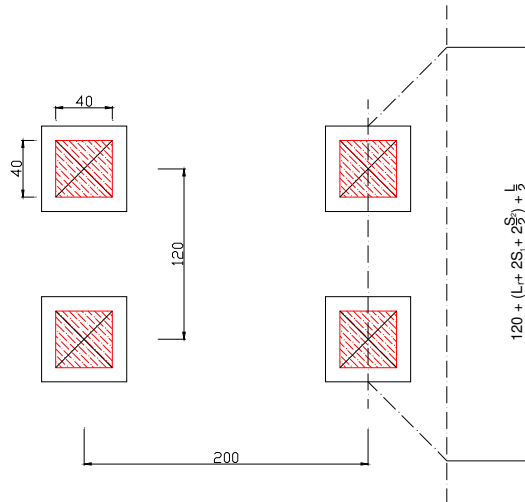
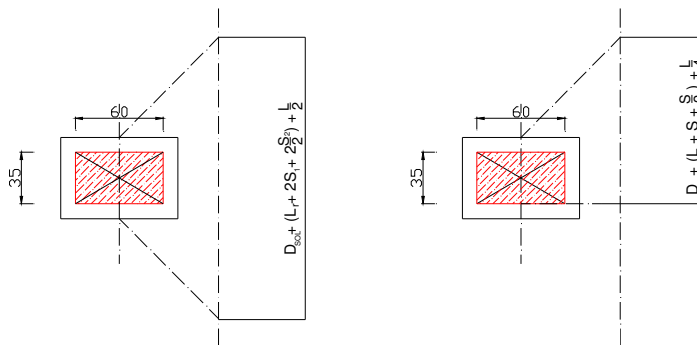


Figura 1.62. Diffusione su sezioni tipiche mezzeria

- Interasse assi di carico: 120 cm
 Diffusione impronta schema 1: 89 cm
 Interasse travi: 400 cm
 Larg. coll. sez. corrente: $120 + 89 + 400 / 2 = 409 \text{ cm}$

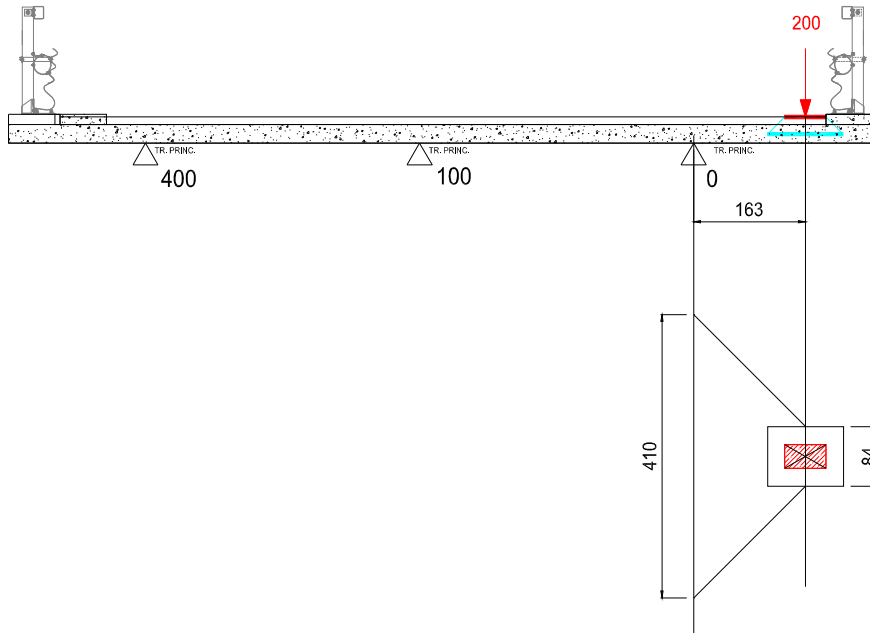
Schema di carico 2



- Diffusione impronta schema 2: 84 cm
 Interasse travi: 400 cm
 Larg. coll. sez. corrente: $84 + 400 / 2 = 284 \text{ cm}$

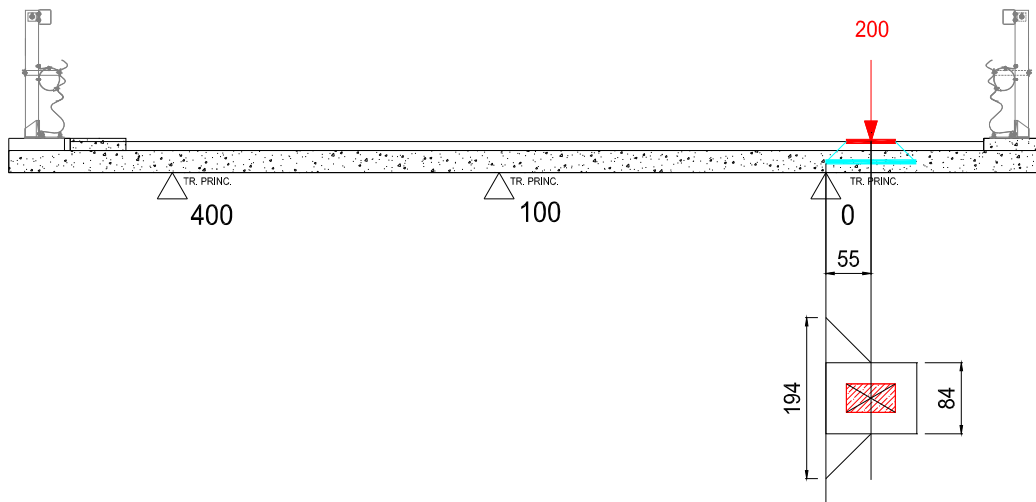
SBALZO

Minimo momento negativo



Larg. coll. sez. corrente: $84 + 163 \cdot 2 = 410 \text{ cm}$

Massimo taglio



Larg. coll. sez. corrente: $84 + 55 \cdot 2 = 194 \text{ cm}$

1.9.4.3 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.

1.9.4.3.1 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

$$\emptyset = 1.30.$$

1.9.4.4 Momento minimo su trave esterna

Il momento minimo su trave è valutato mediante lo schema di carico 2 nella seguente configurazione.

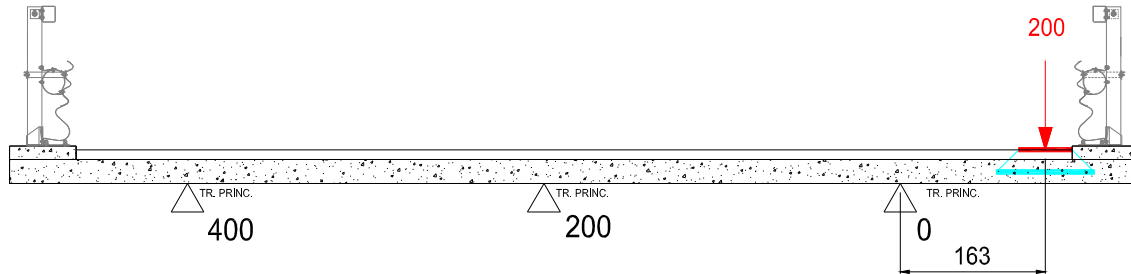


Figura 1.63. Minimo momento negativo su trave esterna - Schema di carico 2

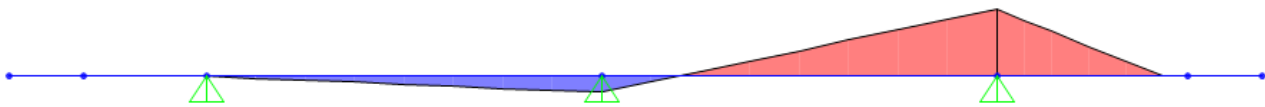


Figura 1.64. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

SEZIONE CORRENTE

Momento da carichi concentrati	$M_c = - 336.00 \text{ kNm}$
Larghezza collaborante	$L_{coll} = 4.10 \text{ m}$
Momento su striscia di 1m	$M_c = - 81.95 \text{ kNm/m}$
Momento risultante su striscia di 1m	$M^* = - 81.95 \text{ kNm/m}$

1.9.4.5 Momento minimo su trave interna

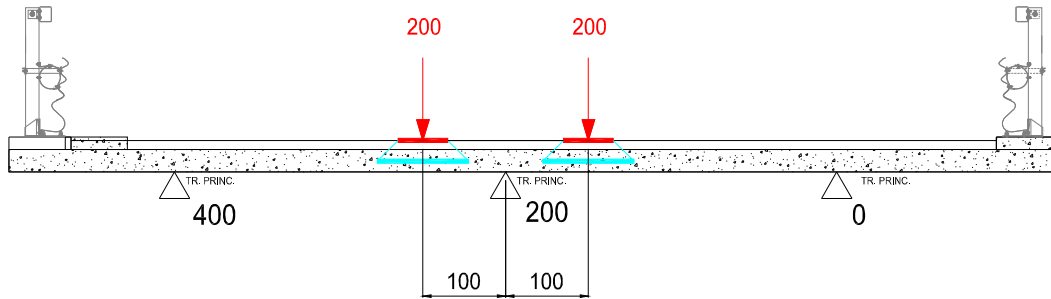


Figura 1.65. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 2

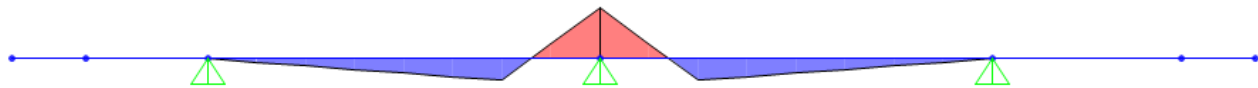


Figura 1.66. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

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	$M^* = - 45.46 \text{ kNm/m}$

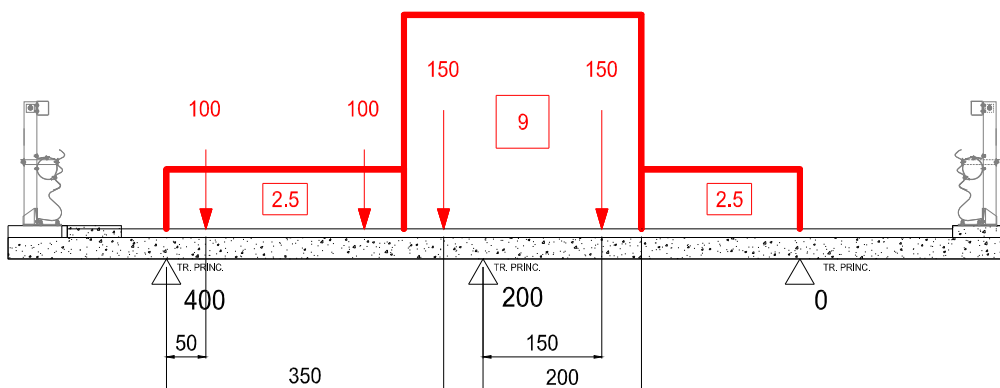


Figura 1.67. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 1

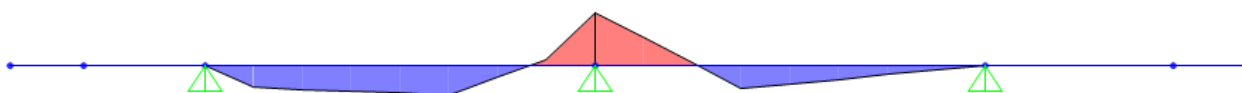


Figura 1.68. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

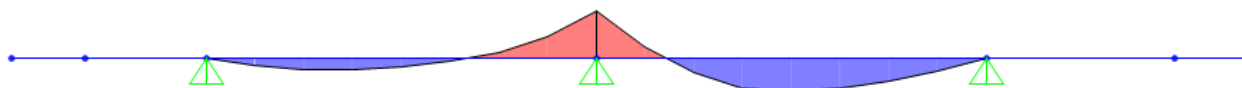


Figura 1.69. Andamento del momento flettente da carichi distribuiti

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	$M^* = - 76.26 \text{ kNm/m}$

1.9.4.6 Momento massimo in campata

Il momento massimo nella sezione di campata è valutato sia mediante lo schema di carico 2 nella seguente configurazione che mediante lo schema di carico 1 riportato a seguire.

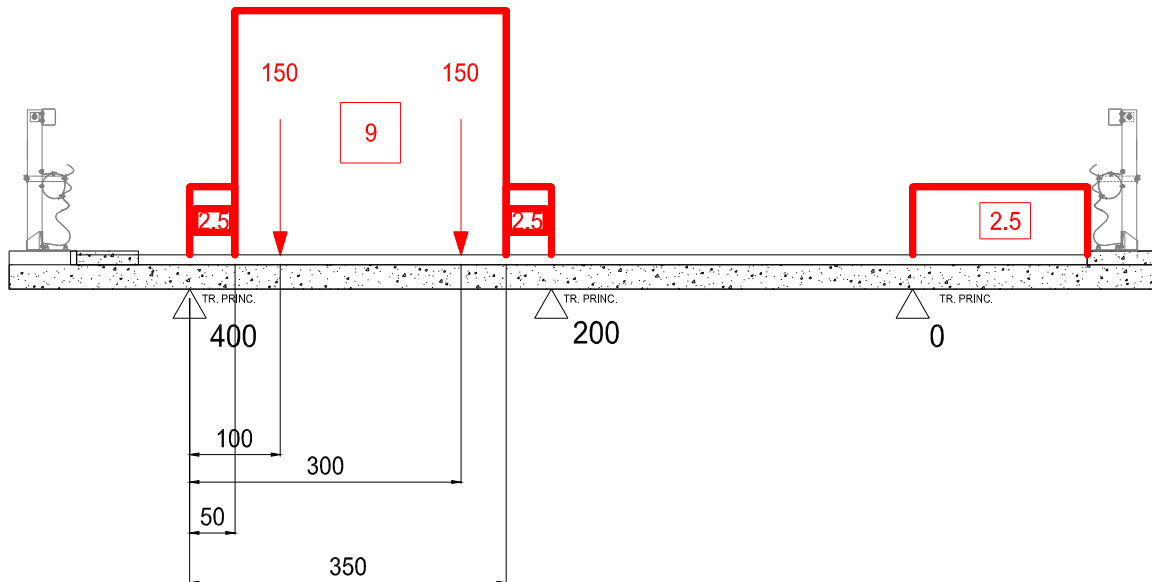


Figura 1.70. Massimo momento positivo in campata - Schema di carico 1

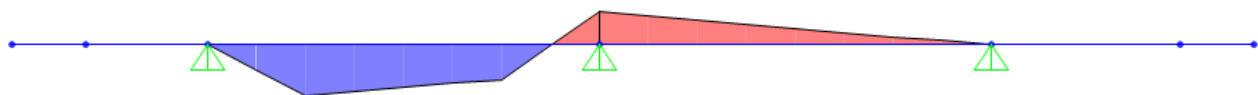


Figura 1.71. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

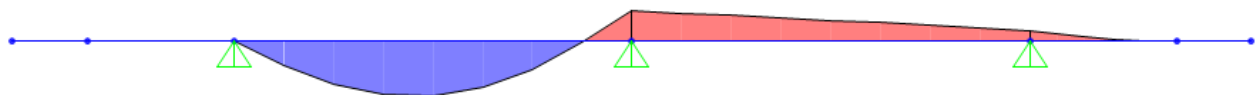


Figura 1.72. Andamento del momento flettente da carichi distribuiti

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	$M_d = 13.59 \text{ kNm}$
Momento risultante su striscia di 1m	$M^* = 76.79 \text{ kNm/m}$

1.9.4.7 Taglio massimo su trave esterna

Il taglio massimo sulla trave esterna è dato dallo schema di carico 2 nella seguente configurazione:

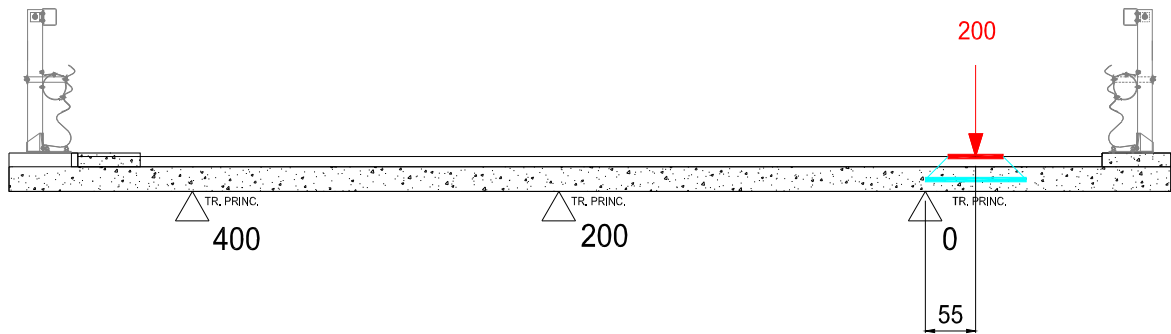


Figura 1.73. Massimo taglio su trave esterna - Schema di carico 2

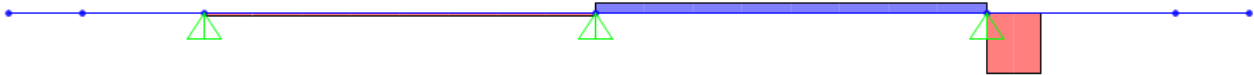


Figura 1.74. Andamento del momento da carichi concentrati

SEZIONE CORRENTE

Taglio da carichi concentrati	$V_c = 200 \text{ kN}$
Larghezza collaborante	$L_{coll} = 1.94 \text{ m}$
Taglio su striscia di 1m	$V = 103.09 \text{ kN/m}$

1.9.4.8 Taglio massimo su trave interna

Il taglio massimo sulla trave interna è dato dallo schema di carico 1 nella seguente configurazione.

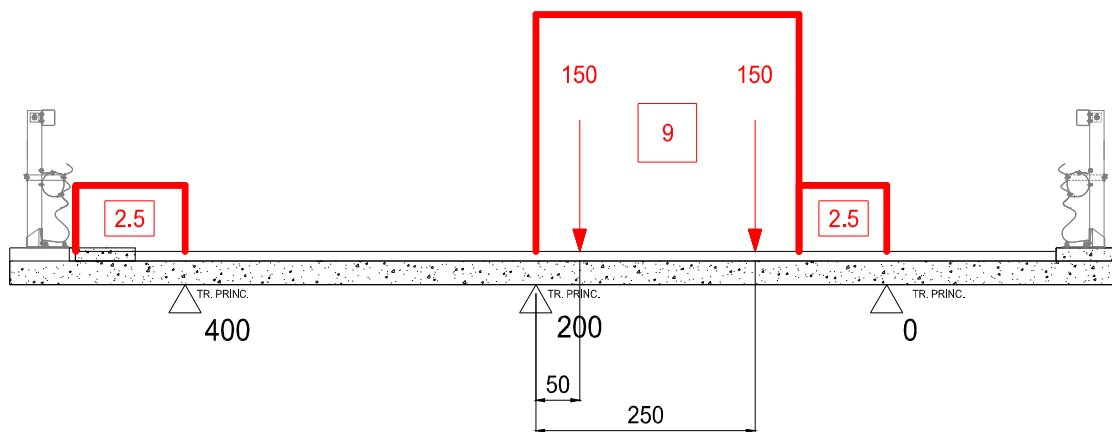


Figura 1.75. Massimo taglio su trave interna - Schema di carico 1

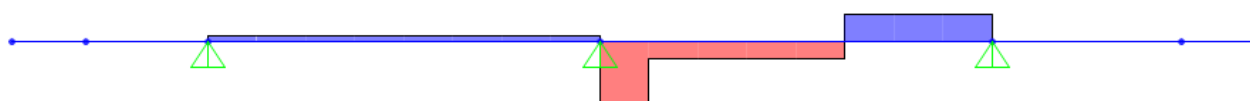


Figura 1.76. Andamento del taglio da carichi concentrati

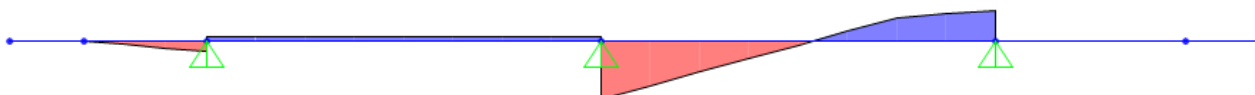


Figura 1.77. Andamento del taglio da carichi distribuiti

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	 $M^* = 120.29 \text{ kN/m}$

1.9.5 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano le sollecitazioni nelle condizioni di carico elementari.

Fase II

Momento flettente minimo su trave esterna	-24.8 kNm/m
Momento flettente massimo in campata	3.6 kNm/m
Taglio verticale lato sbalzo	14.5 kN/m
Taglio verticale lato campata	12.9 kN/m

Fase III

Mobili

Momento massimo in campata

Sezione corrente	76.8 kNm/m
------------------	------------

Momento minimo su trave

Sezione corrente	-82.0 kNm/m
------------------	-------------

Taglio massimo su appoggio

Sezione corrente	120.3 kN/m
------------------	------------

1.9.6 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

1.9.7 AZIONI DI VERIFICA

Momento flettente minimo su trave		
Sezione corrente		
SLU	-147.8	kNm/m

Momento flettente massimo in campata		
Sezione corrente		
SLU	109.1	kNm/m

Taglio massimo su trave		
Sezione corrente		
SLU	184.1	kNm/m

1.9.8 VERIFICA DI RESISTENZA AGLI SLU

1.9.8.1 Verifica sezioni

1.9.8.1.1 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

Titolo: _____

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

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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% $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione:
 Retta Deviata

Calcoli:
 M_{xRd} 113.2 kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 11.44%
 d 20 cm
 x 4.687 x/d 0.2343
 δ 0.7329

Altri parametri:
 N° rett. 100
 L₀ 0 cm
 Col. modello
 Precompresso

1.9.8.1.2 Sezione di appoggio – verifica a momento flettente negativo

Momento flettente di verifica: $M_{ed} = -147.8$ kNm/m

Armatura di verifica: superiore: $\varnothing 20/20 + \varnothing 12/20$
 inferiore: $\varnothing 20/20$

Momento resistente $M_{Rd} = -166.1$ 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	21.36	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 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 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} -166.1 kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 8.535 ‰
 d 22 cm
 x 6.398 x/d 0.2908
 δ 0.8035

1.9.8.1.3 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

$$V_{ed} = 184.1 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 0 \text{ kN}$$

Sezione rettangolare (o a T)

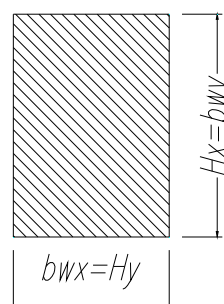
$$H = 27 \text{ cm} \quad d = 22 \text{ cm} \quad \text{Altezza utile}$$

$$b_w = 100 \text{ cm}$$

Proprietà cls

$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	$\gamma_c = 1.5$	
$f_{ctk} = 2.21 \text{ N/mm}^2$		Resistenza caratteristica a trazione
$f_{ctd} = 1.47 \text{ N/mm}^2$		Resistenza di calcolo a trazione
$f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2$		Resistenza di calcolo a compressione

Sezione rettangolare



Armatura Tesa Longitudinale

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$	$\gamma_a = 1.15$	
$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$		

Strato Compresso

Diam (mm)	20	Passo (cm)	20	Strati	1	$A_{sl,sup} = 15.7 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

Strato Teso

Diam (mm)	20	Passo (cm)	20	Strati	1	$A_{sl,inf} = 21.4 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	12	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

$$c_x = 5 \text{ coprifero (distanza baricentro-bordo cls)}$$

$$r_1 = 0.00791 < 0.02$$

Armatura Staffe (angolo 90°)

$f_{ywk} = 450 \text{ N/mm}^2$	$g_a = 1.15$	
$f_{ywd} = 281 \text{ N/mm}^2$	$a = 45$	(angolo inclinazione staffe)
$A_{sl,x} = 3.93 \text{ cm}^2$	Diam (mm)	10
	Passo (cm)	20
	Braccia	5

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

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

$$V_{Rcd} = 899 \text{ kN} \quad \text{vs} \quad V_{sdu,x} = 184.1 \text{ kN} \quad \text{Verificato}$$

Verifica armatura trasversale

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 270 \text{ kN} \quad \text{vs} \quad V_{sdu,x} = 184.1 \text{ kN} \quad \text{Verificato}$$

1.9.9 VERIFICHE LOCALI IN CONDIZIONI DI SVIO

Ai fini delle verifiche in esame si considerano i seguenti carichi di progetto:

- 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

1.9.9.1 ANALISI DEI CARICHI

I carichi di Fase II (pesi non strutturali) sono riportati al cap. 9.3 della presente relazione
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.

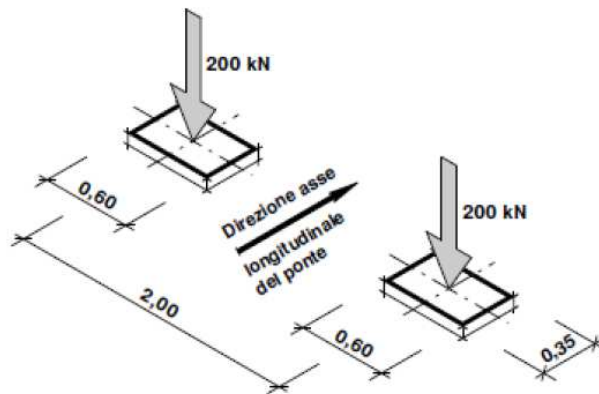


Figura 1.78: Schema di carico 2 (dimensioni espresse in metri)

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}	=	3.20 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

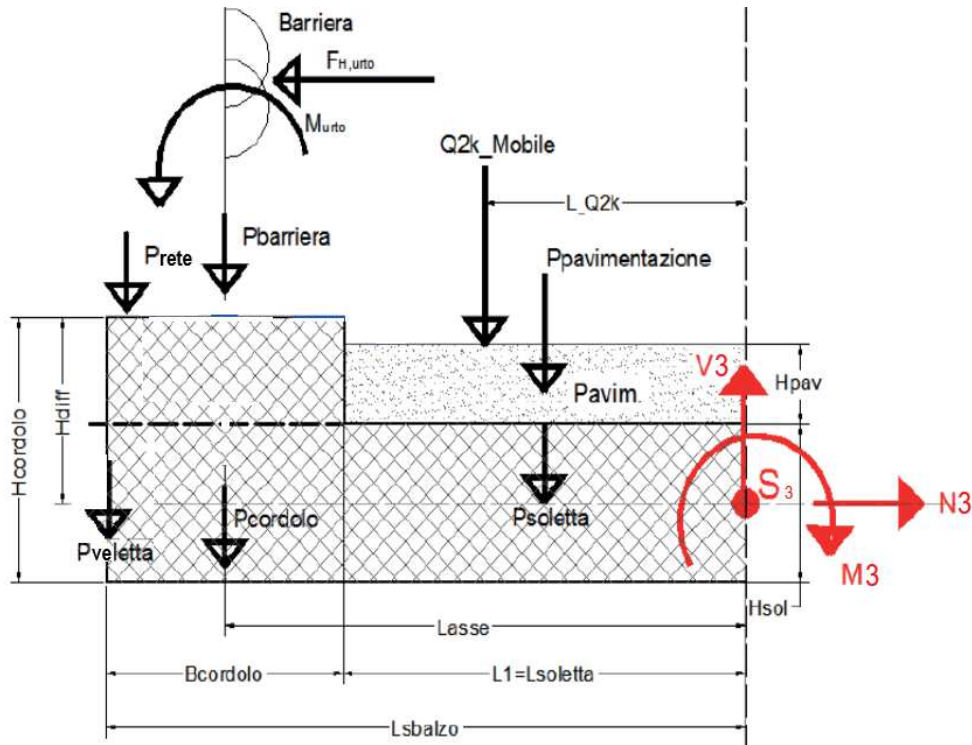


Figura 1.79 Schema riassuntivo dei carichi applicati

1.9.9.2 SOLLECITAZIONI

Le sollecitazioni nella sezione di appoggio si ricavano nella combinazione di carico Eccezionale.

Le sollecitazioni relative alla fase 2 si ricava dal paragrafo 9.3.

FASE 2

$$M = -24.80 \text{ kNm}$$

$$T = 14.45 \text{ kN/m}$$

FASE 3

$$M = - 81.95 \text{ kNm}$$

$$T = 48.78 \text{ kN}$$

SVIO

$$M = - 100 \times (1+0.1+0.27/2)/3.26 = - 37.88 \text{ kNm}$$

$$N = 100 / 3.26 = 30.68 \text{ kN}$$

COMBINAZIONE ECCEZIONALE

$$M = - 144.63 \text{ kNm}$$

$$T = 63.23 \text{ kN}$$

$$N = 30.68 \text{ kN}$$

1.9.9.3 VERIFICHE IN COMBINAZIONE ECCEZIONALE

1.9.9.3.1 VERIFICA A TENSOFFLESSIONE

Armatura di verifica: superiore: $\varnothing 20/20 + \varnothing 12/20$
 inferiore: $\varnothing 20/20$

Verifica C.A. S.L.U. - File: 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	21.36	5
			2	15.71	20

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 30.68 0 kN
 M_{xEd} -144.63 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:
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

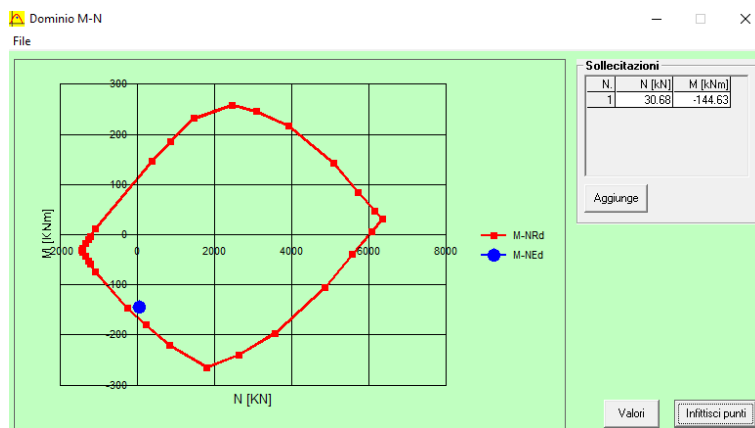
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C32/40

E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 [?]
 E_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} -168.3 kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 8.364 ‰
 d 22 cm
 x 6.49 x/d 0.295
 δ 0.8088



1.9.9.3.2 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

$$V_{ed} = 63.23 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 0 \text{ kN}$$

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

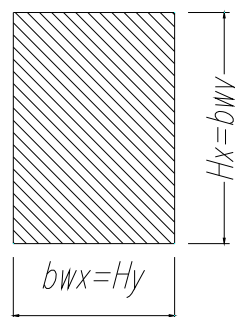
$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2 \quad Y_c = 1.5$$

$$f_{ctk} = 2.21 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza caratteristica a trazione}$$

$$f_{ctd} = 1.47 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a trazione}$$

$$f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a compressione}$$

Sezione rettangolare



Armatura Tesa Longitudinale

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad Y_a = 1.15$$

$$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$$

Strato Compresso

Diam (mm)	20	Passo (cm)	20	Strati	1	$A_{sl,sup} = 15.7 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

Strato Teso

Diam (mm)	20	Passo (cm)	20	Strati	1	$A_{sl,inf} = 21.4 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	12	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

$$c_x = 5 \text{ copriferro (distanza baricentro-bordo cls)}$$

$$r_l = 0.00791 < 0.02$$

Armatura Staffe (angolo 90°)

$$f_{ywk} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad g_a = 1.15$$

$$f_{ywd} = 281 \text{ N/mm}^2 \quad a = 45 \text{ (angolo inclinazione staffe)}$$

$$A_{sl,x} = 3.93 \text{ cm}^2 \quad \text{Diam (mm)} \quad 10 \quad \text{Passo (cm)} \quad 20 \quad \text{Braccia} \quad 5$$

1) IN ASSENZA DI ARMATURA A TAGLIO

Resistenza a taglio in assenza di specifica armatura a taglio:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1.953$$

$$v_{\min} = 0.551 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 0 \quad \text{N/mm}^2$$

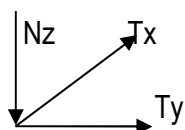
$$V_{rd,x} = 153 \text{ kN} \quad {}^3 V_{sdu,x} = 63.23 \text{ kN}$$

Verificato

1.10 APPARECCHI DI APPOGGIO

1.10.1 Condizioni elementari

Si riportano di seguito le reazioni sugli appoggi verticali ed orizzontali sui dispositivi di appoggio nelle condizioni di carico elementari (non ponderate).



N(z) negativo se verso l'alto

SA		Carichi Verticali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Pesi propri (Fase1)	(g1)	750	650	650
Pesi propri portati (Fase2)	(g2)	400	250	250
Ritiro	(ε2)	-100	-100	-100
Max Permanenti		1150	900	900
Min Permanenti		1050	800	800
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. Esterna)*	(q1+q2+q3)	300	850	1150
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. interna)*	(q1+q2+q3)	1400	700	200
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stesa (Tr. Esterna)*	(q1)	-100	250	1050
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stese (Tr. Interna)*	(q1)	1250	100	-100
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Esterna)*	(q1+q2)	-100	650	1200
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Interna)*	(q1+q2)	1450	450	-100
Gradiente termico	(q7)	50	50	50
Effetto cedimenti fondazioni (massimo)	(ε5)	50	50	50
Effetto cedimenti fondazioni (minimo)	(ε5)	-50	-50	-50

SA		Carichi Verticali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 0	± 0	± 0
Sisma Trasversale	(q6)	± 200	± 0	± 200
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 100	± 100	± 100
Vento Ponte Carico	(q5)	± 100	± 0	± 100
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 100	± 0	± 100
Centrifuga	(q4)	10	10	10
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	0	0	0

SA		Carichi Trasversali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 50	± 50	± 50
Sisma Trasversale	(q6)	± 300	± 300	± 300
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	± 100	± 100	± 100
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 100	± 100	± 100
Centrifuga	(q4)	10	10	10
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	50	50	50

SA		Carichi Longitudinali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 400	± 400	± 400
Sisma Trasversale	(q6)	± 50	± 50	± 50
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	0	0	0
Vento Ponte Scarico	(q5)	0	0	0
Attrito appoggi	(q9)	0	0	0
Frenatura	(q3)	50	50	50
Termica uniforme	(q7)	250	250	250

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) : $k_r=4.30\text{kN/mm}$ (spalla), $k_r=4.30\text{kN/mm}$ (pila) ; $\xi_{eq} = 10\%$

VN 50 anni, Classe d'uso IV, Coordinate geografiche: 45.34 ; 11.00, Categoria di sottosuolo C.

Le reazioni vengono fornite spurie per le tre direzioni, ossia senza combinazioni direzionali

Nota Bene 3: * Carichi in alternativa

P1 - P4		Carichi Verticali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Pesi propri (Fase1)	(g1)	2300	1850	1900
Pesi propri portati (Fase2)	(g2)	1100	600	750
Ritiro	(ε2)	150	150	100
Max Permanenti		3550	2600	2750
Min Permanenti		3400	2450	2650
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. Esterna)*	(q1+q2+q3)	600	1250	1950
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. interna)*	(q1+q2+q3)	2400	1150	350
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stesa (Tr. Esterna)*	(q1)	-200	500	1800
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stese (Tr. Interna)*	(q1)	2100	250	-200
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Esterna)*	(q1+q2)	-100	1050	2050
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Interna)*	(q1+q2)	2400	750	-200
Gradiente termico	(q7)	-50	-50	-50
Effetto cedimenti fondazioni (massimo)	(ε5)	50	50	50
Effetto cedimenti fondazioni (minimo)	(ε5)	-50	-50	-50

P1 - P4		Carichi Verticali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 0	± 0	± 0
Sisma Trasversale	(q6)	± 250	± 0	± 250
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 250	± 200	± 300
Vento Ponte Carico	(q5)	± 150	± 0	± 150
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 150	± 0	± 150
Centrifuga	(q4)	10	10	10
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	0	0	0

P1 - P4		Carichi Trasversali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 50	± 50	± 50
Sisma Trasversale	(q6)	± 400	± 400	± 400
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	± 150	± 150	± 150
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 150	± 150	± 150
Centrifuga	(q4)	10	10	10
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	50	50	50

P1 - P4		Carichi Longitudinali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 400	± 400	± 400
Sisma Trasversale	(q6)	± 50	± 50	± 50
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	0	0	0
Vento Ponte Scarico	(q5)	0	0	0
Attrito appoggi	(q9)	0	0	0
Frenatura	(q3)	50	50	50
Termica uniforme	(q7)	150	150	150

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) : $k_r=4.30\text{kN/mm}$ (spalla), $k_r=4.30\text{kN/mm}$ (pila) ; $\xi_{eq} = 10\%$

VN 50 anni, Classe d'uso IV, Coordinate geografiche: 45.34 ; 11.00, Categoria di sottosuolo C.

Le reazioni vengono fornite spurie per le tre direzioni, ossia senza combinazioni direzionali

Nota Bene 3: * Carichi in alternativa

P2 - P3		Carichi Verticali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Pesi propri (Fase1)	(g1)	1950	1550	1650
Pesi propri portati (Fase2)	(g2)	1000	500	650
Ritiro	(ε2)	-50	-50	-50
Max Permanenti		2950	2050	2300
Min Permanenti		2900	2000	2250
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. Esterna)*	(q1+q2+q3)	550	1300	1900
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. interna)*	(q1+q2+q3)	2300	1100	350
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stesa (Tr. Esterna)*	(q1)	-150	450	1750
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stese (Tr. Interna)*	(q1)	2050	200	-200
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Esterna)*	(q1+q2)	-100	1000	1950
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Interna)*	(q1+q2)	2350	700	-200
Gradiente termico	(q7)	50	50	50
Effetto cedimenti fondazioni (massimo)	(ε5)	100	100	100
Effetto cedimenti fondazioni (minimo)	(ε5)	-100	-100	-100

P2 - P3		Carichi Verticali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 0	± 0	± 0
Sisma Trasversale	(q6)	± 300	± 0	± 300
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 350	± 300	± 400
Vento Ponte Carico	(q5)	± 150	± 0	± 150
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 150	± 0	± 150
Centrifuga	(q4)	10	10	10
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	0	0	0

P2 - P3		Carichi Trasversali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 50	± 50	± 50
Sisma Trasversale	(q6)	± 450	± 450	± 450
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	± 150	± 150	± 150
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 150	± 150	± 150
Centrifuga	(q4)	10	10	10
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	50	50	50

P2 - P3		Carichi Longitudinali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 400	± 400	± 400
Sisma Trasversale	(q6)	± 50	± 50	± 50
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	0	0	0
Vento Ponte Scarico	(q5)	0	0	0
Attrito appoggi	(q9)	0	0	0
Frenatura	(q3)	50	50	50
Termica uniforme	(q7)	50	50	50

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) : $k_r=4.30\text{kN/mm}$ (spalla), $k_r=4.30\text{kN/mm}$ (pila) ; $\xi_{eq} = 10\%$

VN 50 anni, Classe d'uso IV, Coordinate geografiche: 45.34 ; 11.00, Categoria di sottosuolo C.

Le reazioni vengono fornite spurie per le tre direzioni, ossia senza combinazioni direzionali

Nota Bene 3: * Carichi in alternativa

P5		Carichi Verticali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Pesi propri (Fase1)	(g1)	750	650	650
Pesi propri portati (Fase2)	(g2)	400	250	250
Ritiro	(e2)	-100	-100	-100
Max Permanenti		1150	900	900
Min Permanenti		1050	800	800
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. Esterna)*	(q1+q2+q3)	300	850	1150
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. interna)*	(q1+q2+q3)	1400	700	200
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stesa (Tr. Esterna)*	(q1)	-100	250	1050
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stese (Tr. Interna)*	(q1)	1250	100	-100
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Esterna)*	(q1+q2)	-100	650	1200
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Interna)*	(q1+q2)	1450	450	-100
Gradiente termico	(q7)	50	50	50
Effetto cedimenti fondazioni (massimo)	(e5)	50	50	50
Effetto cedimenti fondazioni (minimo)	(e5)	-50	-50	-50

P5		Carichi Verticali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 0	± 0	± 0
Sisma Trasversale	(q6)	± 200	± 0	± 200
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 100	± 100	± 100
Vento Ponte Carico	(q5)	± 100	± 0	± 100
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 100	± 0	± 100
Centrifuga	(q4)	10	10	10
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	0	0	0

P5		Carichi Trasversali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 50	± 50	± 50
Sisma Trasversale	(q6)	± 300	± 300	± 300
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	± 100	± 100	± 100
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 100	± 100	± 100
Centrifuga	(q4)	10	10	10
Frenatura	(q3)	0	0	0
Termica uniforme	(q7)	50	50	50

P5		Carichi Longitudinali		
		A (nodo -)	B (nodo -)	C (nodo -)
		[kN]	[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 400	± 400	± 400
Sisma Trasversale	(q6)	± 50	± 50	± 50
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	0	0	0
Vento Ponte Scarico	(q5)	0	0	0
Attrito appoggi	(q9)	0	0	0
Frenatura	(q3)	50	50	50
Termica uniforme	(q7)	250	250	250

Nota Bene 1 : tutti i carichi sono non ponderati

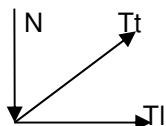
Nota Bene 2 : Carichi sismici allo SLV. L'analisi sismica è stata condotta ai sensi del D.M. 17/01/18 con l'analisi spettrale del solo impalcato isolato con le seguenti caratteristiche del sistema di isolamento (rigidezza e smorzamento equivalente) : $k_r=4.30\text{kN/mm}$ (spalla), $k_r=4.30\text{kN/mm}$ (pila) ; $\xi_{eq} = 10\%$
 VN 50 anni, Classe d'uso IV, Coordinate geografiche: 45.34 ; 11.00, Categoria di sottosuolo C.

Le reazioni vengono fornite spurie per le tre direzioni, ossia senza combinazioni direzionali

Nota Bene 3: * Carichi in alternativa

1.10.2 Inviluppi

Si riportano di seguito le reazioni sugli appoggi verticali e orizzontali nelle varie combinazioni.



N negativo se verso l'alto

SA						
	Nmax [kN]	TI [kN]	Tt [kN]	Nmin [kN]	TI [kN]	Tt [kN]
SLU	3770	230	140	710	230	200
	3250	380	140	-	-	-
	3340	230	200	-	-	-
SLV	1460	300	340	650	300	340
	1320	540	170	-	-	-
	1460	300	340	-	-	-

P1 - P4						
	Nmax [kN]	TI [kN]	Tt [kN]	Nmin [kN]	TI [kN]	Tt [kN]
SLU	8370	140	180	2460	140	270
	7500	230	180	-	-	-
	7610	140	270	-	-	-
SLV	3930	250	440	2170	250	440
	3730	490	200	-	-	-
	3900	250	440	-	-	-

P2 - P3						
	Nmax [kN]	TI [kN]	Tt [kN]	Nmin [kN]	TI [kN]	Tt [kN]
SLU	7610	50	180	1870	50	270
	6760	120	180	-	-	-
	6910	50	270	-	-	-
SLV	3520	200	490	1600	200	490
	3270	440	210	-	-	-
	3480	200	490	-	-	-

P5						
	Nmax [kN]	TI [kN]	Tt [kN]	Nmin [kN]	TI [kN]	Tt [kN]
SLU	3770	230	140	710	230	200
	3250	380	140	-	-	-
	3340	230	200	-	-	-
SLV	1460	300	340	650	300	340
	1320	540	170	-	-	-
	1460	300	340	-	-	-

1.11 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.

1.11.1 Controllo dei carichi applicati al modello

1.11.1.1 Fase I

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 =	200	m
<i>IMPALCATO</i>			<i>kN/m</i>
Peso lineare acciaio			30.0
Peso lineare soletta			85.6
Veletta metallica			2.0
<i>Totale [kN]</i>			<i>23518</i>
<i>Carico da modello (Base Reaction)</i>			<i>23442</i>
<i>Differenza</i>			<i>0.32%</i>

1.11.1.2 Fase II

Si riportano nella tabella seguente i valori di reazione derivanti dal calcolo manuale e dal modello di calcolo per la Fase 2.

FASE 2	L =	200	m
<i>IMPALCATO</i>			<i>kN/m</i>
Pavimentazione			33.5
Cordoli			9.7
Guard Rail			3.0
Smaltimento acque			2.0
<i>Totale</i>			<i>9640</i>
<i>Carico da modello (Base Reaction)</i>			<i>9604</i>
<i>Differenza</i>			<i>0.38%</i>

La differenza massima risulta inferiore al 5%, si può quindi concludere che i modelli risultano attendibili.

2 PONTE

2.1 INTRODUZIONE

2.1.1 DESCRIZIONE GENERALE

L'opera è costituita da un ponte su 5 campate di luci pari a 43.00 m, 63.00 m, 88.00 m, 63.00 m e 43.00 m. La piattaforma stradale presenta una larghezza costante pari a 12.68 m comprensivi di due cordoli da 0.75 m ciascuno.

La struttura è costituita da un graticcio di travi in acciaio con due travi principali a doppio T in composizione saldata e da traversi posti a passo 5.50 m nelle campate di luce 43.00 m, passo 7.00 m nelle campate di luce 63.00 m e passo 8.00 m nella campata di luce 88.00m. La soletta in calcestruzzo ha uno spessore di 27 cm, 6 cm di predalla in cls e 21 cm di getto. Le due travi metalliche principali presentano sezione trasversale a doppio T di altezza variabile da 2.00 m (valore minore registrato in campata) fino a 5.25m (valore massimo registrato in asse con la pila).

Inferiormente sono presenti controventi a croce di Sant'Andrea, realizzati mediante profili angolari, che implicano un funzionamento torsiorigido dell'impalcato (alla Bredt).

I diaframmi iniziale e finale (il ponte non termina sulle spalle ma sulle pile di transizione indicate dai numeri 5 e 10) sono costituiti da profili a doppio T saldati aventi le piattabande di dimensioni 400x20 e anima di spessore 18 mm. I diaframmi trasversali intermedi e di pila sono a schema reticolare, la briglia inferiore è realizzata mediante 4 profili angolari disposti a "doppio T" e su questa poggia la passerella d'ispezione, i diagonali sono realizzati con profili angolari disposti a croce.

Per l'assemblaggio delle travi si prevedono unioni saldate tra conci 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 doppi di sezione L100x10 e L120x12.

La connessione soletta-travi è realizzata mediante pioli Nelson.

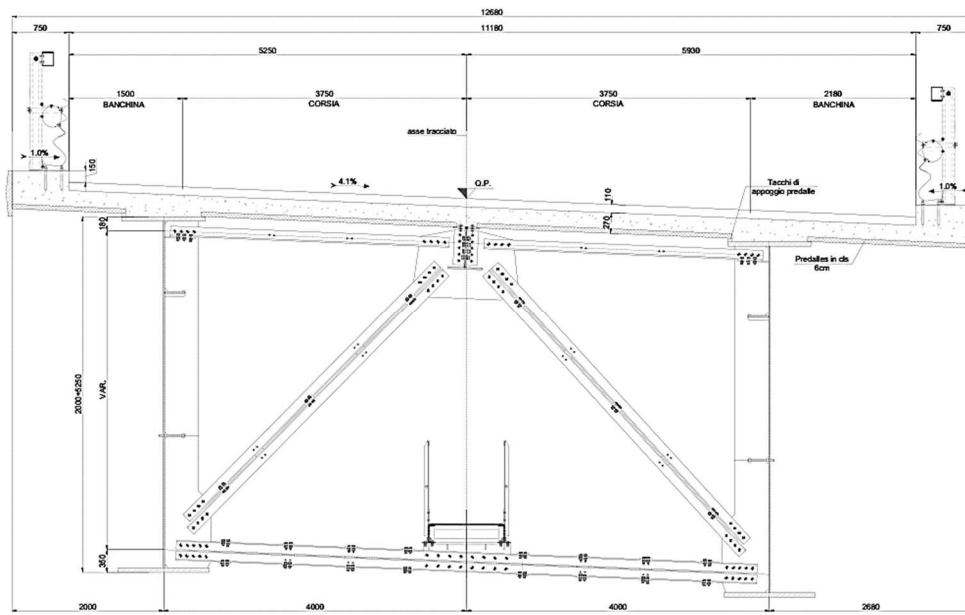


Figura 2.1. Sezione trasversale tipica

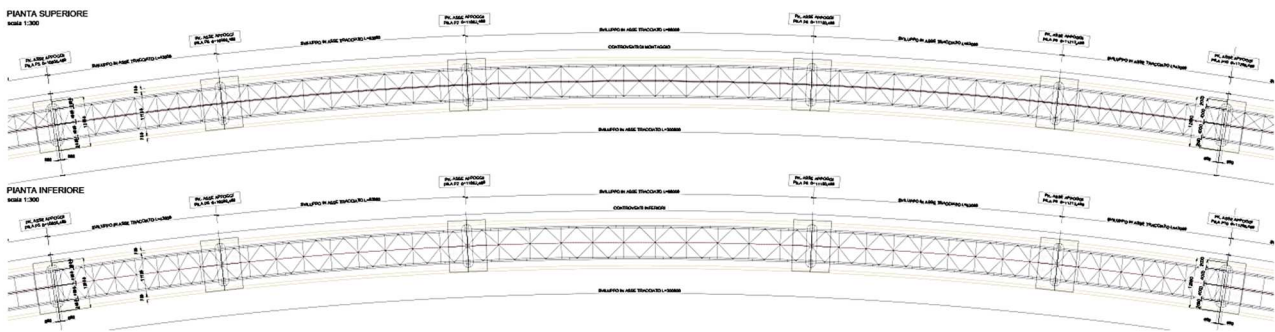


Figura 2.2. Pianta superiore e inferiore impalcato

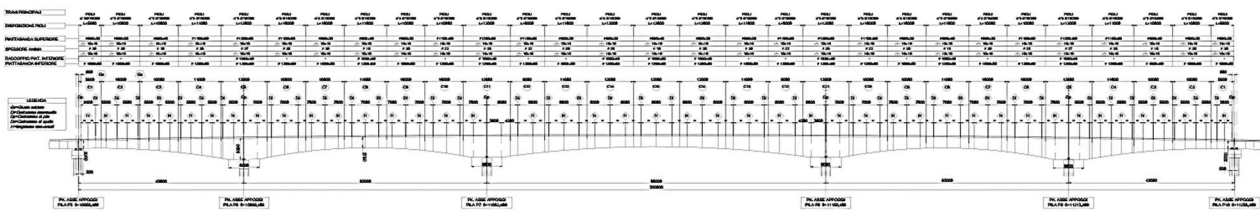


Figura 2.3. Profilo longitudinale

2.1.2 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** e è caratterizzata quindi dalla vita nominale **$V_N = 50$ anni**.

Tabella 2-1. Vita nominale.

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

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.

Tabella 2-2. Classi d'uso.

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 al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

La struttura in esame rientra nella **Classe IV**, quindi il suo coefficiente d'uso C_U è pari a 2.

Il periodo di riferimento è quindi pari a:

$$V_R = C_U V_N = 2.0 * 50 = 100 \text{ anni}$$

2.2 RIFERIMENTI DI CALCOLO

2.2.1 NORMATIVE

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 11 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 ENV 1993-1-1:1993 - EUROCODICE 3 Parte 1-1** - *“Progettazione delle strutture di acciaio - Regole generali e regole per gli edifici”* con il relativo NAD, allegato al D.M. 9 gennaio 1996 - *“Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, ordinario e precompresso e per le strutture metalliche”*;
- **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;
- **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.

- **CNR 10030/87** - "Anime irrigidite di travi a parete piena".

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";
- **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”*.

2.2.2 UNITÀ DI MISURA

Salvo diverse specificazioni, le unità di misura correntemente utilizzate, in conformità al sistema degli eurocodici ed al D.P.R. n. 802 del 12 agosto 1982 e s.m.i., sono:

- forze e carichi: [kN], [kN/m], [kN/m²];
- massa specifica: [kg/m³];
- peso specifico: [kN/m³];
- tensioni e resistenze: [kN/cm²], [N/mm²], [kPa], [MPa];
- momenti: [kN cm], [kN m].

2.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E COEFFICIENTI DI SICUREZZA

2.3.1 CARPENTERIA METALLICA

Per la determinazione delle caratteristiche dei materiali da utilizzare per la struttura metallica 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) ed 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 S 355 W (ex Fe 510 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.

Tabella 2-3. 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.

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]

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

2.3.2 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 ad 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:

Tabella 2-4. Resistenze di progetto dei bulloni utilizzati (tabella 11.3.XII.b del D. M. 2018)

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

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 C 50 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 ed il dado verso il basso. Devono essere previste una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado (UNI EN 14399-5,6:2005).

Per la verifica dei bulloni e delle saldature a parziale penetrazione ed 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 ed 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.

2.3.3 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.

2.3.3.1 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.

Tabella 2-5. classe di conseguenza per diversi tipi di opere (prospetto B.1 dell'UNI EN 1990).

Classe d'uso	Descrizione	Esempi di edifici ed opere civili
CC3 (ALTA)	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o 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

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

2.3.3.2 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.

Tabella 2-6. criteri suggeriti per la determinazione della categoria di servizio (prospetto B.1 dell'UNI EN 1090-2).

Categoria di servizio	Criterio
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 dal 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 2-7. criteri suggeriti per la determinazione della categoria di servizio (prospetto B.1 dell'UNI EN 1090-2)

Categoria di produzione	Criterio
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.

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

2.3.3.3 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.

Tabella 2-8. matrice raccomandata per la determinazione delle classi di esecuzione (prospetto B.3 dell'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

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.

2.3.4 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 S235J2G3+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:

Tabella 2-9. 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).

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 [daN/cm 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]

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

Tabella 2-10. requisiti addizionali per l'acciaio utilizzato per i connettori a piolo secondo D. M. 2018 (paragrafo 11.3.4.7).

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]

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 $\gamma_v = 1.25$

2.3.5 CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo impiegato per il getto della soletta 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.

Tabella 2-11. proprietà di confezionamento del calcestruzzo C 32/40 utilizzato per la soletta dell'impalcato

Proprietà	Valore	Norma di Riferimento	Riferimento
Tipo di calcestruzzo	C 32/40	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	340 [kg/m ³] (di classe 42.5R per getti eseguiti con $T < 10^\circ\text{C}$)	UNI 11104:2016	[Prospetto 5]
Copriferro nominale	40 [mm]	Circolare 7/2018	[Tab. C4.1.IV]

Le proprietà meccaniche sono riportate di seguito:

RESISTENZE CALCESTRUZZO

Resistenza a compressione cubica	$R_{ck} = 40.0$ [N/mm ²]
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0,83 R_{ck} = 33.2$ [N/mm ²]
Resistenza a compressione media	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2$ [N/mm ²]
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3} = 3.1$ [N/mm ²]
Resistenza a trazione caratteristica	$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 2.2$ [N/mm ²]
Resistenza a trazione da flessione media	$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} = 3.7$ [N/mm ²]
Modulo di elasticità	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$ [N/mm ²]

Coefficiente per carichi di lungo periodo	$\alpha_{cc} = 0.85$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_C = 1.5$
Resistenza a compressione di progetto	$f_{cd} = \alpha_{cc} / \gamma_C \cdot f_{ck} = 18.8$ [N/mm ²]
Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1.4$ [N/mm ²]

2.3.6 ACCIAIO DA ARMATURA

L'acciaio utilizzato per le armature è del tipo B 450C, per il quale il D. M. 17 gennaio 2018, al paragrafo 11.3.2.1, prevede le proprietà riportate nella seguente tabella.

Tabella 2-12. proprietà caratteristiche dell'acciaio per armature secondo D. M. 2018 (paragrafo 11.3.2.1).

Proprietà	Simbolo e formula di calcolo	Valore numerico e unità di misura	Riferimento D. M. 2018
Tipo di acciaio	B 450C		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450 [N/mm ²]	[Tab. 11.3.1b]
Tensione caratteristica di rottura a trazione	f_{tk}	540 [N/mm ²]	[Tab. 11.3.1b]
Rapporto tra rottura e snervamento caratteristici	$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 < 1.35	[Tab. 11.3.1b]
Rapporto tra snervamento reale e nominale	$(f_y/f_{y,nom})_k$	≤ 1.25	[Tab. 11.3.1b]
Allungamento a rottura	$(A_{gt})_k$	≥ 7.5%	[Tab. 11.3.1b]
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]
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1.15	
Tensione di snervamento di progetto	$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$	391 [N/mm ²]	

2.4 ANALISI DEI CARICHI

2.4.1 CARICHI PERMANENTI AGENTI SULLA SEZIONE TRASVERSALE (G₁ E G₂)

2.4.1.1 Fase I

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

La struttura resistente in questa fase di carico è costituita unicamente dalla carpenteria metallica.

Il peso di analisi della carpenteria metallica è considerato cautelativamente pari a circa 347 kg/m² di impalcato.

Soletta	25 kN/m ³ x (0.27 m x 12.68 m) =	85.59 kN/m
Carpenteria metallica	3.47 kN/m ² x 12.68 m =	44.00 kN/m
Veletta metallica	2x 1.00 kN/m =	2.00 kN/m
		<hr/>
		131.59 kN/m



I valori delle reazioni sono i seguenti:

	R₀* [kN/m]	R₄₀₀* [kN/m]
Fase 1	69.52	62.08

Tabella 2-13: reazioni per carichi permanenti strutturali

2.4.1.2 Fase II

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 11.18	= 33.54 kN/m
Cordoli	2 x 6.50 kN/m ² x 0.75 m	= 9.75 kN/m
Guard Rail	2 x 1.50 kN/m	= 3.00 kN/m
Impianto smaltimento acque	1 x 2.00 kN/m	= 2.00 kN/m
Passerella	1 x 1.00 kN/m	= 1.00 kN/m
		49.29 kN/m

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

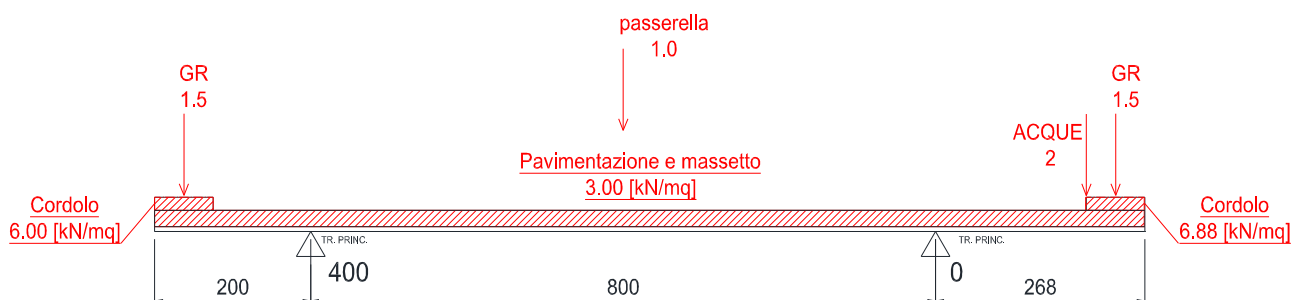


Figura 2.4. Pesì propri portati – Sezione tipica

I valori delle reazioni sono i seguenti:

	R₀* [kN/m]	R₄₀₀* [kN/m]
Fase 2	27.69	20.85

Tabella 2-14: reazioni per carichi permanenti portati

2.4.2 CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO (Q_{1k})

Secondo le indicazioni contenute al par. 5.1.3.3.3 del D.M. 17/01/18 le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti schemi di carico:

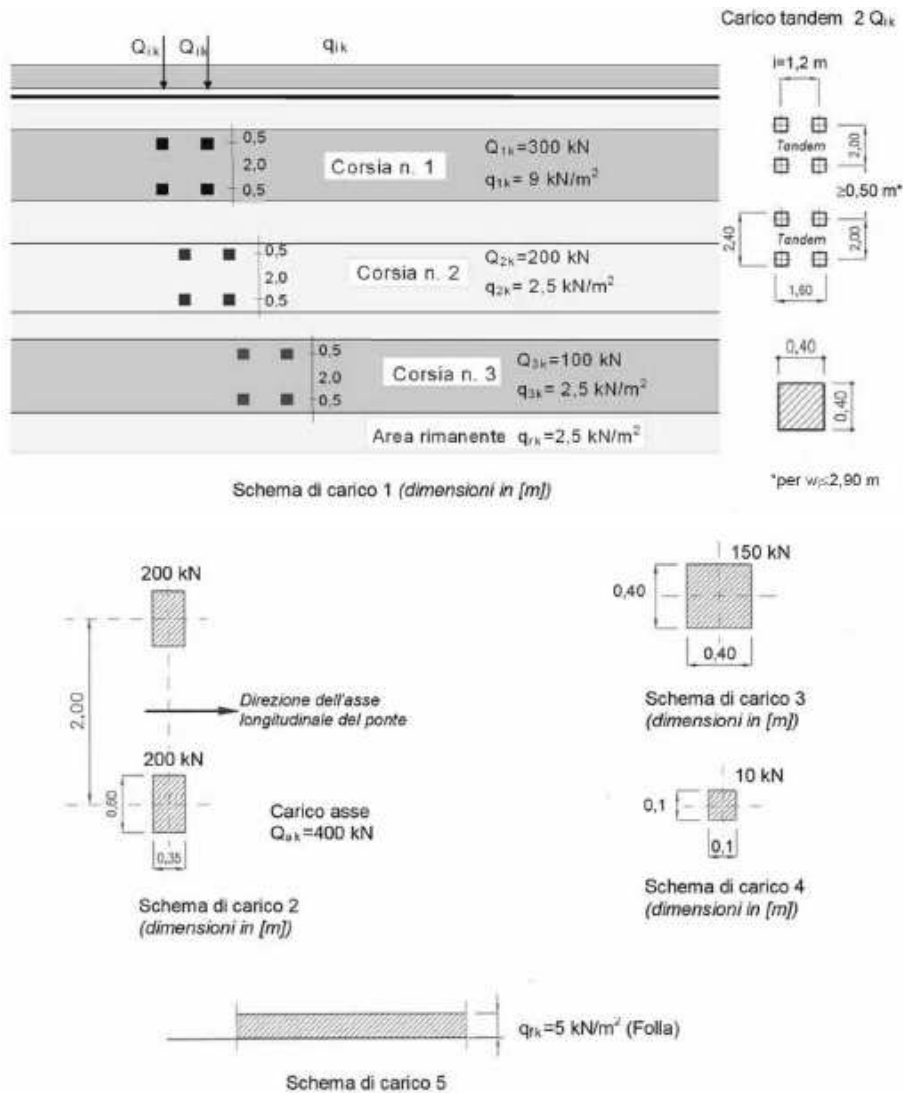


Figura 2.5: Schemi di carico 1÷5, dimensioni in m [Figura 5.1.2 – NTC2018]

Sulla base della larghezza di carreggiata prevista dal progetto stradale (il ponte è dimensionato e classificato come opera di prima categoria), si definisce una capacità di ingombro della sede stradale pari a due corsie di carico così composte:

- una colonna di carichi costituita da un automezzo convenzionale Q_{1k} di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno (impronta 0.40m x 0.40m), distanti 1.20 m in senso longitudinale e con interasse ruote in senso trasversale di 2.00 m; un carico ripartito q_{1k} di 9 kN/m² distribuito linearmente in asse al convoglio.

- una seconda colonna di carichi, analoga alla prima, ma con carichi pari rispettivamente a 400 kN di Q_{1k} e $2.5 \text{ kN/m}^2 q_{2k}$ e posta ad interasse di 3.00 m. da essa
- una terza colonna di carichi, analoga alla seconda, ma con carichi pari rispettivamente a 200 kN di Q_{1k} e $2.5 \text{ kN/m}^2 q_{2k}$ e posta ad interasse di 3.00 m. da essa
- una colonna di carico $q_{rk} = 2.5 \text{ kN/m}^2$ nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti (area rimanente).
- sul marciapiede di servizio il carico $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$ da considerare in alternativa ai carichi stradali.

I carichi mobili vengono fatti muovere, secondo le indicazioni di norma, su tutto lo sviluppo longitudinale dell'impalcato con passo 1.50 m, ripartendo i carichi uniformemente distribuiti (q_{1k} , q_{rk} , q_{fk}) secondo le linee di influenza di taglio e momento, in modo da massimizzare gli effetti su ciascun elemento della struttura.

È inoltre considerato per il calcolo degli effetti locali sulla soletta lo schema di carico 2, il quale viene preso autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa:

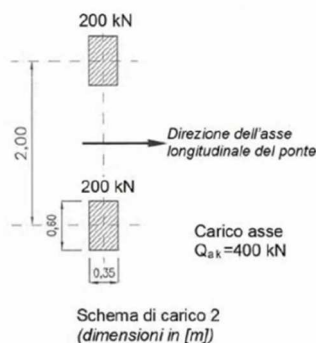


Figura 2.6. schema di carico 2

costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.

La posizione di tale schema di carico per il calcolo degli effetti sulla soletta viene disposto secondo le linee di influenza allo scopo di massimizzarne gli effetti in campata e sugli appoggi della soletta sui diaframmi.

2.4.2.1 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)

2.4.2.1.1 Massimo momento flettente in campata

Per massimizzare il momento flettente positivo in ogni sezione della i -esima 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. Le rimanenti campate sono caricate con i carichi distribuiti frazionabili seguendo l'andamento della linea di influenza del momento flettente.

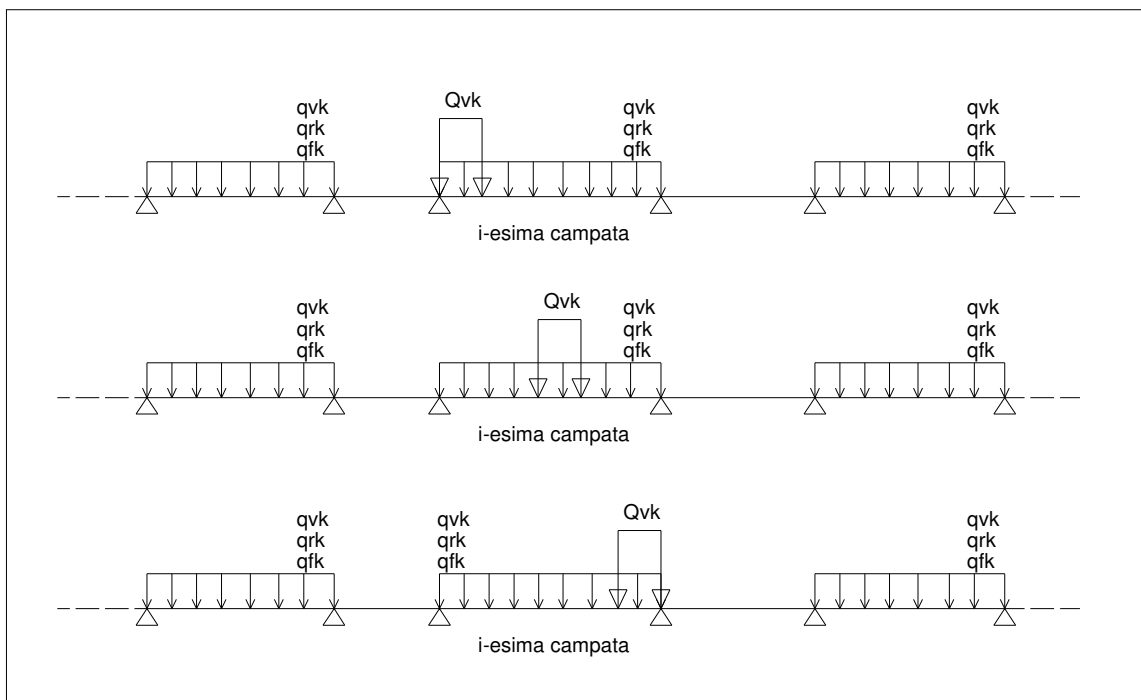


Figura 2.7: Disposizione dei carichi mobili per massimizzare il momento positivo in campata

2.4.2.1.2 Massimo momento flettente in pila – Massima reazione

Per massimizzare il momento flettente negativo sulla pila della *i*-esima campata si fa avanzare di 1.5 m il carico Tandem partendo dalla mezzeria della campata precedente e facendolo arrivare alla mezzeria della campata successiva, così come illustrato nel grafico sottostante. Le rimanenti campate sono caricate con i carichi distribuiti frazionabili seguendo l'andamento della linea di influenza del momento flettente.

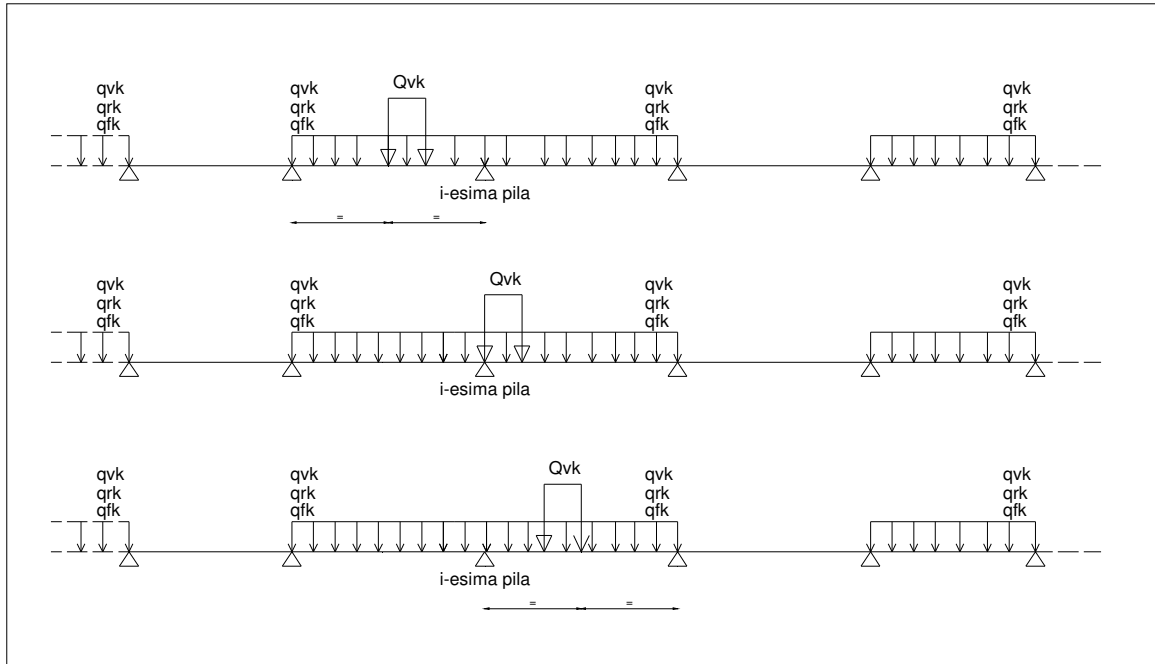


Figura 2.8: Disposizione dei carichi mobili per massimizzare il momento negativo in pila

2.4.2.1.3 Massimo taglio in campata

Per massimizzare il taglio di ogni sezione trasversale della *i*-esima campata si fa avanzare di 1.5 m il carico Tandem partendo dalla mezzeria della campata precedente e facendolo arrivare alla mezzeria della campata successiva, così come illustrato nel grafico sottostante. Le rimanenti campate sono caricate con i carichi distribuiti frazionabili seguendo l'andamento della linea di influenza del taglio.

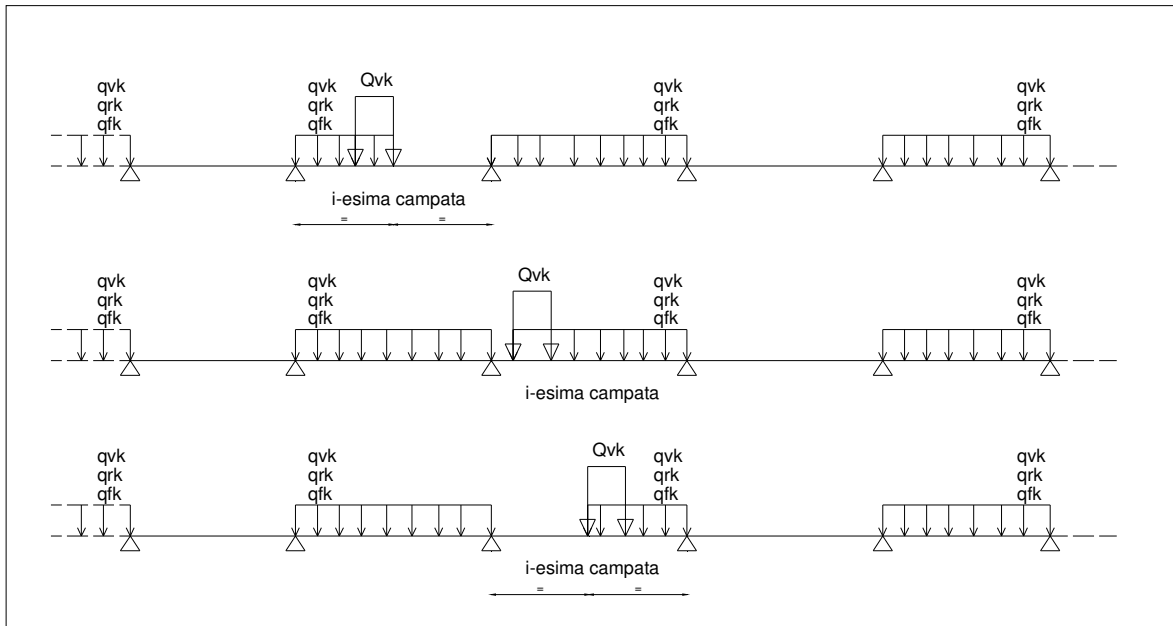


Figura 2.9: Disposizione dei carichi mobili per massimizzare il taglio

2.4.2.2 Ripartizione trasversale dei carichi mobili

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

La ripartizione trasversale dei carichi è stata calcolata mediante uno schema statico di trave su 2 appoggi con due sbalzi esterni.

2.4.2.2.1 Massimo carico verticale su trave esterno curva (Mext)

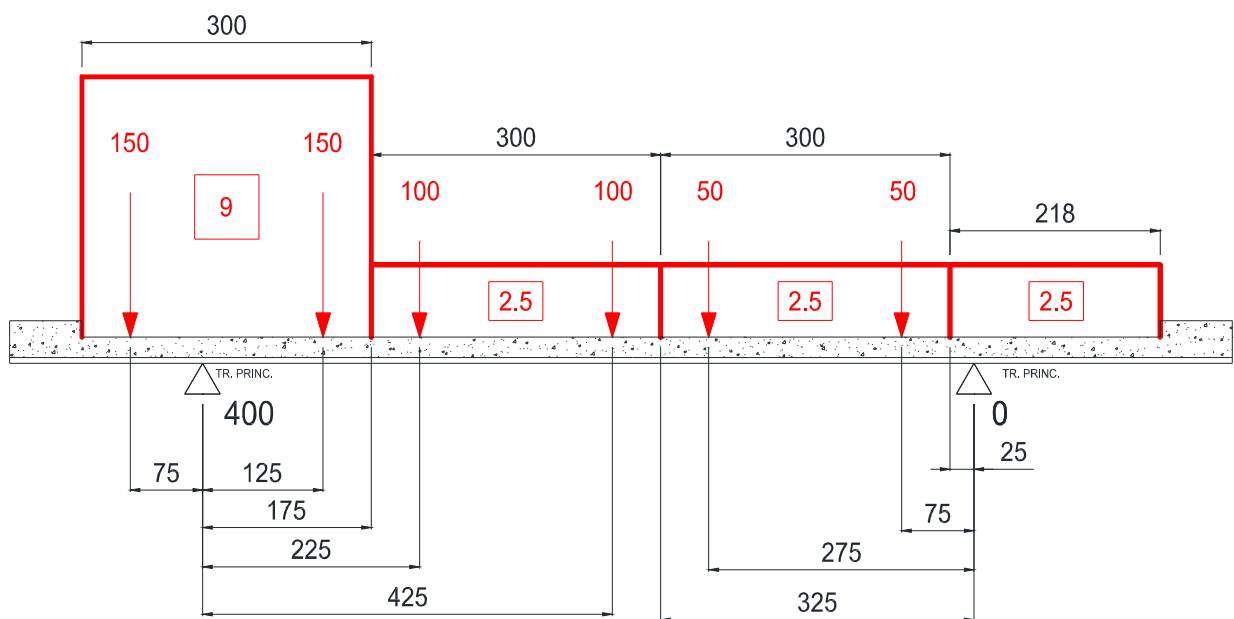


Figura 2.10: Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	168.75	15.77	-
R_{400}^*	431.25	31.68	-
TOTALE	600	47.45	-

Tabella 2-15: reazioni per carichi da traffico Mext.

2.4.2.2.2 Massimo carico verticale su trave interno curva (Mint)

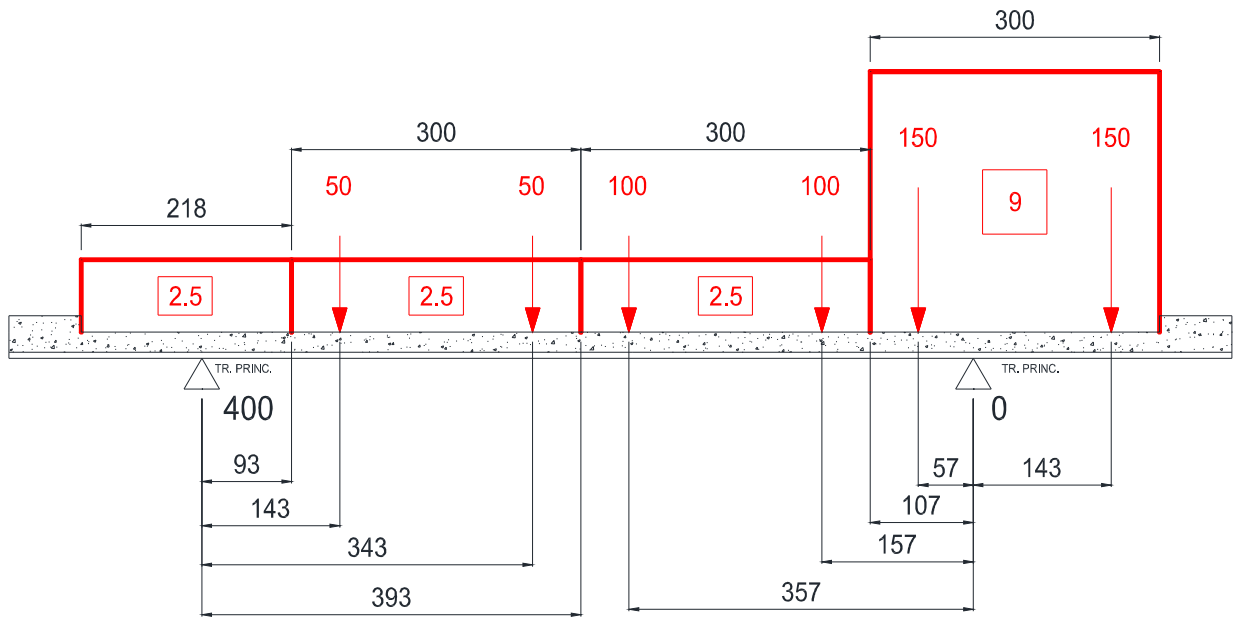


Figura 2.11: Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_r [kN/m]
R_0^*	482.25	35.71	-
R_{400}^*	117.75	11.74	-
TOTALE	600	47.46	-

Tabella 2-16: reazioni per carichi da traffico Mint.

2.4.2.2.3 Massimo carico torcente su trave esterna (T2ext)

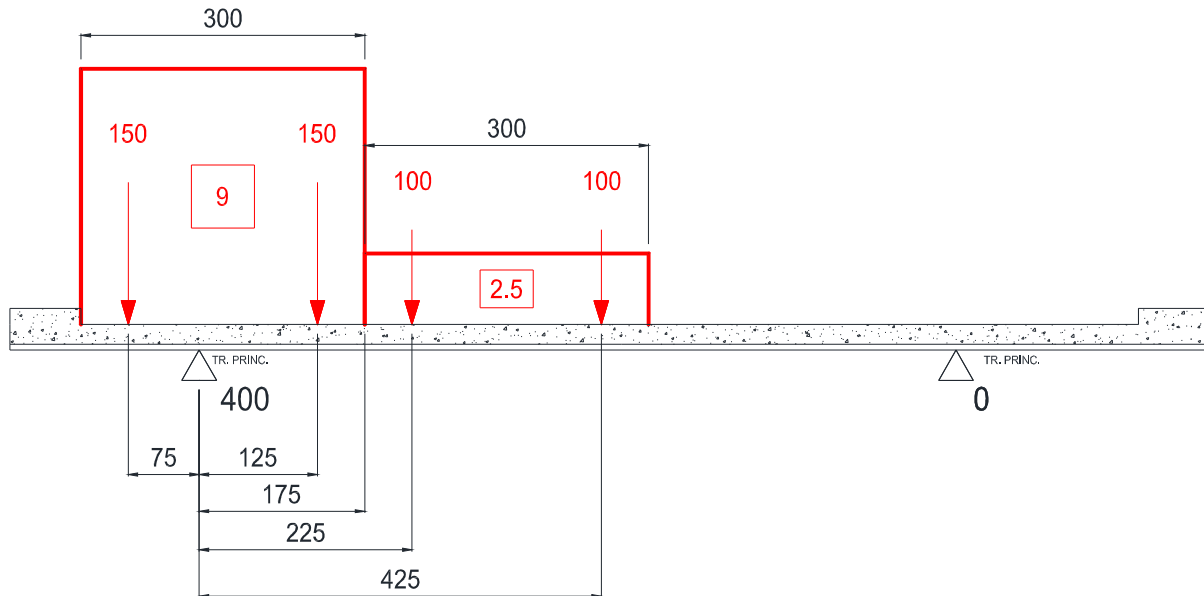


Figura 2.12: Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	90.62	3.89	-
R_{400}^*	409.38	30.61	-
TOTALE	500	34.50	-

Tabella 2-17: reazioni per carichi da traffico T2ext

2.4.2.2.4 Massimo carico torcente su trave interna (T2int)

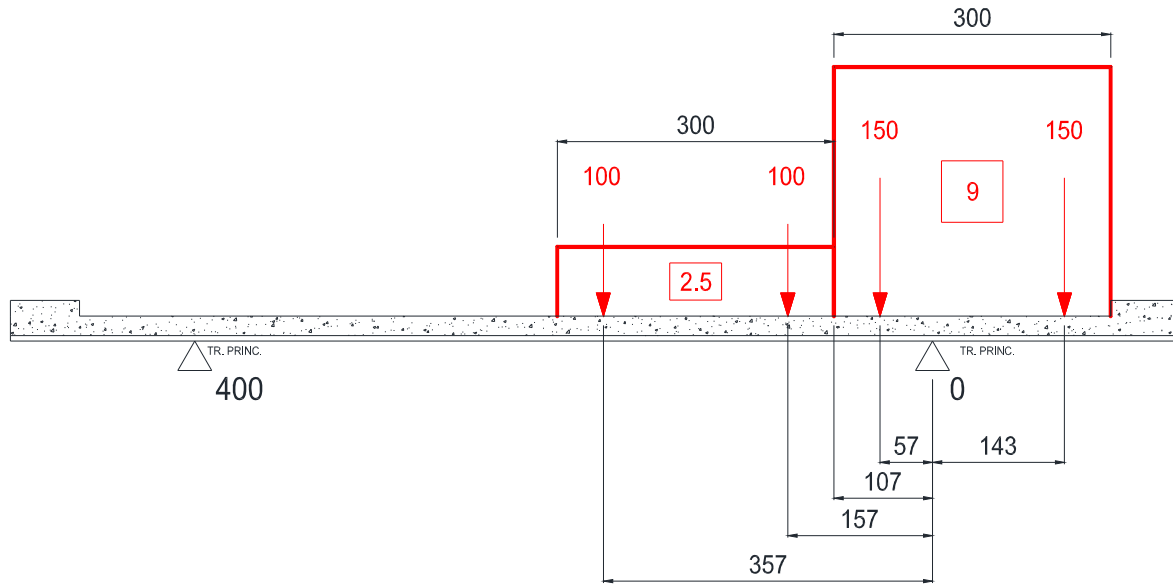


Figura 2.13 Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	451.88	33.54	-
R_{400}^*	48.12	0.96	-
TOTALE	500	34.50	-

Tabella 2-18: reazioni per carichi da traffico T2int

2.4.2.2.5 Massimo carico torcente su trave esterna con una stesa di carico(T1ext)



Figura 2.14: Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	9.38	0.84	-
R_{400}^*	290.62	26.16	-
TOTALE	300	27.00	-

Tabella 2-19: reazioni per carichi da traffico T1ext.

2.4.2.2.6 Massimo carico torcente su trave interna con una stesa di carico(T1int)

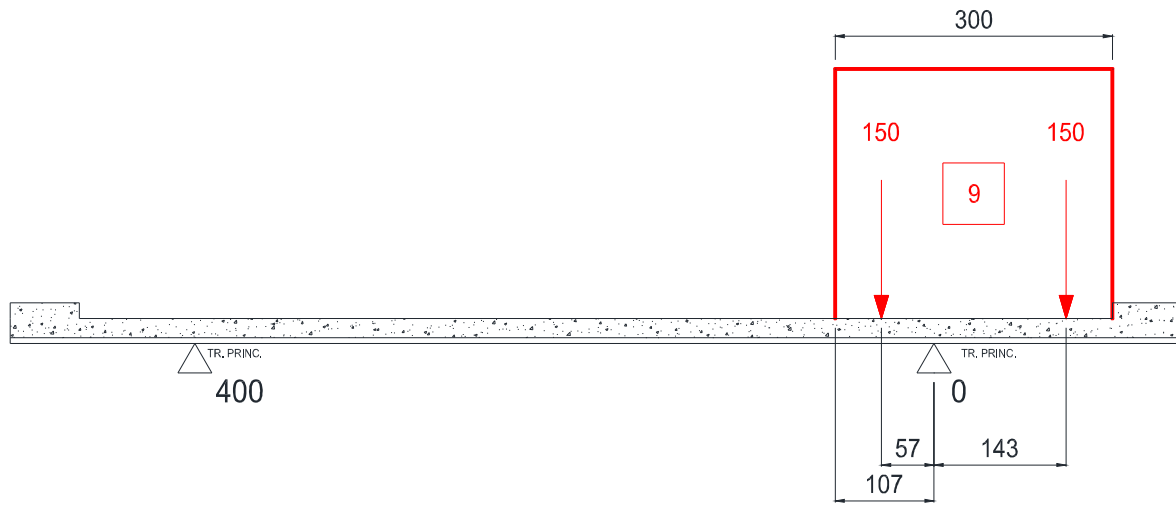


Figura 2.15 Schema di carico – Sezione tipica

	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m]	q_f [kN/m]
R_0^*	316.13	28.45	-
R_{400}^*	-16.13	-1.45	-
TOTALE	300	27.00	-

Tabella 2-20: reazioni per carichi da traffico T1intt.

2.4.3 AZIONE DEL RITIRO (E_2)

2.4.3.1 Ritiro della soletta in senso trasversale (calcolo delle azioni equivalenti per i traversi)

Gli effetti del ritiro e dello scorrimento viscoso del calcestruzzo vengono valutati secondo la teoria approssimata del metodo di Mörsh (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.

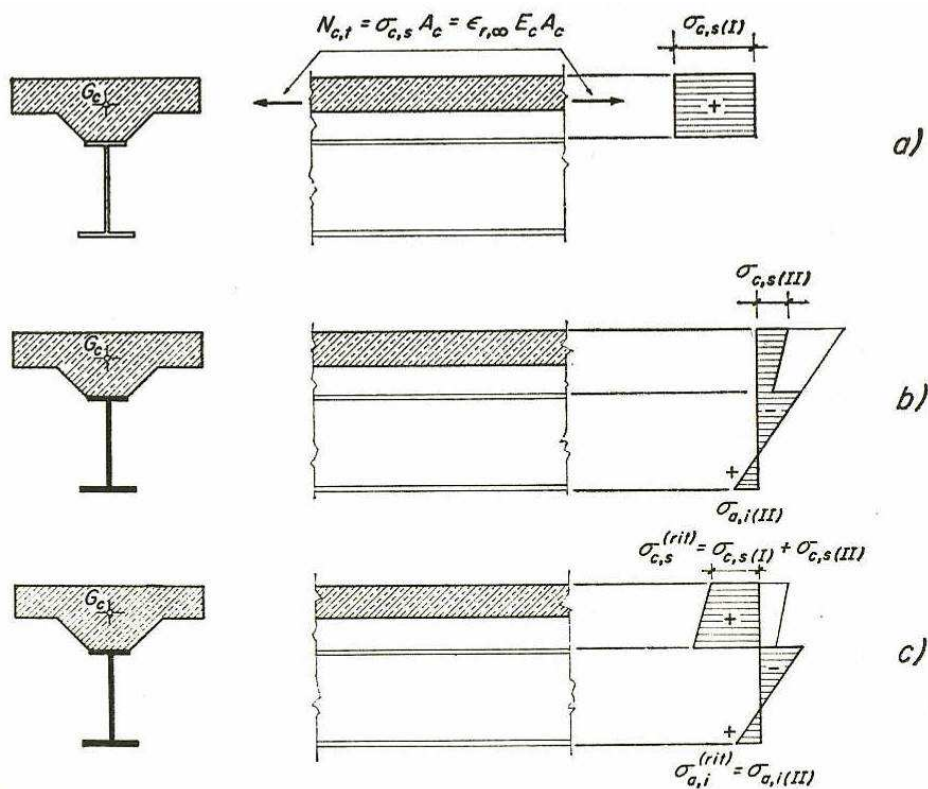


Figura 2.16: Andamento tensioni interne per l'effetto del ritiro del calcestruzzo della soletta

2.4.3.1.1 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=	12.68	m	
S_{getto} =	27.00	cm	Spessore soletta
S_{predalla} =	6.00	cm	Spessore predalla

da cui si ottiene

A_c =	2.66	m ²	area sezione getto in calcestruzzo
u =	12.68	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 (75%) il coefficiente di Viscosità e quelli di omogeneizzazione derivanti

Deformazione da ritiro per essiccamento	ϵ_{c0} =	-0.00030
Valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento	$\epsilon_{cd,\infty}$ =	-0.00022
Valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca,\infty}$ =	-0.00006
Deformazione totale da ritiro	$\epsilon_{cs,\infty}$ =	-0.00027
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

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

$A_c =$	2.6628 m ²	
$n = n_2 =$	16.60	Coeff. di omogeneizzazione
$\epsilon_{cs,\infty} =$	-0.00027	Deformazione totale da ritiro
$b =$	1.916 m	Distanza baricentro getto cls - baricentro medio sez. mista in Fase 2

$$N_{r,eq} = (A_c \cdot \epsilon_{cs,\infty} \cdot E_a) / n_2 = 9219 \text{ kN}$$
$$M_{r,eq} = N_{r,eq} \cdot b_2 = 17658 \text{ kNm}$$

$N_{r,eq} \cong$	4610	kN	(per ciascuna trave)
$M_{r,eq} \cong$	8830	kNm	(per ciascuna trave)

2.4.4 VARIAZIONI TERMICHE (Q₇)

Gli effetti della temperatura sono valutati in accordo alle norme EN 1991-1-5 e EN 1991-1-5/NA.

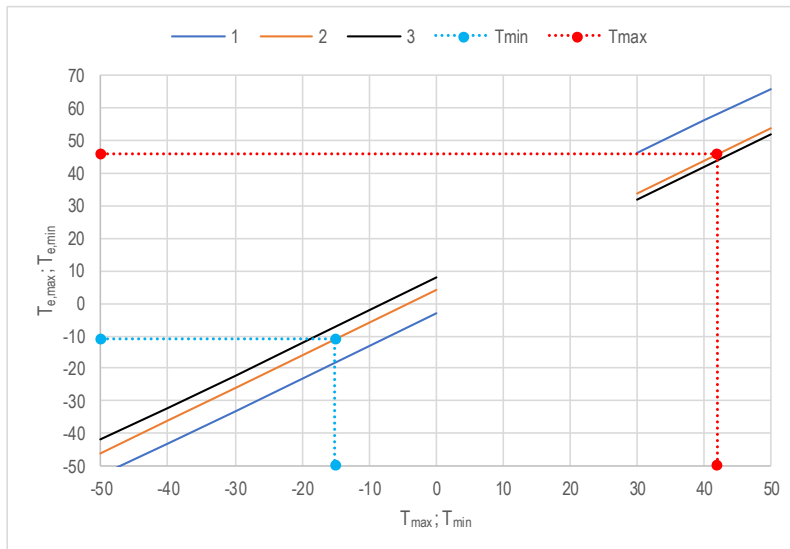
2.4.4.1 Variazioni uniformi della temperatura (VUT)

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="Buttapietra"/>	
Regione	<input type="text" value="Veneto"/>	
Zona		
a _s (Quota su l.m.m. del sito)	<input type="text" value="30"/>	m
Tempo di ritorno	50	anni
Temperatura minima aria esterna	T _{min} =	-15 °C
Temperatura massima aria esterna	T _{max} =	42 °C

Tipo di impalcato	<input type="text" value="Impalcato a struttura composta"/>
Curva di riferimento	2



Temperatura uniforme minima	T _{e,min} =	-11 °C
Temperatura uniforme massima	T _{e,max} =	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 prerogolazione"/>	
Variazione di temperatura iniziale	ΔT ₀ =	10 °C

Variazione termica in fase di riscaldamento	ΔT _{exp,d} = T _{e,max} - T ₀ + ΔT ₀ =	41 °C
---	---	-------

Variazione termica in fase di raffreddamento	ΔT _{con,d} = T _{e,min} - T ₀ - ΔT ₀ =	-36 °C
--	---	--------

2.4.4.2 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).

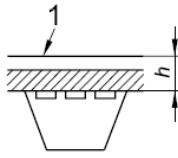
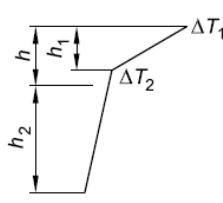
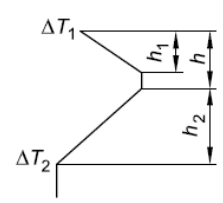
Tipo di Costruzione	Differenza di Temperatura (ΔT)																									
	(a) Riscaldamento	(b) Raffreddamento																								
 <p>2a. Impalcato di calcestruzzo su travi di acciaio a cassone, travi di acciaio reticolari o a parete piena 1 100 mm di rivestimento</p>	<p>Procedura normale</p>  <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 2.17: 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 involuppo 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 $\Delta T = \pm 10^\circ\text{C}$ 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

$$A_a = \quad \mathbf{1982} \text{ cm}^2 \quad \text{Area media della sezione metallica}$$

$$\alpha = \quad 1.20\text{E-}05 \quad \text{Coeff. di dilatazione termica acciaio}$$

$$\Delta T = \quad 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$N_{t,eq} \cong (\alpha \cdot \Delta T \cdot E_a \cdot A_a) = \quad \mathbf{5000} \text{ kN} \quad (\text{per ciascuna trave})$$

$$b_3 = \quad 1.546 \text{ m} \quad \text{Distanza baricentro soletta - baricentro sez. mista in Fase 3}$$

$$M_{t,eq} = \quad N_{t,eq} \cdot b_3 = \quad \mathbf{7730} \text{ kNm} \quad (\text{per ciascuna trave})$$

2.4.5 CEDIMENTI VINCOLARI: ϵ_4

Per tenere conto dei possibili cedimenti fondazionali delle sottostrutture a sostegno dell'impalcato nel corso della vita utile dello stesso, si valuta convenzionalmente l'effetto iperstatico associato a tale situazione utilizzando per ciascun appoggio del ponte la seguente formula come indicato al §5.1.3.2 delle NTC2018.

Cedimento verticale sull'i-esima pila $\delta_{i,p} = (l_{i-1} + l_i) / 2 \times 1/5000$

Cedimento sull'i-esima spalla $\delta_{i,sp} = l_i / 2 \times 1/5000$

Cedimento di progetto		δ_i [mm]
Pila 5	43000 / (2x5000)	4.3
Pila 6	(43000+63000) / (2x5000)	10.6
Pila 7	(63000+88000) / (2x5000)	15.1
Pila 8	(88000+63000) / (2x5000)	15.1
Pila 9	(63000+43000) / (2x5000)	10.6
Pila 10	43000 / (2x5000)	4.3

Tabella 2-21: Effetti dei cedimenti vincolari.

In particolare vengono considerate le due condizioni di carico che prevedono il cedimento alternato delle pile non adiacenti, allo scopo di massimizzare i momenti massimi in pila, e quello dei sostegni adiacenti per massimizzare l'effetto in campata.

2.4.6 FRENATURA (Q₃)

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

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

Considerando la lunghezza massima del viadotto risulta:

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

Poiché la definizione dei gruppi di carico di cui alla tabella 5.1.IV del D.M. 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), l'effetto flessionale dell'azione di frenamento non è stato preso in considerazione.

2.4.7 CENTRIFUGA (Q₄)

In accordo al par. 5.1.3.6 del DM 17/01/2018 l'azione centrifuga totale, applicata a livello della pavimentazione e agente in direzione normale all'asse del ponte, risulta pari a:

		RAGGIO DI CURVATURA
Spalla A	Spalla B	1000 m

$$200 \text{ m} < R < 1500 \text{ m} \rightarrow Q_4 = 40 \times Q_v / R = 40 \times 600 \text{ kN} / 1000 \approx 24 \text{ kN}$$

essendo

- n numero di corsie di carico = 3
- R raggio di curvatura
- Q_v carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte

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.

2.4.8 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 DEL VENTO SULL'IMPALCATO

(EC1-4)

Nome del sito		Buttapietra	
Regione		1.Veneto	
Velocità base di riferimento	$v_{b,0} =$	25	<i>m/s</i>
Altitudine di riferimento	$a_0 =$	1000	<i>m/s</i>
Parametro del sito	$k_s =$	0.4	
Quota sul l.m.m. del sito	$a_s =$	100	<i>m (<1500)</i>
Coefficiente di altitudine	$c_a =$	1.00	
Tempo di ritorno	$T_R =$	50	<i>anni</i>
Coefficiente di ritorno	$c_r =$	1.00	
Velocità di riferimento	$v_r =$	25.02	<i>m/s</i>
Pressione cinetica di riferimento	$q_r =$	39.12	<i>daN/m²</i>
Categoria di esposizione		III	
Coefficiente di categoria	$K_r =$	0.20	
Altezza di riferimento	$z_0 =$	0.10	
Altezza minima	$z_{min} =$	5.00	
Altezza caratteristica struttura	$h =$	10	<i>m</i>
Coefficiente di topografia	$c_t =$	1	
Coefficiente dinamico	$c_d =$	1	
Coefficiente di esposizione	$c_e =$	2.14	
Pressione di riferimento	$p_r =$	83.6	<i>daN/m²</i>

2.4.8.1 Vento su 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 calcola il carico orizzontale ed il momento torcente dovuto al vento scarico, il carico orizzontale ed il momento torcente dovuto al vento carico.

In questo caso, essendo un ponte a via inferiore ed essendo l'altezza dell'anima maggiore dell'altezza della stesa di carico pari a 3 m, si ha che le condizioni di vento a ponte carico e a ponte scarico coincidono.

A favore di sicurezza si considera che l'altezza investita sia sempre pari a quella massima (6.0m).

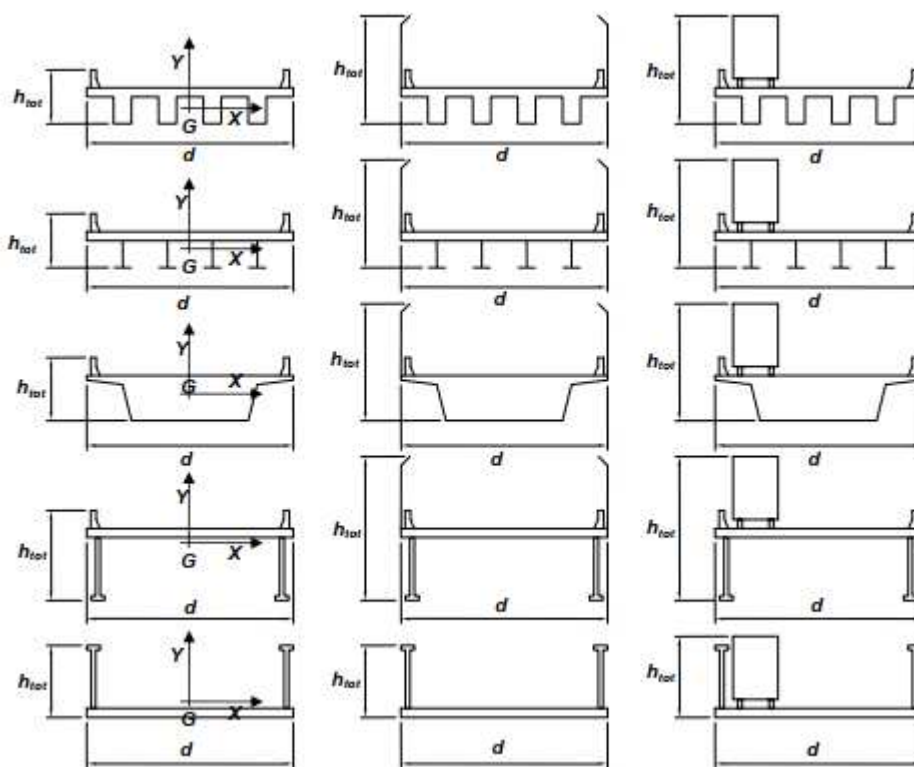
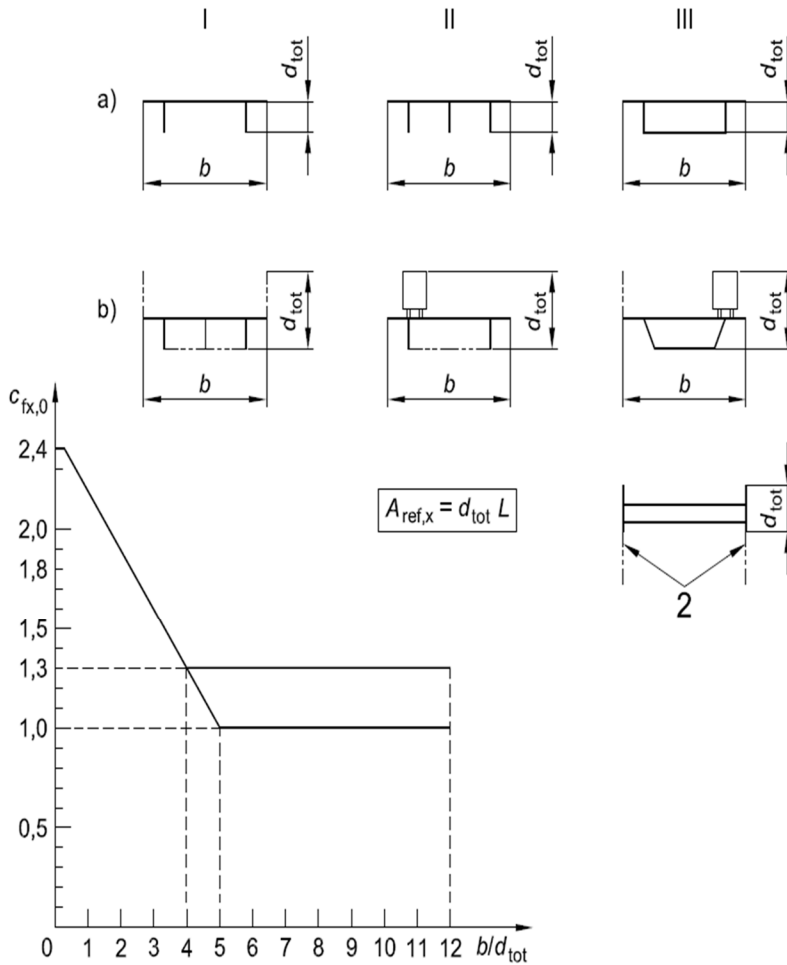


Figura 2.18: Tipi di impalcato da ponte trattati nel presente paragrafo delle CNR-DT 207/2008

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 ad 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 .

Coefficiente di forza in direzione X

Il coefficiente di forza in direzione X si calcola in riferimento al punto 8.3 dell'UNI EN 1991-1-4:2005 e facendo la distinzione tra la condizione di ponte carico, quella di ponte scarico e quella di ponte in fase



Coefficiente di forza in direzione Y

Il coefficiente di forza in direzione Y si calcola in riferimento al punto 8.3 dell'UNI EN 1991-1-4:2005 e facendo la distinzione tra la condizione di ponte carico, ponte scarico e ponte in fase di montaggio. Si assume un coefficiente c_{fy} pari al 25% di c_{fx} per ponti a parete piena e al 50% di c_{fx} per ponti reticolari.

Coefficiente di forza in direzione Z

Il coefficiente di forza in direzione Z si calcola in riferimento al punto 8.3 dell'UNI EN 1991-1-4:2005 e facendo la distinzione tra la condizione di ponte in esercizio e quella di ponte in fase di montaggio. Si assume un coefficiente c_{fz} pari a 0.9. Si assume che vi sia una eccentricità pari a un quarto della

Nel caso di ponte carico si ha che:

Altezza totale (struttura + carico)	$d_{tot} =$	7.38	m
	$b/d_{tot} =$	1.72	
Coefficiente di forza lungo X	$c_{f,x} =$	2.02	
Coefficiente di forza lungo Y	$c_{f,y} =$	0.51	
Coefficiente di forza lungo Z	$c_{f,z} =$	0.90	
Area di riferimento per azione X	$A_{ref,x} =$	2214.0	m ²
Area di riferimento per azione Z	$A_{ref,z} =$	3804.0	m ²
Azione concentrata dovuta al vento X	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,x} =$	± 3742	kN
Azione concentrata dovuta al vento Y	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,y} =$	± 935	kN
Azione concentrata dovuta al vento Z	$F_x = A_{ref,z} \cdot q_b \cdot c_{f,z} =$	± 2863	kN

Azione totale vento su impalcato X	$p_{tot} = F_{w,x} / L =$	± 12.47	kN/m
Azione totale vento su impalcato Y	$p_{tot} = F_{w,y} / L =$	± 3.12	kN/m
Azione totale vento su impalcato Z	$p_{tot} = F_{w,z} / L =$	± 9.54	kN/m

Nel caso di ponte scarico si ha che:

Altezza totale (struttura)	$d_{tot} =$	7.55	m
	$b/d_{tot} =$	1.68	
Coefficiente di forza lungo X	$c_{f,x} =$	2.03	
Coefficiente di forza lungo Y	$c_{f,y} =$	0.51	
Area di riferimento	$A_{ref,x} =$	2265.0	m ²
Azione concentrata dovuta al vento X	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,x} =$	± 3851	kN
Azione concentrata dovuta al vento Y	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot c_{f,y} =$	± 963	

Azione totale vento su impalcato X	$p_{tot} = F_{w,x} / L =$	± 12.84	kN/m
Azione totale vento su impalcato Y	$p_{tot} = F_{w,y} / L =$	± 3.21	kN/m

2.4.8.2 Vento in fase di montaggio

Nel caso di ponte in fase di montaggio si ha che:

Tempo di ritorno		10	anni
α_r (Coefficiente di ritorno)		0.90	
v_r (Velocità di riferimento)		22.58	m/s
q_r (Pressione cinetica di riferimento)		31.86	daN/m ²
q_d (Pressione di riferimento)		68.11	daN/m ²
Altezza totale (struttura)	d_{tot}	4.38	m
	b/d_{tot}	2.89	
Coefficiente di forza lungo X	$C_{f,x}$	1.65	
Coefficiente di forza lungo Y	$C_{f,y}$	0.41	
Area di riferimento	$A_{ref,x}$	1314.0	m ²
Azione concentrata dovuta al vento X	$F_x = A_{ref,x} \cdot q_b \cdot C_{f,x}$	± 1481	kN
Azione concentrata dovuta al vento Y	$F_y = A_{ref,y} \cdot q_b \cdot C_{f,y}$	± 370	
Azione totale vento su impalcato X	$p_{tot} = F_{w,x} / L =$	± 6.06	kN/m
Azione totale vento su impalcato Y	$p_{tot} = F_{w,y} / L =$	± 1.52	kN/m

2.4.9 URTO DI VEICOLO IN SVIO (Q_8)

Le azioni eccezionali q_8 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 per le verifiche locali del cordolo.

2.4.10 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.



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate
LONGITUDINE: 10.34676021
LATITUDINE: 45.343693436

Ricerca per comune
REGIONE: Veneto
PROVINCIA: Verona
COMUNE: Buttapietra

Elaborazioni grafiche:
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Figura 2.19. Localizzazione geografica del ponte.



FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : 50 info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U : 2 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 100 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R : info

Stati limite di esercizio - SLE:
 SLO - $P_{VR} = 81\%$: 60
 SLD - $P_{VR} = 63\%$: 101

Stati limite ultimi - SLU:
 SLV - $P_{VR} = 10\%$: 949
 SLC - $P_{VR} = 5\%$: 1950

Elaborazioni:
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO:
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - - Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

Figura 2.20. Vita nominale e classe d'uso del ponte.

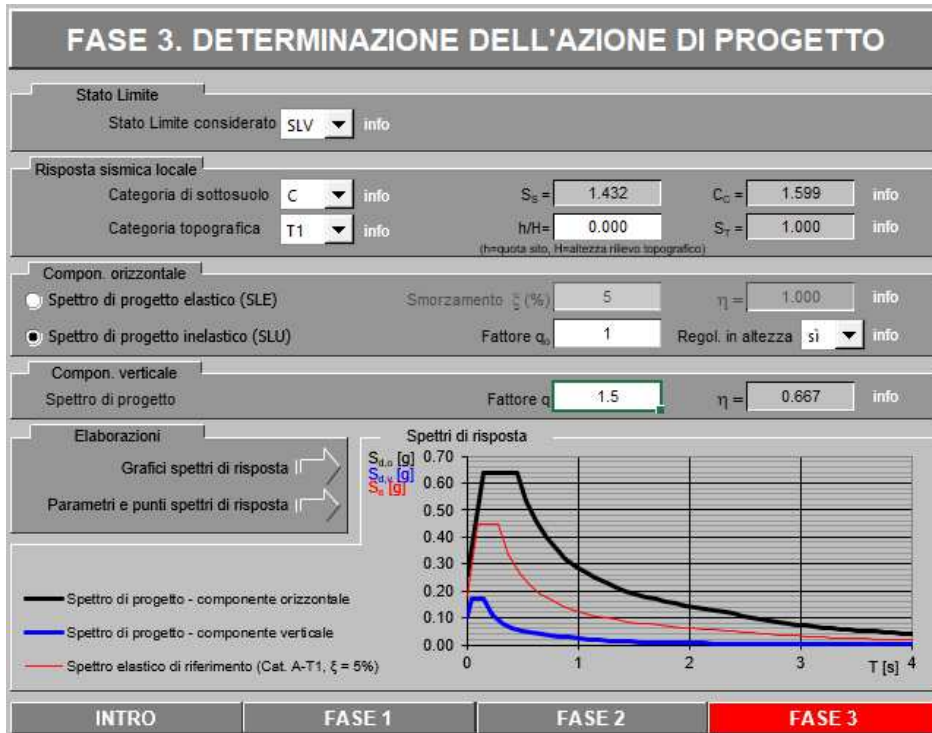


Figura 2.21. Spettri di risposta.

Di seguito si riportano gli spettri smorzati utilizzati.

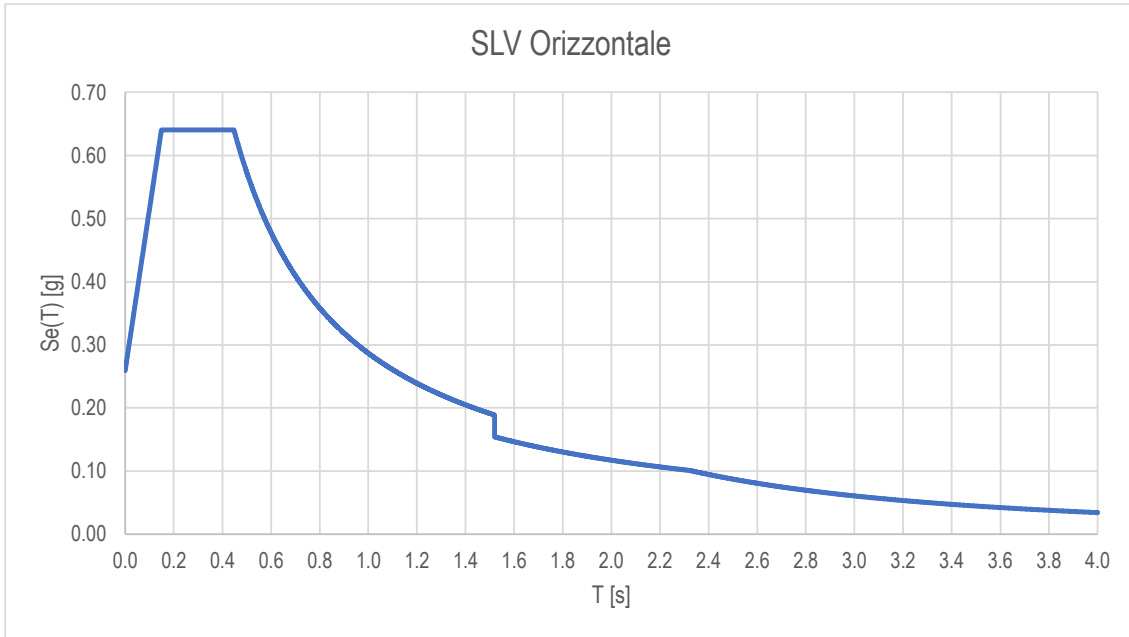


Figura 2.22. Spettro di risposta orizzontale SLV con smorzamento equivalente del 10%

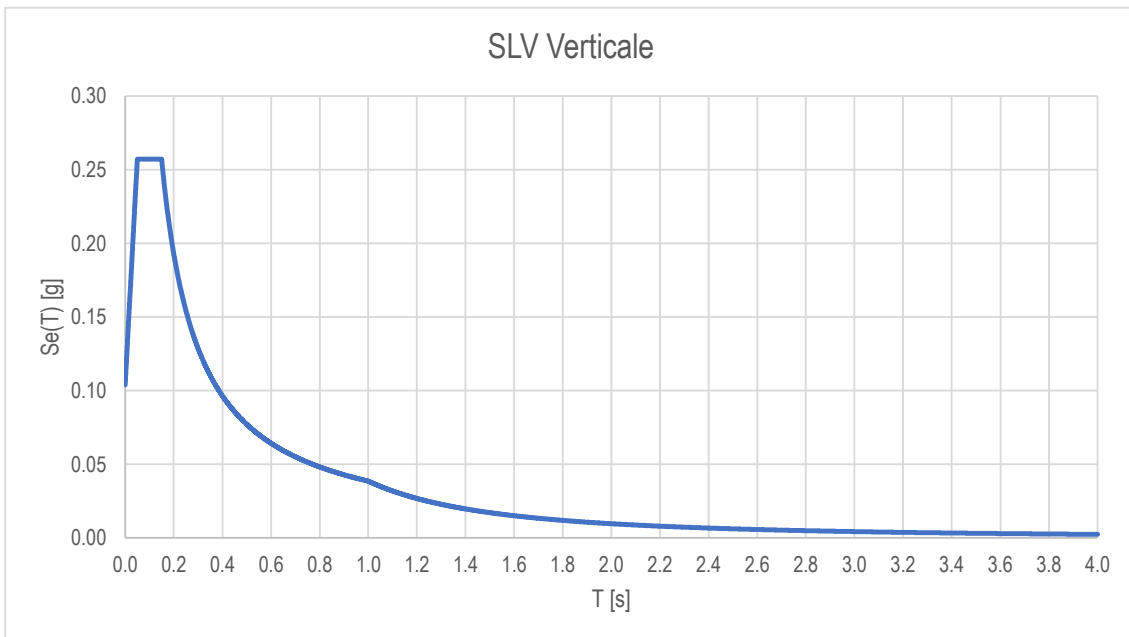


Figura 2.23. Spettro di risposta verticale SLV con smorzamento equivalente del 5%



Figura 2.24. Spettro di risposta orizzontale SLC con smorzamento equivalente del 10%

2.5 CRITERI DI CALCOLO

Nel presente capitolo si riportano i criteri generali di verifica degli elementi strutturali soggetti alle azioni statiche e sismiche, gli approcci ed 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.

2.5.1 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 ed 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 ed 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.

2.5.2 ANALISI GLOBALE ELASTICA

L'analisi è eseguita secondo il metodo globale elastico. Il programma di calcolo utilizzato per la modellazione è il SAP2000 ® versione 21 (licenze di Sap2000 Advanced/Ultimate intestata a Steel Project Engineering s.r.l.). Le sollecitazioni ottenute dai singoli modelli di calcolo di ciascuna fase resistente di seguito illustrata vengono involupate 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.).

2.5.2.1 Fasi di calcolo

Trattandosi, nel funzionamento globale dell'impalcato, di un sistema misto acciaio-cls. le azioni agenti vengono suddivise in tre fasi, corrispondenti al grado di maturazione del getto di cls. e quindi ai diversi livelli di rigidezza 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 per l'impalcato principale.

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 le strutture principali e solo metallica per i traversi reticolari.

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 16.60.

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.

La sezione resistente risulta mista acciaio-calcestruzzo per le strutture principali e solo metallica per i traversi reticolari. Nel modello sono presenti elementi soletta longitudinali che schematizzano il contributo di rigidezza longitudinale e trasversale della soletta; per tenere in considerazione i fenomeni " impulsivi " che accompagnano questa fase, 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 6.24.

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 e a quella uniforme.

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 computazionali può essere necessario utilizzare un modello privo di carichi per simulare la condizione di carico nullo, direttamente all'interno dell'involuppo 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.

Tabella 2-22: Files studio per l'analisi delle travi principali

NOME FILE	TIPO FASE	CARICHI
<i>Fase1.sdb</i>	Montaggio – caratteristiche statiche del solo acciaio	Peso proprio strutture metalliche, veletta, predalle cls 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>Cedimenti.sdb</i>	Carichi di lunga durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Effetto dei cedimenti vincolari
<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>Mint_***.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, addossato su trave interno curva. 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>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, addossato su trave esterno curva. 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>T1int_***.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 1 stesa di carico, addossato su trave interno curva. 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 torcente massimo da traffico sulla sezione trasversale del ponte con 1 stesa di carico, addossato su trave esterno curva. 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>T2int_**.sdb</i> (più file in funzione del numero di campate)	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Come <i>T1int</i> ma con due stese di carico
<i>T2ext_**.sdb</i> (più file in funzione del numero di campate)	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Come <i>T1ext</i> ma con due stese di carico
<i>Vento.sdb</i>	Carichi di breve durata – caratteristiche statiche acciaio + cls	Azione da vento

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, il punto 2.5.3 del D.M. 2018 definisce le seguenti tipologie di combinazione delle azioni:

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

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

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), 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 A_d :

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

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 ;
$\psi_{i,j}$	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.

Tabella 2-23: 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

Azioni	Effetto del Carico	ψ_0 di combinazione	ψ_1 frequenti	ψ_2 quasi permanenti
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

2.5.3.1 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.

2.5.3.2 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.

Tabella 2-24: 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

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 Variazioni termiche	Favorevoli	γ_{E2}, γ_{E3}	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.

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.

2.5.3.3 Stati limite di esercizio

2.5.3.3.1 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.

2.5.3.3.2 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.

2.6 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 sezione collaborante nelle diverse fasi di calcolo. Per la modellazione dell'impalcato sono stati schematizzati gli elementi principali (travi longitudinali, diaframmi trasversali, 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 Bredt in quanto sono presenti controventi inferiori.

Lo schema statico globale è quello di trave continua su sei appoggi con luci di 43 m, 63 m, 88 m, 63 m, 43 m.

È stata svolta un'analisi globale di tipo 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 dei diaframmi in fase 2 e fase 3 è stata determinata in accordo con il D.M. 17.01.2018.

L'origine del modello numerico è stata assunta in corrispondenza della Pila 5.

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

2.6.1 Discretizzazione della struttura

La struttura, analizzata con il metodo degli elementi finiti, è stata discretizzata seguendo i seguenti criteri:

2.6.1.1 Nodi

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

001 – 127	Trave interna
401 – 527	Trave esterna

I nodi vincolati sono i seguenti:

001 – 401	Pila 5
022 – 422	Pila 6
048 – 448	Pila 7
080 – 480	Pila 8
106 – 506	Pila 9
127 – 527	Pila 10

Per i modelli soggetti unicamente a carico verticale i nodi vincolati presentano un vincolo verticale infinitamente rigido e molle orizzontali che simulano la rigidezza 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 rigidezza in esercizio degli isolatori.

2.6.1.2 Elementi

Gli elementi della struttura sono i seguenti:

Travi principali

001 – ... – 126	trave interna
401 – ... – 526	trave esterna

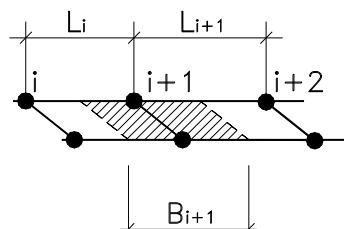
Diaframmi intermedi e di pila

1001 – 2001	Diaframma di pila 5
...	Diaframmi intermedi
1022 – 2022	Diaframma di pila 6
...	Diaframmi intermedi
1048 – 2048	Diaframma di pila 7
...	Diaframmi intermedi
1080 – 2080	Diaframma di pila 8
...	Diaframmi intermedi
1106 – 2106	Diaframma di pila 9
...	Diaframmi intermedi
1127 – 2127	Diaframma di pila 10

Elementi soletta

10001 – 20001	Elementi soletta
...	
10127 – 20127	Elementi soletta

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:



2.6.2 Modello di calcolo agli elementi finiti

Nel seguito si riportano le immagini relative al graticcio di nodi ed 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 ed aste.

2.6.2.1 Modello completo

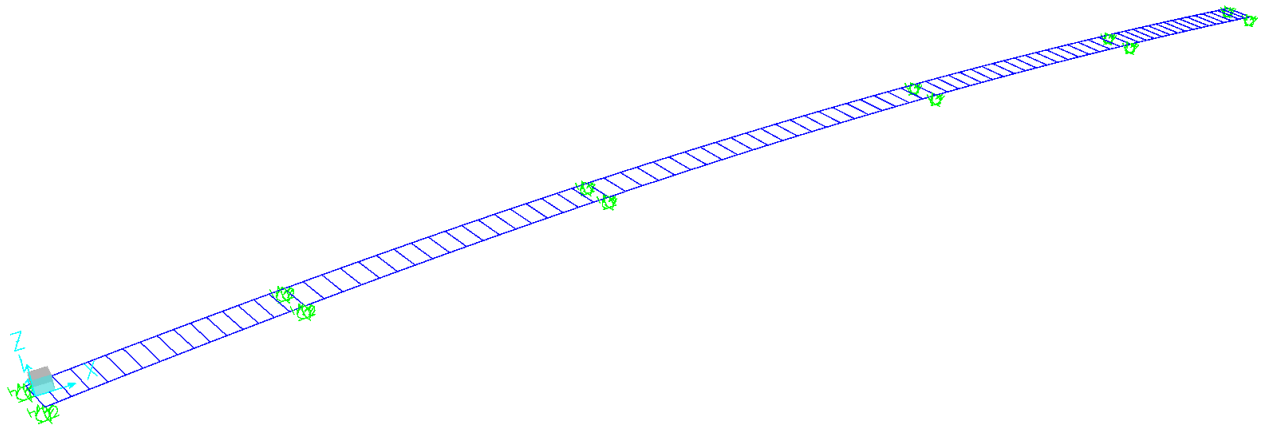


Figura 2.25. Modello 3D

2.6.2.2 Nodi

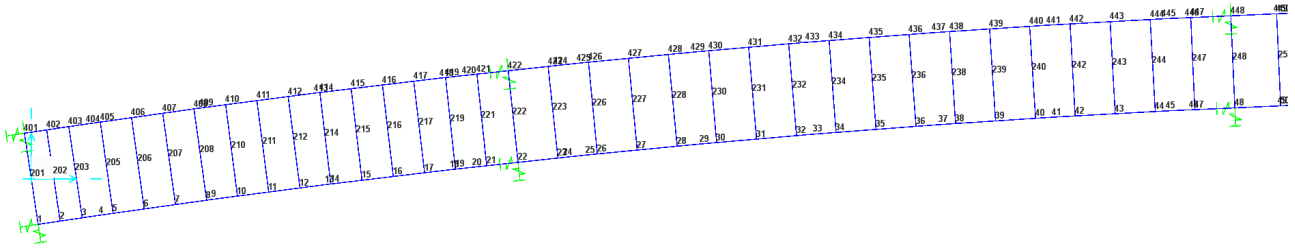


Figura 2.26. Nodi travi principali campata P5 – P7

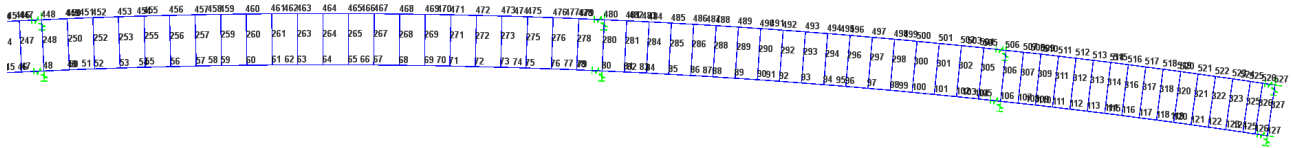


Figura 2.27. Nodi travi principali campata P7 – P10

2.6.2.3 Elementi travi, diaframmi e elementi soletta

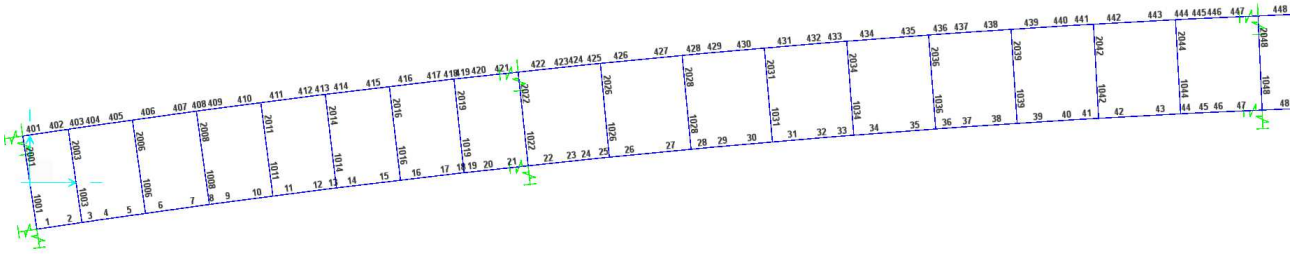


Figura 2.28. Travi principali, diaframmi P5 – P7

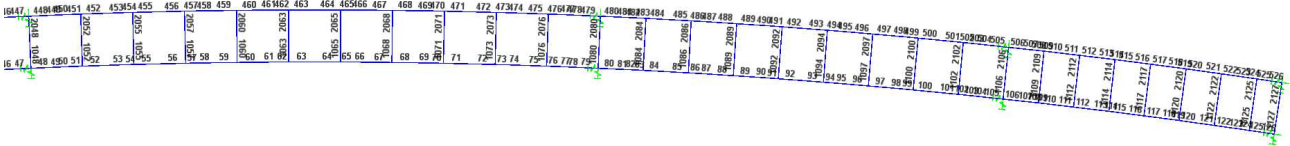


Figura 2.29. Travi principali, diaframmi P7 – P10

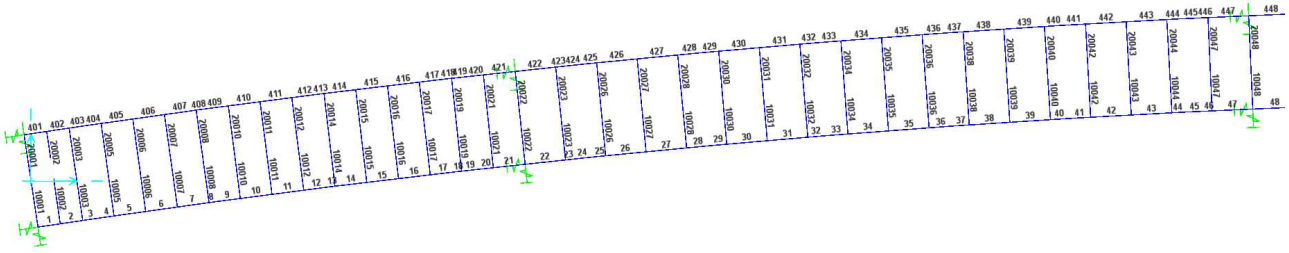


Figura 2.30. Travi principali, elementi soletta P5 – P7

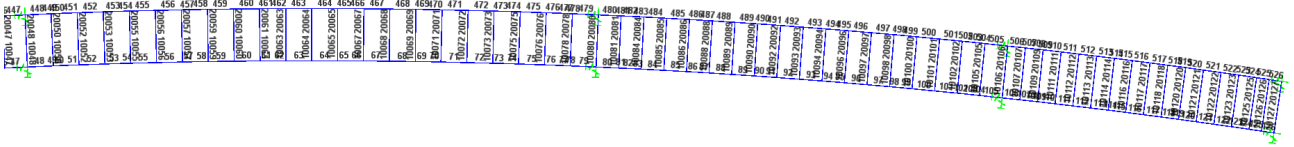


Figura 2.31. Travi principali, elementi soletta P7 – P10

2.6.2.4 Carichi applicati al modello

Si riportano come esempio alcuni caricamenti dei modelli globali

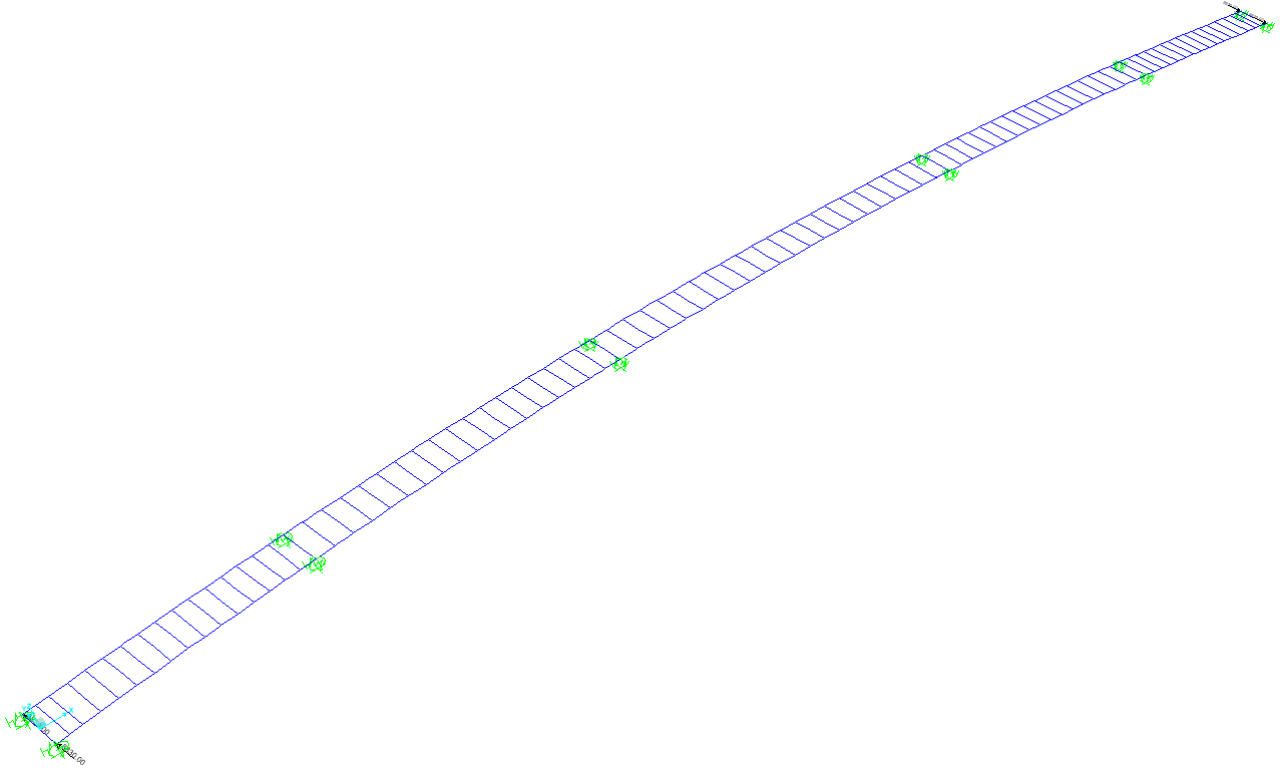


Figura 2.32 Ritiro

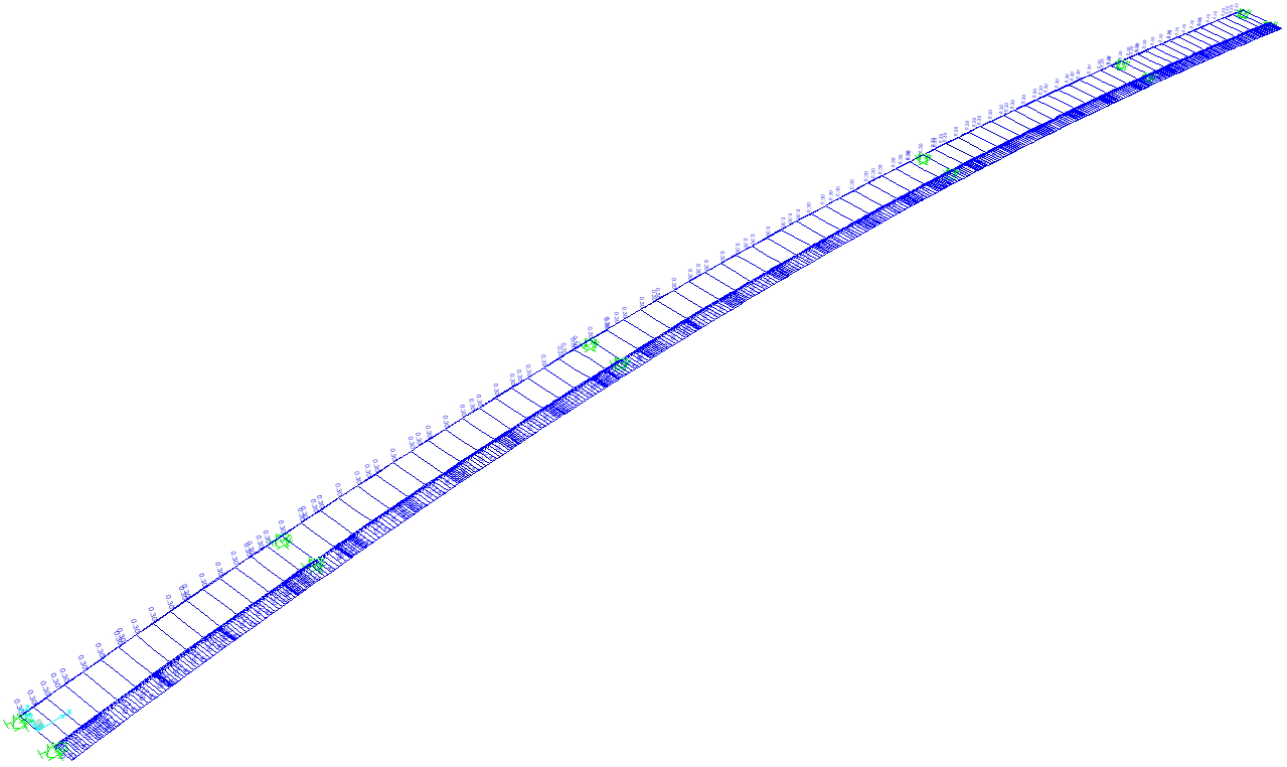


Figura 2.33 Vento

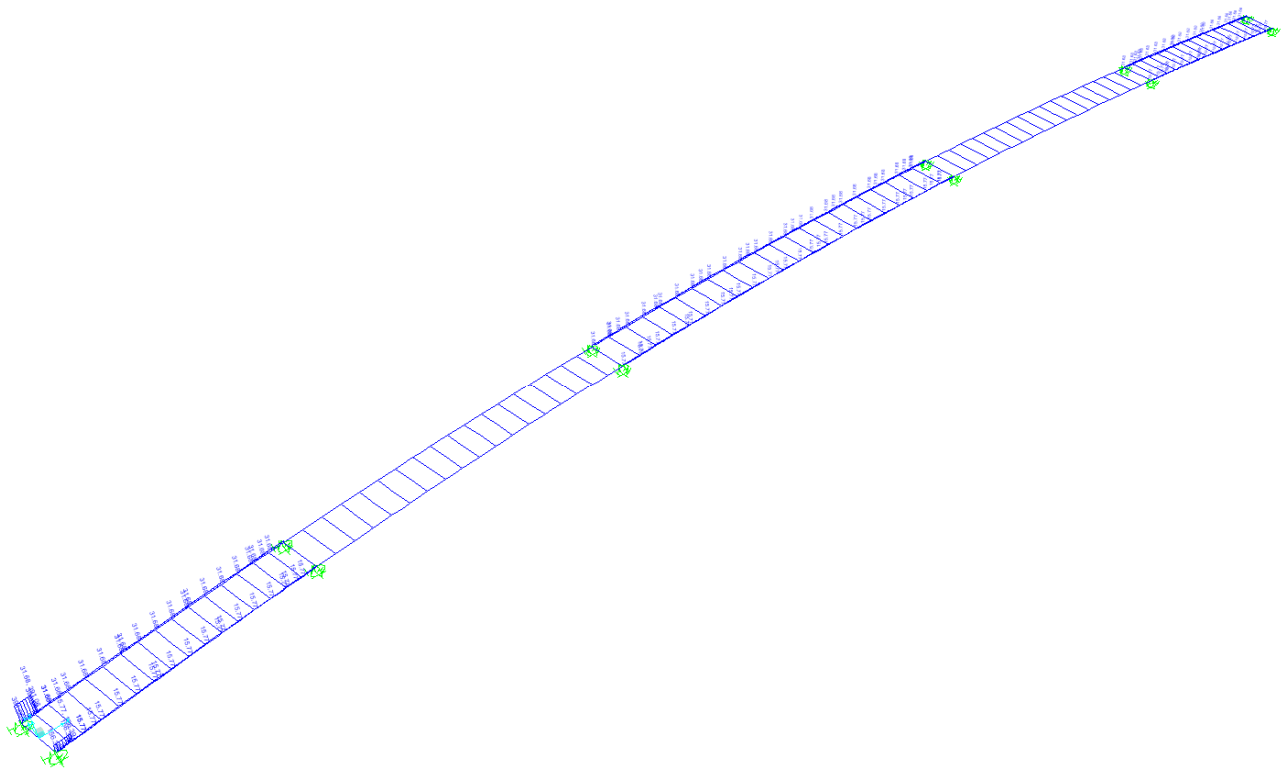


Figura 2.34 Traffico – Mext_M01 01 [kN/m]

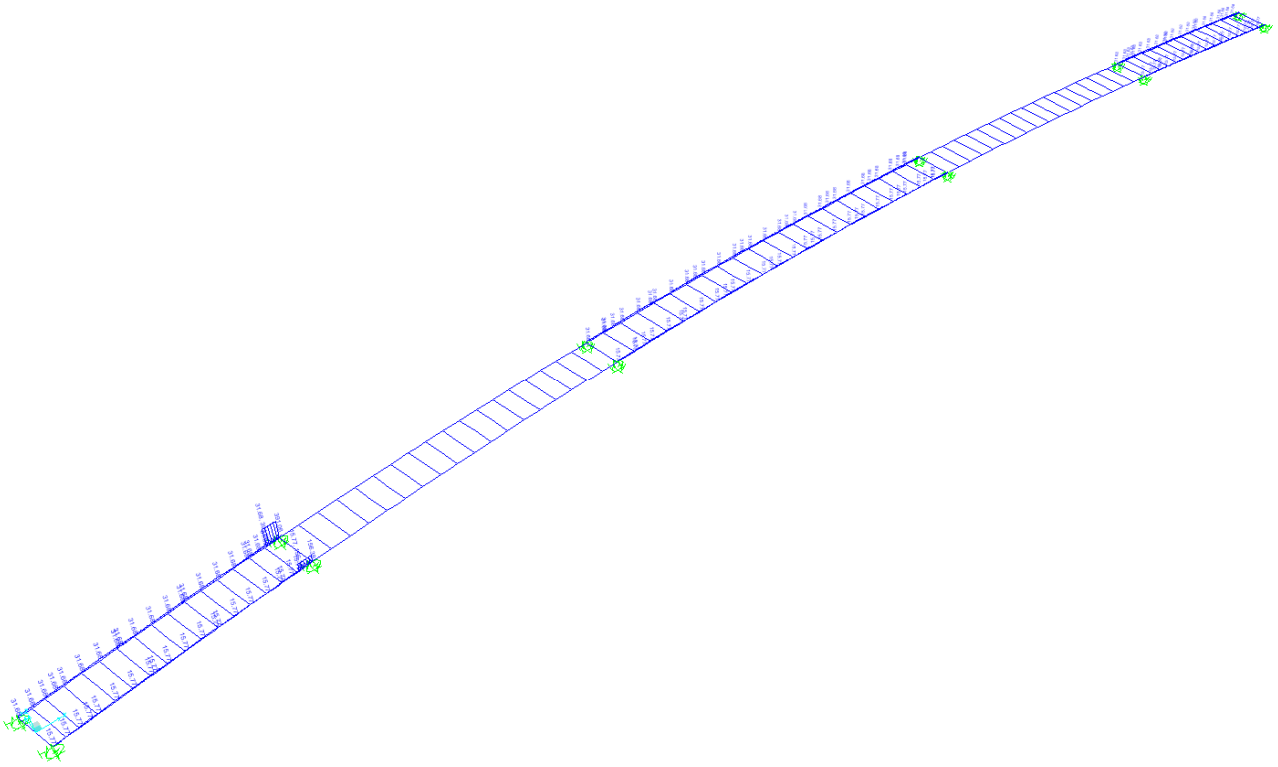


Figura 2.35 Traffico – Mext_M01-21 [kN/m]

2.6.3 Caratteristiche statiche delle sezioni

2.6.3.1 Larghezze collaboranti diaframmi

Le tre travi principali sono poste a interasse pari a 8.0 m e gli sbalzi laterali hanno luci pari a 2.00 m e 2.68 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:

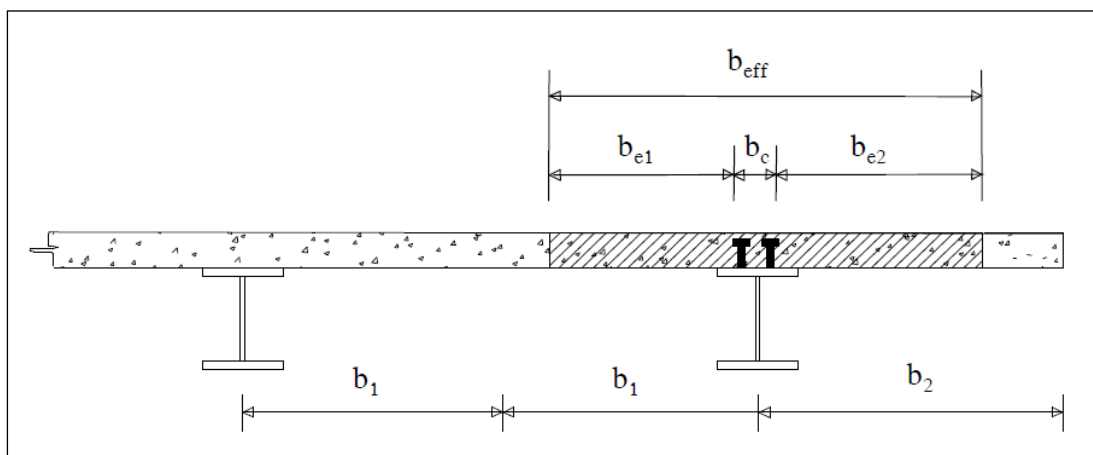


Figura 2.36. Definizione delle larghezze efficaci b_{eff}

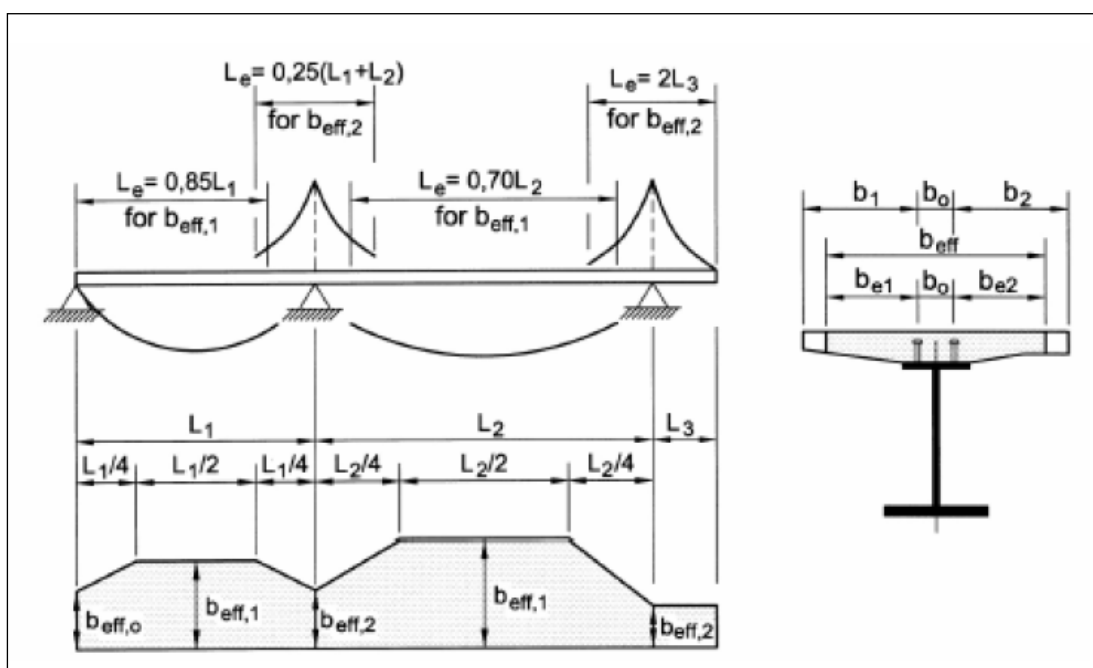


Figura 2.37. Larghezze efficaci b_{eff} e luci equivalenti L_e per travi continue

Campata di riva (P5-P6; P9-P10)

numero di travi	2			
L ₁ =	4300 cm			
L _e = 0.85 x L ₁ =	3655 cm	Le / 8 ≈	456 cm	
i =	800 cm	(interasse travi longitudinali)		trave esterna
B _{tot} =	1268 cm			
b ₀ =	0 cm			
b _{e1} = min(L _e /8; b ₁) =	400 cm			
b _{e2} = min(L _e /8; b ₂) =	234 cm			

Conci in campata

Alla luce di ciò ai conci in campata di riva (C2,C3,C4) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi 1 e 3 B_{eff} = b₀+b_{e1}+b_{e2} = 635 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:

$$\beta_1 = 0.78 < 1$$

$$\beta_2 = 0.94 < 1$$

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} = 535 cm

Campata di riva (P5-P6; P9-P10)

$L_1 =$	4300 cm		
$L_e = 0.85 \times L_1 =$	3655 cm	$L_e / 8 \approx$	456 cm
$i =$	800 cm	(interasse travi longitudinali)	trave interna
$B_{tot} =$	1268 cm		
$b_0 =$	0 cm		
$b_{e1} = \min(L_e/8; b_1) =$	400 cm		
$b_{e2} = \min(L_e/8; b_2) =$	400 cm		

Conci in campata

Alla luce di ciò ai conci in campata di riva (C2, C3, C4) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Trave 2 $B_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} =$ 800 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:

$$\beta_1 = 0.78 < 1$$

$$\beta_2 = 0.78 < 1$$

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

Trave 2 $B_{eff} = b_0 + \beta_1 \cdot b_{e1} + \beta_2 \cdot b_{e2} =$ 625 cm

Pila 6 - 9

numero di travi	2			
L ₁ =	4300 cm			
L ₂ =	6300 cm			
L _e = 0.25 x (L ₁ +L ₂) =	2650 cm	Le / 8 ≈	331 cm	
i =	800 cm	(interasse travi longitudinali)		trave esterna
B _{tot} =	1268 cm			
b ₀ =	0 cm			

$$b_{e1} = \min(L_e/8; b_1) = 331 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = \min(L_e/8; b_2) = 234 \text{ cm}$$

Alla luce di ciò ai conci di pila (C4-C9) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

$$\text{Travi (1 e 4)} \quad B_{\text{eff}} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} = 565 \text{ cm}$$

Pila 6 - 9

L ₁ =	4300 cm			
L ₂ =	6300 cm			
L _e = 0.25 x (L ₁ +L ₂) =	2650 cm	Le / 8 ≈	331 cm	trave interna
b ₀ =	0 cm			

$$b_{e1} = \min(L_e/8; b_1) = 331 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = \min(L_e/8; b_2) = 331 \text{ cm}$$

Alla luce di ciò ai conci di pila (C4-C9) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

$$\text{Travi (1 e 2)} \quad B_{\text{eff}} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} = 670 \text{ cm}$$

Pila 7 - 8

numero di travi	2		
L ₁ =	6300 cm		
L ₂ =	8800 cm		
L _e = 0.25 x (L ₁ +L ₂) =	3775 cm	Le / 8 ≈	471 cm
i =	800 cm	(interasse travi longitudinali)	trave esterna
B _{tot} =	1268 cm		
b ₀ =	0 cm		
b _{e1} = min(L _e /8; b ₁) =	400 cm		
b _{e2} = min(L _e /8; b ₂) =	234 cm		

Alla luce di ciò ai conci di pila (C4-C9) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 4) B_{eff} = b₀+b_{e1}+b_{e2} = 635 cm

Pila 7 - 8

L ₁ =	6300 cm		
L ₂ =	8800 cm		
L _e = 0.25 x (L ₁ +L ₂) =	3775 cm	Le / 8 ≈	471 cm
b ₀ =	0 cm		trave interna
b _{e1} = min(L _e /8; b ₁) =	400 cm		
b _{e2} = min(L _e /8; b ₂) =	400 cm		

Alla luce di ciò ai conci di pila (C4-C9) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 2) B_{eff} = b₀+b_{e1}+b_{e2} = 800 cm

Campata P6-P7;P8-P9

numero di travi	2		
$L_2 =$	6300 cm		
$L_e = 0.70 \times L_2 =$	4410 cm	$L_e / 8 \approx$	551 cm
$i =$	800 cm	(interasse travi longitudinali)	trave esterna
$B_{tot} =$	1268 cm		
$b_0 =$	0 cm		
$b_{e1} = \min(L_e/8; b_1) =$	400 cm		
$b_{e2} = \min(L_e/8; b_2) =$	234 cm		

Alla luce di ciò ai conci in campata centrale (C6, C7, C8, C10, C11) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 2) $B_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} = 635 \text{ cm}$

Campata P6-P7;P8-P9

$L_2 =$	6300 cm		
$L_e = 0.70 \times L_2 =$	4410 cm	$L_e / 8 \approx$	551 cm
$i =$	800 cm	(interasse travi longitudinali)	trave interna
$B_{tot} =$	1268 cm		
$b_0 =$	0 cm		
$b_{e1} = \min(L_e/8; b_1) =$	400 cm		
$b_{e2} = \min(L_e/8; b_2) =$	400 cm		

Alla luce di ciò ai conci in campata centrale (C6, C7, C8, C10, C11) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 2) $B_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} = 800 \text{ cm}$

Campata P7-P8

numero di travi	2			
$L_2 =$	8800 cm			
$L_e = 0.70 \times L_2 =$	6160 cm	$L_e / 8 \approx$	770 cm	
$i =$	800 cm	(interasse travi longitudinali)		trave esterna
$B_{tot} =$	1268 cm			
$b_0 =$	0 cm			
$b_{e1} = \min(L_e/8; b_1) =$	400 cm			
$b_{e2} = \min(L_e/8; b_2) =$	234 cm			

Alla luce di ciò ai conci in campata centrale (C6, C7, C8, C10, C11) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 2) $B_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} =$ 635 cm

Campata P7-P8

$L_2 =$	8800 cm			
$L_e = 0.70 \times L_2 =$	6160 cm	$L_e / 8 \approx$	770 cm	
$i =$	800 cm	(interasse travi longitudinali)		trave interna
$B_{tot} =$	1268 cm			
$b_0 =$	0 cm			
$b_{e1} = \min(L_e/8; b_1) =$	400 cm			
$b_{e2} = \min(L_e/8; b_2) =$	400 cm			

Alla luce di ciò ai conci in campata centrale (C6, C7, C8, C10, C11) verrà assegnata una larghezza collaborante pari a:

Travi (1 e 2) $B_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2} =$ 800 cm

2.6.3.2 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.

Tabella 2-25: Riferimento sezioni di analisi travi principali – conci di analisi.

Sezione d'analisi	Concio di analisi	Aste modello
001	C1	001 – 003 124 – 126 401 – 403 524 – 526
002	C2	004 – 008 119 – 123 404 – 408 519 – 523
003	C3	009 – 012 115 – 118 409 – 412 515 – 518
004	C4	013 – 017 110 – 114 413 – 417 510 – 514
005	C5	018 – 024 103 – 109 418 – 424 503 – 509
006	C6	025 – 028 099 – 102 425 – 428 499 – 502
007	C7	029 – 032 095 – 098 429 – 432 495 – 498

008	C8	033 – 036 091 – 094 433 – 436 491 – 494
009	C9	037 – 040 087 – 090 437 – 440 487 – 490
010	C10	041 – 044 083 – 086 441 – 444 483 – 486
011	C11	045 – 050 077 – 082 445 – 450 477 – 482
012	C12	051 – 053 074 – 076 451 – 453 474 – 476
013	C13	054 – 057 070 – 073 454 – 457 470 – 473
014	C14	058 – 061 066 – 069 458 – 461 466 – 469
015	C15	062 – 065 462 – 465

2.6.3.3 Caratteristiche statiche delle travi principali

Fessurazione soletta

La soletta è considerata fessurata sul concio di pila.

Inerzia torsionale

Il ponte ha sezione trasversale "chiusa", con comportamento alla Bredt; quindi ciascuna trave è dotata dell'inerzia torsionale calcolata come esposto di seguito:

Considerando una "travata alla Bredt" provvista

- in fase 1 di controventi di piano inferiori e controventi superiori
- in fase 2 e 3 di controventi di piano inferiori e soletta superiore

l'inerzia torsionale del cassone si ricava utilizzando la formula di Bredt:

Per la valutazione dell'inerzia torsionale si utilizza la formula:

$$J_t = 4A^2 / (\sum l_i/t_i) \quad (\text{Sezioni a cassone})$$

dove:

A = Area cellula torsio-rigida

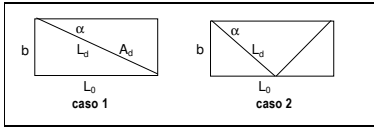
l_i = lunghezza parete i-esima della cellula

t_i = spessore parete i-esima della cellula

N.B. Nel modello di analisi agli elementi rappresentativi delle travi principali con comportamento alla Bredt viene associata un'inerzia torsionale pari a metà di quella dell'intero cassone torsiorigido.

Si riporta di seguito il calcolo della rigidità torsionale dell'impalcato nelle varie fasi di calcolo.

CALCOLO INERZIE TORSIONALI



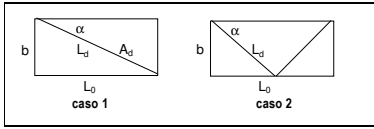
Dati generali

Modulo di Young	E =	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000
Modulo di elasticità tangenziale	G =	8077	8077	8077	8077	8077	8077	8077	8077	8077
Coefficiente omogeneizzazione FASE 2	n2 =	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6
Coefficiente omogeneizzazione FASE 3	n3 =	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24

Geometria

	CONC10 =	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Altezza travi	H _t =	200	212	276	405	500	420	320	280	320	420
Spessore anima	t _w =	2.0	2.0	1.8	2.5	2.7	2.5	2.0	1.8	2.0	2.2
Inclinazione anime rispetto alla verticale	θ =	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sviluppo efficace anima	h _{ef} =	150.00	162.00	226.00	355.00	450.00	370.00	270.00	230.00	270.00	370.00
Dist Ctv Sup	Δ _{sup} =	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Dist Ctv Inf	Δ _{inf} =	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Spessore soletta	h _{so} =	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Passo maglia di controventi	L ₀ =	550	550	550	550	550	700	700	700	700	700
Larghezza maglia di controvento superiore	b _s =	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Larghezza maglia di controvento inferiore	b _i =	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
Controventi superiori		2L 90x8	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x8	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6
Area diagonali superiori	A _{cs} =	13.9	10.6	10.6	10.6	13.9	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
Angolo tra travi principali e diagonali superiori	α _s =	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8
Lunghezza diagonali superiori	L _{cs} =	971	971	971	971	971	1063	1063	1063	1063	1063
Solo Tesi (1) o Tesi e compressi(2)?		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spessore predalle metalliche	t _{pred} =	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Controventi inferiori		2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15
Area diagonali inferiori	A _{ci} =	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2
Angolo tra travi principali e diagonali inferiori	α _i =	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8
Lunghezza diagonali inferiori	L _{ci} =	971	971	971	971	971	1063	1063	1063	1063	1063
Solo Tesi (1) o Tesi e compressi(2)?		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Altezza utile fase 1	h ₁ =	150.0	162.0	226.0	355.0	450.0	370.0	270.0	230.0	270.0	370.0
Altezza utile fase 2	h ₂ =	188.5	200.5	264.5	393.5	488.5	408.5	308.5	268.5	308.5	408.5
Altezza utile fase 3	h ₃ =	188.5	200.5	264.5	393.5	488.5	408.5	308.5	268.5	308.5	408.5
Area cellula torsio-rigida FASE 1	A ₁ =	120000	129600	180800	284000	360000	296000	216000	184000	216000	296000
Area cellula torsio-rigida FASE 2	A ₂ =	150800	160400	211600	314800	390800	326800	246800	214800	246800	326800
Area cellula torsio-rigida FASE 3	A ₃ =	150800	160400	211600	314800	390800	326800	246800	214800	246800	326800
Spessore equivalente ctv superiori FASE 1	t _{e,1} =	0.01738	0.01325	0.01325	0.01325	0.01738	0.01285	0.01285	0.01285	0.01285	0.01285
Spessore equivalente soletta FASE 2	t _{e,2} =	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651
Spessore equivalente soletta FASE 3	t _{e,3} =	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692
Spessore equivalente controventi inferiori	t _i =	0.261	0.261	0.261	0.261	0.261	0.253	0.253	0.253	0.253	0.253
Inerzia torsionale FASE 1	J _{t,1} =	1169459	1056418	2053121	5063259	10486097	5332076	2840484	2061655	2840484	5328804
Inerzia torsionale FASE 2	J _{t,2} =	24252125	27350709	46445512	102242889	155680366	107182610	61411426	46638199	61411426	105997452
Inerzia torsionale FASE 3	J _{t,3} =	26413874	29780189	50462567	111034041	168892108	116126302	66561430	50560203	66561430	114736387

CALCOLO INERZIE TORSIONALI



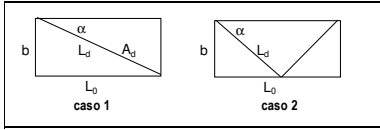
Dati generali

Modulo di Young	E =	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000
Modulo di elasticità tangenziale	G =	8077	8077	8077	8077	8077	8077	8077	8077	8077
Coefficiente omogeneizzazione FASE 2	n ₂ =	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6
Coefficiente omogeneizzazione FASE 3	n ₃ =	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24

Geometria

	CONC10 =	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
Altezza travi	H _t =	500	450	365	300	280	300	365	450	500	420
Spessore anima	t _w =	2.5	2.2	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0	2.2	2.5	2.2
Inclinazione anime rispetto alla verticale	θ =	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sviluppo efficace anima	h _{ef} =	450.00	400.00	315.00	250.00	230.00	250.00	315.00	400.00	450.00	370.00
Dist Ctv Sup	Δ _{sup} =	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Dist Ctv Inf	Δ _{inf} =	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Spessore soletta	h _{so} =	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Passo maglia di controventi	L ₀ =	700	800	800	800	800	800	800	800	700	700
Larghezza maglia di controvento superiore	b _s =	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Larghezza maglia di controvento inferiore	b _i =	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
Controventi superiori		2L 90x8	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x8	2L 90x6
Area diagonali superiori	A _{cs} =	13.9	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	13.9	10.6
Angolo tra travi principali e diagonali superiori	α _{cs} =	48.8	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	48.8	48.8
Lunghezza diagonali superiori	L _{cs} =	1063	1131	1131	1131	1131	1131	1131	1131	1063	1063
Solo Tesi (1) o Tesi e compressi(2)?		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spessore predalle metalliche	t _{pred} =	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Controventi inferiori		2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15
Area diagonali inferiori	A _{ci} =	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2
Angolo tra travi principali e diagonali inferiori	α _{ci} =	48.8	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	48.8	48.8
Lunghezza diagonali inferiori	L _{ci} =	1063	1131	1131	1131	1131	1131	1131	1131	1063	1063
Solo Tesi (1) o Tesi e compressi(2)?		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Altezza utile fase 1	h ₁ =	450.0	400.0	315.0	250.0	230.0	250.0	315.0	400.0	450.0	370.0
Altezza utile fase 2	h ₂ =	488.5	438.5	353.5	288.5	268.5	288.5	353.5	438.5	488.5	408.5
Altezza utile fase 3	h ₃ =	488.5	438.5	353.5	288.5	268.5	288.5	353.5	438.5	488.5	408.5
Area cellula torsio-rigida FASE 1	A ₁ =	360000	320000	252000	200000	184000	200000	252000	320000	360000	296000
Area cellula torsio-rigida FASE 2	A ₂ =	390800	350800	282800	230800	214800	230800	282800	350800	390800	326800
Area cellula torsio-rigida FASE 3	A ₃ =	390800	350800	282800	230800	214800	230800	282800	350800	390800	326800
Spessore equivalente ctv superiori FASE 1	t _{cs1} =	0.01685	0.01218	0.01218	0.01218	0.01218	0.01218	0.01218	0.01218	0.01685	0.01285
Spessore equivalente soletta FASE 2	t _{cs2} =	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651
Spessore equivalente soletta FASE 3	t _{cs3} =	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692
Spessore equivalente controventi inferiori	t _i =	0.253	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.253	0.253
Inerzia torsionale FASE 1	J _{t1} =	10162858	5903177	3663460	2309711	1954783	2309711	3663460	5903177	10162858	5328804
Inerzia torsionale FASE 2	J _{t2} =	150851983	116333246	76418954	51702341	44675779	51702341	76418954	116333246	150851983	105997452
Inerzia torsionale FASE 3	J _{t3} =	163224351	125432838	82465999	55863276	48261981	55863276	82465999	125432838	163224351	114736387

CALCOLO INERZIE TORSIONALI



Dati generali

Modulo di Young	E =	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	[kN/cm ²]
Modulo di elasticità tangenziale	G =	8077	8077	8077	8077	8077	8077	8077	8077	8077	[kN/cm ²]
Coefficiente omogeneizzazione FASE 2	n ₂ =	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.75	16.75	16.75	
Coefficiente omogeneizzazione FASE 3	n ₃ =	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	

Geometria	CONCIO =	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	
Altezza travi	H _{Tr} =	320	280	320	420	500	405	276	212	200	[cm]
Spessore anima	t _w =	2.0	1.8	2.0	2.5	2.7	2.5	1.8	2.0	2.0	[cm]
Inclinazione anime rispetto alla verticale	θ =	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	[°]
Sviluppo efficace anima	h _{we} =	270.00	230.00	270.00	370.00	450.00	355.00	226.00	162.00	150.00	[cm]
Dist Ctv Sup	Δ _{sup} =	25	25	25	25	25	25	25	25	25	[cm]
Dist Ctv Inf	Δ _{inf} =	25	25	25	25	25	25	25	25	25	[cm]
Spessore soletta	h _{soletta} =	27	27	27	27	27	27	27	27	27	[cm]
Passo maglia di controvento	L ₀ =	700	700	700	700	550	550	550	550	550	[cm]
Larghezza maglia di controvento superiore	b _s =	800	800	800	800	800	800	800	800	800	[cm]
Larghezza maglia di controvento inferiore	b _i =	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	[cm]
Controventi superiori		2L 90x6	2L 90x6	2L 90x8	2L 90x6	2L 90x8	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x6	2L 90x8	
Area diagonali superiori	A _{d,s} =	10.6	10.6	13.9	10.6	13.9	10.6	10.6	10.6	13.9	[cm ²]
Angolo tra travi principali e diagonali superiori	α _s =	48.8	48.8	48.8	48.8	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	[°]
Lunghezza diagonali superiori	L _{d,s} =	1063	1063	1063	1063	971	971	971	971	971	[cm]
Solo Tesi (1) o Tesi e compressi(2)?		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Spessore predalle metalliche	t _{pred} =	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[cm]
Controventi inferiori		2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	2L180x15	
Area diagonali inferiori	A _{d,i} =	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	[cm ²]
Angolo tra travi principali e diagonali inferiori	α _i =	48.8	48.8	48.8	48.8	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	[°]
Lunghezza diagonali inferiori	L _{d,i} =	1063	1063	1063	1063	971	971	971	971	971	[cm]
Solo Tesi (1) o Tesi e compressi(2)?		2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Altezza utile fase 1	h ₁ =	270.0	230.0	270.0	370.0	450.0	355.0	226.0	162.0	150.0	[cm]
Altezza utile fase 2	h ₂ =	308.5	268.5	308.5	408.5	488.5	393.5	264.5	200.5	188.5	[cm]
Altezza utile fase 3	h ₃ =	308.5	268.5	308.5	408.5	488.5	393.5	264.5	200.5	188.5	[cm]
Area cellula torsio-rigida FASE 1	A ₁ =	216000	184000	216000	296000	360000	284000	180800	129600	120000	[cm ²]
Area cellula torsio-rigida FASE 2	A ₂ =	246800	214800	246800	326800	390800	314800	211600	160400	150800	[cm ²]
Area cellula torsio-rigida FASE 3	A ₃ =	246800	214800	246800	326800	390800	314800	211600	160400	150800	[cm ²]
Spessore equivalente ctrv superiori FASE 1	t _{s,1} =	0.01285	0.01285	0.01685	0.01285	0.01738	0.01325	0.01325	0.01325	0.01738	[cm]
Spessore equivalente soletta FASE 2	t _{s,2} =	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.62651	1.61194	1.61194	1.61194	[cm]
Spessore equivalente soletta FASE 3	t _{s,3} =	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	4.32692	[cm]
Spessore equivalente controventi inferiori	t _i =	0.253	0.253	0.253	0.253	0.261	0.261	0.261	0.261	0.261	[cm]
Inerzia torsionale FASE 1	J _{t,1} =	2840484	2061655	3665095	5332076	10486097	5063259	2053121	1056418	1169459	[cm ⁴]
Inerzia torsionale FASE 2	J _{t,2} =	61411426	46638199	61411426	107182610	155680366	102242889	46392041	27318441	24223421	[cm ⁴]
Inerzia torsionale FASE 3	J _{t,3} =	66561430	50560203	66561430	116126302	168892108	111034041	50462567	29780189	26413874	[cm ⁴]

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.

NOTA BENE: le inerzie torsionale sono state inputate manualmente.

Sezione T2N001I T2N001I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2000 mm
Piattabanda superiore	600x30 mm
Piattabanda inferiore	1000x50 mm
Anima	20x1920 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5350x240 mm
Raccordo	600x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	1963 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x24 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.064E+5	2.006E+5	2.006E+5	2.006E+5	3.238E+5	1.232E+5
Z _G (mm)	712.068	1385.049	1385.049	1385.049	1676.248	904.815
J _y (mm ⁴)	6.799E+10	1.712E+11	1.712E+11	1.712E+11	2.164E+11	9.711E+10
W _{y,0} (mm ³)	-9.548E+7	-1.236E+8	-1.236E+8	-1.236E+8	-1.291E+8	-1.073E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.027E+8	-1.282E+8	-1.282E+8	-1.282E+8	-1.331E+8	-1.136E+8
W _{y,3} (mm ³)	5.405E+7	2.926E+8	2.926E+8	2.926E+8	7.368E+8	9.117E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.279E+7	2.783E+8	2.783E+8	2.783E+8	6.685E+8	8.867E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2.654E+8	2.654E+8	2.654E+8	6.118E+8	8.631E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	2.654E+8	2.654E+8	2.654E+8	6.118E+8	8.631E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	2.05E+8	2.05E+8	2.05E+8	3.98E+8	7.384E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.934E+8	1.934E+8	1.934E+8	3.645E+8	7.114E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.435E+7	6.8E+7	6.8E+7	6.8E+7	8.256E+7	4.399E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.874E+7	8.583E+7	8.583E+7	8.583E+7	1.09E+8	5.13E+7
S _{y,3} (mm ³)	2.291E+7	8.24E+7	8.24E+7	8.24E+7	1.081E+8	3.995E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	7.161E+7	7.161E+7	7.161E+7	1.026E+8	2.051E+7
nE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N004I T2N004I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2000 mm
Piattabanda superiore	600x30 mm
Piattabanda inferiore	1000x60 mm
Anima	20x1910 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5350x240 mm
Raccordo	600x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	2781 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.162E+5	2.104E+5	2.104E+5	2.104E+5	3.336E+5	1.33E+5
Z _G (mm)	656.652	1323.085	1323.085	1323.085	1628.626	842.2
J _y (mm ⁴)	7.186E+10	1.877E+11	1.877E+11	1.877E+11	2.414E+11	1.037E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.094E+8	-1.419E+8	-1.419E+8	-1.419E+8	-1.482E+8	-1.231E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.204E+8	-1.486E+8	-1.486E+8	-1.486E+8	-1.539E+8	-1.325E+8
W _{y,3} (mm ³)	5.472E+7	2.901E+8	2.901E+8	2.901E+8	7.072E+8	9.192E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.349E+7	2.773E+8	2.773E+8	2.773E+8	6.501E+8	8.954E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2.655E+8	2.655E+8	2.655E+8	6.015E+8	8.728E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	2.655E+8	2.655E+8	2.655E+8	6.015E+8	8.728E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	2.093E+8	2.093E+8	2.093E+8	4.083E+8	7.524E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.982E+8	1.982E+8	1.982E+8	3.764E+8	7.261E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.76E+7	7.759E+7	7.759E+7	7.759E+7	9.592E+7	4.873E+7
S _{y,2} (mm ³)	4.116E+7	9.354E+7	9.354E+7	9.354E+7	1.205E+8	5.485E+7
S _{y,3} (mm ³)	2.391E+7	8.935E+7	8.935E+7	8.935E+7	1.194E+8	4.213E+7
S _{y,4} (mm ³)	1.118E-8	7.744E+7	7.744E+7	7.744E+7	1.129E+8	2.156E+7
IE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N009I T2N009I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2300 mm
Piattabanda superiore	600x40 mm
Piattabanda inferiore	1000x60 mm
Anima	18x2200 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	600x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 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	2790 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x24 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.236E+5	2.282E+5	2.282E+5	2.282E+5	3.745E+5	1.364E+5
Z _G (mm)	828.932	1570.484	1570.484	1570.484	1914.12	978.364
J _y (mm ⁴)	1.092E+11	2.58E+11	2.58E+11	2.58E+11	3.277E+11	1.388E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.317E+8	-1.643E+8	-1.643E+8	-1.643E+8	-1.712E+8	-1.418E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.42E+8	-1.708E+8	-1.708E+8	-1.708E+8	-1.767E+8	-1.511E+8
W _{y,3} (mm ³)	7.628E+7	3.742E+8	3.742E+8	3.742E+8	9.474E+8	1.083E+8
W _{y,4} (mm ³)	7.421E+7	3.537E+8	3.537E+8	3.537E+8	8.492E+8	1.05E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	3.397E+8	3.397E+8	3.397E+8	7.88E+8	1.027E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.397E+8	3.397E+8	3.397E+8	7.88E+8	1.027E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	2.717E+8	2.717E+8	2.717E+8	5.409E+8	9.001E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.582E+8	2.582E+8	2.582E+8	4.996E+8	8.718E+7
S _{y,1} (mm ³)	4.794E+7	9.243E+7	9.243E+7	9.243E+7	1.13E+8	5.69E+7
S _{y,2} (mm ³)	5.326E+7	1.13E+8	1.13E+8	1.13E+8	1.44E+8	6.449E+7
S _{y,3} (mm ³)	3.483E+7	1.087E+8	1.087E+8	1.087E+8	1.429E+8	4.971E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	9.166E+7	9.166E+7	9.166E+7	1.341E+8	1.847E+7
nE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N013I T2N013I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	3220 mm
Piattabanda superiore	1100x60 mm
Piattabanda inferiore	1200x60 mm
Anima	22x3100 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5650x240 mm
Raccordo	1100x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	2792 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x27 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2900 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.062E+5	3.234E+5	3.234E+5	3.234E+5	4.536E+5	2.417E+5
Z _G (mm)	1564.025	2215.718	2215.718	2215.718	2547.028	1825.608
J _y (mm ⁴)	3.987E+11	6.411E+11	6.411E+11	6.411E+11	7.654E+11	4.951E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.549E+8	-2.894E+8	-2.894E+8	-2.894E+8	-3.005E+8	-2.712E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.651E+8	-2.974E+8	-2.974E+8	-2.974E+8	-3.078E+8	-2.804E+8
W _{y,3} (mm ³)	2.498E+8	6.79E+8	6.79E+8	6.79E+8	1.249E+9	3.71E+8
W _{y,4} (mm ³)	2.408E+8	6.384E+8	6.384E+8	6.384E+8	1.137E+9	3.551E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	6.199E+8	6.199E+8	6.199E+8	1.089E+9	3.476E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	6.199E+8	6.199E+8	6.199E+8	1.089E+9	3.476E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	5.237E+8	5.237E+8	5.237E+8	8.572E+8	3.067E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	5.031E+8	5.031E+8	5.031E+8	8.117E+8	2.975E+8
S _{y,1} (mm ³)	1.104E+8	1.574E+8	1.574E+8	1.574E+8	1.812E+8	1.293E+8
S _{y,2} (mm ³)	1.353E+8	2.085E+8	2.085E+8	2.085E+8	2.493E+8	1.636E+8

S _{y,3} (mm ³)	1.073E+8	1.987E+8	1.987E+8	1.987E+8	2.451E+8	1.44E+8
S _{y,4} (mm ³)	-2.98E-8	1.344E+8	1.344E+8	1.344E+8	2.027E+8	5.394E+7
nE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N022I T2N022I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	5250 mm
Piattabanda superiore	1200x60 mm
Piattabanda inferiore	1140x100 mm
Anima	25x5090 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5650x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x30 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	2900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	4050 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	3.132E+5	4.461E+5	4.461E+5	4.461E+5	5.762E+5	3.644E+5
z _G (mm)	2292.47	3214.826	3214.826	3214.826	3708.512	2724.94
J _y (mm ⁴)	1.481E+12	2.377E+12	2.377E+12	2.377E+12	2.859E+12	1.899E+12
W _{y,0} (mm ³)	-6.46E+8	-7.394E+8	-7.394E+8	-7.394E+8	-7.709E+8	-6.969E+8
W _{y,1} (mm ³)	-6.755E+8	-7.631E+8	-7.631E+8	-7.631E+8	-7.922E+8	-7.235E+8
W _{y,3} (mm ³)	5.111E+8	1.203E+9	1.203E+9	1.203E+9	1.93E+9	7.704E+8
W _{y,4} (mm ³)	5.008E+8	1.168E+9	1.168E+9	1.168E+9	1.855E+9	7.521E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.151E+9	1.151E+9	1.151E+9	1.819E+9	7.433E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.151E+9	1.151E+9	1.151E+9	1.819E+9	7.433E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.054E+9	1.054E+9	1.054E+9	1.623E+9	6.918E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.031E+9	1.031E+9	1.031E+9	1.578E+9	6.794E+8
S _{y,1} (mm ³)	2.556E+8	3.608E+8	3.608E+8	3.608E+8	4.171E+8	3.049E+8
S _{y,2} (mm ³)	3.157E+8	4.821E+8	4.821E+8	4.821E+8	5.798E+8	3.911E+8
S _{y,3} (mm ³)	2.108E+8	4.333E+8	4.333E+8	4.333E+8	5.524E+8	3.151E+8
S _{y,4} (mm ³)	-5.96E-8	2.889E+8	2.889E+8	2.889E+8	4.436E+8	1.355E+8
nE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N026I T2N026I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4757 mm
Piattabanda superiore	1100x60 mm
Piattabanda inferiore	1200x60 mm
Anima	22x4637 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5650x240 mm

Raccordo	1100x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x27 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2900 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.4E+5	3.572E+5	3.572E+5	3.572E+5	4.874E+5	2.755E+5
z _G (mm)	2319.791	3166.091	3166.091	3166.091	3631.112	2649.932
J _y (mm ⁴)	9.431E+11	1.468E+12	1.468E+12	1.468E+12	1.758E+12	1.146E+12
W _{y,0} (mm ³)	-4.066E+8	-4.636E+8	-4.636E+8	-4.636E+8	-4.841E+8	-4.326E+8
W _{y,1} (mm ³)	-4.174E+8	-4.726E+8	-4.726E+8	-4.726E+8	-4.922E+8	-4.427E+8
W _{y,3} (mm ³)	3.967E+8	9.588E+8	9.588E+8	9.588E+8	1.649E+9	5.601E+8
W _{y,4} (mm ³)	3.87E+8	9.226E+8	9.226E+8	9.226E+8	1.561E+9	5.441E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	9.056E+8	9.056E+8	9.056E+8	1.521E+9	5.365E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	9.056E+8	9.056E+8	9.056E+8	1.521E+9	5.365E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	8.106E+8	8.106E+8	8.106E+8	1.306E+9	4.927E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	7.888E+8	7.888E+8	7.888E+8	1.259E+9	4.823E+8
S _{y,1} (mm ³)	1.649E+8	2.258E+8	2.258E+8	2.258E+8	2.593E+8	1.886E+8
S _{y,2} (mm ³)	2.21E+8	3.319E+8	3.319E+8	3.319E+8	3.996E+8	2.624E+8
S _{y,3} (mm ³)	1.589E+8	3.061E+8	3.061E+8	3.061E+8	3.871E+8	2.163E+8
S _{y,4} (mm ³)	-2.98E-8	2.031E+8	2.031E+8	2.031E+8	3.147E+8	7.924E+7
nE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N029I T2N029I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	3540 mm
Piattabanda superiore	600x30 mm
Piattabanda inferiore	1000x50 mm
Anima	22x3460 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	600x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 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	3540 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x24 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2900 mm

Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.441E+5	2.487E+5	2.487E+5	2.487E+5	3.95E+5	1.569E+5
z _G (mm)	1389.076	2355.318	2355.318	2355.318	2849.701	1574.29
J _y (mm ⁴)	2.627E+11	5.833E+11	5.833E+11	5.833E+11	7.481E+11	3.236E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.891E+8	-2.476E+8	-2.476E+8	-2.476E+8	-2.625E+8	-2.056E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.962E+8	-2.53E+8	-2.53E+8	-2.53E+8	-2.672E+8	-2.123E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.239E+8	5.052E+8	5.052E+8	5.052E+8	1.133E+9	1.672E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.222E+8	4.924E+8	4.924E+8	4.924E+8	1.084E+9	1.646E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.802E+8	4.802E+8	4.802E+8	1.039E+9	1.622E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.802E+8	4.802E+8	4.802E+8	1.039E+9	1.622E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	4.152E+8	4.152E+8	4.152E+8	8.218E+8	1.481E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	4.01E+8	4.01E+8	4.01E+8	7.79E+8	1.447E+8
S _{y,1} (mm ³)	6.82E+7	1.165E+8	1.165E+8	1.165E+8	1.412E+8	7.746E+7
S _{y,2} (mm ³)	8.793E+7	1.75E+8	1.75E+8	1.75E+8	2.275E+8	1.03E+8
S _{y,3} (mm ³)	3.845E+7	1.603E+8	1.603E+8	1.603E+8	2.227E+8	6.181E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	1.393E+8	1.393E+8	1.393E+8	2.105E+8	2.669E+7
n _E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N033I T2N033I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2850 mm
Piattabanda superiore	800x40 mm
Piattabanda inferiore	1130x90 mm
Anima	22x2720 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 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	3542 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.935E+5	2.981E+5	2.981E+5	2.981E+5	4.444E+5	2.063E+5
z _G (mm)	939.881	1661.472	1661.472	1661.472	2102.148	1065.825
J _y (mm ⁴)	2.483E+11	5.361E+11	5.361E+11	5.361E+11	7.127E+11	2.98E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.642E+8	-3.227E+8	-3.227E+8	-3.227E+8	-3.39E+8	-2.796E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.922E+8	-3.412E+8	-3.412E+8	-3.412E+8	-3.542E+8	-3.054E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.328E+8	4.668E+8	4.668E+8	4.668E+8	1.007E+9	1.709E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.3E+8	4.511E+8	4.511E+8	4.511E+8	9.53E+8	1.67E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.4E+8	4.4E+8	4.4E+8	9.162E+8	1.643E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.4E+8	4.4E+8	4.4E+8	9.162E+8	1.643E+8

$W_{y,7}$ (mm ³)	1E+300	3.806E+8	3.806E+8	3.806E+8	7.364E+8	1.487E+8
$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	3.676E+8	3.676E+8	3.676E+8	7.002E+8	1.451E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	9.101E+7	1.644E+8	1.644E+8	1.644E+8	2.092E+8	1.038E+8
$S_{y,2}$ (mm ³)	9.895E+7	1.916E+8	1.916E+8	1.916E+8	2.537E+8	1.143E+8
$S_{y,3}$ (mm ³)	6.048E+7	1.77E+8	1.77E+8	1.77E+8	2.482E+8	8.083E+7
$S_{y,4}$ (mm ³)	-7.451E-9	1.397E+8	1.397E+8	1.397E+8	2.249E+8	2.438E+7
η_E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N037I T2N037I
Caratteristiche generali
Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2850 mm
Piattabanda superiore	800x40 mm
Piattabanda inferiore	1000x50 mm
Anima	25x2760 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3542 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x24 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.51E+5	2.628E+5	2.628E+5	2.628E+5	4.091E+5	1.709E+5
Z_G (mm)	1261.457	1999.001	1999.001	1999.001	2357.039	1461.421
J_y (mm ⁴)	2.009E+11	3.947E+11	3.947E+11	3.947E+11	4.896E+11	2.529E+11
$W_{y,0}$ (mm ³)	-1.593E+8	-1.974E+8	-1.974E+8	-1.974E+8	-2.077E+8	-1.73E+8
$W_{y,1}$ (mm ³)	-1.659E+8	-2.025E+8	-2.025E+8	-2.025E+8	-2.122E+8	-1.792E+8
$W_{y,3}$ (mm ³)	1.298E+8	4.867E+8	4.867E+8	4.867E+8	1.081E+9	1.875E+8
$W_{y,4}$ (mm ³)	1.265E+8	4.638E+8	4.638E+8	4.638E+8	9.931E+8	1.821E+8
$W_{y,5}$ (mm ³)	1E+300	4.48E+8	4.48E+8	4.48E+8	9.362E+8	1.783E+8
$W_{y,6}$ (mm ³)	1E+300	4.48E+8	4.48E+8	4.48E+8	9.362E+8	1.783E+8
$W_{y,7}$ (mm ³)	1E+300	3.685E+8	3.685E+8	3.685E+8	6.867E+8	1.572E+8
$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	3.521E+8	3.521E+8	3.521E+8	6.417E+8	1.525E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	6.182E+7	9.87E+7	9.87E+7	9.87E+7	1.166E+8	7.182E+7
$S_{y,2}$ (mm ³)	8.017E+7	1.462E+8	1.462E+8	1.462E+8	1.831E+8	9.672E+7
$S_{y,3}$ (mm ³)	5.019E+7	1.38E+8	1.38E+8	1.38E+8	1.806E+8	7.399E+7
$S_{y,4}$ (mm ³)	0E+00	1.114E+8	1.114E+8	1.114E+8	1.654E+8	3.019E+7
η_E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N041I T2N041I
Caratteristiche generali
Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	3540 mm
----------------------------------	---------

Piattabanda superiore	1100x60 mm
Piattabanda inferiore	1200x60 mm
Anima	25x3420 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	1100x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3540 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x27 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2900 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.235E+5	3.552E+5	3.552E+5	3.552E+5	5.015E+5	2.634E+5
z _G (mm)	1723.289	2449.711	2449.711	2449.711	2811.561	2017.409
J _y (mm ⁴)	5.007E+11	8.196E+11	8.196E+11	8.196E+11	9.797E+11	6.287E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.905E+8	-3.346E+8	-3.346E+8	-3.346E+8	-3.485E+8	-3.116E+8
W _{y,1} (mm ³)	-3.01E+8	-3.43E+8	-3.43E+8	-3.43E+8	-3.561E+8	-3.212E+8
W _{y,3} (mm ³)	2.85E+8	7.955E+8	7.955E+8	7.955E+8	1.466E+9	4.299E+8
W _{y,4} (mm ³)	2.756E+8	7.517E+8	7.517E+8	7.517E+8	1.345E+9	4.129E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	7.316E+8	7.316E+8	7.316E+8	1.292E+9	4.049E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	7.316E+8	7.316E+8	7.316E+8	1.292E+9	4.049E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	6.255E+8	6.255E+8	6.255E+8	1.033E+9	3.608E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	6.025E+8	6.025E+8	6.025E+8	9.812E+8	3.507E+8
S _{y,1} (mm ³)	1.219E+8	1.742E+8	1.742E+8	1.742E+8	2.003E+8	1.431E+8
S _{y,2} (mm ³)	1.565E+8	2.456E+8	2.456E+8	2.456E+8	2.949E+8	1.91E+8
S _{y,3} (mm ³)	1.179E+8	2.323E+8	2.323E+8	2.323E+8	2.893E+8	1.642E+8
S _{y,4} (mm ³)	4.47E-8	1.624E+8	1.624E+8	1.624E+8	2.432E+8	6.574E+7
n _E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N048I T2N048I
Caratteristiche generali
Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	5250 mm
Piattabanda superiore	1200x60 mm
Piattabanda inferiore	1140x100 mm
Anima	27x5090 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3800 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x30 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	2900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	4050 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	3.234E+5	4.727E+5	4.727E+5	4.727E+5	6.19E+5	3.809E+5
Z _G (mm)	2303.566	3278.283	3278.283	3278.283	3779.802	2766.869
J _y (mm ⁴)	1.504E+12	2.478E+12	2.478E+12	2.478E+12	2.982E+12	1.965E+12
W _{y,0} (mm ³)	-6.53E+8	-7.56E+8	-7.56E+8	-7.56E+8	-7.889E+8	-7.102E+8
W _{y,1} (mm ³)	-6.826E+8	-7.798E+8	-7.798E+8	-7.798E+8	-8.104E+8	-7.368E+8
W _{y,3} (mm ³)	5.211E+8	1.296E+9	1.296E+9	1.296E+9	2.115E+9	8.109E+8
W _{y,4} (mm ³)	5.105E+8	1.257E+9	1.257E+9	1.257E+9	2.028E+9	7.913E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.238E+9	1.238E+9	1.238E+9	1.988E+9	7.819E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.238E+9	1.238E+9	1.238E+9	1.988E+9	7.819E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.131E+9	1.131E+9	1.131E+9	1.764E+9	7.269E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.106E+9	1.106E+9	1.106E+9	1.714E+9	7.137E+8
S _{y,1} (mm ³)	2.569E+8	3.68E+8	3.68E+8	3.68E+8	4.252E+8	3.097E+8
S _{y,2} (mm ³)	3.225E+8	5.044E+8	5.044E+8	5.044E+8	6.08E+8	4.057E+8
S _{y,3} (mm ³)	2.1E+8	4.551E+8	4.551E+8	4.551E+8	5.812E+8	3.265E+8
S _{y,4} (mm ³)	5.96E-8	3.153E+8	3.153E+8	3.153E+8	4.775E+8	1.498E+8
nE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N052I T2N052I
Caratteristiche generali
Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4790 mm
Piattabanda superiore	1100x60 mm
Piattabanda inferiore	1200x60 mm
Anima	25x4670 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	1100x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	4000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x27 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	2900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	4050 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	2.548E+5	3.865E+5	3.865E+5	3.865E+5	5.328E+5	2.946E+5
Z _G (mm)	2339.298	3223.046	3223.046	3223.046	3694.58	2688.073
J _y (mm ⁴)	9.833E+11	1.568E+12	1.568E+12	1.568E+12	1.881E+12	1.213E+12
W _{y,0} (mm ³)	-4.203E+8	-4.865E+8	-4.865E+8	-4.865E+8	-5.093E+8	-4.511E+8
W _{y,1} (mm ³)	-4.314E+8	-4.957E+8	-4.957E+8	-4.957E+8	-5.177E+8	-4.614E+8

W _{y,3} (mm ³)	4.113E+8	1.04E+9	1.04E+9	1.04E+9	1.817E+9	5.938E+8
W _{y,4} (mm ³)	4.012E+8	1.001E+9	1.001E+9	1.001E+9	1.718E+9	5.769E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	9.818E+8	9.818E+8	9.818E+8	1.672E+9	5.687E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	9.818E+8	9.818E+8	9.818E+8	1.672E+9	5.687E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	8.774E+8	8.774E+8	8.774E+8	1.43E+9	5.222E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	8.535E+8	8.535E+8	8.535E+8	1.378E+9	5.112E+8
S _{y,1} (mm ³)	1.663E+8	2.299E+8	2.299E+8	2.299E+8	2.638E+8	1.914E+8
S _{y,2} (mm ³)	2.312E+8	3.55E+8	3.55E+8	3.55E+8	4.29E+8	2.777E+8
S _{y,3} (mm ³)	1.598E+8	3.266E+8	3.266E+8	3.266E+8	4.156E+8	2.256E+8
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	2.251E+8	2.251E+8	2.251E+8	3.453E+8	8.885E+7
nE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N054I T2N054I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	4060 mm
Piattabanda superiore	600x30 mm
Piattabanda inferiore	1000x50 mm
Anima	20x3980 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	600x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 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	4040 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x24 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	800 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	2900 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.476E+5	2.522E+5	2.522E+5	2.522E+5	3.985E+5	1.604E+5
Z _G (mm)	1601.924	2682.205	2682.205	2682.205	3243.178	1807.572
J _y (mm ⁴)	3.521E+11	7.681E+11	7.681E+11	7.681E+11	9.849E+11	4.307E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.198E+8	-2.864E+8	-2.864E+8	-2.864E+8	-3.037E+8	-2.382E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.269E+8	-2.918E+8	-2.918E+8	-2.918E+8	-3.084E+8	-2.45E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.45E+8	5.699E+8	5.699E+8	5.699E+8	1.252E+9	1.938E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.433E+8	5.575E+8	5.575E+8	5.575E+8	1.206E+9	1.912E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	5.456E+8	5.456E+8	5.456E+8	1.163E+9	1.887E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	5.456E+8	5.456E+8	5.456E+8	1.163E+9	1.887E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	4.807E+8	4.807E+8	4.807E+8	9.499E+8	1.742E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	4.661E+8	4.661E+8	4.661E+8	9.062E+8	1.707E+8
S _{y,1} (mm ³)	7.885E+7	1.329E+8	1.329E+8	1.329E+8	1.609E+8	8.913E+7
S _{y,2} (mm ³)	1.029E+8	2.021E+8	2.021E+8	2.021E+8	2.629E+8	1.2E+8
S _{y,3} (mm ³)	4.398E+7	1.84E+8	1.84E+8	1.84E+8	2.567E+8	7.063E+7
S _{y,4} (mm ³)	-1.49E-8	1.594E+8	1.594E+8	1.594E+8	2.422E+8	3.035E+7
nE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N058I T2N058I

Caratteristiche generali
Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	3255 mm
Piattabanda superiore	800x30 mm
Piattabanda inferiore	1130x90 mm
Anima	22x3135 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 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	4046 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	800 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.947E+5	2.992E+5	2.992E+5	2.992E+5	4.456E+5	2.074E+5
z _G (mm)	1010.193	1846.021	1846.021	1846.021	2357.972	1156.051
J _y (mm ⁴)	2.995E+11	6.893E+11	6.893E+11	6.893E+11	9.288E+11	3.669E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.965E+8	-3.734E+8	-3.734E+8	-3.734E+8	-3.939E+8	-3.174E+8
W _{y,1} (mm ³)	-3.255E+8	-3.925E+8	-3.925E+8	-3.925E+8	-4.095E+8	-3.442E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.352E+8	4.998E+8	4.998E+8	4.998E+8	1.071E+9	1.774E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.334E+8	4.892E+8	4.892E+8	4.892E+8	1.035E+9	1.748E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.79E+8	4.79E+8	4.79E+8	1.002E+9	1.724E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.79E+8	4.79E+8	4.79E+8	1.002E+9	1.724E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	4.231E+8	4.231E+8	4.231E+8	8.315E+8	1.582E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	4.105E+8	4.105E+8	4.105E+8	7.959E+8	1.549E+8
S _{y,1} (mm ³)	9.816E+7	1.832E+8	1.832E+8	1.832E+8	2.352E+8	1.13E+8
S _{y,2} (mm ³)	1.075E+8	2.171E+8	2.171E+8	2.171E+8	2.918E+8	1.255E+8
S _{y,3} (mm ³)	5.352E+7	1.962E+8	1.962E+8	1.962E+8	2.835E+8	7.841E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	1.627E+8	1.627E+8	1.627E+8	2.624E+8	2.839E+7
n _E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

Sezione T2N064I T2N064I
Caratteristiche generali
Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2750 mm
Piattabanda superiore	800x40 mm
Piattabanda inferiore	1140x100 mm
Anima	22x2610 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 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	4000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	800 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
A (mm ²)	2.034E+5	3.08E+5	3.08E+5	3.08E+5	4.543E+5	2.162E+5
z _G (mm)	854.071	1547.697	1547.697	1547.697	1983.225	973.421
J _y (mm ⁴)	2.364E+11	5.252E+11	5.252E+11	5.252E+11	7.073E+11	2.856E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.768E+8	-3.394E+8	-3.394E+8	-3.394E+8	-3.567E+8	-2.934E+8
W _{y,1} (mm ³)	-3.136E+8	-3.628E+8	-3.628E+8	-3.628E+8	-3.756E+8	-3.27E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.274E+8	4.519E+8	4.519E+8	4.519E+8	9.733E+8	1.645E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.247E+8	4.369E+8	4.369E+8	4.369E+8	9.225E+8	1.608E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.262E+8	4.262E+8	4.262E+8	8.878E+8	1.581E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.262E+8	4.262E+8	4.262E+8	8.878E+8	1.581E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.693E+8	3.693E+8	3.693E+8	7.168E+8	1.431E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.568E+8	3.568E+8	3.568E+8	6.823E+8	1.396E+8
S _{y,1} (mm ³)	9.166E+7	1.707E+8	1.707E+8	1.707E+8	2.204E+8	1.053E+8
S _{y,2} (mm ³)	9.792E+7	1.938E+8	1.938E+8	1.938E+8	2.594E+8	1.137E+8
S _{y,3} (mm ³)	6.003E+7	1.789E+8	1.789E+8	1.789E+8	2.536E+8	8.049E+7
S _{y,4} (mm ³)	-1.49E-8	1.411E+8	1.411E+8	1.411E+8	2.297E+8	2.428E+7
n _E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

2.6.3.4 Inerzie diaframmi intermedi

I diaframmi estremità sono costituiti da profili ad anima piena composti saldati. Entrambi non sono collaboranti con la soletta di impalcato, di conseguenza le caratteristiche geometriche sono quelle della sola sezione metallica costituente il profilo.

Per i diaframmi intermedi e di pila l'inerzia flessionale è calcolata mediante la formula:

$$J = 2 \cdot A \cdot (d/2)^2$$

Mentre l'area a taglio è assunta pari all'area del diagonale di controvento.

2.6.3.5 Elementi soletta

Le rigidzze flessionali degli elementi soletta schematizzano la rigidzza 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 250 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

2.6.4 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 principali e secondari dell'impalcato metallico, i file di output dell'analisi (file *.out ottenuti attraverso l'esportazione con routine di tipo API direttamente dal Sap2000 v21) 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 con il programma Ponti EC4 per le travi principali dell'impalcato e con fogli di calcolo o apposite routine realizzate ad hoc per gli altri elementi.

2.6.5 Massime azioni interne

2.6.5.1 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) **PONTE_M22_SLU.xlsx** Stato Limite Ultimo - max momento flettente verticale
- b) **PONTE_V3_SLU.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 ad 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 ad istante t_1 immediatamente dopo il getto, ed 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-clc.
- fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine, per tutte le azioni accidentali legate a traffico, vento ed 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 ad istante successivo al getto, e di intensità costante nel tempo (es. permanenti di finitura);
- fase 2b: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante t_1 immediatamente dopo il getto, ed aventi sviluppo nel tempo parallelo a quello dei fenomeni differiti (ritiro);
- fase 2c: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per coazioni e/o cedimenti vincolari imposti all'istante t_1 dal il getto, ed aventi sviluppo nel tempo costante.
- fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine, utilizzata per le variazioni termiche differenziali e per tutte le azioni accidentali legate a traffico, vento ed 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) | PONTE_M22_RARA.xlsx | Stato Limite di Esercizio – comb. Rara - max momento fl. verticale |
| d) | PONTE_V3_RARA.xlsx | Stato Limite di Esercizio – comb. Rara - max taglio verticale |
| e) | PONTE_M22_FREQ.xlsx | Stato Limite di Esercizio – comb. Freq. - max momento fl. verticale |
| f) | PONTE_V3_FREQ.xlsx | Stato Limite di Esercizio – comb. Freq. - max taglio verticale |
| e) | PONTE_M22_FAT.xlsx | Stato Limite di Fatica - max momento flettente. verticale |
| f) | PONTE_V3_FAT.xlsx | Stato Limite di Fatica. - max taglio verticale |

A titolo riepilogativo si riportano nel seguente paragrafo i diagrammi con le massime sollecitazioni di involuppo S.L.U. e i diagrammi relativi alle singole fasi per le travi principali di impalcato e i diaframmi.

2.6.5.2 Diagramma delle massime e minime sollecitazioni di verifica per le travi principali

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.

Fase 1

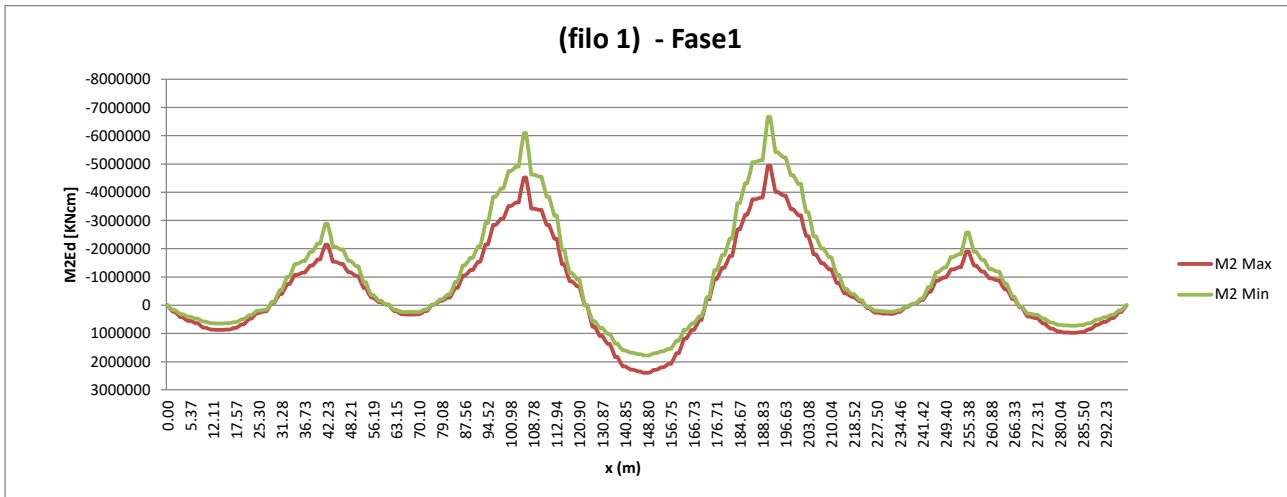


Figura 2.38 Carichi Fase 1 - momento sulla trave interna (filo 001).

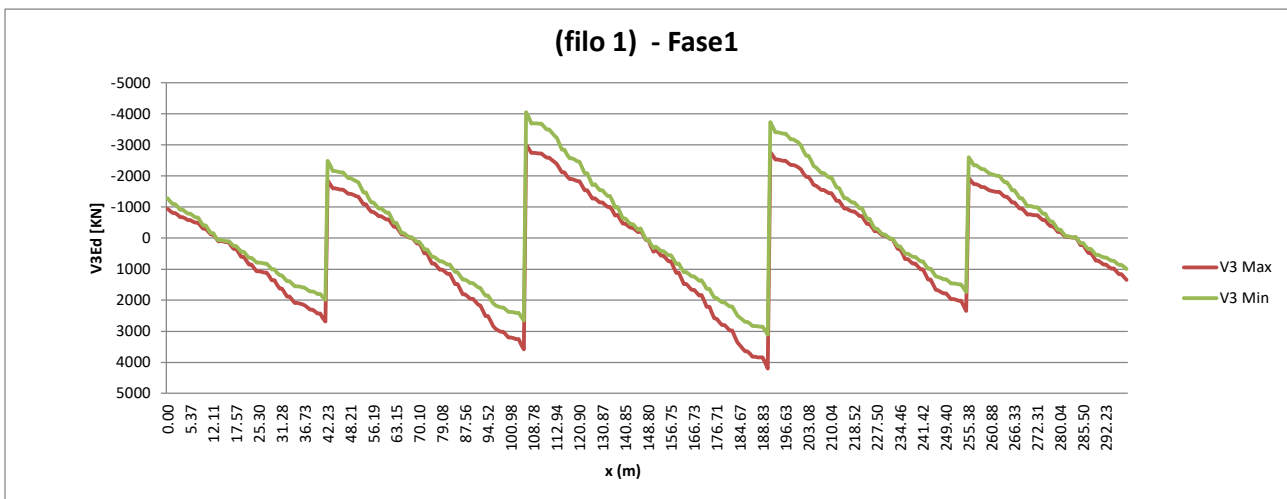


Figura 2.39 Carichi Fase 1 - taglio sulla trave interna (filo 001).

Fase 2

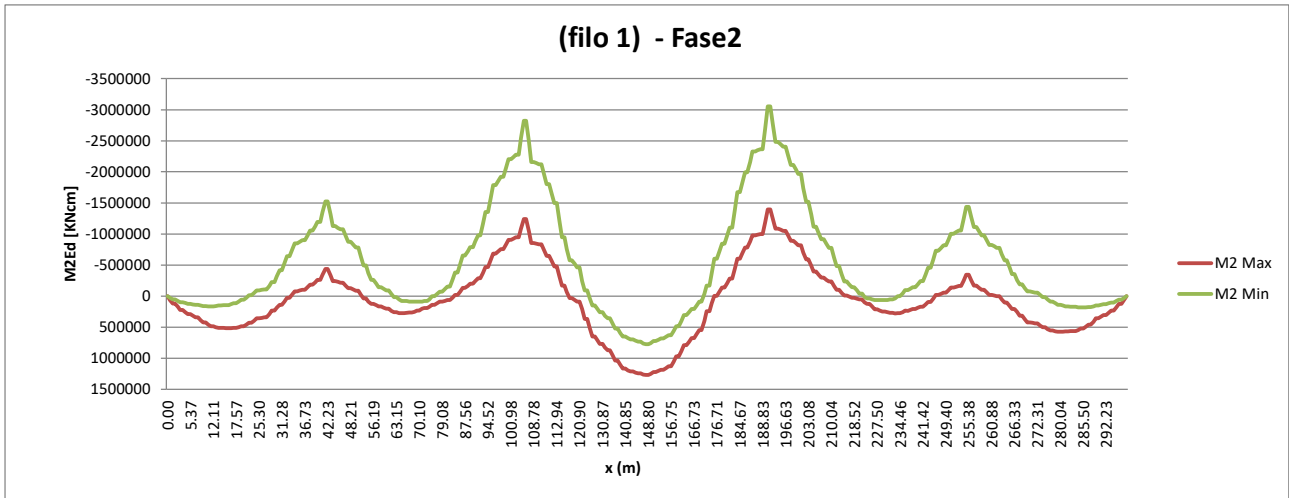


Figura 2.40 Carichi Fase 2 - momento sulla trave interna (filo 001).

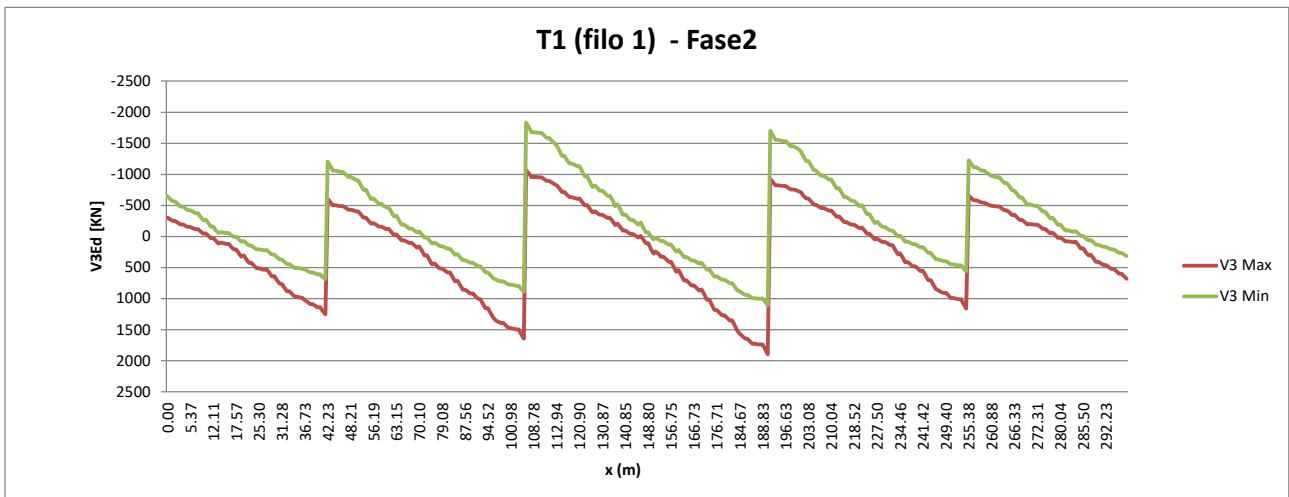


Figura 2.41 Carichi Fase 2 - taglio sulla trave interna (filo 001).

SLU

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 involuppo PONTE_M22_SLU.xlsx (max momento flettente) e PONTE_V3_SLU.xlsx (max taglio). Si riportano i grafici relativi alla trave interno curva (filo 001).

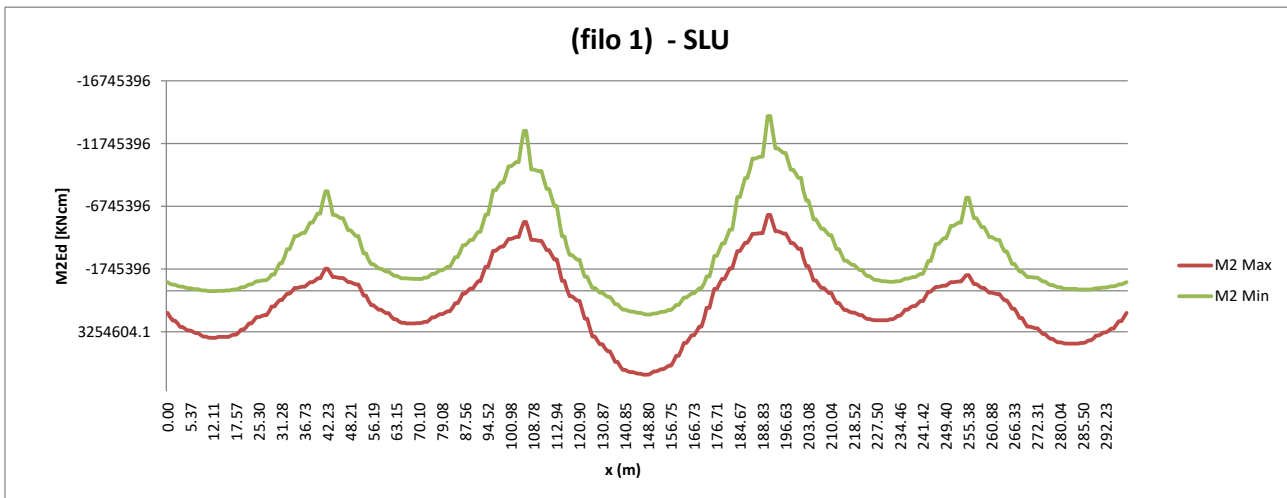


Figura 2.42: Involuppo del momento sulla trave interna (filo 001).

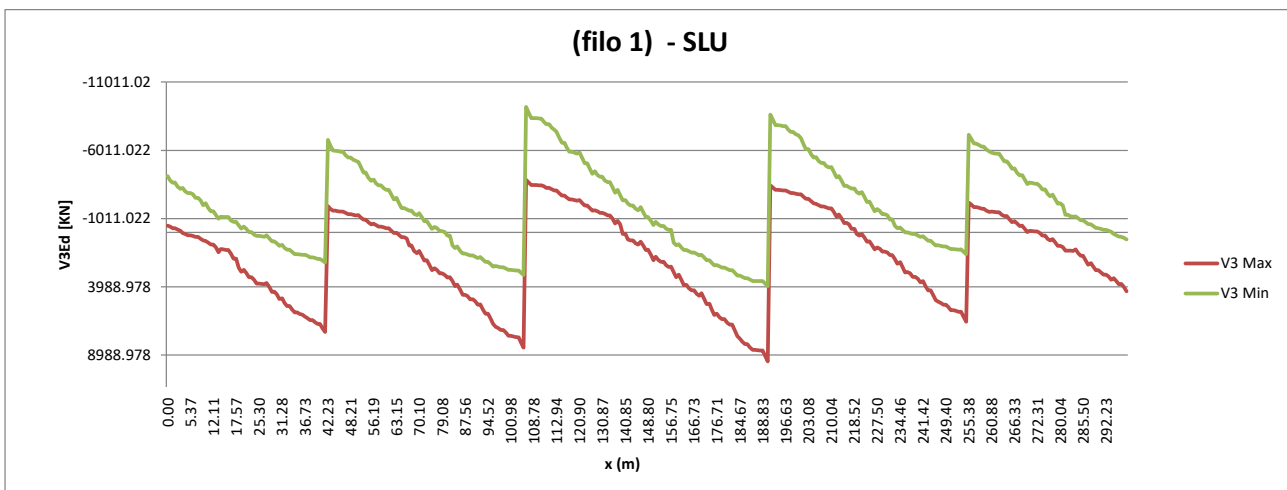


Figura 2.43: Involuppo del taglio sulla trave interna (filo 001).

2.6.6 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	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Unitless
VUT_ENV	Envelope	No	VUT+	1
VUT_ENV			VUT-	1
SLV_1	Linear Add	No	FASE1	1
SLV_1			FASE2	1
SLV_1			VUT_ENV	0.5
SLV_1			SLV_X	1
SLV_1			SLV_Y	0.3
SLV_1			SLV_Z	0.3
SLV_2	Linear Add	No	FASE1	1
SLV_2			FASE2	1
SLV_2			VUT_ENV	0.5
SLV_2			SLV_X	0.3
SLV_2			SLV_Y	1
SLV_2			SLV_Z	0.3
SLV_3	Linear Add	No	FASE1	1
SLV_3			FASE2	1
SLV_3			VUT_ENV	0.5
SLV_3			SLV_X	0.3
SLV_3			SLV_Y	0.3
SLV_3			SLV_Z	1
SLC_1	Linear Add	No	FASE1	1
SLC_1			FASE2	1
SLC_1			VUT_ENV	0.5
SLC_1			SLC_X	1
SLC_1			SLC_Y	0.3
SLC_1			SLC_Z	0.3
SLC_2	Linear Add	No	FASE1	1
SLC_2			FASE2	1
SLC_2			VUT_ENV	0.5
SLC_2			SLC_X	0.3
SLC_2			SLC_Y	1
SLC_2			SLC_Z	0.3
SLC_3	Linear Add	No	FASE1	1
SLC_3			FASE2	1
SLC_3			VUT_ENV	0.5
SLC_3			SLC_X	0.3
SLC_3			SLC_Y	0.3
SLC_3			SLC_Z	1

Tabella 2-26: Load Combination

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 rigidità orizzontale, elevata rigidità 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 pila sono posizionati 2 isolatori elastomerici su un unico allineamento in corrispondenza delle due nervature principali dell'impalcato.

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

PILA 5-10

- coefficiente di smorzamento viscoso equivalente (pari a $\xi_{eq} = 10\%$),
- spostamento massimo pari a 200 mm,
- rigidità orizzontale equivalente $K_e = 4.40$ kN/mm

PILA 6-7-8-9

- coefficiente di smorzamento viscoso equivalente (pari a $\xi_{eq} = 10\%$),
- spostamento massimo pari a 200 mm,
- rigidità orizzontale equivalente $K_e = 5.30$ kN/mm

Nel modello di calcolo tali dispositivi sono modellati con elementi "link" lineari a cui sono state assegnate le caratteristiche di rigidità orizzontale equivalente (nelle due direzioni ortogonali nel piano orizzontale).

2.6.6.1 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 rispettivamente il 94% e il 100% della massa nelle due direzioni principali X e Y, per raggiungere il 95% della massa lungo partecipante lungo Z sono stati studiati 95 modi di vibrare.

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

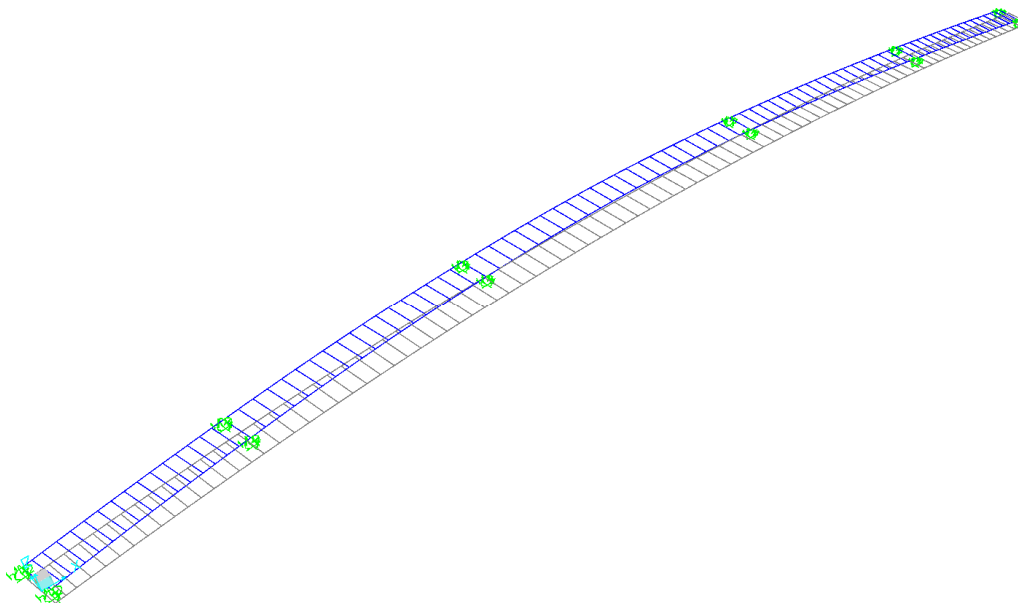


Figura 2-27: Primo modo di vibrare ($T = 2.049$)

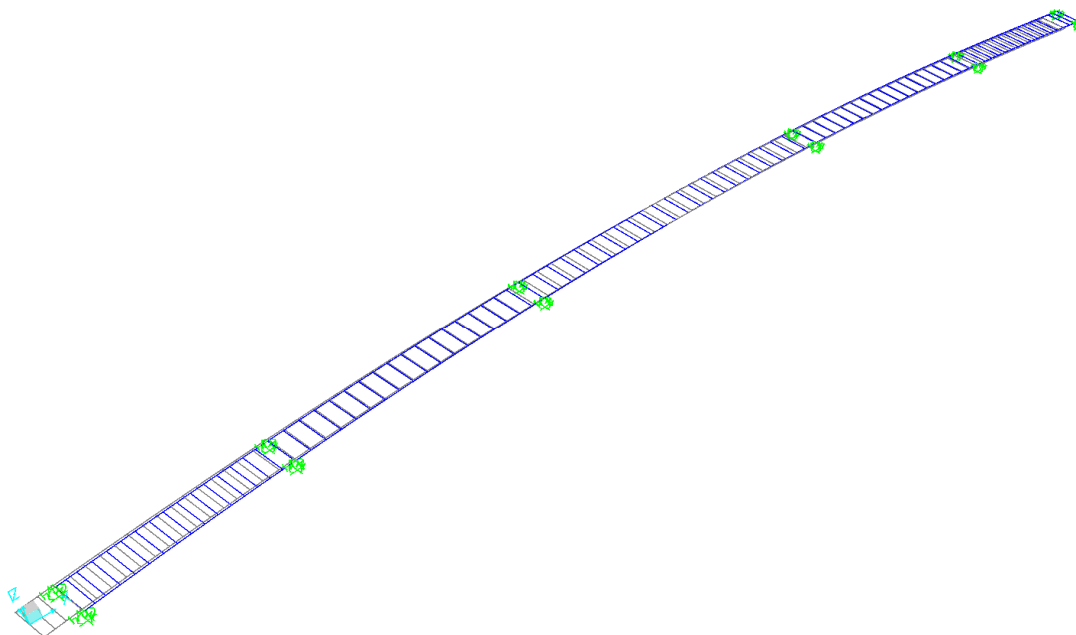


Figura 2-28: Secondo modo di vibrare ($T = 1.902$)

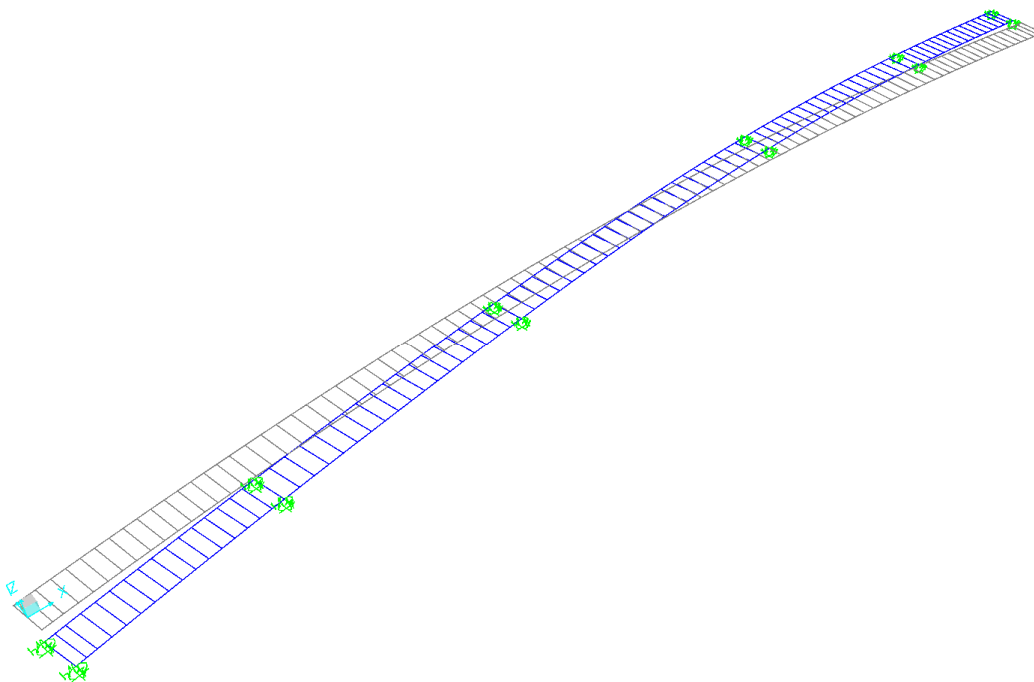


Figura 2-29: Terzo modo di vibrare ($T = 1.579$)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios												
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RZ	SumRZ	
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	
MODAL	Mode	1	2.048922	1.336E-09	0.937	0	1.336E-09	0.937	0	0.7	0.7	
MODAL	Mode	2	1.901718	0.999	1.327E-09	0	0.999	0.937	0	0.00316	0.704	
MODAL	Mode	3	1.578612	0.0008571	2.204E-08	2.058E-19	1	0.937	2.075E-19	0.248	0.951	
MODAL	Mode	4	1.102649	5.028E-10	0.063	4.327E-17	1	1	4.348E-17	0.047	0.998	
MODAL	Mode	5	0.795299	0	0	0.061	1	1	0.061	0	0.998	
MODAL	Mode	6	0.588286	0.00004372	1.59E-09	8.395E-18	1	1	0.061	0.001469	1	
MODAL	Mode	7	0.458302	0	0	0.0008479	1	1	0.062	0	1	
MODAL	Mode	8	0.391264	0	0	0.118	1	1	0.18	0	1	
MODAL	Mode	9	0.343347	2.067E-11	0.00008342	7.234E-18	1	1	0.18	0.00006276	1	
MODAL	Mode	10	0.32357	0	0	0.000000154	1	1	0.18	0	1	
MODAL	Mode	11	0.27508	0	3.265E-20	0.06	1	1	0.24	0	1	
...												
MODAL	Mode	91	0.027953	1.483E-18	2.435E-19	0.001705	1	1	0.95	2.045E-17	1	

Tabella 2-30: Periodi e masse partecipanti dei principali modi di vibrare

2.6.6.2 Reazioni degli appoggi allo SLV

Nel paragrafo seguente vengono indicate le reazioni degli appoggi allo SLV, utili al dimensionamento degli appoggi stessi e per quello della sottostruttura rappresentata dalle spalle.

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm
P5-0	SLV_1	Combination	Max	664.076	146.382	1433.197	0	0	0
P5-0	SLV_1	Combination	Min	-644.965	-147.343	1303.292	0	0	0
P5-0	SLV_2	Combination	Max	389.318	318.249	1433.197	0	0	0
P5-0	SLV_2	Combination	Min	-370.207	-319.21	1303.292	0	0	0
P5-0	SLV_3	Combination	Max	327.472	110.949	1584.753	0	0	0
P5-0	SLV_3	Combination	Min	-308.361	-111.91	1151.736	0	0	0
P6-0	SLV_1	Combination	Max	743.82	208.674	5556.818	0	0	0
P6-0	SLV_1	Combination	Min	-727.403	-210.331	5167.595	0	0	0
P6-0	SLV_2	Combination	Max	398.799	520.026	5556.818	0	0	0
P6-0	SLV_2	Combination	Min	-382.382	-521.683	5167.595	0	0	0
P6-0	SLV_3	Combination	Max	336.169	174.584	6010.91	0	0	0
P6-0	SLV_3	Combination	Min	-319.752	-176.241	4713.502	0	0	0
P7-0	SLV_1	Combination	Max	654.178	254.877	7947.166	0	0	0
P7-0	SLV_1	Combination	Min	-647.456	-257.218	7641.768	0	0	0
P7-0	SLV_2	Combination	Max	274.439	739.876	7947.167	0	0	0
P7-0	SLV_2	Combination	Min	-267.717	-742.218	7641.768	0	0	0
P7-0	SLV_3	Combination	Max	243.975	238.637	8303.464	0	0	0
P7-0	SLV_3	Combination	Min	-237.253	-240.979	7285.471	0	0	0
P8-0	SLV_1	Combination	Max	647.453	254.965	8213.236	0	0	0
P8-0	SLV_1	Combination	Min	-654.174	-257.307	7954.507	0	0	0
P8-0	SLV_2	Combination	Max	267.793	740.195	8213.236	0	0	0
P8-0	SLV_2	Combination	Min	-274.515	-742.538	7954.507	0	0	0
P8-0	SLV_3	Combination	Max	237.269	238.733	8515.086	0	0	0
P8-0	SLV_3	Combination	Min	-243.99	-241.075	7652.657	0	0	0
P9-0	SLV_1	Combination	Max	727.368	208.683	5359.026	0	0	0
P9-0	SLV_1	Combination	Min	-743.785	-210.34	4972.911	0	0	0
P9-0	SLV_2	Combination	Max	382.424	520.141	5359.026	0	0	0
P9-0	SLV_2	Combination	Min	-398.84	-521.797	4972.911	0	0	0
P9-0	SLV_3	Combination	Max	319.752	174.612	5809.494	0	0	0
P9-0	SLV_3	Combination	Min	-336.168	-176.268	4522.443	0	0	0
P10-0	SLV_1	Combination	Max	644.95	146.382	1506.511	0	0	0
P10-0	SLV_1	Combination	Min	-664.062	-147.343	1345.278	0	0	0
P10-0	SLV_2	Combination	Max	370.211	318.341	1506.511	0	0	0
P10-0	SLV_2	Combination	Min	-389.322	-319.302	1345.278	0	0	0
P10-0	SLV_3	Combination	Max	308.362	110.969	1694.616	0	0	0
P10-0	SLV_3	Combination	Min	-327.473	-111.93	1157.173	0	0	0

Tabella 2-31: Reazioni inerenti alle combinazioni allo SLV (appoggi interno curva)

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm
P5-1	SLV_1	Combination	Max	659.22	146.38	1270.316	0	0	0
P5-1	SLV_1	Combination	Min	-639.878	-147.341	1165.308	0	0	0
P5-1	SLV_2	Combination	Max	362.291	318.245	1270.317	0	0	0
P5-1	SLV_2	Combination	Min	-342.949	-319.206	1165.307	0	0	0
P5-1	SLV_3	Combination	Max	321.137	110.947	1392.827	0	0	0
P5-1	SLV_3	Combination	Min	-301.795	-111.909	1042.797	0	0	0
P6-1	SLV_1	Combination	Max	737.512	208.671	4594.253	0	0	0
P6-1	SLV_1	Combination	Min	-720.867	-210.327	4310.071	0	0	0
P6-1	SLV_2	Combination	Max	366.895	520.017	4594.253	0	0	0
P6-1	SLV_2	Combination	Min	-350.25	-521.674	4310.071	0	0	0
P6-1	SLV_3	Combination	Max	328.357	174.581	4925.799	0	0	0
P6-1	SLV_3	Combination	Min	-311.712	-176.238	3978.526	0	0	0
P7-1	SLV_1	Combination	Max	650.367	254.869	6702.286	0	0	0
P7-1	SLV_1	Combination	Min	-643.535	-257.211	6475.389	0	0	0
P7-1	SLV_2	Combination	Max	256.346	739.855	6702.286	0	0	0
P7-1	SLV_2	Combination	Min	-249.514	-742.197	6475.388	0	0	0
P7-1	SLV_3	Combination	Max	239.406	238.63	6966.998	0	0	0
P7-1	SLV_3	Combination	Min	-232.574	-240.972	6210.676	0	0	0
P8-1	SLV_1	Combination	Max	643.488	254.958	6887.927	0	0	0
P8-1	SLV_1	Combination	Min	-650.32	-257.3	6686.612	0	0	0
P8-1	SLV_2	Combination	Max	249.412	740.175	6887.927	0	0	0
P8-1	SLV_2	Combination	Min	-256.244	-742.517	6686.612	0	0	0
P8-1	SLV_3	Combination	Max	232.54	238.726	7122.794	0	0	0
P8-1	SLV_3	Combination	Min	-239.372	-241.068	6451.745	0	0	0
P9-1	SLV_1	Combination	Max	720.809	208.685	4430.766	0	0	0
P9-1	SLV_1	Combination	Min	-737.453	-210.341	4138.847	0	0	0
P9-1	SLV_2	Combination	Max	350.192	520.145	4430.766	0	0	0
P9-1	SLV_2	Combination	Min	-366.836	-521.801	4138.847	0	0	0
P9-1	SLV_3	Combination	Max	311.683	174.613	4771.338	0	0	0
P9-1	SLV_3	Combination	Min	-328.327	-176.27	3798.275	0	0	0
P10-1	SLV_1	Combination	Max	639.861	146.381	1344.527	0	0	0
P10-1	SLV_1	Combination	Min	-659.204	-147.342	1209.268	0	0	0
P10-1	SLV_2	Combination	Max	342.948	318.337	1344.527	0	0	0
P10-1	SLV_2	Combination	Min	-362.291	-319.298	1209.268	0	0	0
P10-1	SLV_3	Combination	Max	301.794	110.968	1502.329	0	0	0
P10-1	SLV_3	Combination	Min	-321.137	-111.929	1051.465	0	0	0

Tabella 2-32: Reazioni inerenti alle combinazioni allo SLV (appoggi esterno curva)

2.6.6.3 Spostamenti allo SLC e allo 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
P5-0	SLC_1	Combination	Max	17.3	4.1	17.7
P5-0	SLC_1	Combination	Min	-17.7	-4.0	18.2
P5-0	SLC_2	Combination	Max	9.6	8.8	13.1
P5-0	SLC_2	Combination	Min	-10.0	-8.8	13.4
P5-0	SLC_3	Combination	Max	7.9	3.1	8.5
P5-0	SLC_3	Combination	Min	-8.3	-3.1	8.9
P6-0	SLC_1	Combination	Max	16.3	4.8	17.0
P6-0	SLC_1	Combination	Min	-16.6	-4.8	17.3
P6-0	SLC_2	Combination	Max	8.3	12.0	14.6
P6-0	SLC_2	Combination	Min	-8.6	-12.0	14.8
P6-0	SLC_3	Combination	Max	6.9	4.0	8.0
P6-0	SLC_3	Combination	Min	-7.2	-4.0	8.2
P7-0	SLC_1	Combination	Max	14.8	5.9	15.9
P7-0	SLC_1	Combination	Min	-14.9	-5.8	16.0
P7-0	SLC_2	Combination	Max	6.0	17.1	18.1
P7-0	SLC_2	Combination	Min	-6.1	-17.0	18.1
P7-0	SLC_3	Combination	Max	5.3	5.5	7.6
P7-0	SLC_3	Combination	Min	-5.4	-5.4	7.7
P8-0	SLC_1	Combination	Max	14.9	5.9	16.0
P8-0	SLC_1	Combination	Min	-14.8	-5.8	15.9
P8-0	SLC_2	Combination	Max	6.1	17.1	18.1
P8-0	SLC_2	Combination	Min	-6.0	-17.0	18.1
P8-0	SLC_3	Combination	Max	5.4	5.5	7.7
P8-0	SLC_3	Combination	Min	-5.3	-5.4	7.6
P9-0	SLC_1	Combination	Max	16.6	4.8	17.3
P9-0	SLC_1	Combination	Min	-16.3	-4.8	17.0
P9-0	SLC_2	Combination	Max	8.6	12.0	14.8
P9-0	SLC_2	Combination	Min	-8.3	-12.0	14.6
P9-0	SLC_3	Combination	Max	7.2	4.0	8.2
P9-0	SLC_3	Combination	Min	-6.9	-4.0	8.0
P10-0	SLC_1	Combination	Max	17.7	4.1	18.2
P10-0	SLC_1	Combination	Min	-17.3	-4.0	17.7
P10-0	SLC_2	Combination	Max	10.0	8.9	13.4
P10-0	SLC_2	Combination	Min	-9.6	-8.8	13.0
P10-0	SLC_3	Combination	Max	8.3	3.1	8.9
P10-0	SLC_3	Combination	Min	-7.9	-3.1	8.5

Tabella 2-33: Spostamento dei vincoli alle combinazioni allo SLC (appoggi interno curva)

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	$(U1^2+U2^2)^{0.5}$
Text	Text	Text	Text	cm	cm	cm
P5-1	SLC_1	Combination	Max	17.1	4.1	17.6
P5-1	SLC_1	Combination	Min	-17.6	-4.0	18.0
P5-1	SLC_2	Combination	Max	8.8	8.8	12.5
P5-1	SLC_2	Combination	Min	-9.3	-8.8	12.8
P5-1	SLC_3	Combination	Max	7.7	3.1	8.3
P5-1	SLC_3	Combination	Min	-8.1	-3.1	8.7
P6-1	SLC_1	Combination	Max	16.2	4.8	16.9
P6-1	SLC_1	Combination	Min	-16.5	-4.8	17.2
P6-1	SLC_2	Combination	Max	7.6	12.0	14.2
P6-1	SLC_2	Combination	Min	-7.9	-12.0	14.3
P6-1	SLC_3	Combination	Max	6.7	4.0	7.8
P6-1	SLC_3	Combination	Min	-7.0	-4.0	8.1
P7-1	SLC_1	Combination	Max	14.7	5.9	15.8
P7-1	SLC_1	Combination	Min	-14.8	-5.8	15.9
P7-1	SLC_2	Combination	Max	5.6	17.1	18.0
P7-1	SLC_2	Combination	Min	-5.7	-17.0	18.0
P7-1	SLC_3	Combination	Max	5.2	5.5	7.5
P7-1	SLC_3	Combination	Min	-5.3	-5.4	7.6
P8-1	SLC_1	Combination	Max	14.8	5.9	15.9
P8-1	SLC_1	Combination	Min	-14.7	-5.8	15.8
P8-1	SLC_2	Combination	Max	5.7	17.1	18.0
P8-1	SLC_2	Combination	Min	-5.6	-17.0	17.9
P8-1	SLC_3	Combination	Max	5.3	5.5	7.6
P8-1	SLC_3	Combination	Min	-5.2	-5.4	7.5
P9-1	SLC_1	Combination	Max	16.5	4.8	17.2
P9-1	SLC_1	Combination	Min	-16.2	-4.8	16.9
P9-1	SLC_2	Combination	Max	7.9	12.0	14.4
P9-1	SLC_2	Combination	Min	-7.6	-12.0	14.2
P9-1	SLC_3	Combination	Max	7.0	4.0	8.1
P9-1	SLC_3	Combination	Min	-6.7	-4.0	7.8
P10-1	SLC_1	Combination	Max	17.6	4.1	18.0
P10-1	SLC_1	Combination	Min	-17.1	-4.0	17.6
P10-1	SLC_2	Combination	Max	9.3	8.9	12.8
P10-1	SLC_2	Combination	Min	-8.8	-8.8	12.5
P10-1	SLC_3	Combination	Max	8.1	3.1	8.7
P10-1	SLC_3	Combination	Min	-7.7	-3.1	8.3

Tabella 2-34: Spostamento dei vincoli alle combinazioni allo SLC (appoggi esterno curva)

Lo spostamento massimo richiesto in combinazione SLC è dunque pari a 182 mm che risulta essere minore rispetto alla corsa dell'isolatore che risulta essere pari a 200 mm.

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

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2
Text	Text	Text	Text	cm	cm
P5-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.741782	10.13155
P5-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.741782	-10.13155
P5-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.306569	10.065524
P5-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.306569	-10.065524
P6-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.425914	12.433229
P6-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.425914	-12.433229
P6-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.034766	12.390645
P6-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.034766	-12.390645
P7-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.135548	14.956198
P7-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.135548	-14.956198
P7-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.108166	14.946726
P7-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.108166	-14.946726
P8-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.136272	14.959081
P8-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.136272	-14.959081
P8-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.10943	14.94952
P8-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.10943	-14.94952
P9-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.426479	12.433898
P9-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.426479	-12.433898
P9-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.03401	12.391337
P9-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.03401	-12.391337
P10-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.741902	10.130359
P10-0	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.741902	-10.130359
P10-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Max	3.306695	10.06434
P10-1	VENTO + FRENATURA	Combination	Min	-3.306695	-10.06434

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

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2
Text	Text	Text	Text	cm	cm
P5-0	ENV SLU	Combination	Max	5.744191	16.822931
P5-0	ENV SLU	Combination	Min	-5.744191	-16.822931
P5-1	ENV SLU	Combination	Max	5.31452	16.71205
P5-1	ENV SLU	Combination	Min	-5.31452	-16.71205
P6-0	ENV SLU	Combination	Max	5.43395	20.687875
P6-0	ENV SLU	Combination	Min	-5.43395	-20.687875
P6-1	ENV SLU	Combination	Max	5.04743	20.616403
P6-1	ENV SLU	Combination	Min	-5.04743	-20.616403
P7-0	ENV SLU	Combination	Max	5.148531	24.919089
P7-0	ENV SLU	Combination	Min	-5.148531	-24.919089
P7-1	ENV SLU	Combination	Max	5.123411	24.903202
P7-1	ENV SLU	Combination	Min	-5.123411	-24.903202
P8-0	ENV SLU	Combination	Max	5.149211	24.923925
P8-0	ENV SLU	Combination	Min	-5.149211	-24.923925
P8-1	ENV SLU	Combination	Max	5.12465	24.907889
P8-1	ENV SLU	Combination	Min	-5.12465	-24.907889
P9-0	ENV SLU	Combination	Max	5.434429	20.688988
P9-0	ENV SLU	Combination	Min	-5.434429	-20.688988
P9-1	ENV SLU	Combination	Max	5.046611	20.617554
P9-1	ENV SLU	Combination	Min	-5.046611	-20.617554
P10-0	ENV SLU	Combination	Max	5.744269	16.820916
P10-0	ENV SLU	Combination	Min	-5.744269	-16.820916
P10-1	ENV SLU	Combination	Max	5.3146	16.710047
P10-1	ENV SLU	Combination	Min	-5.3146	-16.710047

2.6.6.4 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
P5-0	SLV_1	Combination	Max	14.658294	3.348703
P5-0	SLV_1	Combination	Min	-15.092627	-3.326858
P5-0	SLV_2	Combination	Max	8.413799	7.254765
P5-0	SLV_2	Combination	Min	-8.848132	-7.232921
P5-2	SLV_1	Combination	Max	14.542685	3.348667
P5-2	SLV_1	Combination	Min	-14.982281	-3.326823
P5-2	SLV_2	Combination	Max	7.794297	7.254682
P5-2	SLV_2	Combination	Min	-8.233893	-7.232838
P10-0	SLV_1	Combination	Max	15.092309	3.348709
P10-0	SLV_1	Combination	Min	-14.657958	-3.326869
P10-0	SLV_2	Combination	Max	8.848235	7.256856
P10-0	SLV_2	Combination	Min	-8.413884	-7.235016
P10-2	SLV_1	Combination	Max	14.981914	3.348676
P10-2	SLV_1	Combination	Min	-14.542298	-3.326836
P10-2	SLV_2	Combination	Max	8.233888	7.256778
P10-2	SLV_2	Combination	Min	-7.794272	-7.234938

PILA DI TRANSIZIONE

Giunto di dilatazione (n=2)	Lunghezza [m]	12.68
	Scorrimento long. [mm]	500
	Scorrimento trasv. [mm]	300

2.7 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 NTC-08 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-clc che costituiscono le travi principali del viadotto. Nel seguito vengono espresse in dettaglio le modalità operative attraverso il commento della reportistica delle sezioni più significative prese a campione.

2.7.1 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 corrispondente nel modello seguendo i seguenti parametri:

- Trave interna o trave esterna (interna T1 – travi esterna T2)
- Numero elemento frame considerato (numero frame del modello di calcolo)
- Output Station considerato ("I" = inizio elemento, "M" = mezzera elemento, "F" = fine elemento)

Ad esempio le verifiche dell'elemento 16 (frame appartenente alla trave interno curva) verranno riportate le verifiche per le sezioni resistenti T1 N16 i. 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:

SEZIONE DI VERIFICA	CONCIO METALLICO DI ANALISI	ASTE MODELLO
T1N001I-T1N003F	001	1-3
T1N004I-T1N008F	002	4-8
T1N009I-T1N012F	003	9-12
T1N013I-T1N017F	004	13-17
T1N018I-T1N024F	005	18-24
T1N025I-T1N028F	006	25-28
T1N029I-T1N032F	007	29-32
T1N033I-T1N036F	008	33-36
T1N037I-T1N040F	009	37-40
T1N041I-T1N044F	010	41-44
T1N045I-T1N050F	011	45-50
T1N051I-T1N053F	012	51-53
T1N054I-T1N057F	013	54-57
T1N058I-T1N061F	014	58-61
T1N062I-T1N065F	015	62-65
T1N066I-T1N069F	014	66-69
T1N070I-T1N073F	013	70-73
T1N074I-T1N076F	012	74-76
T1N077I-T1N082F	011	77-82
T1N083I-T1N086F	010	83-86
T1N087I-T1N090F	009	87-90
T1N091I-T1N094F	008	91-94
T1N095I-T1N098F	007	95-98
T1N099I-T1N102F	006	99-102
T1N103I-T1N109F	005	103-109
T1N110I-T1N114F	004	110-114
T1N115I-T1N118F	003	115-118
T1N119I-T1N123F	002	119-123
T1N124I-T1N126F	001	124-126

Tabella 2-35: Tabella di riferimento sezioni di verifica – conci metallici di analisi – frame modello – TRAVE 1

SEZIONE DI VERIFICA	CONCIO METALLICO DI ANALISI	ASTE MODELLO
T2N401I-T2N403F	001	401-403
T2N404I-T2N408F	002	404-408
T2N409I-T2N412F	003	409-412
T2N413I-T2N417F	004	413-417
T2N418I-T2N424F	005	418-424
T2N425I-T2N428F	006	425-428
T2N429I-T2N432F	007	429-432
T2N433I-T2N436F	008	433-436
T2N437I-T2N440F	009	437-440
T2N441I-T2N444F	010	441-444
T2N445I-T2N450F	011	445-450
T2N451I-T2N453F	012	451-453
T2N454I-T2N457F	013	454-457
T2N458I-T2N461F	014	458-461
T2N462I-T2N465F	015	462-465
T2N466I-T2N469F	014	466-469
T2N470I-T2N473F	013	470-473
T2N474I-T2N476F	012	474-476
T2N477I-T2N482F	011	477-482
T2N483I-T2N486F	010	483-486
T2N487I-T2N490F	009	487-490
T2N491I-T2N494F	008	491-494
T2N495I-T2N498F	007	495-498
T2N499I-T2N502F	006	499-502
T2N503I-T2N509F	005	503-509
T2N510I-T2N514F	004	510-514
T2N515I-T2N518F	003	515-518
T2N519I-T2N523F	002	519-523
T2N524I-T2N526F	001	524-526

Tabella 2-36: Tabella di riferimento sezioni di verifica – conci metallici di analisi – frame modello – TRAVE 2

2.7.2 Travi longitudinali – verifiche S.L.U.

Le verifiche 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

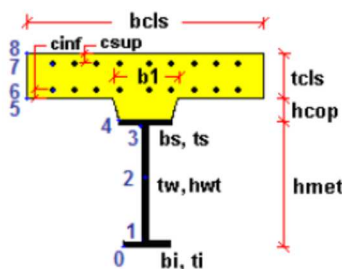
Effettuata sulla base dell'effettivo valore di N_{Ed} , M_{Ed} per la combinazione in esame (max/min M_{Ed} , max/min V_{Ed} , con i rispettivi valori concomitanti)

- 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. 3-4)

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 dell 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, ed il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio.

- 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 contributo 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 ad 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 η_1 in luogo di quello plastico $\bar{\eta}_1$, 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 risulta interamente in compressione). Inoltre in EN 1993-1-5 7.1 (2) è indicato che la verifica deve essere effettuata a distanza maggiore di $h_w/2$ 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 degli stress cumulati nella fibra più sollecitata ($M_{Ed,eq} = \max | W_{xi} * \Sigma \sigma_{x,i} |$).

A seguire si riporta lo sviluppo delle verifiche nelle sezioni più significative, tramite le singole tabelle prodotte dalla procedura PontiEC4. Per tutte le altre sezioni si indicheranno in forma grafica e tabellare i coefficienti di utilizzo.

2.7.2.1 Verifica delle sezioni

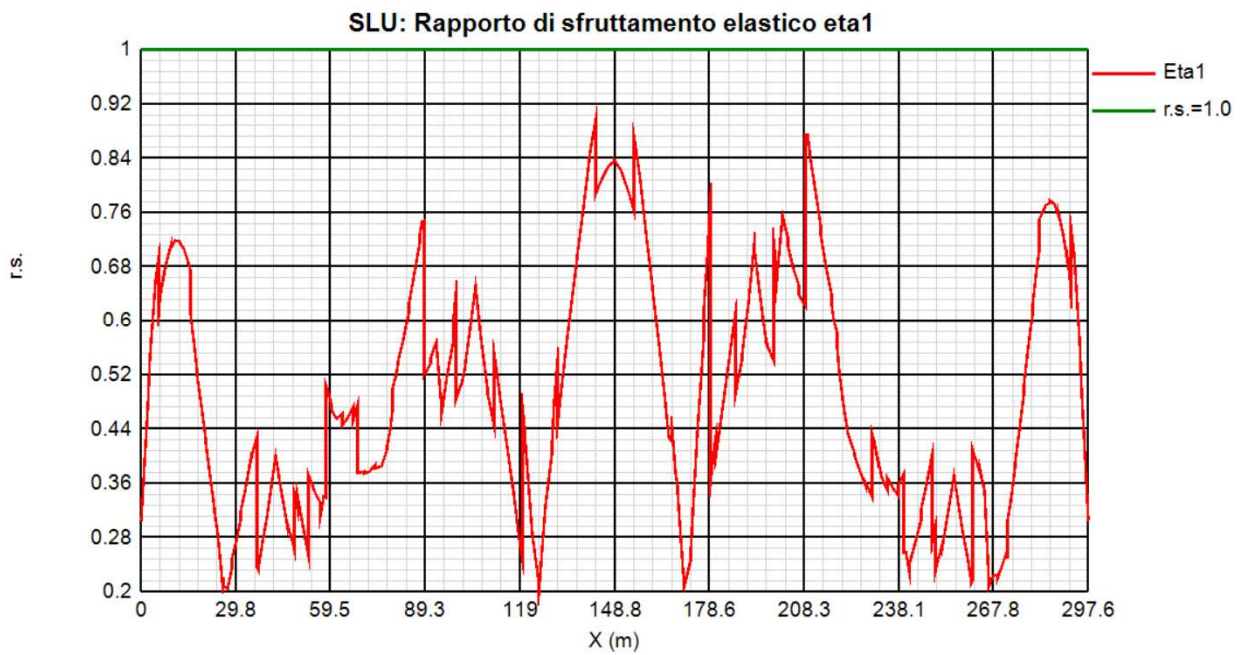
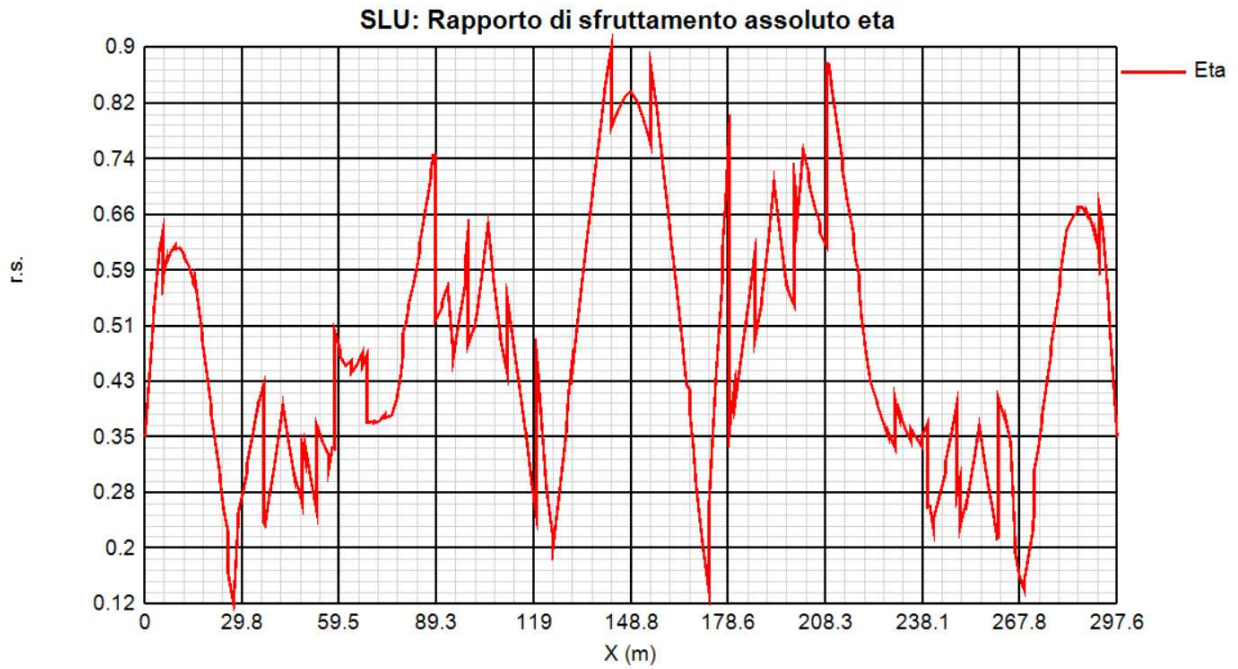
Il programma effettua sistematicamente il set di verifiche per le quattro condizioni fondamentali M_{max} , M_{min} , V_{max} e V_{min} , sulla base delle sollecitazioni di progetto S.L.U. esportate direttamente, nell'ambito di ciascuna "fase", dal modello ad elementi finiti. Negli allegati di calcolo 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 ed in forma tabellare l'output sintetico delle verifiche del programma Ponti EC4, contenenti, 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

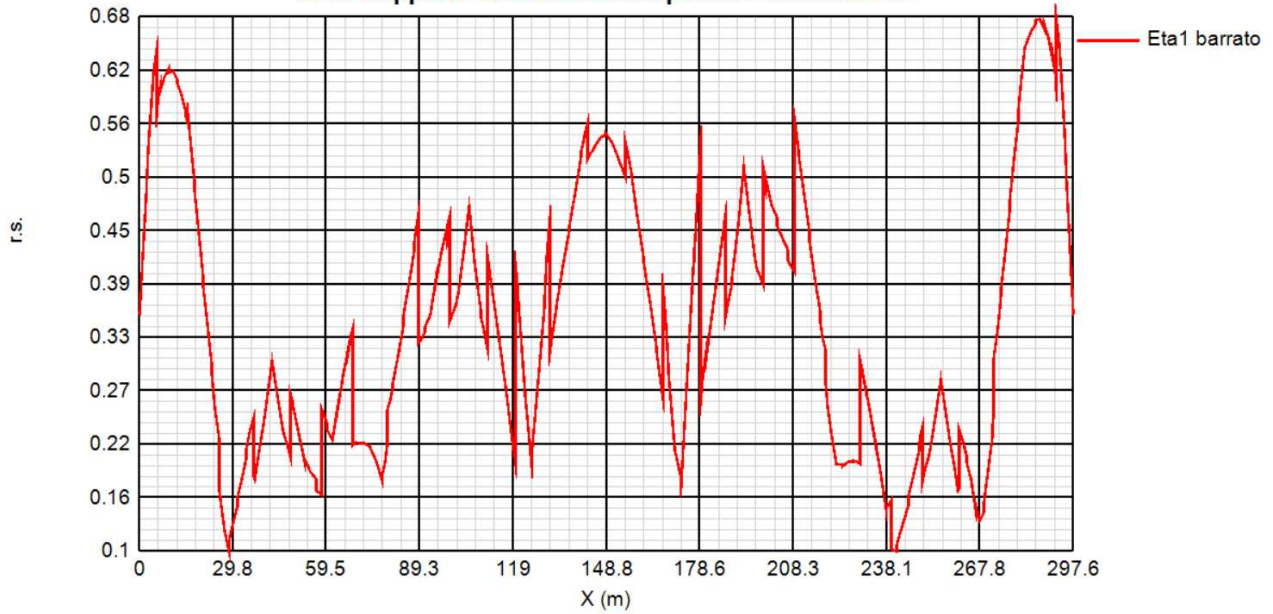
Si evidenzia che sia l'analisi plastica, sia l'analisi elastica vengono effettuate sistematicamente dal programma, indipendentemente dalla classificazione della sezione. Pertanto, nell'ambito dell'esposizione dei vari rapporti di sfruttamento, verranno indicati tra parentesi:

- 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)

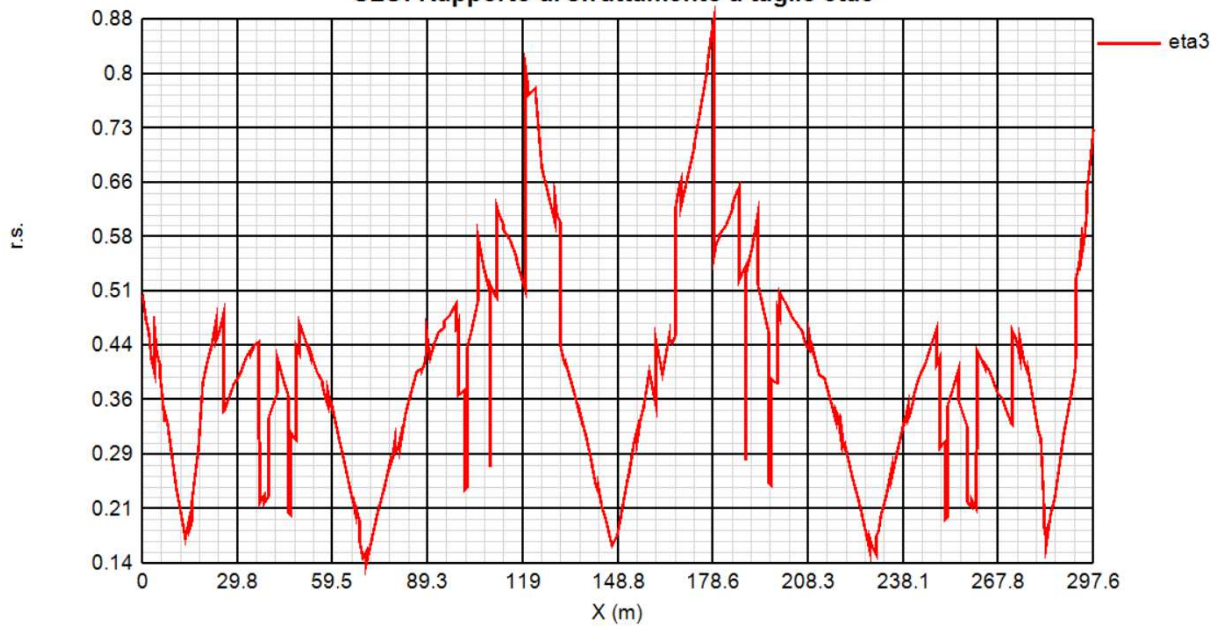
FILO 001 – TRAVE 1



SLU: Rapporto di sfruttamento plastico eta1 barrato



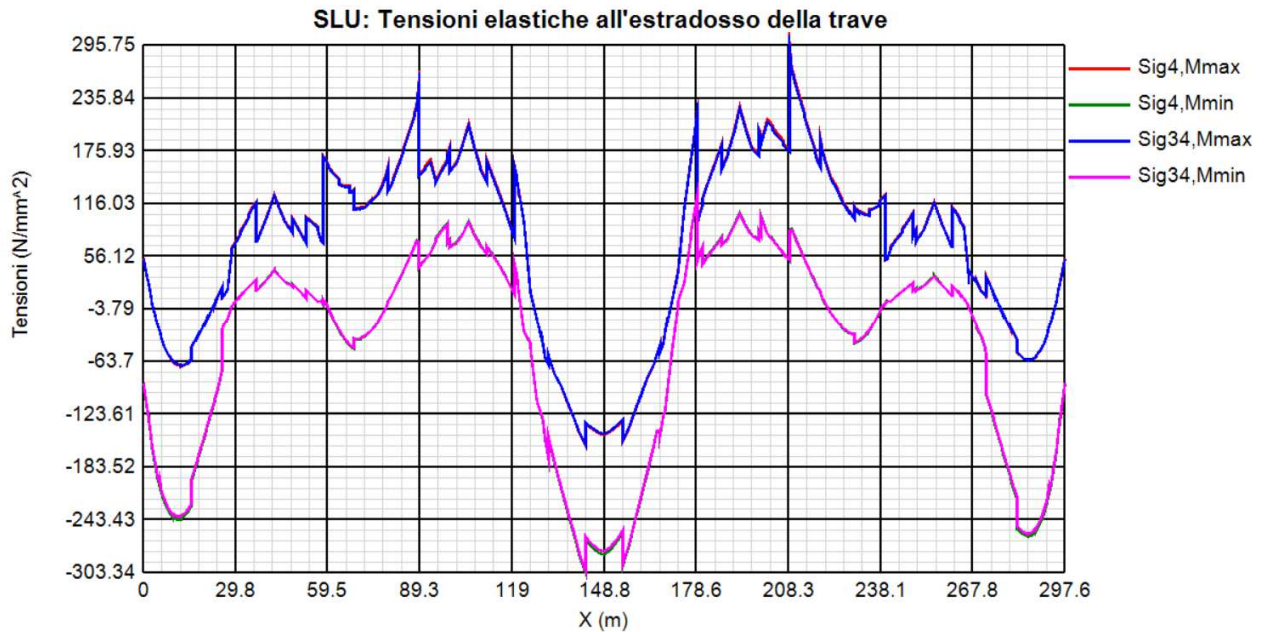
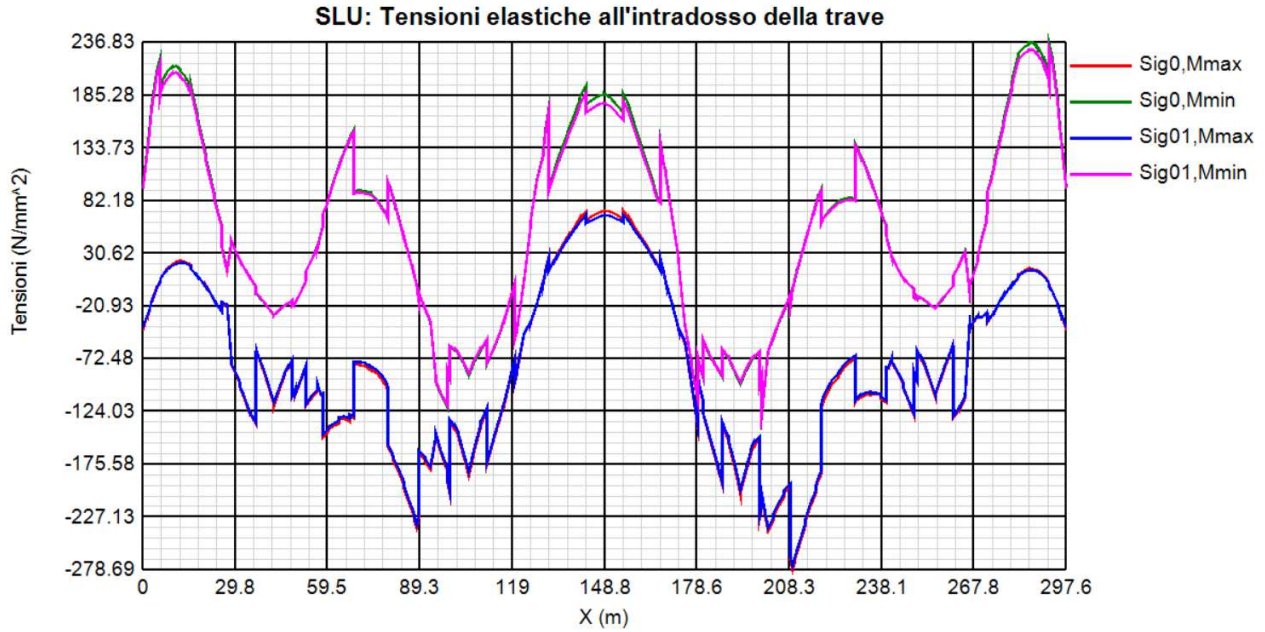
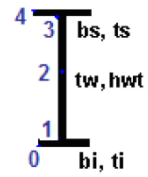
SLU: Rapporto di sfruttamento a taglio eta3

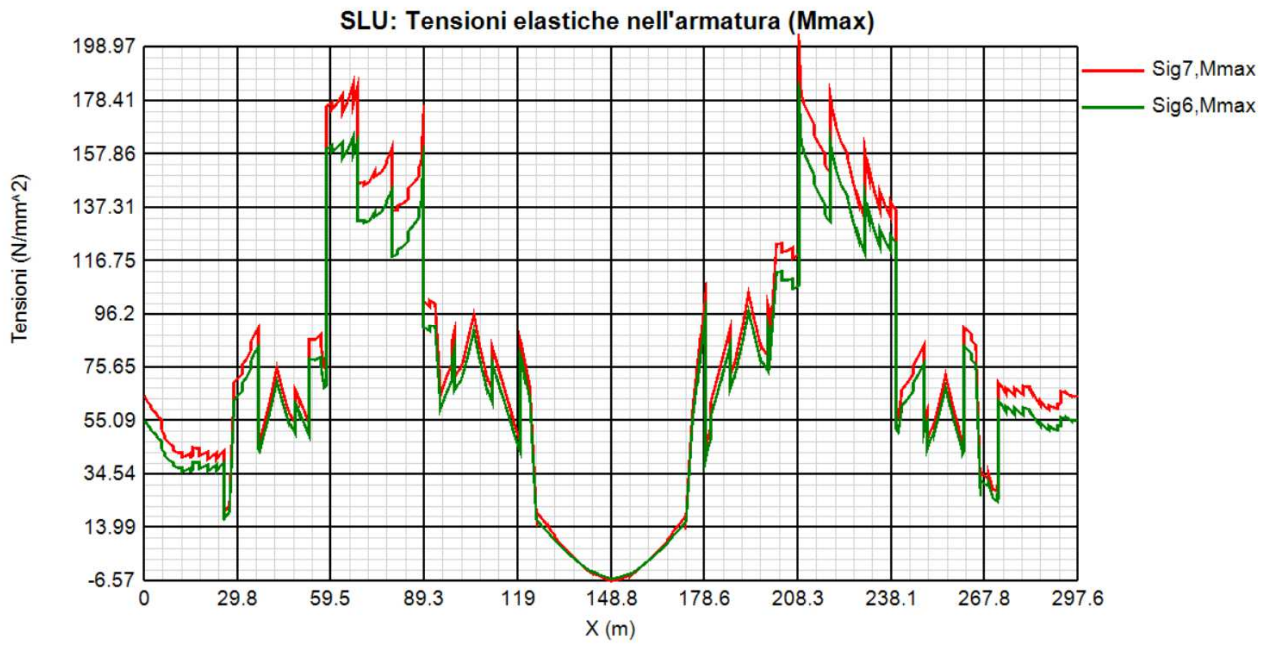


Grafici delle tensioni allo SLU

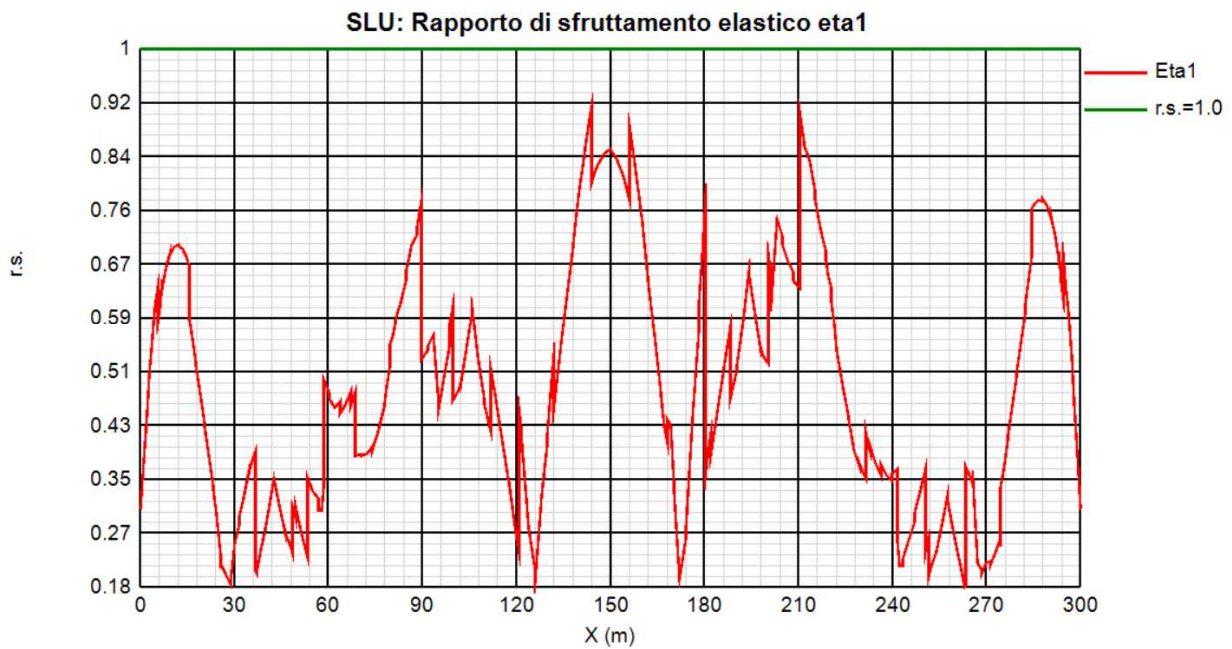
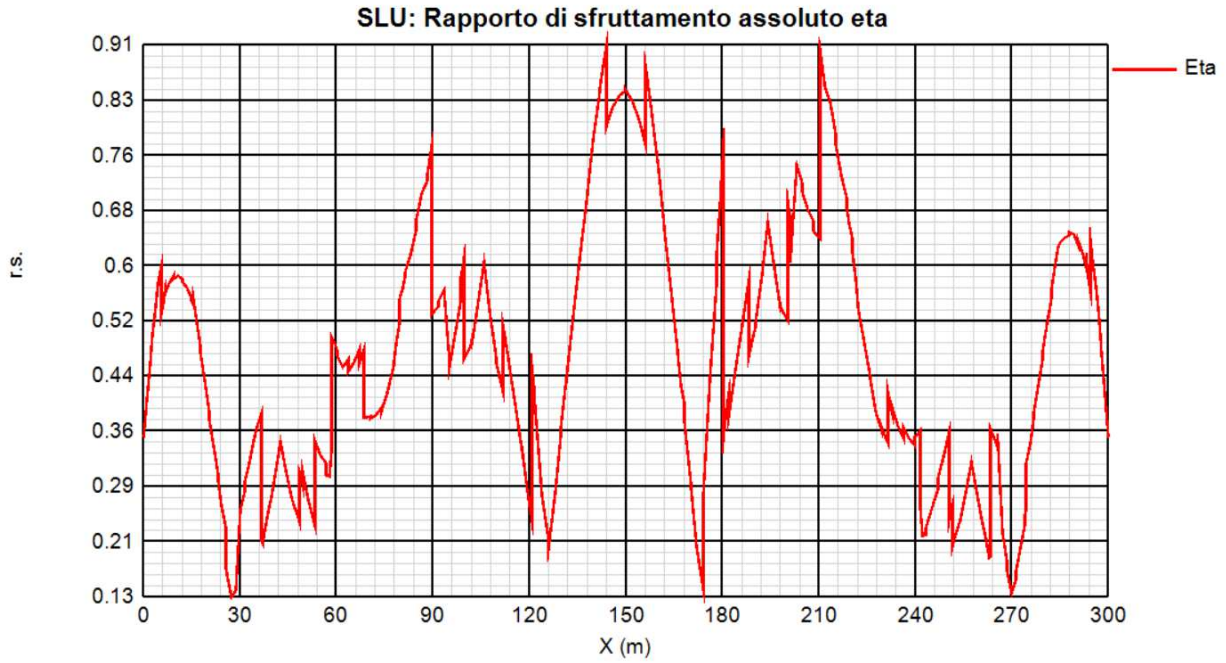
Sig0, Sig01 = tensioni intradosso elemento (punti 0 e 1 della figura)

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

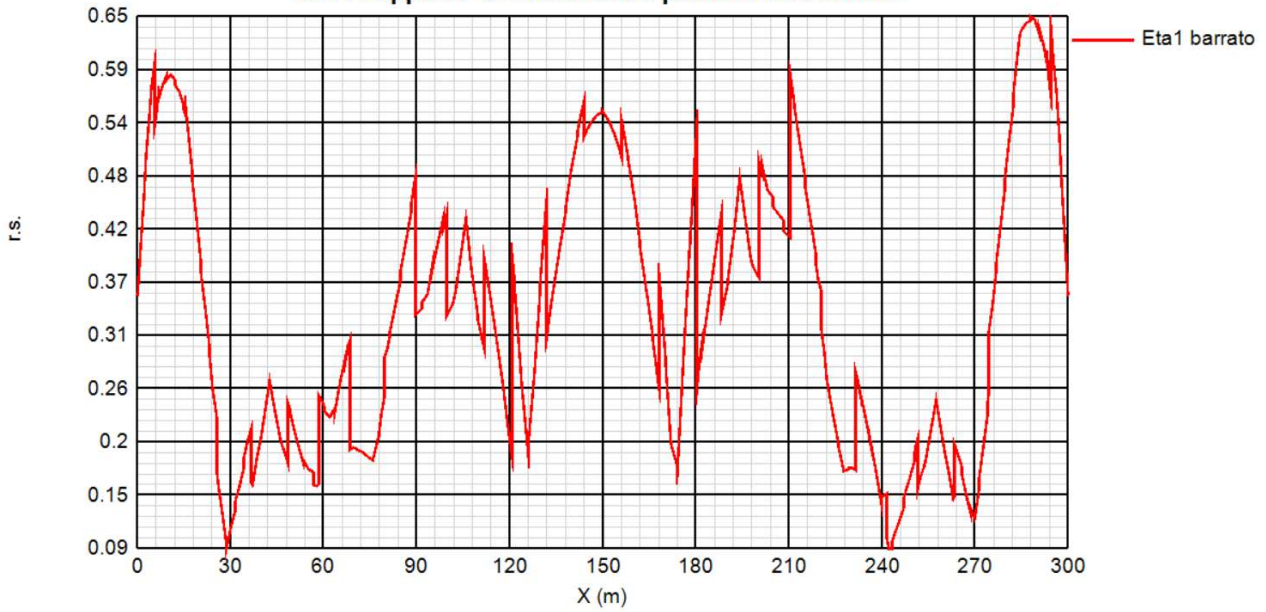




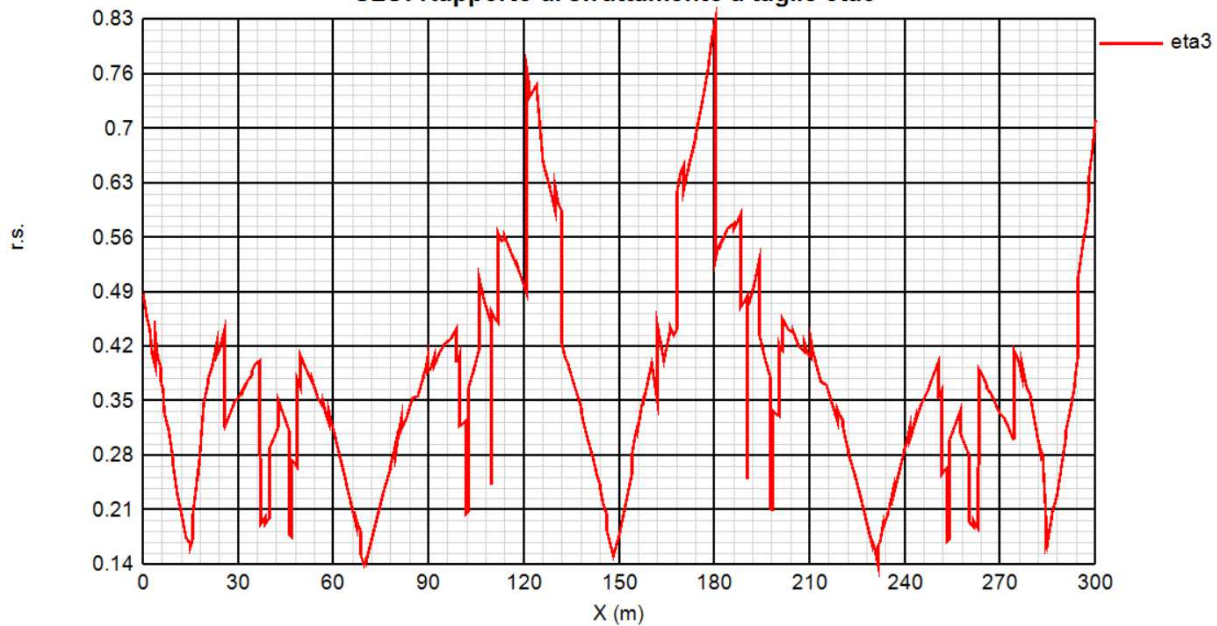
FILO 401 – TRAVE 2



SLU: Rapporto di sfruttamento plastico eta1 barrato



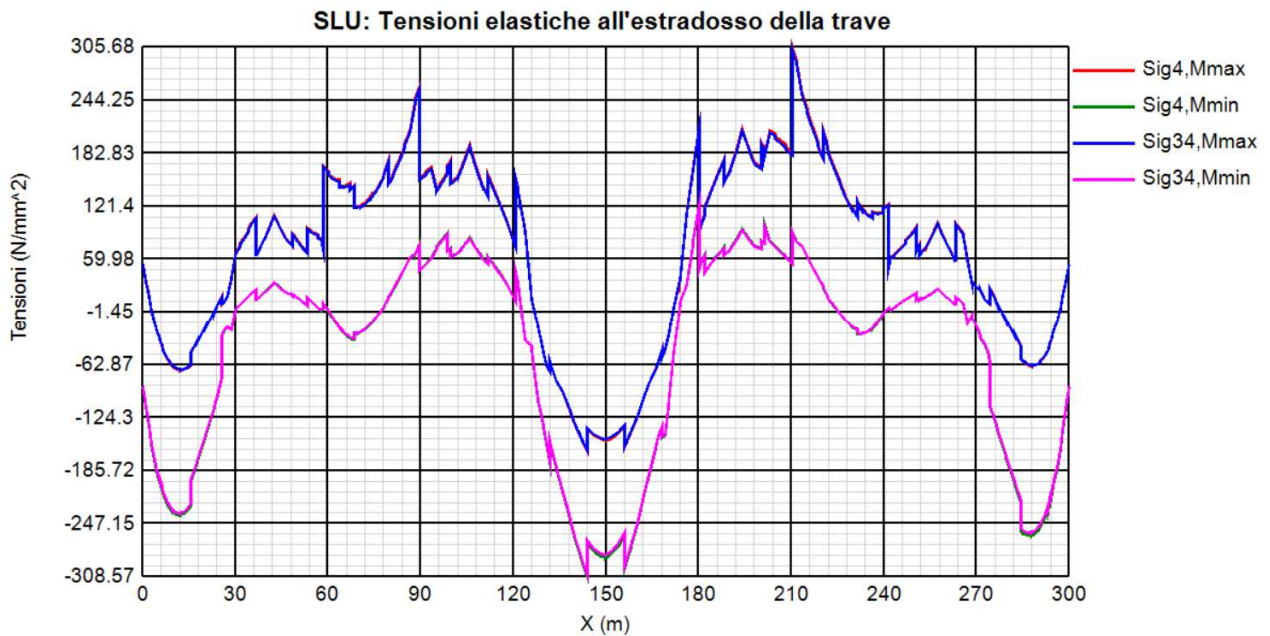
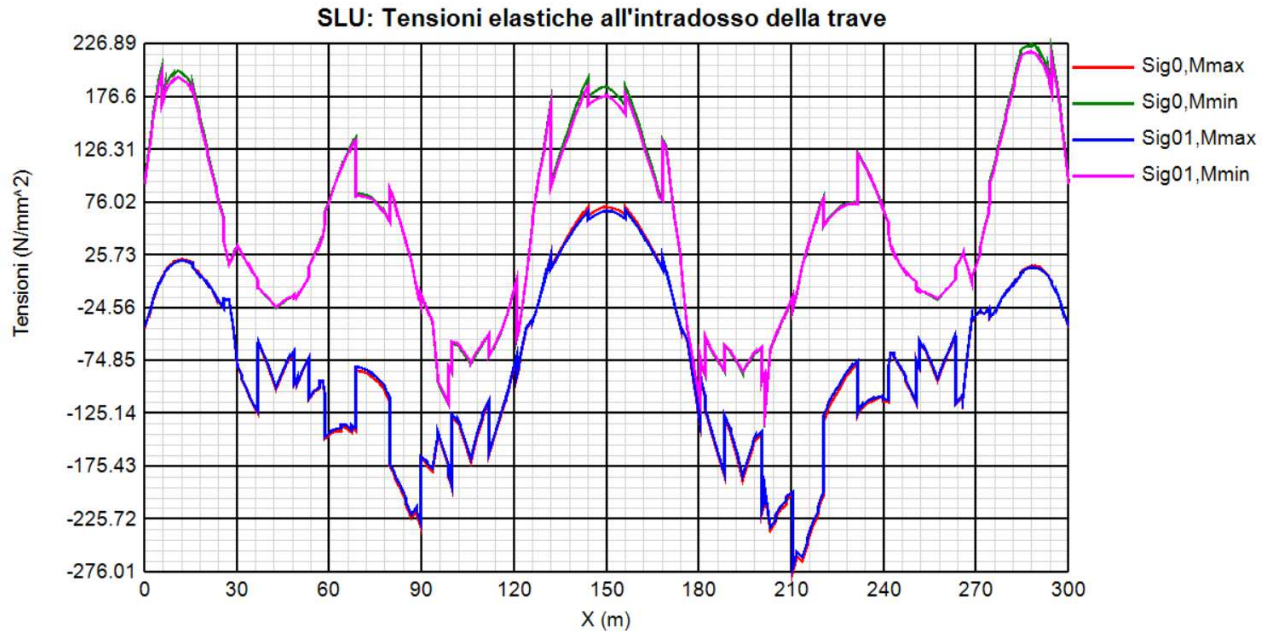
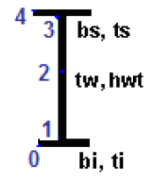
SLU: Rapporto di sfruttamento a taglio eta3

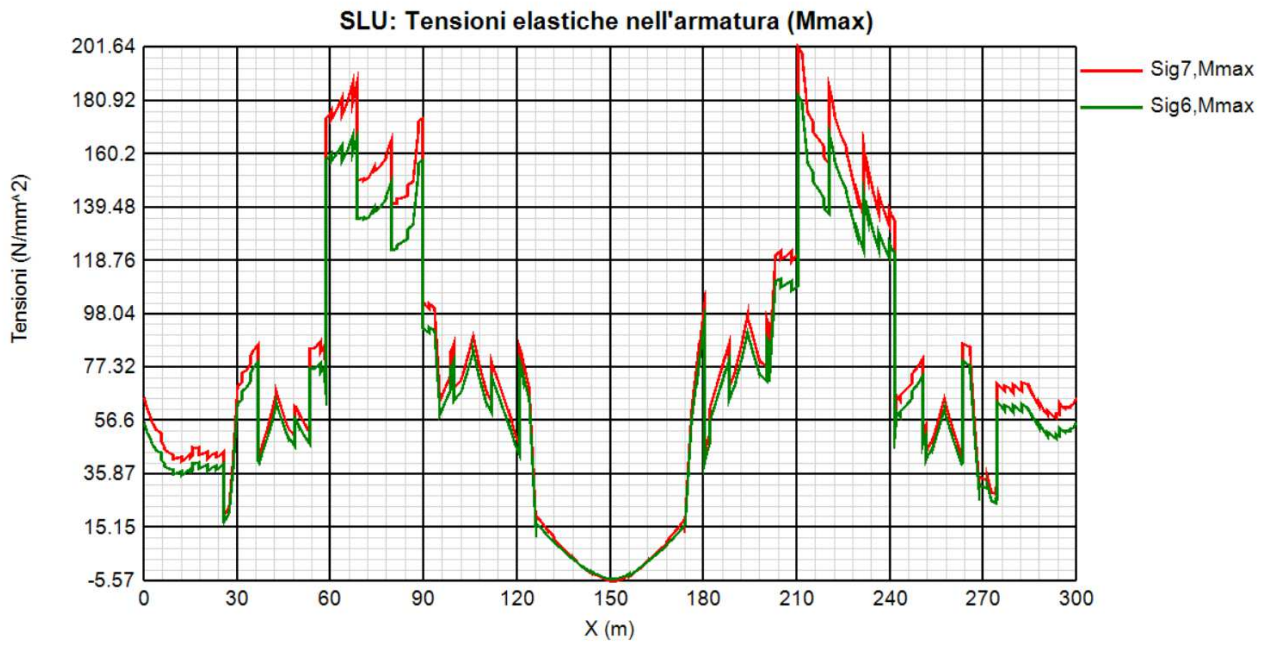


Grafici delle tensioni allo SLU

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

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





Si riportano infine di seguito, a titolo puramente illustrative alcune delle verifiche estese per le sezioni resistenti più significative delle travi principali; per le verifiche estese di tutti i conci si rimanda, per ovvie esigenze di computazionali, agli allegati di calcolo su supporto informatico.

Sezione T1N001I T1N001I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2000 mm
Piattabanda superiore	600x30 mm
Piattabanda inferiore	1000x50 mm
Anima	20x1920 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5350x240 mm
Raccordo	600x30 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	1937 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x24 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.064E+5	2.006E+5	2.006E+5	2.006E+5	3.238E+5	1.232E+5
z _G (mm)	712.068	1385.049	1385.049	1385.049	1676.248	904.815
J _y (mm ⁴)	6.799E+10	1.712E+11	1.712E+11	1.712E+11	2.164E+11	9.711E+10
W _{y,0} (mm ³)	-9.548E+7	-1.236E+8	-1.236E+8	-1.236E+8	-1.291E+8	-1.073E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.027E+8	-1.282E+8	-1.282E+8	-1.282E+8	-1.331E+8	-1.136E+8
W _{y,3} (mm ³)	5.405E+7	2.926E+8	2.926E+8	2.926E+8	7.368E+8	9.117E+7
W _{y,4} (mm ³)	5.279E+7	2.783E+8	2.783E+8	2.783E+8	6.685E+8	8.867E+7
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	2.654E+8	2.654E+8	2.654E+8	6.118E+8	8.631E+7
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	2.654E+8	2.654E+8	2.654E+8	6.118E+8	8.631E+7
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	2.05E+8	2.05E+8	2.05E+8	3.98E+8	7.384E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.934E+8	1.934E+8	1.934E+8	3.645E+8	7.114E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.435E+7	6.8E+7	6.8E+7	6.8E+7	8.256E+7	4.399E+7
S _{y,2} (mm ³)	3.874E+7	8.583E+7	8.583E+7	8.583E+7	1.09E+8	5.13E+7
S _{y,3} (mm ³)	2.291E+7	8.24E+7	8.24E+7	8.24E+7	1.081E+8	3.995E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	7.161E+7	7.161E+7	7.161E+7	1.026E+8	2.051E+7
n _E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	1E+300

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	9.45E+5	-1E+2	0E+00
2a	0E+00	5.05E+5	1E+3	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit. Iso	0E+00	0	0E+00	0

2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	2.92E+5	4.75E+6	0E+00
Term.Iso	4.38E+6	0	2.08E+6	0
3b	7.3E+3	1.46E+6	2.07E+4	0E+00
Totale	4.39E+6	3.2E+6	6.84E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	96	442.2	0.2	-1.25	1
Piattabanda superiore	9.67				1
Piattabanda inferiore	9.8				3
classe della sezione					3

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.389E+6	M _{Ed} (Nm)	6.844E+6	N _{Ed} (N)	4.389E+6
N _{Rd} (N)	4.16E+7	M _{Rd} (Nm)	3.481E+7	M _{Ed} (Nm)	6.844E+6
				M _{Rd} (Nm)	3.011E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.106	M _{Ed} /M _{Rd}	0.197	M _{Ed} /M _{Rd}	0.227

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	0	0	0	0	0	0	1.6	0	0	0	0	0
σ ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	30.7	64.3	0.1	0.3	64.6	0.165
σ ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	24.7	55	0.1	0.3	55.3	0.141
σ ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0
σ ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	23.7	53.5	0.1	0.3	53.8	0.159
σ ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	22.8	52.1	0.1	0.3	52.4	0.155
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	13.5	0	0	0.1	0.1	0
σ ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	-37.7	-41.8	-0.1	-0.1	-41.9	0.131
σ ₀	0	0	0	0	0	0	0	0	-39.3	-44.2	-0.1	-0.1	-44.4	0.139

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.165 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.64 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: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=96 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 84.269 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 8.586E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.009, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.216E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 41.73, \quad K_\tau = 16.074$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 7.55E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 1.219E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w = 1.055, \quad \lambda_w = 0.787, \quad \tau_{cr} = 331.4, \quad C = 583.4$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 4.773E+6 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = 1.864E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed} / M_{f,Rd} = 0.256$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 8.995E+6 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 8.586E+6 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.373, \quad (= \Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.424, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.165$$

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)
1	0E+00	1.28E+6	-1E+2	0E+00
2a	0E+00	4.67E+5	6E+2	0E+00
2b	0E+00	-4.54E+5	-6.25E+6	0E+00
Rit.Iso	-5.55E+6	0	-4.24E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-2.92E+5	-4.75E+6	0E+00
Term.Iso	-4.38E+6	0	-2.08E+6	0
3b	-7.3E+3	6.75E+5	-1.82E+4	0E+00
Totale	-9.94E+6	1.67E+6	-1.73E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	96	1794.74	0.09	-1.07	1
Piattabanda superiore	9.67				1
Piattabanda inferiore	9.8				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-9.938E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.733E+7	N _{Ed} (N)	-9.938E+6
N _{Rd} (N)	-6.544E+7	M _{Rd} (Nm)	-4.883E+7	M _{Ed} (Nm)	-1.733E+7
				M _{Rd} (Nm)	-5.161E+7
N _{Ed} / N _{Rd}	0.152	M _{Ed} / M _{Rd}	0.355	M _{Ed} / M _{Rd}	0.336

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	0	0	-0.6	0	0	0	-0.6	-1.6	0	0	0	-2.2	0.12
σ ₇	0	0	0	-78.8	-84.6	0	0	-78.8	-30.7	-64.3	-0.1	-0.3	-109.6	0.28
σ ₆	0	0	0	-67.2	-72.4	0	0	-67.2	-24.7	-55	-0.1	-0.3	-91.9	0.235
σ ₅	0	0	0	0.3	0	0	0	0.3	-0.4	0	0	0	-0.2	0.009
σ ₄	0	0	0	-65.4	-70.4	0	0	-65.4	-23.7	-53.5	0	-0.3	-89.1	0.264
σ ₃	0	0	0	-63.5	-68.5	0	0	-63.5	-22.8	-52.1	0	-0.3	-86.4	0.255

σ_2	0	0	0	-27.7	0	0	0	-27.7	-13.5	0	0	-0.1	-41.2	0.122
σ_1	0	0	0	54.2	55	0	0	54.2	37.7	41.8	0.1	0.1	92	0.288
σ_0	0	0	0	57.2	58.2	0	0	57.2	39.3	44.2	0.1	0.1	96.6	0.303

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.303 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.61 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.27 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 = -2.25 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.18 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

$$h_w/t_w=96 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 84.269 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

 Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 8.586E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.009, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.216E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 41.73, \quad K_\tau = 16.074$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 7.55E+6 \text{ N}, \quad \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 1.05E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w = 1.055, \quad \lambda_w = 0.787, \quad \tau_{cr} = 331.4, \quad C = 583.4$$

$$M_{Ed} = -1.733E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -3.922E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.442$$

 Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 8.995E+6$ N**

 Resistenza a taglio: **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 8.586E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.195, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.221, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.336$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	1.28E+6	-1E+2	0E+00
2a	0E+00	6.6E+5	9E+2	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	2.92E+5	4.75E+6	0E+00
Term.Iso	4.38E+6	0	2.08E+6	0
3b	7.3E+3	2.1E+6	9.5E+3	0E+00
Totale	4.39E+6	4.33E+6	6.83E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica
Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	96	442.2	0.2	-1.25	1
Piattabanda superiore	9.67				1
Piattabanda inferiore	9.8				3

classe della sezione					3
Analisi plastica: NON APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.389E+6	M _{Ed} (Nm)	6.832E+6	N _{Ed} (N)	4.389E+6
N _{Rd} (N)	4.16E+7	M _{Rd} (Nm)	3.481E+7	M _{Ed} (Nm)	6.832E+6
				M _{Rd} (Nm)	3.011E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.106	M _{Ed} /M _{Rd}	0.196	M _{Ed} /M _{Rd}	0.227
VERIFICA NON SIGNIFICATIVA					

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	0	0	0	0	0
σ ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	30.7	64.3	0	0.2	64.5	0.165
σ ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	24.7	55	0	0.2	55.2	0.141
σ ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0
σ ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	23.7	53.5	0	0.2	53.7	0.159
σ ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	22.8	52.1	0	0.2	52.2	0.154
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	13.5	0	0	0.1	0.1	0
σ ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	-37.7	-41.8	0	0	-41.8	0.131
σ ₀	0	0	0	0	0	0	0	0	-39.3	-44.2	-0.1	0	-44.3	0.139

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.165 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.63 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: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w=96 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 84.269 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=8.586E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=1.009, \quad \eta=1.2, \quad I_{sl}=1.216E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl}=41.73, \quad K_\tau=16.074$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=7.55E+6 \text{ N}, \quad \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=1.22E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w=1.055, \quad \lambda_w=0.787, \quad \tau_{cr}=331.4, \quad C=583.4$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=4.762E+6 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd}=1.864E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.255$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=8.995E+6 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=8.586E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.504, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.574, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.165$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	9.45E+5	-1E+2	0E+00
2a	0E+00	3.12E+5	7E+2	0E+00
2b	0E+00	-4.54E+5	-6.25E+6	0E+00
Rit.Iso	-5.55E+6	0	-4.24E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-2.92E+5	-4.75E+6	0E+00
Term.Iso	-4.38E+6	0	-2.08E+6	0
3b	-7.3E+3	-3.21E+5	-1E+3	0E+00
Totale	-9.94E+6	1.91E+5	-1.73E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	96	1794.74	0.09	-1.06	1
Piattabanda superiore	9.67				1
Piattabanda inferiore	9.8				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-9.938E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.731E+7	N _{Ed} (N)	-9.938E+6
N _{Rd} (N)	-6.544E+7	M _{Rd} (Nm)	-4.883E+7	M _{Ed} (Nm)	-1.731E+7
				M _{Rd} (Nm)	-5.161E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.152	M _{Ed} /M _{Rd}	0.355	M _{Ed} /M _{Rd}	0.335

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	0	0	-0.6	0	0	0	-0.6	-1.6	0	0	0	-2.2	0.119
σ ₇	0	0	0	-78.8	-84.6	0	0	-78.8	-30.7	-64.3	0	-0.1	-109.5	0.28
σ ₆	0	0	0	-67.2	-72.4	0	0	-67.2	-24.7	-55	0	-0.1	-91.9	0.235
σ ₅	0	0	0	0.3	0	0	0	0.3	-0.4	0	0	0	-0.2	0.009
σ ₄	0	0	0	-65.4	-70.4	0	0	-65.4	-23.7	-53.5	0	-0.1	-89.1	0.264
σ ₃	0	0	0	-63.5	-68.5	0	0	-63.5	-22.8	-52.1	0	-0.1	-86.3	0.255
σ ₂	0	0	0	-27.7	0	0	0	-27.7	-13.5	0	0	-0.1	-41.2	0.122
σ ₁	0	0	0	54.2	55	0	0	54.2	37.7	41.8	0	-0.1	91.9	0.288
σ ₀	0	0	0	57.2	58.2	0	0	57.2	39.3	44.2	0	0	96.5	0.303

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.303 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.61 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.27 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 = -0.17 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
 $h_w/t_w=96 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=84.269$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd}=8.586E+6$ N**

Essendo:

$a/h_w=1.009$, $\eta=1.2$, $I_{sl}=1.216E+8$ (mm⁴), $K_{\tau sl}=41.73$, $K_\tau=16.074$
 contributo anima: $V_{bw,Rd}=7.55E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=1.051E+6$ N
 $\chi_w=1.055$, $\lambda_w=0.787$, $\tau_{cr}=331.4$, $C=583.4$
 $M_{Ed}=-1.731E+7$ Nm, $M_{f,Rd}=-3.922E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.441$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd}=8.995E+6$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=8.586E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.022, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.025, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.335$$

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 T1N022I T1N022I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	5250 mm
Piattabanda superiore	1200x60 mm
Piattabanda inferiore	1140x100 mm
Anima	25x5090 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5650x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x30 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	2900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	4050 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	3.132E+5	4.461E+5	4.461E+5	4.461E+5	5.762E+5	3.644E+5
z _G (mm)	2292.47	3214.826	3214.826	3214.826	3708.512	2724.94
J _y (mm ⁴)	1.481E+12	2.377E+12	2.377E+12	2.377E+12	2.859E+12	1.899E+12
W _{y,0} (mm ³)	-6.46E+8	-7.394E+8	-7.394E+8	-7.394E+8	-7.709E+8	-6.969E+8
W _{y,1} (mm ³)	-6.755E+8	-7.631E+8	-7.631E+8	-7.631E+8	-7.922E+8	-7.235E+8
W _{y,3} (mm ³)	5.111E+8	1.203E+9	1.203E+9	1.203E+9	1.93E+9	7.704E+8

W _{y,4} (mm ³)	5.008E+8	1.168E+9	1.168E+9	1.168E+9	1.855E+9	7.521E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	1.151E+9	1.151E+9	1.151E+9	1.819E+9	7.433E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	1.151E+9	1.151E+9	1.151E+9	1.819E+9	7.433E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	1.054E+9	1.054E+9	1.054E+9	1.623E+9	6.918E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	1.031E+9	1.031E+9	1.031E+9	1.578E+9	6.794E+8
S _{y,1} (mm ³)	2.556E+8	3.608E+8	3.608E+8	3.608E+8	4.171E+8	3.049E+8
S _{y,2} (mm ³)	3.157E+8	4.821E+8	4.821E+8	4.821E+8	5.798E+8	3.911E+8
S _{y,3} (mm ³)	2.108E+8	4.333E+8	4.333E+8	4.333E+8	5.524E+8	3.151E+8
S _{y,4} (mm ³)	-5.96E-8	2.889E+8	2.889E+8	2.889E+8	4.436E+8	1.355E+8
ρE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	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	5.074E+6	5496.13	5520	5472.26
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.972E+7	5375	5467.74	5282.26
Strato di calcestruzzo inferiore	-2.404E+5	5278.87	5277.74	5280
Strato di armatura superiore	1E+7	5470	5472.26	5467.74
Strato di armatura inferiore	1E+7	5280	5282.26	5277.74
Raccordo in cls	0E+00	5265	5280	5250
Flangia superiore della trave di acciaio	2.297E+7	5220	5250	5190
Anima della trave di acciaio	4.302E+7	2645	5190	100
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.637E+7	50	100	0
Compressione ultima per la sezione completa	-1.469E+8			
Trazione ultima per la sezione completa	1.224E+8			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-1.039E+8			
Trazione ultima per la sezione senza anima	7.935E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	9.792	0.838	1	0
Flangia inferiore	5.575	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	203.6	0.814	0.577	-0.939	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	203.6	0.814	0.138	-0.411	1
Compressione semplice (N)	203.6	0.814	1	1	4

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	2.49E+6	2.89E+7	0E+00
2a	0E+00	1.25E+6	1.52E+7	0E+00
2b	0E+00	1.43E+5	5.68E+6	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	8.83E+4	3.5E+6	0E+00
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	8.12E+5	1.87E+6	2.63E+7	0E+00
Totale	8.12E+5	5.85E+6	7.96E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	203.6	2987.62	0.57	-1.13	4
Piattabanda superiore	9.79				1
Piattabanda inferiore	5.58				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	8.116E+5	M _{Ed} (Nm)	7.963E+7	N _{Ed} (N)	8.116E+5
N _{Rd} (N)	1.224E+8	M _{Rd} (Nm)	2.616E+8	M _{Ed} (Nm)	7.963E+7
				M _{Rd} (Nm)	2.61E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.007	M _{Ed} /M _{Rd}	0.304	M _{Ed} /M _{Rd}	0.305

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	0.9	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0	2.8	0	0	0
σ ₇	0	14.5	22	5.4	8.2	0	0	30.2	2.2	5.1	17.6	40.2	75.5	0.193
σ ₆	0	13.2	20.5	4.9	7.6	0	0	28.1	1.9	4.7	15.9	37.6	70.5	0.18
σ ₅	0	0.8	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0	2.5	0	0	0
σ ₄	57.7	13.1	20.3	4.9	7.5	0	0	85.6	1.9	4.7	15.6	37.2	127.4	0.399
σ ₃	56.6	12.7	19.8	4.7	7.4	0	0	83.7	1.8	4.5	15	36.4	124.6	0.391
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	2.2	2.2	0.007
σ ₁	-42.8	-20	-21.1	-7.4	-7.8	0	0	-71.7	-4.4	-4.8	-31.8	-34.1	-110.7	0.347
σ ₀	-44.8	-20.6	-21.9	-7.7	-8.1	0	0	-74.8	-4.5	-5	-32.7	-35.5	-115.3	0.361

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.399 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.22 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.09 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.39 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.87 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: 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	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda superiore DX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	5090	2840	1150	1100
σ _{cr0E} (N/mm ²)	4.58	14.72	89.79	98.14
σ _{sup} (N/mm ²)	124.64	124.64	-6.66	-59.83
σ _{inf} (N/mm ²)	-110.68	-6.66	-59.83	-110.68
ψ	-1.13	-18.71	0.11	0.54
K _σ	27.03	95.68	7.06	5.16
λ _p	1.69	0.5	0.75	0.84
b _c (mm)	2394.12	144.12	1150	1100

b _{c sup} (mm)	1436.47	86.47	679.52	606.67
b _{c sup} (mm)	957.65	57.65	470.48	493.33
ρ _{loc}	0.55	1	1	0.92
D _{ceff} (mm)	1328.22	144.12	1150	1007.93
D _{ceff sup} (mm)	796.93	86.47	679.52	555.89
D _{ceff sup} (mm)	531.29	57.65	470.48	452.04
Φ _{Foro} (mm)	1065.9	0	0	92.07

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c Edge sup}	2.162E+3	2450.9	1.347E+6
A _{c 1}	1.843E+4	2039.1	8.346E+8
A _{c 2}	2.693E+4	1131.9	2.604E+9
A _{c Edge inf}	1.233E+4	346.7	2.501E+8
A _{c tot}	5.985E+4	1297.1	2.859E+10
A _c	5.832E+4		

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff Edge sup}	2.162E+3	2450.9	1.347E+6
A _{c,eff 1}	1.843E+4	2039.1	8.346E+8
A _{c,eff 2}	2.566E+4	1157.3	2.253E+9
A _{c,eff Edge inf}	1.13E+4	326	1.924E+8
A _{c,eff tot}	5.755E+4	1325	2.742E+10
A _{c,eff,loc}	5.705E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmax)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A _{sl} (mm ²)	2.491E+4	3.341E+4	5.832E+4
e _{sl} (mm)	-38.4	-28.6	-32.8
I _{sl} (mm ⁴)	1.446E+8	1.544E+8	3.004E+8
A _{sl,eff} (mm ²)	2.491E+4	3.214E+4	5.705E+4
e _{sl,eff} (mm)	-38.4	-29.7	-33.5
I _{sl,eff} (mm ⁴)	1.446E+8	1.533E+8	2.989E+8
σ _{cr,sl,i} (p)	999.19	829.05	876.06
σ _{cr,p,i} (p)	16598.33	1533.73	1739.19
σ _{cr,sl} (C)	982.39	781.96	
σ _{cr,c} (C)	0	1446.62	
α _e	0.647		

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

	Piastra	Colonna
σ _{cr,p} (p)	1533.73	σ _{cr,c} (C) 0.962
β _{ac} (p)	0.978	β _{ac} (C) 0.486
λ _p	0.476	λ _c 0.835
ρ _p	1	χ _c

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	2.162E+3	2450.9	1.347E+6
1	1.54E+4	2039.1	6.972E+8
2	2.144E+4	1157.3	1.882E+9
Edge inf	1.13E+4	326	1.924E+8
Totale	5.029E+4	1296	2.52E+10

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	-9.559E+3	1302.5	-3.387E+9
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	3.037E+5	4.365E+5	4.365E+5	4.365E+5	5.667E+5	3.548E+5
Z _G (mm)	2323.632	3256.705	3256.705	3256.705	3749.098	2763.263
Δ Z _{Geff} (mm)	-31.16	-41.88	-41.88	-41.88	-40.59	-38.32
J _{y,eff} (mm ⁴)	1.468E+12	2.338E+12	2.338E+12	2.338E+12	2.799E+12	1.876E+12
W _{y,0eff} (mm ³)	-6.317E+8	-7.179E+8	-7.179E+8	-7.179E+8	-7.466E+8	-6.788E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-6.602E+8	-7.406E+8	-7.406E+8	-7.406E+8	-7.671E+8	-7.043E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	5.121E+8	1.209E+9	1.209E+9	1.209E+9	1.943E+9	7.73E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	5.016E+8	1.173E+9	1.173E+9	1.173E+9	1.865E+9	7.543E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	1.155E+9	1.155E+9	1.155E+9	1.828E+9	7.453E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	1.155E+9	1.155E+9	1.155E+9	1.828E+9	7.453E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	1.056E+9	1.056E+9	1.056E+9	1.627E+9	6.93E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	1.033E+9	1.033E+9	1.033E+9	1.581E+9	6.804E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	2.592E+8	3.656E+8	3.656E+8	3.656E+8	4.217E+8	3.093E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	3.112E+8	4.714E+8	4.714E+8	4.714E+8	5.648E+8	3.84E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	2.085E+8	4.247E+8	4.247E+8	4.247E+8	5.388E+8	3.104E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	4.172E-291	2.834E+8	2.834E+8	2.834E+8	4.329E+8	1.335E+8

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	2.7069
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
ΔM _{Fessurata} (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-3.11E+4
ΔM _{Non fessurata} (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-3.294E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	0.9	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0	2.8	0	0	0
σ ₇	0	14.4	22	5.4	8.2	0	0	30.2	2.2	5	17.6	40.2	75.4	0.193
σ ₆	0	13.2	20.5	4.9	7.6	0	0	28.1	1.9	4.7	15.8	37.5	70.3	0.18
σ ₅	0	0.8	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0	2.5	0	0	0
σ ₄	57.6	13	20.2	4.8	7.5	0	0	85.4	1.9	4.6	15.5	37.1	127.1	0.398
σ ₃	56.5	12.6	19.7	4.7	7.3	0	0	83.5	1.8	4.5	15	36.3	124.3	0.39
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	2.3	2.3	0.007
σ ₁	-43.8	-20.6	-21.6	-7.7	-8.1	0	0	-73.5	-4.6	-5	-32.8	-35	-113.5	0.356
σ ₀	-45.8	-21.2	-22.5	-7.9	-8.4	0	0	-76.6	-4.7	-5.2	-33.8	-36.4	-118.2	0.37

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.398 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.22 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.09 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.39 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.86 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

$$h_w/t_w = 203.6 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 98.799 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 1.653E+7$ N

Essendo:

$a/h_w = 0.688$, $\eta = 1.2$, $I_{sl} = 2.782E+8$ (mm⁴), $K_{\tau sl} = 48.689$, $K_{\tau} = 22.096$
 contributo anima: $V_{bw,Rd} = 1.383E+7$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 2.697E+6$ N
 $\chi_w = 0.583$, $\lambda_w = 1.423$, $\tau_{cr} = 101.3$, $C = 968$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 9.59E+7$ Nm, $M_{f,Rd} = 1.925E+8$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.498$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 2.981E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 1.653E+7$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.354, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.423, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.398$$

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)
1	0E+00	1.85E+6	2.14E+7	0E+00
2a	0E+00	6.27E+5	4.38E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-8.83E+4	-3.5E+6	0E+00
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.12E+5	-3.74E+5	-4.64E+6	0E+00
Totale	-8.12E+5	2.01E+6	1.77E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	203.6	3083.64	0.59	-1.4	4
Piattabanda superiore	9.79				1
Piattabanda inferiore	5.58				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-8.116E+5	M_{Ed} (Nm)	1.766E+7	N_{Ed} (N)	-8.116E+5
N_{Rd} (N)	-1.469E+8	M_{Rd} (Nm)	2.616E+8	M_{Ed} (Nm)	1.766E+7
				M_{Rd} (Nm)	2.621E+8
N_{Ed}/N_{Rd}	0.006	M_{Ed}/M_{Rd}	0.068	M_{Ed}/M_{Rd}	0.067

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	0	0.3	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	-0.7	0	-0.8	0.041
σ_7	0	4.2	6.3	0	0	0	0	6.3	-2.2	-5.1	-4.3	-8.9	-2.3	0.006
σ_6	0	3.8	5.9	0	0	0	0	5.9	-1.9	-4.7	-4	-8.5	-2.1	0.005
σ_5	0	0.2	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	-0.6	0	-0.7	0.037
σ_4	42.8	3.7	5.8	0	0	0	0	48.6	-1.9	-4.7	-3.9	-8.4	40.7	0.128
σ_3	41.9	3.6	5.7	0	0	0	0	47.6	-1.8	-4.5	-3.8	-8.3	39.9	0.125
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.4	-2.2	-1.4	0.004
σ_1	-31.7	-5.7	-6.1	0	0	0	0	-37.8	4.4	4.8	4.4	4.2	-28.6	0.09
σ_0	-33.2	-5.9	-6.3	0	0	0	0	-39.4	4.5	5	4.6	4.4	-29.9	0.094

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.128 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.26 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.23 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.77 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.69 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	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda superiore DX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	5090	2840	1150	1100
σ_{cr0E} (N/mm ²)	4.58	14.72	89.79	98.14
σ_{sup} (N/mm ²)	39.92	39.92	1.7	-13.78
σ_{inf} (N/mm ²)	-28.58	1.7	-13.78	-28.58
ψ	-1.4	23.52	-0.12	0.48
K_σ	34.35	1E+50	8.73	5.35
λ_p	1.5	0	0.67	0.82
b_c (mm)	2123.88	0	1023.88	1100
$b_{c, sup}$ (mm)	1274.33	0	614.33	613.05
$b_{c, sup}$ (mm)	849.55	0	409.55	486.95
ρ_{loc}	0.63	1	1	0.93
b_{ceff} (mm)	1331.28	0	1023.88	1026.33
$b_{ceff, sup}$ (mm)	798.77	0	614.33	571.99
$b_{ceff, sup}$ (mm)	532.51	0	409.55	454.34
ϕ_{Foro} (mm)	792.6	0	0	73.67

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

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge sup}$	1.536E+4	1916.7	4.83E+8
$A_{c, 1}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, 2}$	2.557E+4	1098.3	2.228E+9
$A_{c, Edge inf}$	1.217E+4	343.5	2.406E+8
$A_{c, tot}$	5.31E+4	1161.9	1.996E+10
A_c	3.205E+4		

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

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff, Edge sup}$	1.536E+4	1916.7	4.83E+8
$A_{c,eff, 1}$	0E+00	0	0E+00

$A_{c,eff\ 2}$	2.454E+4	1118.8	1.97E+9
$A_{c,eff\ Edge\ inf}$	1.136E+4	327.2	1.954E+8
$A_{c,eff\ tot}$	5.126E+4	1182.4	1.934E+10
$A_{c,eff,loc}$	3.102E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
$A_{sl}\ (mm^2)$	0E+00	3.205E+4	3.205E+4
$e_{sl}\ (mm)$	0	-29.8	-29.8
$I_{sl}\ (mm^4)$	0E+00	1.532E+8	1.532E+8
$A_{sl,eff}\ (mm^2)$	0E+00	3.102E+4	3.102E+4
$e_{sl,eff}\ (mm)$	0	-30.8	-30.8
$I_{sl,eff}\ (mm^4)$	0E+00	1.522E+8	1.522E+8
$\sigma_{cr,sl,i}\ (p)$	0	857.81	857.81
$\sigma_{cr,p,i}\ (p)$	0	1779.38	1779.38
$\sigma_{cr,sl}\ (C)$	0	808.71	
$\sigma_{cr,c}\ (C)$	0	1677.55	
α_e	0.643		

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

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr,p}\ (p)$	1779.38	$\sigma_{cr,c}\ (C)$ 0.968
$\beta_{ac}\ (p)$	0.968	$\beta_{ac}\ (C)$ 0.453
λ_p	0.439	λ_c 0.855
ρ_p	1	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	1.536E+4	1916.7	4.83E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	2.099E+4	1118.8	1.685E+9
Edge inf	1.136E+4	327.2	1.954E+8
Totale	4.771E+4	1187.2	1.904E+10

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmin)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G\ (mm)$	$\Delta J_y\ (mm^4)$
Anima	-5.39E+3	938.5	-6.232E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
$A\ (mm^2)$	3.079E+5	4.407E+5	4.407E+5	4.407E+5	5.709E+5	3.59E+5
$z_G\ (mm)$	2316.176	3242.67	3242.67	3242.67	3734.667	2751.764
$\Delta z_{Geff}\ (mm)$	-23.71	-27.84	-27.84	-27.84	-26.16	-26.82
$J_{y,eff}\ (mm^4)$	1.47E+12	2.348E+12	2.348E+12	2.348E+12	2.816E+12	1.881E+12
$W_{y,0eff}\ (mm^3)$	-6.348E+8	-7.241E+8	-7.241E+8	-7.241E+8	-7.541E+8	-6.836E+8
$W_{y,1eff}\ (mm^3)$	-6.635E+8	-7.472E+8	-7.472E+8	-7.472E+8	-7.749E+8	-7.093E+8
$W_{y,3eff}\ (mm^3)$	5.116E+8	1.206E+9	1.206E+9	1.206E+9	1.935E+9	7.714E+8
$W_{y,4eff}\ (mm^3)$	5.012E+8	1.17E+9	1.17E+9	1.17E+9	1.859E+9	7.529E+8
$W_{y,5eff}\ (mm^3)$	1E+300	1.153E+9	1.153E+9	1.153E+9	1.823E+9	7.44E+8
$W_{y,6eff}\ (mm^3)$	1E+300	1.153E+9	1.153E+9	1.153E+9	1.823E+9	7.44E+8
$W_{y,7eff}\ (mm^3)$	1E+300	1.054E+9	1.054E+9	1.054E+9	1.623E+9	6.92E+8
$W_{y,8eff}\ (mm^3)$	1E+300	1.031E+9	1.031E+9	1.031E+9	1.578E+9	6.795E+8
$S_{y,1eff}\ (mm^3)$	2.583E+8	3.64E+8	3.64E+8	3.64E+8	4.201E+8	3.08E+8
$S_{y,2eff}\ (mm^3)$	3.123E+8	4.75E+8	4.75E+8	4.75E+8	5.701E+8	3.861E+8
$S_{y,3eff}\ (mm^3)$	2.091E+8	4.276E+8	4.276E+8	4.276E+8	5.436E+8	3.118E+8
$S_{y,4eff}\ (mm^3)$	4.182E-291	2.852E+8	2.852E+8	2.852E+8	4.367E+8	1.341E+8

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del

coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	1.8431
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	2.177E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	2.123E+4

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	0.3	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	-0.7	0	-0.8	0.041
σ_7	0	4.2	6.3	0	0	0	0	6.3	-2.2	-5.1	-4.3	-8.9	-2.3	0.006
σ_6	0	3.8	5.9	0	0	0	0	5.9	-1.9	-4.7	-4	-8.5	-2.1	0.005
σ_5	0	0.2	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	-0.6	0	-0.7	0.037
σ_4	42.7	3.7	5.8	0	0	0	0	48.6	-1.9	-4.6	-3.9	-8.4	40.7	0.128
σ_3	41.9	3.6	5.7	0	0	0	0	47.5	-1.8	-4.5	-3.8	-8.2	39.9	0.125
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.4	-2.3	-1.4	0.004
σ_1	-32.3	-5.9	-6.2	0	0	0	0	-38.5	4.5	4.9	4.5	4.2	-29.1	0.091
σ_0	-33.7	-6	-6.4	0	0	0	0	-40.1	4.6	5.1	4.7	4.5	-30.4	0.095

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.128 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.26 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.23 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.77 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.69 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

$$h_w/t_w = 203.6 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 98.799 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 1.685E+7$ N**

Essendo:

$$a/h_w = 0.688, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 2.782E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 48.689, \quad K_\tau = 22.096$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 1.383E+7 \text{ N}, \quad \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 3.019E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.583, \quad \lambda_w = 1.423, \quad \tau_{cr} = 101.3, \quad C = 968$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 7.563E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = 1.901E+8 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.398$$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 2.981E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 1.685E+7$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.119, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.145, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.128$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	2.49E+6	2.89E+7	0E+00
2a	0E+00	1.25E+6	1.52E+7	0E+00
2b	0E+00	1.43E+5	5.68E+6	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	8.83E+4	3.5E+6	0E+00
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	8.12E+5	2.98E+6	1.9E+7	0E+00
Totale	8.12E+5	6.95E+6	7.23E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	203.6	2987.62	0.57	-1.14	4
Piattabanda superiore	9.79				1
Piattabanda inferiore	5.58				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	8.116E+5	M _{Ed} (Nm)	7.233E+7	N _{Ed} (N)	8.116E+5
N _{Rd} (N)	1.224E+8	M _{Rd} (Nm)	2.616E+8	M _{Ed} (Nm)	7.233E+7
				M _{Rd} (Nm)	2.61E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.007	M _{Ed} /M _{Rd}	0.276	M _{Ed} /M _{Rd}	0.277

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	0.9	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0	2.1	0	0	0
σ ₇	0	14.5	22	5.4	8.2	0	0	30.2	2.2	5.1	13.1	29.7	65	0.166
σ ₆	0	13.2	20.5	4.9	7.6	0	0	28.1	1.9	4.7	11.9	27.8	60.6	0.155
σ ₅	0	0.8	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0	1.9	0	0	0
σ ₄	57.7	13.1	20.3	4.9	7.5	0	0	85.6	1.9	4.7	11.7	27.5	117.7	0.369
σ ₃	56.6	12.7	19.8	4.7	7.4	0	0	83.7	1.8	4.5	11.3	26.9	115.2	0.361
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	2.2	2.2	0.007
σ ₁	-42.8	-20	-21.1	-7.4	-7.8	0	0	-71.7	-4.4	-4.8	-22.6	-24	-100.6	0.315
σ ₀	-44.8	-20.6	-21.9	-7.7	-8.1	0	0	-74.8	-4.5	-5	-23.2	-25	-104.8	0.329

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.369 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.22 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.09 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.67 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.25 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

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

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_ρ	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda superiore DX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	5090	2840	1150	1100
σ_{cr0E} (N/mm ²)	4.58	14.72	89.79	98.14
σ_{sup} (N/mm ²)	115.15	115.15	-5.22	-53.96
σ_{inf} (N/mm ²)	-100.59	-5.22	-53.96	-100.59
ψ	-1.14	-22.06	0.1	0.54
K_σ	27.51	95.68	7.15	5.17
λ_ρ	1.68	0.5	0.74	0.84
b_c (mm)	2373.17	123.17	1150	1100
$b_{c, sup}$ (mm)	1423.9	73.9	680.92	607.11
$b_{c, sup}$ (mm)	949.27	49.27	469.08	492.89
ρ_{loc}	0.56	1	1	0.92
b_{ceff} (mm)	1328.33	123.17	1150	1009.18
$b_{ceff, sup}$ (mm)	797	73.9	680.92	556.99
$b_{ceff, sup}$ (mm)	531.33	49.27	469.08	452.19
ϕ_{Foro} (mm)	1044.84	0	0	90.82

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	1.848E+3	2436.2	8.41E+5
A_c 1	1.825E+4	2034.2	8.111E+8
A_c 2	2.69E+4	1131	2.597E+9
A_c Edge inf	1.232E+4	346.4	2.495E+8
A_c tot	5.933E+4	1286.6	2.785E+10
A_c	5.812E+4		

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff}$ Edge sup	1.848E+3	2436.2	8.41E+5
$A_{c,eff}$ 1	1.825E+4	2034.2	8.111E+8
$A_{c,eff}$ 2	2.565E+4	1156	2.251E+9
$A_{c,eff}$ Edge inf	1.13E+4	326.1	1.926E+8
$A_{c,eff}$ tot	5.706E+4	1314	2.672E+10
$A_{c,eff,loc}$	5.687E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmax)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A_{sl} (mm ²)	2.473E+4	3.338E+4	5.812E+4
e_{sl} (mm)	-38.6	-28.6	-32.9
I_{sl} (mm ⁴)	1.444E+8	1.544E+8	3.002E+8
$A_{sl,eff}$ (mm ²)	2.473E+4	3.213E+4	5.687E+4
$e_{sl,eff}$ (mm)	-38.6	-29.7	-33.6
$I_{sl,eff}$ (mm ⁴)	1.444E+8	1.533E+8	2.987E+8
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	1004.41	829.53	878.45
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	19351.61	1546.24	1742.71
$\sigma_{cr,sl}$ (C)	987.49	782.41	
$\sigma_{cr,c}$ (C)	0	1458.4	
α_e	0.647		

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

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p} (p)$	1546.24	$\sigma_{cr,c} (c)$	0.962
$\beta_{ac} (p)$	0.978	$\beta_{ac} (c)$	0.484
λ_p	0.474	λ_c	0.836
ρ_p	1	χ_c	

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.848E+3	2436.2	8.41E+5
1	1.527E+4	2034.2	6.785E+8
2	2.146E+4	1156	1.882E+9
Edge inf	1.13E+4	326.1	1.926E+8
Totale	4.988E+4	1284.2	2.452E+10

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-9.451E+3	1299.2	-3.318E+9
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	3.038E+5	4.366E+5	4.366E+5	4.366E+5	5.668E+5	3.549E+5
z _G (mm)	2323.367	3256.289	3256.289	3256.289	3748.683	2762.902
Δz_{Geff} (mm)	-30.9	-41.46	-41.46	-41.46	-40.17	-37.96
J _{y,eff} (mm ⁴)	1.468E+12	2.338E+12	2.338E+12	2.338E+12	2.8E+12	1.876E+12
W _{y,0eff} (mm ³)	-6.319E+8	-7.181E+8	-7.181E+8	-7.181E+8	-7.468E+8	-6.79E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-6.603E+8	-7.408E+8	-7.408E+8	-7.408E+8	-7.673E+8	-7.045E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	5.121E+8	1.209E+9	1.209E+9	1.209E+9	1.942E+9	7.729E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	5.016E+8	1.173E+9	1.173E+9	1.173E+9	1.865E+9	7.543E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	1.155E+9	1.155E+9	1.155E+9	1.828E+9	7.453E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	1.155E+9	1.155E+9	1.155E+9	1.828E+9	7.453E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	1.056E+9	1.056E+9	1.056E+9	1.626E+9	6.93E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	1.033E+9	1.033E+9	1.033E+9	1.581E+9	6.804E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	2.592E+8	3.655E+8	3.655E+8	3.655E+8	4.216E+8	3.093E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	3.113E+8	4.715E+8	4.715E+8	4.715E+8	5.649E+8	3.841E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	2.086E+8	4.248E+8	4.248E+8	4.248E+8	5.389E+8	3.104E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	4.172E+291	2.834E+8	2.834E+8	2.834E+8	4.33E+8	1.335E+8

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	2.6582
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-3.081E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-3.26E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	0.9	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0	2.1	0	0	0
σ_7	0	14.4	22	5.4	8.2	0	0	30.2	2.2	5	13.1	29.7	64.9	0.166
σ_6	0	13.2	20.5	4.9	7.6	0	0	28.1	1.9	4.7	11.8	27.7	60.5	0.155

σ_5	0	0.8	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0	1.8	0	0	0
σ_4	57.6	13	20.2	4.8	7.5	0	0	85.4	1.9	4.6	11.6	27.4	117.4	0.368
σ_3	56.5	12.6	19.7	4.7	7.3	0	0	83.5	1.8	4.5	11.2	26.8	114.9	0.36
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	2.3	2.3	0.007
σ_1	-43.8	-20.6	-21.6	-7.7	-8.1	0	0	-73.5	-4.6	-5	-23.3	-24.6	-103.1	0.323
σ_0	-45.8	-21.2	-22.4	-7.9	-8.4	0	0	-76.6	-4.7	-5.2	-24	-25.6	-107.4	0.337

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.368 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.22 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.09 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.66 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 3.23 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 203.6 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 98.799 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 1.666E+7 N**

Essendo:

$$a/h_w = 0.688, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 2.782E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 48.689, \quad K_\tau = 22.096$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 1.383E+7 \text{ N}, \quad \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.827E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.583, \quad \lambda_w = 1.423, \quad \tau_{cr} = 101.3, \quad C = 968$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 8.859E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = 1.925E+8 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.46$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 2.981E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 1.666E+7 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.417, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.503, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.368$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	1.85E+6	2.14E+7	0E+00
2a	0E+00	6.27E+5	4.38E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-8.83E+4	-3.5E+6	0E+00
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-8.12E+5	-5.89E+5	-2.47E+6	0E+00
Totale	-8.12E+5	1.8E+6	1.98E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
--	-----	----------------------	---	---	--------

Anima	203.6	3083.64	0.59	-1.31	4
Piattabanda superiore	9.79				1
Piattabanda inferiore	5.58				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-8.116E+5	M _{Ed} (Nm)	1.983E+7	N _{Ed} (N)	-8.116E+5
N _{Rd} (N)	-1.469E+8	M _{Rd} (Nm)	2.616E+8	M _{Ed} (Nm)	1.983E+7
				M _{Rd} (Nm)	2.621E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.006	M _{Ed} /M _{Rd}	0.076	M _{Ed} /M _{Rd}	0.076

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde
Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	0.3	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	-0.5	0	-0.6	0.03
σ ₇	0	4.2	6.3	0	0	0	0	6.3	-2.2	-5.1	-2.9	-5.8	-0.9	0.002
σ ₆	0	3.8	5.9	0	0	0	0	5.9	-1.9	-4.7	-2.8	-5.6	-0.9	0.002
σ ₅	0	0.2	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	-0.4	0	-0.5	0.027
σ ₄	42.8	3.7	5.8	0	0	0	0	48.6	-1.9	-4.7	-2.7	-5.5	41.9	0.131
σ ₃	41.9	3.6	5.7	0	0	0	0	47.6	-1.8	-4.5	-2.7	-5.4	41	0.129
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.4	-2.2	-1.4	0.004
σ ₁	-31.7	-5.7	-6.1	0	0	0	0	-37.8	4.4	4.8	1.7	1.2	-31.3	0.098
σ ₀	-33.2	-5.9	-6.3	0	0	0	0	-39.4	4.5	5	1.8	1.3	-32.7	0.103

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.131 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.26 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.23 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.56 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.5 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

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	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda superiore DX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	5090	2840	1150	1100
σ _{cr0E} (N/mm ²)	4.58	14.72	89.79	98.14
σ _{sup} (N/mm ²)	41.04	41.04	0.67	-15.68
σ _{inf} (N/mm ²)	-31.32	0.67	-15.68	-31.32
ψ	-1.31	61.45	-0.04	0.5
K _σ	31.92	1E+50	8.1	5.29
λ _p	1.56	0	0.7	0.83
b _c (mm)	2203.02	0	1103.02	1100
b _{c sup} (mm)	1321.81	0	661.81	611.04

b _{c sup} (mm)	881.21	0	441.21	488.96
ρ _{loc}	0.6	1	1	0.93
b _{ceff} (mm)	1329.96	0	1103.02	1020.38
b _{ceff sup} (mm)	797.98	0	661.81	566.81
b _{ceff sup} (mm)	531.98	0	441.21	453.57
Ø _{Foro} (mm)	873.05	0	0	79.62

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _c Edge sup	1.655E+4	1972.1	6.039E+8
A _c 1	0E+00	0	0E+00
A _c 2	2.631E+4	1115.1	2.427E+9
A _c Edge inf	1.222E+4	344.5	2.435E+8
A _c tot	5.508E+4	1201.5	2.227E+10
A _c	3.279E+4		

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff} Edge sup	1.655E+4	1972.1	6.039E+8
A _{c,eff} 1	0E+00	0	0E+00
A _{c,eff} 2	2.52E+4	1137.2	2.134E+9
A _{c,eff} Edge inf	1.134E+4	326.8	1.944E+8
A _{c,eff} tot	5.308E+4	1224.3	2.151E+10
A _{c,eff,loc}	3.168E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A _{sl} (mm ²)	0E+00	3.279E+4	3.279E+4
e _{sl} (mm)	0	-29.2	-29.2
I _{sl} (mm ⁴)	0E+00	1.539E+8	1.539E+8
A _{sl,eff} (mm ²)	0E+00	3.168E+4	3.168E+4
e _{sl,eff} (mm)	0	-30.2	-30.2
I _{sl,eff} (mm ⁴)	0E+00	1.528E+8	1.528E+8
σ _{cr,sl,i} (p)	0	841.94	841.94
σ _{cr,p,i} (p)	0	1681.58	1681.58
σ _{cr,sl} (C)	0	793.96	
σ _{cr,c} (C)	0	1585.75	
α _e	0.645		

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

	Piastra	Colonna
σ _{cr,p} (p)	1681.58	σ _{cr,c} (C) 0.966
β _{ac} (p)	0.966	β _{ac} (C) 0.465
λ _p	0.452	λ _c 0.848
ρ _p	1	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	1.655E+4	1972.1	6.039E+8
1	0E+00	0	0E+00
2	2.136E+4	1137.2	1.809E+9
Edge inf	1.134E+4	326.8	1.944E+8
Totale	4.925E+4	1231.1	2.115E+10

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA(mm ²)	z _G (mm)	ΔJ _y (mm ⁴)
Anima	-5.828E+3	951.4	-7.136E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	3.074E+5	4.402E+5	4.402E+5	4.402E+5	5.704E+5	3.585E+5
Z _G (mm)	2317.891	3244.788	3244.788	3244.788	3736.679	2753.766
Δ Z _{Geff} (mm)	-25.42	-29.96	-29.96	-29.96	-28.17	-28.83
J _{y,eff} (mm ⁴)	1.47E+12	2.346E+12	2.346E+12	2.346E+12	2.813E+12	1.88E+12
W _{y,0eff} (mm ³)	-6.34E+8	-7.23E+8	-7.23E+8	-7.23E+8	-7.529E+8	-6.826E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-6.626E+8	-7.46E+8	-7.46E+8	-7.46E+8	-7.736E+8	-7.083E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	5.117E+8	1.206E+9	1.206E+9	1.206E+9	1.936E+9	7.716E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	5.012E+8	1.17E+9	1.17E+9	1.17E+9	1.859E+9	7.53E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	1.153E+9	1.153E+9	1.153E+9	1.823E+9	7.441E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	1.153E+9	1.153E+9	1.153E+9	1.823E+9	7.441E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	1.054E+9	1.054E+9	1.054E+9	1.623E+9	6.92E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	1.031E+9	1.031E+9	1.031E+9	1.578E+9	6.795E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	2.585E+8	3.642E+8	3.642E+8	3.642E+8	4.203E+8	3.082E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	3.121E+8	4.745E+8	4.745E+8	4.745E+8	5.694E+8	3.858E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	2.09E+8	4.272E+8	4.272E+8	4.272E+8	5.43E+8	3.116E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	4.179E-291	2.849E+8	2.849E+8	2.849E+8	4.362E+8	1.34E+8

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	2.0223
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
ΔM _{Fessurata} (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	2.34E+4
ΔM _{Non fessurata} (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	2.286E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	0.3	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	-0.5	0	-0.6	0.03
σ ₇	0	4.2	6.3	0	0	0	0	6.3	-2.2	-5.1	-2.9	-5.8	-0.9	0.002
σ ₆	0	3.8	5.9	0	0	0	0	5.9	-1.9	-4.7	-2.8	-5.6	-0.9	0.002
σ ₅	0	0.2	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	-0.4	0	-0.5	0.027
σ ₄	42.7	3.7	5.8	0	0	0	0	48.6	-1.9	-4.6	-2.7	-5.5	41.9	0.131
σ ₃	41.9	3.6	5.7	0	0	0	0	47.5	-1.8	-4.5	-2.7	-5.4	41	0.128
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.4	-2.3	-1.4	0.004
σ ₁	-32.3	-5.9	-6.2	0	0	0	0	-38.5	4.5	4.9	1.7	1.2	-31.9	0.1
σ ₀	-33.8	-6.1	-6.4	0	0	0	0	-40.2	4.6	5.1	1.8	1.3	-33.4	0.105

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.131 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.26 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.23 N/mm²
La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.56 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.5 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 203.6 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 98.799 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 1.682E+7 \text{ N}$

Essendo:

$a/h_w = 0.688$, $\eta = 1.2$, $I_{sl} = 2.782E+8 \text{ (mm}^4\text{)}$, $K_{\tau,sl} = 48.689$, $K_{\tau} = 22.096$
 contributo anima: $V_{bw,Rd} = 1.383E+7 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 2.986E+6 \text{ N}$
 $\chi_w = 0.583$, $\lambda_w = 1.423$, $\tau_{cr} = 101.3$, $C = 968$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 7.781E+7 \text{ Nm}$, $M_{f,Rd} = 1.901E+8 \text{ Nm}$, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.409$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 2.981E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 1.682E+7 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.107, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.13, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.131$$

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 T1N035I T1N035I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2750 mm
Piattabanda superiore	800x40 mm
Piattabanda inferiore	1130x90 mm
Anima	22x2620 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 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	3500 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.913E+5	2.959E+5	2.959E+5	2.959E+5	4.422E+5	2.041E+5
z _G (mm)	902.229	1607.152	1607.152	1607.152	2034.906	1025.631
J _y (mm ⁴)	2.29E+11	4.986E+11	4.986E+11	4.986E+11	6.629E+11	2.757E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.538E+8	-3.102E+8	-3.102E+8	-3.102E+8	-3.258E+8	-2.688E+8
W _{y,1} (mm ³)	-2.819E+8	-3.286E+8	-3.286E+8	-3.286E+8	-3.409E+8	-2.946E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.267E+8	4.521E+8	4.521E+8	4.521E+8	9.82E+8	1.637E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.239E+8	4.363E+8	4.363E+8	4.363E+8	9.27E+8	1.599E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.251E+8	4.251E+8	4.251E+8	8.897E+8	1.571E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.251E+8	4.251E+8	4.251E+8	8.897E+8	1.571E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.658E+8	3.658E+8	3.658E+8	7.089E+8	1.418E+8

$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	3.529E+8	3.529E+8	3.529E+8	6.73E+8	1.382E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	8.718E+7	1.589E+8	1.589E+8	1.589E+8	2.024E+8	9.973E+7
$S_{y,2}$ (mm ³)	9.444E+7	1.842E+8	1.842E+8	1.842E+8	2.44E+8	1.094E+8
$S_{y,3}$ (mm ³)	5.849E+7	1.708E+8	1.708E+8	1.708E+8	2.39E+8	7.815E+7
$S_{y,4}$ (mm ³)	0E+00	1.349E+8	1.349E+8	1.349E+8	2.167E+8	2.361E+7
n_E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	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	5.913E+6	2995.25	3020	2970.5
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	2.258E+7	2875	2969.5	2780.5
Strato di calcestruzzo inferiore	-6.005E+4	2779.75	2779.5	2780
Strato di armatura superiore	2.498E+6	2970	2970.5	2969.5
Strato di armatura inferiore	2.498E+6	2780	2780.5	2779.5
Raccordo in cls	0E+00	2765	2780	2750
Flangia superiore della trave di acciaio	1.082E+7	2730	2750	2710
Anima della trave di acciaio	1.949E+7	1400	2710	90
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.245E+7	45	90	0
Compressione ultima per la sezione completa	-9.618E+7			
Trazione ultima per la sezione completa	6.775E+7			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-7.669E+7			
Trazione ultima per la sezione senza anima	4.826E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ϵ	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	9.725	0.814	1	0
Flangia inferiore	6.156	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ϵ	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	119.091	0.814	0.073	-1.8	1
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	119.091	0.814	0.197	-0.347	1
Compressione semplice (N)	119.091	0.814	1	1	4

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-3.62E+5	-1.5E+6	0E+00
2a	0E+00	-9.02E+4	-7.78E+5	0E+00
2b	0E+00	1.05E+5	8.58E+6	0E+00
Rit.Iso	-5.51E+6	0	-7.12E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	6.47E+4	4.81E+6	0E+00
Term.Iso	-4.4E+6	0	-3.81E+6	0
3b	-1.42E+6	-3.54E+5	9.54E+6	0E+00
Totale	-1.13E+7	-6.37E+5	9.72E+6	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	119.09	1043.51	0.36	-1.52	3
Piattabanda superiore	9.72				1
Piattabanda inferiore	6.16				1

classe della sezione					3
Analisi plastica: NON APPLICABILE					

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-1.133E+7	M _{Ed} (Nm)	9.722E+6	N _{Ed} (N)	-1.133E+7
N _{Rd} (N)	-9.618E+7	M _{Rd} (Nm)	6.919E+7	M _{Ed} (Nm)	9.722E+6
				M _{Rd} (Nm)	8.474E+7
N _{Ed} /N _{Rd}	0.118	M _{Ed} /M _{Rd}	0.141	M _{Ed} /M _{Rd}	0.115
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	2.7	0	0	0	0	1.6	0	1.7	0	0	0
σ ₇	0	-2.1	-5.5	-14.6	60.5	0	0	55	-8.5	33.9	10.2	60.3	149.3	0.381
σ ₆	0	-1.8	-5	-15.2	54.6	0	0	49.7	-8.8	30.6	7.5	53.8	134	0.342
σ ₅	0	-0.1	0	2.7	0	0	0	0	1.5	0	1.2	0	0	0
σ ₄	-12.1	-1.8	-4.9	-15.3	53.7	0	0	36.7	-8.9	30.1	7.1	52.7	119.5	0.353
σ ₃	-11.9	-1.7	-4.8	-15.4	52.4	0	0	35.8	-8.9	29.4	6.5	51.3	116.5	0.345
σ ₂	0	0	0	-18.6	0	0	0	0	-10	0	-3.2	-7	-7	0.021
σ ₁	5.3	2.4	2.6	-23.1	-29.1	0	0	-21.2	-12.9	-16.3	-31.2	-39.4	-76.8	0.241
σ ₀	5.9	2.5	2.9	-23.3	-31.9	0	0	-23.1	-13	-17.9	-32.5	-42.5	-83.5	0.262

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.381 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.61 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.59 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.89 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.27 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

$$h_w/t_w=119.091 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 72.086 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd}=9.951E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w=1.336, \quad \eta=1.2, \quad I_{sl}=1.29E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl}=15.907, \quad K_\tau=11.762$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=7.814E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=2.137E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.728, \quad \lambda_w=1.141, \quad \tau_{cr}=157.6, \quad C=1195.3$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=1.91E+7 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=6.595E+7 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.29$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd}=1.35E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd}=min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=9.951E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.064, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.082, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.381$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Mmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-4.89E+5	-2.03E+6	0E+00
2a	0E+00	-8.57E+4	-1.92E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-6.47E+4	-4.81E+6	0E+00
Term.Iso	4.4E+6	0	3.81E+6	0
3b	1.42E+6	-6.28E+4	-1.93E+7	0E+00
Totale	5.82E+6	-7.03E+5	-2.43E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	119.09	2584.57	0.05	-3.09	1
Piattabanda superiore	9.72				1
Piattabanda inferiore	6.16				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	5.823E+6	M _{Ed} (Nm)	-2.427E+7	N _{Ed} (N)	5.823E+6
N _{Rd} (N)	6.775E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.165E+8	M _{Ed} (Nm)	-2.427E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.144E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.086	M _{Ed} /M _{Rd}	0.208	M _{Ed} /M _{Rd}	0.212

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	-0.3	0	0	0	0	0	-0.3	-1.6	0	-4	0	-5.9	0.312
σ ₇	0	-5.2	-13.5	0	0	0	0	-5.2	8.5	-33.9	-24	-129.3	-20.7	0.053
σ ₆	0	-4.5	-12.2	0	0	0	0	-4.5	8.8	-30.6	-18.5	-116	-14.2	0.036
σ ₅	0	-0.3	0	0	0	0	0	-0.3	-1.5	0	-2.9	0	-4.7	0.248
σ ₄	-16.4	-4.4	-12	0	0	0	0	-20.8	8.9	-30.1	-17.6	-113.9	-29.5	0.087
σ ₃	-16	-4.2	-11.7	0	0	0	0	-20.3	8.9	-29.4	-16.5	-111.1	-27.8	0.082
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	3.2	7	13.2	0.039
σ ₁	7.2	5.8	6.5	0	0	0	0	13	12.9	16.3	59.9	72.6	85.8	0.269
σ ₀	8	6.2	7.1	0	0	0	0	14.2	13	17.9	62.5	78.9	89.7	0.281

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.312 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 = -0.27 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 = -5.88 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -4.67 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
 $h_w/t_w=119.091 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=72.086$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd}=9.972E+6$ N**

Essendo:

$a/h_w=1.336$, $\eta=1.2$, $I_{sl}=1.29E+8(\text{mm}^4)$, $K_{\tau sl}=15.907$, $K_\tau=11.762$
 contributo anima: $V_{bw,Rd}=7.814E+6$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=2.158E+6$ N
 $\chi_w=0.728$, $\lambda_w=1.141$, $\tau_{cr}=157.6$, $C=1195.3$
 $M_{Ed}=-2.427E+7$ Nm, $M_{f,Rd}=-8.87E+7$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.274$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd}=1.35E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=9.972E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.07, \quad (\Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.09, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.212$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-3.62E+5	-1.5E+6	0E+00
2a	0E+00	-1.96E+4	-1.38E+6	0E+00
2b	0E+00	1.05E+5	8.58E+6	0E+00
Rit.Iso	-5.51E+6	0	-7.12E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	6.47E+4	4.81E+6	0E+00
Term.Iso	-4.4E+6	0	-3.81E+6	0
3b	0E+00	1.09E+6	-1.13E+7	0E+00
Totale	-9.91E+6	8.73E+5	-1.18E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	119.09	1527.21	0.45	-0.39	4
Piattabanda superiore	9.72				1
Piattabanda inferiore	6.16				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-9.907E+6	M_{Ed} (Nm)	-1.175E+7	N_{Ed} (N)	-9.907E+6
N_{Rd} (N)	-9.618E+7	M_{Rd} (Nm)	-1.165E+8	M_{Ed} (Nm)	-1.175E+7
				M_{Rd} (Nm)	-1.147E+8
N_{Ed}/N_{Rd}	0.103	M_{Ed}/M_{Rd}	0.101	M_{Ed}/M_{Rd}	0.102

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	-0.2	0	2.7	0	0	0	0	1.6	0	-2.6	0	0	0
σ_7	0	-3.8	-9.7	-14.6	60.5	0	0	50.8	-8.5	33.9	-16	-79.9	4.8	0.012
σ_6	0	-3.2	-8.8	-15.2	54.6	0	0	45.8	-8.8	30.6	-12.7	-72.1	4.3	0.011
σ_5	0	-0.2	0	2.7	0	0	0	0	1.5	0	-2	0	0	0
σ_4	-12.1	-3.2	-8.6	-15.3	53.7	0	0	32.9	-8.9	30.1	-12.2	-70.9	-7.9	0.023
σ_3	-11.9	-3.1	-8.4	-15.4	52.4	0	0	32.1	-8.9	29.4	-11.5	-69.2	-7.7	0.023
σ_2	0	0	0	-18.6	0	0	0	0	-10	0	0	0	0	0
σ_1	5.3	4.2	4.7	-23.1	-29.1	0	0	-19.1	-12.9	-16.3	33.2	38.5	3	0.01
σ_0	5.9	4.4	5.1	-23.3	-31.9	0	0	-20.9	-13	-17.9	34.8	42.2	3.4	0.011

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.023 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.51 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.5 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.44 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2.02 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

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

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	400	40	---	---	---	1	16000
Piattabanda superiore DX	400	40	---	---	---	1	16000
Piattabanda inferiore SX	565	90	---	---	---	1	50850
Piattabanda inferiore DX	565	90	---	---	---	1	50850

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2
b (mm)	2620	860	1760
σ_{cr0E} (N/mm ²)	13.4	124.34	29.69
σ_{sup} (N/mm ²)	-7.94	-7.94	-4.34
σ_{inf} (N/mm ²)	3.02	-4.34	3.02
ψ	-0.38	0.55	-0.7
K_σ	11.61	5.13	16.91
λ_p	1.51	0.75	0.84
D_c (mm)	1898.34	860	1038.34
$D_{c, sup}$ (mm)	759.34	386.25	415.34
$D_{c, sup}$ (mm)	1139	473.75	623
ρ_{loc}	0.6	0.99	1
b_{ceff} (mm)	1136.89	851.58	1038.34
$D_{ceff, sup}$ (mm)	454.76	382.47	415.34
$D_{ceff, sup}$ (mm)	682.13	469.11	623
ϕ_{Foro} (mm)	761.45	8.42	0

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	8.498E+3	2516.9	1.056E+8
A_c 1	1.956E+4	1879.2	1.288E+9
A_c 2	0E+00	0	0E+00
A_c Edge inf	1.371E+4	1123.2	4.433E+8
A_c tot	4.176E+4	1760.8	1.254E+10
A_c	2.604E+4		

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	8.414E+3	2523.4	1.026E+8
$A_{c,eff}$ 1	1.946E+4	1876.9	1.268E+9
$A_{c,eff}$ 2	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ Edge inf	1.371E+4	1123.2	4.433E+8
$A_{c,eff}$ tot	4.158E+4	1759.3	1.254E+10
$A_{c,eff,loc}$	2.594E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmax)

	<i>Stiffener 1</i>
$A_{sl}(mm^2)$	2.604E+4
$e_{sl}(mm)$	-36.3
$I_{sl}(mm^4)$	1.439E+8
$A_{sl,eff}(mm^2)$	2.594E+4
$e_{sl,eff}(mm)$	-36.5
$I_{sl,eff}(mm^4)$	1.438E+8
$\sigma_{cr,sl,i}(p)$	968.54
$\sigma_{cr,p,i}(p)$	1770.72
$\sigma_{cr,sl}(c)$	935.05
$\sigma_{cr,c}(c)$	1709.5
α_e	0.623

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

	<i>Piastra</i>		<i>Colonna</i>
$\sigma_{cr,p}(p)$	1770.72	$\sigma_{cr,c}(c)$	0.996
$\beta_{ac}(p)$	0.996	$\beta_{ac}(c)$	0.455
λ_p	0.447	λ_c	0.85
ρ_p	1	ρ_c	

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

	$A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$J_y(mm^4)$
Edge sup	8.414E+3	2523.4	1.026E+8
1	1.654E+4	1876.9	1.078E+9
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	1.371E+4	1123.2	4.433E+8
Totale	3.866E+4	1750.4	1.231E+10

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-3.099E+3	1891	-1.76E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
$A(mm^2)$	1.882E+5	2.928E+5	2.928E+5	2.928E+5	4.391E+5	2.01E+5
$z_G(mm)$	885.951	1604.148	1604.148	1604.148	2035.922	1012.29
$\Delta z_{Geff}(mm)$	16.28	3	3	3	-1.02	13.34
$J_{y,eff}(mm^4)$	2.257E+11	4.981E+11	4.981E+11	4.981E+11	6.627E+11	2.731E+11
$W_{y,0eff}(mm^3)$	-2.548E+8	-3.105E+8	-3.105E+8	-3.105E+8	-3.255E+8	-2.698E+8
$W_{y,1eff}(mm^3)$	-2.836E+8	-3.29E+8	-3.29E+8	-3.29E+8	-3.405E+8	-2.961E+8
$W_{y,3eff}(mm^3)$	1.237E+8	4.505E+8	4.505E+8	4.505E+8	9.831E+8	1.609E+8
$W_{y,4eff}(mm^3)$	1.211E+8	4.347E+8	4.347E+8	4.347E+8	9.28E+8	1.572E+8
$W_{y,5eff}(mm^3)$	1E+300	4.236E+8	4.236E+8	4.236E+8	8.906E+8	1.545E+8
$W_{y,6eff}(mm^3)$	1E+300	4.236E+8	4.236E+8	4.236E+8	8.906E+8	1.545E+8
$W_{y,7eff}(mm^3)$	1E+300	3.647E+8	3.647E+8	3.647E+8	7.095E+8	1.395E+8
$W_{y,8eff}(mm^3)$	1E+300	3.518E+8	3.518E+8	3.518E+8	6.734E+8	1.36E+8
$S_{y,1eff}(mm^3)$	8.552E+7	1.586E+8	1.586E+8	1.586E+8	2.025E+8	9.837E+7
$S_{y,2eff}(mm^3)$	9.249E+7	1.838E+8	1.838E+8	1.838E+8	2.441E+8	1.077E+8
$S_{y,3eff}(mm^3)$	5.901E+7	1.712E+8	1.712E+8	1.712E+8	2.387E+8	7.875E+7

S _{y,4eff} (mm ³)	3.069E-291	1.352E+8	1.352E+8	1.352E+8	2.165E+8	2.378E+7
--	------------	----------	----------	----------	----------	----------

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

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	3.1825
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	0.0737
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	-1.654E+4	0E+00	4.47E+3	0E+00

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	-0.2	0	2.7	0	0	0	0	1.6	0	-2.6	0	0	0
σ_7	0	-3.8	-9.9	-14.8	61.5	0	0	51.6	-8.6	34.4	-16	-81.2	4.8	0.012
σ_6	0	-3.3	-8.9	-15.4	55.5	0	0	46.6	-8.9	31.1	-12.7	-73.3	4.4	0.011
σ_5	0	-0.2	0	2.7	0	0	0	0	1.5	0	-2	0	0	0
σ_4	-12.4	-3.2	-8.8	-15.5	54.6	0	0	33.4	-8.9	30.6	-12.2	-72.1	-8.1	0.024
σ_3	-12.1	-3.1	-8.6	-15.6	53.3	0	0	32.6	-9	29.9	-11.5	-70.4	-7.9	0.023
σ_2	0	0	0	-18.8	0	0	0	0	-10	0	0	0	0	0
σ_1	5.3	4.2	4.7	-23.2	-29	0	0	-19	-13	-16.2	33.3	38.3	3	0.009
σ_0	5.9	4.4	5.1	-23.5	-31.8	0	0	-20.8	-13.1	-17.8	34.8	42	3.4	0.011

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.024 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.49 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 2.49 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 1.42 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 2 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 119.091 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 72.086 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 1.015E+7 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.336, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.29E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 15.907, \quad K_\tau = 11.762$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 7.814E+6 \text{ N}, \quad \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.332E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.728, \quad \lambda_w = 1.141, \quad \tau_{cr} = 157.6, \quad C = 1195.3$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -1.274E+6 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -9.961E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.013$$

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.35E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 1.015E+7 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.086, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.112, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.024$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-4.89E+5	-2.03E+6	0E+00
2a	0E+00	-3.12E+5	-1.53E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-6.47E+4	-4.81E+6	0E+00
Term.Iso	4.4E+6	0	3.81E+6	0
3b	0E+00	-1.23E+6	-8.08E+6	0E+00
Totale	4.4E+6	-2.1E+6	-1.26E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	119.09	2488.97	0.08	-2.59	1
Piattabanda superiore	9.72				1
Piattabanda inferiore	6.16				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.401E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.263E+7	N _{Ed} (N)	4.401E+6
N _{Rd} (N)	6.775E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.165E+8	M _{Ed} (Nm)	-1.263E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.151E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.065	M _{Ed} /M _{Rd}	0.108	M _{Ed} /M _{Rd}	0.11

VERIFICA SODDISFATTA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	-0.3	0	0	0	0	0	-0.3	-1.6	0	-1.9	0	-3.7	0.197
σ ₇	0	-4.2	-10.8	0	0	0	0	-4.2	8.5	-33.9	-11.4	-57	-7	0.018
σ ₆	0	-3.6	-9.7	0	0	0	0	-3.6	8.8	-30.6	-9.1	-51.4	-3.8	0.01
σ ₅	0	-0.2	0	0	0	0	0	-0.2	-1.5	0	-1.4	0	-3.1	0.167
σ ₄	-16.4	-3.5	-9.5	0	0	0	0	-19.9	8.9	-30.1	-8.7	-50.5	-19.7	0.058
σ ₃	-16	-3.4	-9.3	0	0	0	0	-19.4	8.9	-29.4	-8.2	-49.4	-18.7	0.055
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0.029
σ ₁	7.2	4.6	5.2	0	0	0	0	11.8	12.9	16.3	23.7	27.4	48.4	0.152
σ ₀	8	4.9	5.7	0	0	0	0	12.9	13	17.9	24.8	30.1	50.7	0.159

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.197 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.26 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -0.22 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 = -3.7 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.14 N/mm²

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

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 119.091 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 72.086 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd} = 1.01E+7 \text{ N}$

Essendo:

$$a/h_w = 1.336, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.29E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 15.907, \quad K_\tau = 11.762$$

contributo anima: $V_{bw,Rd} = 7.814E+6 \text{ N}$, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 2.286E+6 \text{ N}$
 $\chi_w = 0.728, \quad \lambda_w = 1.141, \quad \tau_{cr} = 157.6, \quad C = 1195.3$
 $M_{Ed} = -1.263E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -8.971E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.141$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd} = 1.35E+7 \text{ N}$

Resistenza a taglio: $V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 1.01E+7 \text{ N}$

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.208, \quad (= > \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.269, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.11$$

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 T1N048I T1N048I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	5250 mm
Piattabanda superiore	1200x60 mm
Piattabanda inferiore	1140x100 mm
Anima	27x5090 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	1200x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 mm
Armatura inferiore	diametro 24 mm, passo 100 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 0 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 175 mm, numero 25/m

Irrigidenti verticali

Interasse	3800 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x30 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	2900 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	4050 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	3.234E+5	4.727E+5	4.727E+5	4.727E+5	6.19E+5	3.809E+5
Z _G (mm)	2303.566	3278.283	3278.283	3278.283	3779.802	2766.869
J _y (mm ⁴)	1.504E+12	2.478E+12	2.478E+12	2.478E+12	2.982E+12	1.965E+12

$W_{y,0}$ (mm ³)	-6.53E+8	-7.56E+8	-7.56E+8	-7.56E+8	-7.889E+8	-7.102E+8
$W_{y,1}$ (mm ³)	-6.826E+8	-7.798E+8	-7.798E+8	-7.798E+8	-8.104E+8	-7.368E+8
$W_{y,3}$ (mm ³)	5.211E+8	1.296E+9	1.296E+9	1.296E+9	2.115E+9	8.109E+8
$W_{y,4}$ (mm ³)	5.105E+8	1.257E+9	1.257E+9	1.257E+9	2.028E+9	7.913E+8
$W_{y,5}$ (mm ³)	1E+300	1.238E+9	1.238E+9	1.238E+9	1.988E+9	7.819E+8
$W_{y,6}$ (mm ³)	1E+300	1.238E+9	1.238E+9	1.238E+9	1.988E+9	7.819E+8
$W_{y,7}$ (mm ³)	1E+300	1.131E+9	1.131E+9	1.131E+9	1.764E+9	7.269E+8
$W_{y,8}$ (mm ³)	1E+300	1.106E+9	1.106E+9	1.106E+9	1.714E+9	7.137E+8
$S_{y,1}$ (mm ³)	2.569E+8	3.68E+8	3.68E+8	3.68E+8	4.252E+8	3.097E+8
$S_{y,2}$ (mm ³)	3.225E+8	5.044E+8	5.044E+8	5.044E+8	6.08E+8	4.057E+8
$S_{y,3}$ (mm ³)	2.1E+8	4.551E+8	4.551E+8	4.551E+8	5.812E+8	3.265E+8
$S_{y,4}$ (mm ³)	5.96E-8	3.153E+8	3.153E+8	3.153E+8	4.775E+8	1.498E+8
n_E	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	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	5.703E+6	5496.13	5520	5472.26
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	2.216E+7	5375	5467.74	5282.26
Strato di calcestruzzo inferiore	-2.702E+5	5278.87	5277.74	5280
Strato di armatura superiore	1.124E+7	5470	5472.26	5467.74
Strato di armatura inferiore	1.124E+7	5280	5282.26	5277.74
Raccordo in cls	0E+00	5265	5280	5250
Flangia superiore della trave di acciaio	2.297E+7	5220	5250	5190
Anima della trave di acciaio	4.646E+7	2645	5190	100
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.637E+7	50	100	0
Compressione ultima per la sezione completa	-1.559E+8			
Trazione ultima per la sezione completa	1.283E+8			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-1.094E+8			
Trazione ultima per la sezione senza anima	8.182E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ϵ	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	9.775	0.838	1	0
Flangia inferiore	5.565	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ϵ	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	188.519	0.814	0.598	-0.909	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	188.519	0.814	0.105	-0.383	1
Compressione semplice (N)	188.519	0.814	1	1	4

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	4.08E+6	6.1E+7	0E+00
2a	0E+00	1.89E+6	2.83E+7	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	1.19E+4	7.61E+5	0E+00
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.69E+6	3.08E+6	3.78E+7	0E+00
Totale	1.69E+6	9.07E+6	1.28E+8	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	188.52	3049.88	0.58	-1.16	4
Piattabanda superiore	9.78				1
Piattabanda inferiore	5.56				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	1.69E+6	M _{Ed} (Nm)	1.278E+8	N _{Ed} (N)	1.69E+6
N _{Rd} (N)	1.283E+8	M _{Rd} (Nm)	2.718E+8	M _{Ed} (Nm)	1.278E+8
				M _{Rd} (Nm)	2.706E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.013	M _{Ed} /M _{Rd}	0.47	M _{Ed} /M _{Rd}	0.472

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0.1	0	3.9	0	0	0
σ ₇	0	25	38.9	0	0	0	0	38.9	0.4	1	24.1	56.4	96.3	0.246
σ ₆	0	22.8	36.1	0	0	0	0	36.1	0.4	1	21.7	52.7	89.9	0.23
σ ₅	0	1.4	0	0	0	0	0	0	0.1	0	3.4	0	0	0
σ ₄	119.5	22.5	35.7	0	0	0	0	155.2	0.4	1	21.3	52.2	208.3	0.653
σ ₃	117.1	21.8	34.9	0	0	0	0	151.9	0.4	0.9	20.6	51	203.9	0.639
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	4.4	4.4	0.013
σ ₁	-89.4	-36.2	-38.4	0	0	0	0	-127.7	-0.9	-1	-43.9	-46.8	-175.6	0.55
σ ₀	-93.4	-37.4	-39.8	0	0	0	0	-133.2	-1	-1.1	-45.1	-48.7	-183	0.574

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.653 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.54 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.38 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.48 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.83 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

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

Componente	b (mm)	t (mm)	λ _p	ρ	A _{c,eff} (mm ²)	β ^k	A _{c,eff} * β ^k (mm ²)
Piattabanda superiore SX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda superiore DX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	5090	2840	1150	1100
σ _{cr0E} (N/mm ²)	5.35	17.17	104.73	114.47
σ _{sup} (N/mm ²)	203.85	203.85	-7.85	-93.57
σ _{inf} (N/mm ²)	-175.57	-7.85	-93.57	-175.57
ψ	-1.16	-25.97	0.08	0.53

K_{σ}	27.93	95.68	7.23	5.18
λ_p	1.54	0.46	0.68	0.77
b_c (mm)	2355.31	105.31	1150	1100
$b_{c, sup}$ (mm)	1413.18	63.18	682.15	607.5
$b_{c, sup}$ (mm)	942.12	42.12	467.85	492.5
ρ_{loc}	0.61	1	1	0.97
b_{ceff} (mm)	1427.29	105.31	1150	1064.63
$b_{ceff, sup}$ (mm)	856.38	63.18	682.15	587.97
$b_{ceff, sup}$ (mm)	570.92	42.12	467.85	476.66
ϕ_{Foro} (mm)	928.01	0	0	35.37

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	1.706E+3	2423.7	5.675E+5
A_c 1	1.956E+4	2030	8.548E+8
A_c 2	2.903E+4	1130.2	2.798E+9
A_c Edge inf	1.33E+4	346.2	2.688E+8
A_c tot	6.359E+4	1277.7	2.94E+10
A_c	6.155E+4		

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff}$ Edge sup	1.706E+3	2423.7	5.675E+5
$A_{c,eff}$ 1	1.956E+4	2030	8.548E+8
$A_{c,eff}$ 2	2.851E+4	1139.9	2.648E+9
$A_{c,eff}$ Edge inf	1.287E+4	338.3	2.437E+8
$A_{c,eff}$ tot	6.264E+4	1288.1	2.895E+10
$A_{c,eff,loc}$	6.102E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmax)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A_{sl} (mm ²)	2.604E+4	3.551E+4	6.155E+4
e_{sl} (mm)	-37	-27.1	-31.3
I_{sl} (mm ⁴)	1.479E+8	1.58E+8	3.073E+8
$A_{sl,eff}$ (mm ²)	2.604E+4	3.499E+4	6.102E+4
$e_{sl,eff}$ (mm)	-37	-27.5	-31.5
$I_{sl,eff}$ (mm ⁴)	1.479E+8	1.575E+8	3.068E+8
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	839.17	704.16	723.18
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	18769.03	1321.2	1432.95
$\sigma_{cr,sl}$ (c)	815.3	638.38	
$\sigma_{cr,c}$ (c)	0	1197.78	
α_e	0.654		

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

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	1321.2	$\sigma_{cr,c}$ (c) 0.985
β_{ac} (p)	0.991	β_{ac} (c) 0.54
λ_p	0.516	λ_c 0.82
ρ_p	1	χ_c

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
Edge sup	1.706E+3	2423.7	5.675E+5
1	1.604E+4	2030	7.012E+8
2	2.338E+4	1139.9	2.172E+9
Edge inf	1.287E+4	338.3	2.437E+8
Totale	5.4E+4	1253.8	2.62E+10

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmax)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-9.596E+3	1411.8	-2.99E+9
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	3.138E+5	4.631E+5	4.631E+5	4.631E+5	6.094E+5	3.713E+5
z _G (mm)	2330.835	3316.961	3316.961	3316.961	3817.091	2801.893
Δz_{Geff} (mm)	-27.27	-38.68	-38.68	-38.68	-37.29	-35.02
J _{y,eff} (mm ⁴)	1.493E+12	2.441E+12	2.441E+12	2.441E+12	2.924E+12	1.944E+12
W _{y,0eff} (mm ³)	-6.407E+8	-7.36E+8	-7.36E+8	-7.36E+8	-7.661E+8	-6.938E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-6.694E+8	-7.589E+8	-7.589E+8	-7.589E+8	-7.867E+8	-7.195E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	5.223E+8	1.303E+9	1.303E+9	1.303E+9	2.13E+9	8.14E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	5.116E+8	1.263E+9	1.263E+9	1.263E+9	2.041E+9	7.94E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	1.244E+9	1.244E+9	1.244E+9	1.999E+9	7.844E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	1.244E+9	1.244E+9	1.244E+9	1.999E+9	7.844E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	1.134E+9	1.134E+9	1.134E+9	1.769E+9	7.286E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	1.108E+9	1.108E+9	1.108E+9	1.717E+9	7.152E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	2.6E+8	3.724E+8	3.724E+8	3.724E+8	4.294E+8	3.137E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	3.184E+8	4.939E+8	4.939E+8	4.939E+8	5.929E+8	3.989E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	2.08E+8	4.465E+8	4.465E+8	4.465E+8	5.674E+8	3.219E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	4.677E-291	3.095E+8	3.095E+8	3.095E+8	4.664E+8	1.478E+8

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	2.3479
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-5.919E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-6.301E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0.1	0	3.9	0	0	0
σ_7	0	24.9	38.8	0	0	0	0	38.8	0.4	1	24.1	56.3	96.1	0.246
σ_6	0	22.7	36	0	0	0	0	36	0.4	1	21.6	52.6	89.6	0.229
σ_5	0	1.4	0	0	0	0	0	0	0.1	0	3.4	0	0	0
σ_4	119.2	22.4	35.6	0	0	0	0	154.8	0.4	1	21.2	52	207.8	0.651
σ_3	116.8	21.7	34.7	0	0	0	0	151.5	0.4	0.9	20.5	50.9	203.3	0.637
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	4.6	4.6	0.013
σ_1	-91.1	-37.2	-39.3	0	0	0	0	-130.4	-1	-1.1	-45.1	-47.9	-179.3	0.562
σ_0	-95.2	-38.4	-40.7	0	0	0	0	-135.9	-1	-1.1	-46.4	-49.8	-186.8	0.586

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.651 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.54 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: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 5.47 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.81 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling
 $h_w/t_w=188.519 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_{\tau})^{0.5}=92.758$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd}=1.607E+7$ N**

Essendo:

$a/h_w=0.747$, $\eta=1.2$, $I_{sl}=2.904E+8(\text{mm}^4)$, $K_{\tau sl}=35.871$, $K_{\tau}=19.476$
 contributo anima: $V_{bw,Rd}=1.515E+7$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd}=9.232E+5$ N
 $\chi_w=0.591$, $\lambda_w=1.403$, $\tau_{cr}=104.1$, $C=1043.5$
 $M_{Ed}=M_{Ed,eq}=1.65E+8$ Nm, $M_{f,Rd}=1.941E+8$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.85$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd}=3.219E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=1.607E+7$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.564, \quad (\Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.599, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.651$$

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)
1	0E+00	3.02E+6	4.52E+7	0E+00
2a	0E+00	1.09E+6	1.24E+7	0E+00
2b	0E+00	-2.01E+4	-1.27E+6	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-1.19E+4	-7.61E+5	0E+00
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.69E+6	-3.36E+5	-6.31E+5	0E+00
Totale	-1.69E+6	3.75E+6	5.49E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	188.52	3235	0.62	-1.12	4
Piattabanda superiore	9.78				1
Piattabanda inferiore	5.56				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	-1.69E+6	M_{Ed} (Nm)	5.491E+7	N_{Ed} (N)	-1.69E+6
N_{Rd} (N)	-1.559E+8	M_{Rd} (Nm)	2.718E+8	M_{Ed} (Nm)	5.491E+7
				M_{Rd} (Nm)	2.728E+8
N_{Ed}/N_{Rd}	0.011	M_{Ed}/M_{Rd}	0.202	M_{Ed}/M_{Rd}	0.201

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	0	0.7	0	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	-0.5	0	0	0
σ_7	0	11	17	-1.1	-1.7	0	0	15.3	-0.4	-1	-3.1	-5.3	8.9	0.023
σ_6	0	10	15.8	-1	-1.6	0	0	14.2	-0.4	-1	-3	-5.2	8	0.02
σ_5	0	0.6	0	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	-0.5	0	0	0
σ_4	88.5	9.9	15.7	-1	-1.6	0	0	102.6	-0.4	-1	-3	-5.2	96.4	0.302
σ_3	86.7	9.6	15.3	-1	-1.6	0	0	100.4	-0.4	-0.9	-3	-5.2	94.3	0.295
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.7	-4.4	-4.4	0.013
σ_1	-66.2	-15.9	-16.8	1.6	1.7	0	0	-81.3	0.9	1	-2	-3.6	-83.8	0.263
σ_0	-69.2	-16.4	-17.4	1.7	1.8	0	0	-84.8	1	1.1	-1.9	-3.5	-87.3	0.274

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.302 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.61 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.54 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 0.05 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 0 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. 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	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda superiore DX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	5090	2840	1150	1100
σ_{cr0E} (N/mm ²)	5.35	17.17	104.73	114.47
σ_{sup} (N/mm ²)	94.26	94.26	-5.1	-45.34
σ_{inf} (N/mm ²)	-83.82	-5.1	-45.34	-83.82
ψ	-1.12	-18.47	0.11	0.54
K_σ	26.99	95.68	7.05	5.15
λ_p	1.57	0.46	0.69	0.78
b _c (mm)	2395.9	145.9	1150	1100
b _{c sup} (mm)	1437.54	87.54	679.4	606.63
b _{c sup} (mm)	958.36	58.36	470.6	493.37
ρ_{loc}	0.6	1	1	0.97
b _{ceff} (mm)	1427.03	145.9	1150	1062.08
b _{ceff sup} (mm)	856.22	87.54	679.4	585.71
b _{ceff sup} (mm)	570.81	58.36	470.6	476.36
ϕ_{Foro} (mm)	968.87	0	0	37.92

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c Edge sup}	2.364E+3	2452.1	1.509E+6
A _{c 1}	1.992E+4	2039.5	9.035E+8
A _{c 2}	2.909E+4	1132	2.813E+9
A _{c Edge inf}	1.332E+4	346.7	2.702E+8
A _{c tot}	6.469E+4	1297.9	3.094E+10
A _c	6.196E+4		

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	2.364E+3	2452.1	1.509E+6
$A_{c,eff}$ 1	1.992E+4	2039.5	9.035E+8
$A_{c,eff}$ 2	2.852E+4	1142.4	2.652E+9
$A_{c,eff}$ Edge inf	1.286E+4	338.2	2.432E+8
$A_{c,eff}$ tot	6.367E+4	1309.3	3.043E+10
$A_{c,eff,loc}$	6.14E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
$A_{sl}(mm^2)$	2.64E+4	3.557E+4	6.196E+4
$e_{sl}(mm)$	-36.5	-27.1	-31.1
$I_{sl}(mm^4)$	1.484E+8	1.58E+8	3.077E+8
$A_{sl,eff}(mm^2)$	2.64E+4	3.5E+4	6.14E+4
$e_{sl,eff}(mm)$	-36.5	-27.5	-31.3
$I_{sl,eff}(mm^4)$	1.484E+8	1.575E+8	3.071E+8
$\sigma_{cr,sl,i}(p)$	830.38	703.32	719.16
$\sigma_{cr,p,i}(p)$	13636.11	1300.32	1427.3
$\sigma_{cr,sl}(C)$	806.84	637.63	
$\sigma_{cr,c}(C)$	0	1178.88	
α_e	0.654		

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

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}(p)$	1300.32	$\sigma_{cr,c}(C)$	0.984
$\beta_{ac}(p)$	0.991	$\beta_{ac}(C)$	0.544
λ_p	0.52	λ_c	0.818
ρ_p	1	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	2.364E+3	2452.1	1.509E+6
1	1.63E+4	2039.5	7.391E+8
2	2.333E+4	1142.4	2.169E+9
Edge inf	1.286E+4	338.2	2.432E+8
Totale	5.485E+4	1276.8	2.765E+10

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmin)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-9.838E+3	1416	-3.134E+9
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
$A(mm^2)$	3.136E+5	4.629E+5	4.629E+5	4.629E+5	6.092E+5	3.71E+5
$z_G(mm)$	2331.411	3317.866	3317.866	3317.866	3817.978	2802.687
$\Delta z_{Geff}(mm)$	-27.85	-39.58	-39.58	-39.58	-38.18	-35.82
$J_{y,eff}(mm^4)$	1.493E+12	2.44E+12	2.44E+12	2.44E+12	2.923E+12	1.943E+12
$W_{y,0eff}(mm^3)$	-6.404E+8	-7.355E+8	-7.355E+8	-7.355E+8	-7.656E+8	-6.934E+8
$W_{y,1eff}(mm^3)$	-6.691E+8	-7.584E+8	-7.584E+8	-7.584E+8	-7.862E+8	-7.191E+8
$W_{y,3eff}(mm^3)$	5.223E+8	1.304E+9	1.304E+9	1.304E+9	2.13E+9	8.141E+8
$W_{y,4eff}(mm^3)$	5.116E+8	1.263E+9	1.263E+9	1.263E+9	2.041E+9	7.941E+8
$W_{y,5eff}(mm^3)$	1E+300	1.244E+9	1.244E+9	1.244E+9	1.999E+9	7.845E+8
$W_{y,6eff}(mm^3)$	1E+300	1.244E+9	1.244E+9	1.244E+9	1.999E+9	7.845E+8
$W_{y,7eff}(mm^3)$	1E+300	1.134E+9	1.134E+9	1.134E+9	1.769E+9	7.286E+8
$W_{y,8eff}(mm^3)$	1E+300	1.108E+9	1.108E+9	1.108E+9	1.717E+9	7.152E+8
$S_{y,1eff}(mm^3)$	2.601E+8	3.725E+8	3.725E+8	3.725E+8	4.295E+8	3.138E+8
$S_{y,2eff}(mm^3)$	3.183E+8	4.936E+8	4.936E+8	4.936E+8	5.925E+8	3.988E+8

$S_{y,3eff}$ (mm ³)	2.08E+8	4.463E+8	4.463E+8	4.463E+8	5.671E+8	3.218E+8
$S_{y,4eff}$ (mm ³)	4.677E-291	3.093E+8	3.093E+8	3.093E+8	4.662E+8	1.478E+8

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	2.4714
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	6.053E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	6.451E+4

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	0.7	0	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	-0.5	0	0	0
σ_7	0	10.9	17	-1.1	-1.7	0	0	15.3	-0.4	-1	-3.1	-5.3	8.9	0.023
σ_6	0	10	15.8	-1	-1.6	0	0	14.2	-0.4	-1	-3.1	-5.3	7.9	0.02
σ_5	0	0.6	0	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	-0.5	0	0	0
σ_4	88.3	9.8	15.6	-1	-1.6	0	0	102.3	-0.4	-1	-3.1	-5.3	96.1	0.301
σ_3	86.5	9.5	15.2	-1	-1.6	0	0	100.2	-0.4	-0.9	-3	-5.3	94	0.295
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.8	-4.6	-4.6	0.013
σ_1	-67.5	-16.3	-17.2	1.7	1.8	0	0	-83	1	1.1	-2.1	-3.8	-85.7	0.269
σ_0	-70.6	-16.8	-17.9	1.7	1.8	0	0	-86.6	1	1.1	-2	-3.7	-89.2	0.28

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.301 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.6 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.54 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 0.05 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 0 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

$$h_w/t_w = 188.519 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 92.758 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 1.793E+7$ N**

Essendo:

$a/h_w = 0.747$, $\eta = 1.2$, $I_{sl} = 2.904E+8$ (mm⁴), $K_{\tau sl} = 35.871$, $K_\tau = 19.476$
 contributo anima: $V_{bw,Rd} = 1.515E+7$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 2.787E+6$ N
 $\chi_w = 0.591$, $\lambda_w = 1.403$, $\tau_{cr} = 104.1$, $C = 1043.5$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 7.63E+7$ Nm, $M_{f,Rd} = 1.893E+8$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.403$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 3.219E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 1.793E+7$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.209, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.247, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.301$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	4.08E+6	6.1E+7	0E+00
2a	0E+00	1.89E+6	2.83E+7	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	1.19E+4	7.61E+5	0E+00
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	1.69E+6	3.52E+6	2.96E+7	0E+00
Totale	1.69E+6	9.5E+6	1.2E+8	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z_{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	188.52	3049.88	0.58	-1.18	4
Piattabanda superiore	9.78				1
Piattabanda inferiore	5.56				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N_{Ed} (N)	1.69E+6	M_{Ed} (Nm)	1.196E+8	N_{Ed} (N)	1.69E+6
N_{Rd} (N)	1.283E+8	M_{Rd} (Nm)	2.718E+8	M_{Ed} (Nm)	1.196E+8
				M_{Rd} (Nm)	2.706E+8
N_{Ed}/N_{Rd}	0.013	M_{Ed}/M_{Rd}	0.44	M_{Ed}/M_{Rd}	0.442

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0.1	0	3.1	0	0	0
σ_7	0	25	38.9	0	0	0	0	38.9	0.4	1	19.5	45.1	85	0.217
σ_6	0	22.8	36.1	0	0	0	0	36.1	0.4	1	17.6	42.3	79.4	0.203
σ_5	0	1.4	0	0	0	0	0	0	0.1	0	2.8	0	0	0
σ_4	119.5	22.5	35.7	0	0	0	0	155.2	0.4	1	17.3	41.8	198	0.62
σ_3	117.1	21.8	34.9	0	0	0	0	151.9	0.4	0.9	16.7	40.9	193.7	0.607
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	4.4	4.4	0.013
σ_1	-89.4	-36.2	-38.4	0	0	0	0	-127.7	-0.9	-1	-33.8	-35.7	-164.4	0.515
σ_0	-93.4	-37.4	-39.8	0	0	0	0	-133.2	-1	-1.1	-34.7	-37.2	-171.5	0.537

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.62 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.54 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.38 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.73 N/mm²

4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.19 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Pressoflessione - Calcolo tensioni efficaci

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

Componente	b (mm)	t (mm)	λ_p	ρ	$A_{c,eff}$ (mm ²)	β^k	$A_{c,eff} * \beta^k$ (mm ²)
Piattabanda superiore SX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda superiore DX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	5090	2840	1150	1100
σ_{cr0E} (N/mm ²)	5.35	17.17	104.73	114.47
σ_{sup} (N/mm ²)	193.74	193.74	-6.11	-87.04
σ_{inf} (N/mm ²)	-164.44	-6.11	-87.04	-164.44
ψ	-1.18	-31.71	0.07	0.53
K_σ	28.37	95.68	7.32	5.19
λ_p	1.53	0.46	0.68	0.77
b _c (mm)	2336.84	86.84	1150	1100
b _{c sup} (mm)	1402.1	52.1	683.45	607.91
b _{c sup} (mm)	934.73	34.73	466.55	492.09
ρ_{loc}	0.61	1	1	0.97
b _{ceff} (mm)	1427.44	86.84	1150	1065.83
b _{ceff sup} (mm)	856.46	52.1	683.45	589.03
b _{ceff sup} (mm)	570.98	34.73	466.55	476.81
ϕ_{Foro} (mm)	909.4	0	0	34.17

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _c Edge sup	1.407E+3	2410.8	3.182E+5
A _c 1	1.939E+4	2025.6	8.335E+8
A _c 2	2.901E+4	1129.3	2.791E+9
A _c Edge inf	1.329E+4	346	2.681E+8
A _c tot	6.309E+4	1268.4	2.871E+10
A _c	6.136E+4		

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
A _{c,eff} Edge sup	1.407E+3	2410.8	3.182E+5
A _{c,eff} 1	1.939E+4	2025.6	8.335E+8
A _{c,eff} 2	2.85E+4	1138.8	2.646E+9
A _{c,eff} Edge inf	1.287E+4	338.4	2.439E+8
A _{c,eff} tot	6.217E+4	1278.4	2.829E+10
A _{c,eff,loc}	6.085E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmax)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A _{sl} (mm ²)	2.587E+4	3.549E+4	6.136E+4
e _{sl} (mm)	-37.2	-27.1	-31.4
I _{sl} (mm ⁴)	1.477E+8	1.579E+8	3.071E+8
A _{sl,eff} (mm ²)	2.587E+4	3.498E+4	6.085E+4
e _{sl,eff} (mm)	-37.2	-27.5	-31.6
I _{sl,eff} (mm ⁴)	1.477E+8	1.575E+8	3.066E+8
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	843.19	704.56	725.03
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	22690.97	1331.17	1434.8
$\sigma_{cr,sl}$ (C)	819.17	638.74	

$\sigma_{cr,c}(C)$	0	1206.81	
α_e	0.654		

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

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}(p)$	1331.17	$\sigma_{cr,c}(C)$	0.986
$\beta_{ac}(p)$	0.992	$\beta_{ac}(c)$	0.538
λ_p	0.514	λ_c	0.821
ρ_p	1	χ_c	

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

	A(mm ²)	z _G (mm)	J _y (mm ⁴)
Edge sup	1.407E+3	2410.8	3.182E+5
1	1.592E+4	2025.6	6.845E+8
2	2.341E+4	1138.8	2.173E+9
Edge inf	1.287E+4	338.4	2.439E+8
Totale	5.361E+4	1243.4	2.556E+10

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmax)

	ΔA (mm ²)	z _G (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-9.484E+3	1409.9	-2.925E+9
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmax)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	3.139E+5	4.632E+5	4.632E+5	4.632E+5	6.095E+5	3.714E+5
z _G (mm)	2330.563	3316.538	3316.538	3316.538	3816.678	2801.521
Δz_{Geff} (mm)	-27	-38.26	-38.26	-38.26	-36.88	-34.65
J _{y,eff} (mm ⁴)	1.493E+12	2.442E+12	2.442E+12	2.442E+12	2.925E+12	1.944E+12
W _{y,0eff} (mm ³)	-6.408E+8	-7.362E+8	-7.362E+8	-7.362E+8	-7.664E+8	-6.94E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-6.696E+8	-7.591E+8	-7.591E+8	-7.591E+8	-7.87E+8	-7.196E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	5.223E+8	1.303E+9	1.303E+9	1.303E+9	2.13E+9	8.14E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	5.116E+8	1.263E+9	1.263E+9	1.263E+9	2.041E+9	7.94E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	1.244E+9	1.244E+9	1.244E+9	1.999E+9	7.844E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	1.244E+9	1.244E+9	1.244E+9	1.999E+9	7.844E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	1.134E+9	1.134E+9	1.134E+9	1.769E+9	7.286E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	1.108E+9	1.108E+9	1.108E+9	1.717E+9	7.152E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	2.6E+8	3.724E+8	3.724E+8	3.724E+8	4.294E+8	3.137E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	3.184E+8	4.94E+8	4.94E+8	4.94E+8	5.931E+8	3.99E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	2.08E+8	4.466E+8	4.466E+8	4.466E+8	5.676E+8	3.22E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	4.678E-291	3.095E+8	3.095E+8	3.095E+8	4.666E+8	1.479E+8

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	2.3007
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-5.856E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	-6.232E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmax)

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 2 tot	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3 tot	η_1
		Non	Fess.	Non	Fess.	Non	Fess.		Non	Fess.	Non	Fess.		

		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.		Fess.
σ_8	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0.1	0	3.1	0	0	0
σ_7	0	24.9	38.8	0	0	0	0	38.8	0.4	1	19.5	45.1	84.9	0.217
σ_6	0	22.7	36	0	0	0	0	36	0.4	1	17.5	42.2	79.2	0.202
σ_5	0	1.4	0	0	0	0	0	0	0.1	0	2.7	0	0	0
σ_4	119.2	22.4	35.6	0	0	0	0	154.8	0.4	1	17.2	41.7	197.5	0.619
σ_3	116.8	21.7	34.7	0	0	0	0	151.5	0.4	0.9	16.6	40.8	193.3	0.606
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	4.6	4.6	0.013
σ_1	-91.1	-37.2	-39.3	0	0	0	0	-130.4	-1	-1.1	-34.7	-36.5	-167.9	0.526
σ_0	-95.2	-38.4	-40.7	0	0	0	0	-135.9	-1	-1.1	-35.7	-38	-175	0.548

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.619 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 1.54 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: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.72 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 4.17 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

$$h_w/t_w=188.519 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5}=92.758 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: $V_{b,Rd}=1.63E+7$ N

Essendo:

$$a/h_w=0.747, \quad \eta=1.2, \quad I_{sl}=2.904E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl}=35.871, \quad K_\tau=19.476$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=1.515E+7 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=1.156E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.591, \quad \lambda_w=1.403, \quad \tau_{cr}=104.1, \quad C=1043.5$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=1.568E+8 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=1.941E+8 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.808$$

Resistenza plastica: $V_{pl,Rd}=3.219E+7$ N

Resistenza a taglio: $V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=1.63E+7$ N

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd}=0.583, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.627, \quad \eta_1 = \max(\eta_i)=0.619$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	3.02E+6	4.52E+7	0E+00
2a	0E+00	1.09E+6	1.24E+7	0E+00
2b	0E+00	-2.01E+4	-1.27E+6	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-1.19E+4	-7.61E+5	0E+00
Term.Iso	0E+00	0	0E+00	0
3b	-1.69E+6	-4.89E+5	1.85E+6	0E+00
Totale	-1.69E+6	3.59E+6	5.74E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	188.52	3235	0.62	-1.12	4
Piattabanda superiore	9.78				1
Piattabanda inferiore	5.56				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-1.69E+6	M _{Ed} (Nm)	5.739E+7	N _{Ed} (N)	-1.69E+6
N _{Rd} (N)	-1.559E+8	M _{Rd} (Nm)	2.718E+8	M _{Ed} (Nm)	5.739E+7
				M _{Rd} (Nm)	2.728E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.011	M _{Ed} /M _{Rd}	0.211	M _{Ed} /M _{Rd}	0.21

VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

Pressoflessione - Calcolo tensioni lorde

Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η ₁
σ ₈	0	0.7	0	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	-0.3	0	0	0
σ ₇	0	11	17	-1.1	-1.7	0	0	15.3	-0.4	-1	-1.7	-1.9	12.4	0.032
σ ₆	0	10	15.8	-1	-1.6	0	0	14.2	-0.4	-1	-1.8	-2.1	11.2	0.029
σ ₅	0	0.6	0	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	-0.3	0	0	0
σ ₄	88.5	9.9	15.7	-1	-1.6	0	0	102.6	-0.4	-1	-1.8	-2.1	99.5	0.312
σ ₃	86.7	9.6	15.3	-1	-1.6	0	0	100.4	-0.4	-0.9	-1.9	-2.2	97.3	0.305
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.7	-4.4	-4.4	0.013
σ ₁	-66.2	-15.9	-16.8	1.6	1.7	0	0	-81.3	0.9	1	-5	-7	-87.2	0.273
σ ₀	-69.2	-16.4	-17.4	1.7	1.8	0	0	-84.8	1	1.1	-5.1	-7	-90.8	0.285

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.312 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.61 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.54 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 0.28 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 0.2 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	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda superiore DX	600	60	---	---	---	1	36000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2	Sub pannello 3
b (mm)	5090	2840	1150	1100
σ _{cr0E} (N/mm ²)	5.35	17.17	104.73	114.47
σ _{sup} (N/mm ²)	97.32	97.32	-5.63	-47.32
σ _{inf} (N/mm ²)	-87.19	-5.63	-47.32	-87.19
ψ	-1.12	-17.28	0.12	0.54

K_{σ}	26.78	95.68	7.01	5.15
λ_p	1.57	0.46	0.7	0.78
b_c (mm)	2405.35	155.35	1150	1100
$b_{c, sup}$ (mm)	1443.21	93.21	678.78	606.43
$d_{c, sup}$ (mm)	962.14	62.14	471.22	493.57
ρ_{loc}	0.59	1	1	0.96
b_{ceff} (mm)	1426.98	155.35	1150	1061.49
$b_{ceff, sup}$ (mm)	856.19	93.21	678.78	585.2
$b_{ceff, sup}$ (mm)	570.79	62.14	471.22	476.29
ϕ_{Foro} (mm)	978.37	0	0	38.51

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	2.517E+3	2458.7	1.822E+6
A_c 1	2E+4	2041.7	9.152E+8
A_c 2	2.91E+4	1132.4	2.816E+9
A_c Edge inf	1.333E+4	346.8	2.705E+8
A_c tot	6.494E+4	1302.7	3.131E+10
A_c	6.206E+4		

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	2.517E+3	2458.7	1.822E+6
$A_{c,eff}$ 1	2E+4	2041.7	9.152E+8
$A_{c,eff}$ 2	2.852E+4	1143	2.653E+9
$A_{c,eff}$ Edge inf	1.286E+4	338.1	2.431E+8
$A_{c,eff}$ tot	6.39E+4	1314.2	3.078E+10
$A_{c,eff,loc}$	6.149E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmin)

	Stiffener 1	Stiffener 2	Lumped
A_{sl} (mm ²)	2.648E+4	3.558E+4	6.206E+4
e_{sl} (mm)	-36.3	-27	-31
I_{sl} (mm ⁴)	1.485E+8	1.58E+8	3.078E+8
$A_{sl,eff}$ (mm ²)	2.648E+4	3.5E+4	6.149E+4
$e_{sl,eff}$ (mm)	-36.3	-27.5	-31.3
$I_{sl,eff}$ (mm ⁴)	1.485E+8	1.575E+8	3.072E+8
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	828.34	703.13	718.24
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	12825.63	1295.65	1425.71
$\sigma_{cr,sl}$ (c)	804.88	637.47	
$\sigma_{cr,c}$ (c)	0	1174.65	
α_e	0.654		

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

	Piastra	Colonna
$\sigma_{cr,p}$ (p)	1295.65	$\sigma_{cr,c}$ (c) 0.984
β_{ac} (p)	0.991	β_{ac} (c) 0.545
λ_p	0.521	λ_c 0.818
ρ_p	1	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	2.517E+3	2458.7	1.822E+6
1	1.636E+4	2041.7	7.482E+8
2	2.332E+4	1143	2.169E+9
Edge inf	1.286E+4	338.1	2.431E+8
Totale	5.505E+4	1282.1	2.799E+10

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	$\Delta A(mm^2)$	$z_G(mm)$	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-9.894E+3	1417	-3.168E+9
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	3.135E+5	4.628E+5	4.628E+5	4.628E+5	6.091E+5	3.71E+5
z _G (mm)	2331.541	3318.073	3318.073	3318.073	3818.18	2802.867
Δz_{Geff} (mm)	-27.98	-39.79	-39.79	-39.79	-38.38	-36
J _{y,eff} (mm ⁴)	1.493E+12	2.44E+12	2.44E+12	2.44E+12	2.923E+12	1.943E+12
W _{y,0eff} (mm ³)	-6.404E+8	-7.354E+8	-7.354E+8	-7.354E+8	-7.655E+8	-6.933E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-6.691E+8	-7.583E+8	-7.583E+8	-7.583E+8	-7.861E+8	-7.19E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	5.223E+8	1.304E+9	1.304E+9	1.304E+9	2.131E+9	8.141E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	5.116E+8	1.263E+9	1.263E+9	1.263E+9	2.041E+9	7.941E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	1.244E+9	1.244E+9	1.244E+9	1.999E+9	7.845E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	1.244E+9	1.244E+9	1.244E+9	1.999E+9	7.845E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	1.134E+9	1.134E+9	1.134E+9	1.769E+9	7.286E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	1.108E+9	1.108E+9	1.108E+9	1.717E+9	7.152E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	2.601E+8	3.726E+8	3.726E+8	3.726E+8	4.296E+8	3.138E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	3.183E+8	4.936E+8	4.936E+8	4.936E+8	5.925E+8	3.987E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	2.08E+8	4.463E+8	4.463E+8	4.463E+8	5.67E+8	3.218E+8
S _{y,4eff} (mm ³)	4.676E-291	3.093E+8	3.093E+8	3.093E+8	4.661E+8	1.478E+8

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	2.4947
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	6.083E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	6.485E+4

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Vmin)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 2 tot	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess.	F. 3b Fess.	F. 3 tot	η_1
σ_8	0	0.7	0	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	-0.3	0	0	0
σ_7	0	10.9	17	-1.1	-1.7	0	0	15.3	-0.4	-1	-1.7	-1.9	12.3	0.031
σ_6	0	10	15.8	-1	-1.6	0	0	14.2	-0.4	-1	-1.8	-2.1	11.1	0.028
σ_5	0	0.6	0	-0.1	0	0	0	0	-0.1	0	-0.3	0	0	0
σ_4	88.3	9.8	15.6	-1	-1.6	0	0	102.3	-0.4	-1	-1.8	-2.1	99.2	0.311
σ_3	86.5	9.5	15.2	-1	-1.6	0	0	100.2	-0.4	-0.9	-1.9	-2.2	97	0.304
σ_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.8	-4.6	-4.6	0.013
σ_1	-67.5	-16.3	-17.2	1.7	1.8	0	0	-83	1	1.1	-5.2	-7.2	-89.2	0.279
σ_0	-70.6	-16.8	-17.9	1.7	1.8	0	0	-86.6	1	1.1	-5.3	-7.3	-92.8	0.291

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.311 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.6 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.54 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = 0.28 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = 0.2 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling
 $h_w/t_w = 188.519 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 92.758$ Verifica a Shear Buckling: **NECESSARIA**

Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd} = 1.79E+7$ N**

Essendo:

$a/h_w = 0.747$, $\eta = 1.2$, $I_{sl} = 2.904E+8$ (mm⁴), $K_{\tau sl} = 35.871$, $K_\tau = 19.476$
 contributo anima: $V_{bw,Rd} = 1.515E+7$ N, contributo flange: $V_{bf,Rd} = 2.751E+6$ N
 $\chi_w = 0.591$, $\lambda_w = 1.403$, $\tau_{cr} = 104.1$, $C = 1043.5$
 $M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 7.879E+7$ Nm, $M_{f,Rd} = 1.893E+8$ Nm, $M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.416$

Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd} = 3.219E+7$ N**

Resistenza a taglio: **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 1.79E+7$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.201, \quad (\Rightarrow \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.237, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.311$$

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 T1N065I T1N065I

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2787 mm
Piattabanda superiore	800x40 mm
Piattabanda inferiore	1140x100 mm
Anima	22x2647 mm, Inclinazione: 0
Soletta	6350x240 mm
Raccordo	800x30 mm (escluso nel calcolo delle proprieta' geometriche)
Armatura superiore	diametro 16 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 50 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	3952 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	410x20 mm
Piatto 2	---

Irrigidenti longitudinali dell'anima

distanza estradosso trave-irrigidente 1	800 mm
distanza estradosso trave-irrigidente 2	0 mm
Dimensione dei piatti - sinistra	orizzontali 270x24 mm, verticali 0x0 mm
Dimensione dei piatti - destra	orizzontali 0x0 mm, verticali 0x0 mm

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.042E+5	3.088E+5	3.088E+5	3.088E+5	4.551E+5	2.17E+5
z _G (mm)	867.339	1567.173	1567.173	1567.173	2007.556	987.638
J _y (mm ⁴)	2.437E+11	5.397E+11	5.397E+11	5.397E+11	7.267E+11	2.941E+11
W _{y,0} (mm ³)	-2.81E+8	-3.444E+8	-3.444E+8	-3.444E+8	-3.62E+8	-2.978E+8
W _{y,1} (mm ³)	-3.177E+8	-3.678E+8	-3.678E+8	-3.678E+8	-3.809E+8	-3.313E+8

W _{y,3} (mm ³)	1.297E+8	4.574E+8	4.574E+8	4.574E+8	9.827E+8	1.672E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.27E+8	4.424E+8	4.424E+8	4.424E+8	9.323E+8	1.634E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.318E+8	4.318E+8	4.318E+8	8.978E+8	1.608E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.318E+8	4.318E+8	4.318E+8	8.978E+8	1.608E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.748E+8	3.748E+8	3.748E+8	7.271E+8	1.456E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.623E+8	3.623E+8	3.623E+8	6.924E+8	1.421E+8
S _{y,1} (mm ³)	9.318E+7	1.73E+8	1.73E+8	1.73E+8	2.232E+8	1.069E+8
S _{y,2} (mm ³)	9.965E+7	1.966E+8	1.966E+8	1.966E+8	2.632E+8	1.156E+8
S _{y,3} (mm ³)	6.079E+7	1.813E+8	1.813E+8	1.813E+8	2.572E+8	8.151E+7
S _{y,4} (mm ³)	0E+00	1.429E+8	1.429E+8	1.429E+8	2.329E+8	2.457E+7
nE	1E+300	16.6	16.6	16.6	6.4	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	5.913E+6	3032.25	3057	3007.5
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	2.258E+7	2912	3006.5	2817.5
Strato di calcestruzzo inferiore	-6.005E+4	2816.75	2816.5	2817
Strato di armatura superiore	2.498E+6	3007	3007.5	3006.5
Strato di armatura inferiore	2.498E+6	2817	2817.5	2816.5
Raccordo in cls	0E+00	2802	2817	2787
Flangia superiore della trave di acciaio	1.082E+7	2767	2787	2747
Anima della trave di acciaio	1.969E+7	1423.5	2747	100
Flangia inferiore della trave di acciaio	3.637E+7	50	100	0
Compressione ultima per la sezione completa	-1.003E+8			
Trazione ultima per la sezione completa	7.188E+7			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-8.062E+7			
Trazione ultima per la sezione senza anima	5.219E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M ₊)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M ₋)
Flangia superiore	9.725	0.814	1	0
Flangia inferiore	5.59	0.838	1	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M ₊)	120.318	0.814	0	-1.982	1
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M ₋)	120.318	0.814	0.3	-0.388	4
Compressione semplice (N)	120.318	0.814	1	1	4

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

Sollecitazioni (Comb. Mmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-3.22E+5	-1.7E+7	0E+00
2a	0E+00	-2.08E+5	-7.22E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	5E+3	-3.45E+6	0E+00
Term.Iso	4.4E+6	0	4.09E+6	0
3b	-2.19E+6	-2.83E+4	5.83E+6	0E+00
Totale	2.21E+6	-5.53E+5	-1.78E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	120.32	2101.28	0.24	-0.45	2
Piattabanda superiore	9.72				1
Piattabanda inferiore	5.59				1
classe della sezione					2

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	2.208E+6	M _{Ed} (Nm)	-1.775E+7	N _{Ed} (N)	2.208E+6
N _{Rd} (N)	7.188E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.259E+8	M _{Ed} (Nm)	-1.775E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.259E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.031	M _{Ed} /M _{Rd}	0.141	M _{Ed} /M _{Rd}	0.141

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	-1.2	0	0	0	0	0	-1.2	-1.2	0	0.6	0	-1.9	0.099
σ ₇	0	-19.2	-49.5	0	0	0	0	-19.2	10.5	-23.7	3.2	29.9	-5.5	0.014
σ ₆	0	-16.7	-44.9	0	0	0	0	-16.7	10.4	-21.5	1.7	26.2	-4.6	0.012
σ ₅	0	-1	0	0	0	0	0	-1	-1.3	0	0.3	0	-2	0.107
σ ₄	-133.9	-16.3	-44.1	0	0	0	0	-150.3	10.4	-21.1	1.4	25.6	-138.5	0.41
σ ₃	-131.2	-15.8	-43.2	0	0	0	0	-146.9	10.3	-20.6	1.1	24.8	-135.5	0.401
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	9.7	0	-4.8	-10.1	4.9	0.014
σ ₁	53.5	19.6	21.8	0	0	0	0	73.2	8	10.4	-20.1	-27.7	61	0.191
σ ₀	60.5	21	24.2	0	0	0	0	81.5	7.9	11.6	-20.9	-29.7	68.4	0.215

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.41 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -1.2 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -1.01 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 = -1.87 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.01 N/mm²
La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 120.318 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 69.549 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

 Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 9.896E+6 N**

Essendo:

$$a/h_w = 1.493, \quad \eta = 1.2, \quad I_{sl} = 1.29E+8 (\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl} = 12.637, \quad K_\tau = 10.949$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd} = 7.539E+6 \text{ N}, \quad \text{contributo flange: } V_{bf,Rd} = 2.357E+6 \text{ N}$$

$$\chi_w = 0.695, \quad \lambda_w = 1.195, \quad \tau_{cr} = 143.7, \quad C = 1429.3$$

$$M_{Ed} = -1.775E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = -1.028E+8 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.173$$

 Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.364E+7 N**

 Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 9.896E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.056, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.073, \quad \eta_1 = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.141$$

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)
1	0E+00	-4.34E+5	-2.3E+7	0E+00
2a	0E+00	-1.91E+5	-1.22E+7	0E+00
2b	0E+00	-8.7E+3	6.48E+6	0E+00
Rit.Iso	-5.51E+6	0	-7.54E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-5E+3	3.45E+6	0E+00
Term.Iso	-4.4E+6	0	-4.09E+6	0
3b	2.19E+6	-6.79E+5	-2.77E+7	0E+00
Totale	-7.71E+6	-1.32E+6	-6.46E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Mmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	120.32	1434.31	0.5	-0.62	4
Piattabanda superiore	9.72				1
Piattabanda inferiore	5.59				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-7.714E+6	M _{Ed} (Nm)	-6.458E+7	N _{Ed} (N)	-7.714E+6
N _{Rd} (N)	-1.003E+8	M _{Rd} (Nm)	-1.259E+8	M _{Ed} (Nm)	-6.458E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.235E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.077	M _{Ed} /M _{Rd}	0.513	M _{Ed} /M _{Rd}	0.523

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	0	-2	0	2.4	0	0	0	0	1.2	0	-5.5	0	-3.9	0.209
σ ₇	0	-32.6	-83.8	-20.7	44.5	0	0	-39.3	-10.5	23.7	-33.3	-180.2	-97.1	0.248
σ ₆	0	-28.3	-75.9	-20.3	40.3	0	0	-35.6	-10.4	21.5	-26	-162.3	-85	0.217
σ ₅	0	-1.7	0	2.4	0	0	0	0	1.3	0	-4.1	0	-2.1	0.113
σ ₄	-180.8	-27.6	-74.7	-20.2	39.6	0	0	-215.9	-10.4	21.1	-24.9	-159.4	-263.9	0.781
σ ₃	-177.1	-26.7	-73	-20.2	38.8	0	0	-211.3	-10.3	20.6	-23.4	-155.7	-257.6	0.762
σ ₂	0	0	0	-17.8	0	0	0	0	-9.7	0	4.8	10.1	-22.7	0.067
σ ₁	72.3	33.2	36.8	-14.9	-19.6	0	0	89.6	-8	-10.4	77.6	93.7	160.1	0.502
σ ₀	81.7	35.4	41	-14.7	-21.8	0	0	100.9	-7.9	-11.6	81.4	103.2	175.9	0.551

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.781 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 = 0.69 N/mm²
- La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)

- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -3.94 N/mm²
 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.12 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	400	40	---	---	---	1	16000
Piattabanda superiore DX	400	40	---	---	---	1	16000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2
b (mm)	2647	760	1887
σ_{cr0E} (N/mm ²)	13.12	159.21	25.83
σ_{sup} (N/mm ²)	-257.6	-257.6	-137.67
σ_{inf} (N/mm ²)	160.1	-137.67	160.1
ψ	-0.62	0.53	-1.16
K_σ	15.5	5.18	27.98
λ_p	1.32	0.66	0.7
b_c (mm)	1632.44	760	872.44
$b_{c, sup}$ (mm)	652.97	340.38	348.97
$b_{c, sup}$ (mm)	979.46	419.62	523.46
ρ_{loc}	0.68	1	1
b_{ceff} (mm)	1113.28	760	872.44
$b_{ceff, sup}$ (mm)	445.31	340.38	348.97
$b_{ceff, sup}$ (mm)	667.97	419.62	523.46
ϕ_{Foro} (mm)	519.15	0	0

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

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c, Edge sup}$	7.488E+3	2576.8	7.23E+7
$A_{c, 1}$	1.691E+4	2022.3	8.324E+8
$A_{c, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c, Edge inf}$	1.152E+4	1376.3	2.63E+8
$A_{c, tot}$	3.591E+4	1930.8	7.975E+9
A_c	2.339E+4		

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

	A(mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
$A_{c,eff, Edge sup}$	7.488E+3	2576.8	7.23E+7
$A_{c,eff, 1}$	1.691E+4	2022.3	8.324E+8
$A_{c,eff, 2}$	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff, Edge inf}$	1.152E+4	1376.3	2.63E+8
$A_{c,eff, tot}$	3.591E+4	1930.8	7.975E+9
$A_{c,eff, loc}$	2.339E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Mmin)

	Stiffener 1
A_{sl} (mm ²)	2.339E+4
e_{sl} (mm)	-40.4
I_{sl} (mm ⁴)	1.399E+8
$A_{sl,eff}$ (mm ²)	2.339E+4
$e_{sl,eff}$ (mm)	-40.4
$I_{sl,eff}$ (mm ⁴)	1.399E+8
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	847.3
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	1585.39

$\sigma_{cr,sl}(C)$	793.8
$\sigma_{cr,c}(C)$	1485.3
α_e	0.613

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

	Piastra		Colonna
$\sigma_{cr,p}(p)$	1585.39	$\sigma_{cr,c}(C)$	1
$\beta_{ac}(p)$	1	$\beta_{ac}(C)$	0.489
λ_p	0.473	λ_c	0.843
ρ_p	1	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	7.488E+3	2576.8	7.23E+7
1	1.426E+4	2022.3	7.018E+8
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	1.152E+4	1376.3	2.63E+8
Totale	3.326E+4	1923.5	7.821E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Mmin)

	$\Delta A(mm^2)$	z _G (mm)	$\Delta J_y(mm^4)$
Anima	-2.654E+3	2022.3	-1.306E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Mmin)

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	2.016E+5	3.062E+5	3.062E+5	3.062E+5	4.525E+5	2.143E+5
z _G (mm)	852.134	1563.228	1563.228	1563.228	2007.47	974.828
Δz_{Geff} (mm)	15.2	3.95	3.95	3.95	0.09	12.81
J _{y,eff} (mm ⁴)	2.4E+11	5.39E+11	5.39E+11	5.39E+11	7.266E+11	2.911E+11
W _{y,0eff} (mm ³)	-2.817E+8	-3.448E+8	-3.448E+8	-3.448E+8	-3.619E+8	-2.986E+8
W _{y,1eff} (mm ³)	-3.191E+8	-3.684E+8	-3.684E+8	-3.684E+8	-3.809E+8	-3.327E+8
W _{y,3eff} (mm ³)	1.267E+8	4.553E+8	4.553E+8	4.553E+8	9.825E+8	1.643E+8
W _{y,4eff} (mm ³)	1.241E+8	4.404E+8	4.404E+8	4.404E+8	9.32E+8	1.606E+8
W _{y,5eff} (mm ³)	1E+300	4.299E+8	4.299E+8	4.299E+8	8.975E+8	1.58E+8
W _{y,6eff} (mm ³)	1E+300	4.299E+8	4.299E+8	4.299E+8	8.975E+8	1.58E+8
W _{y,7eff} (mm ³)	1E+300	3.733E+8	3.733E+8	3.733E+8	7.269E+8	1.432E+8
W _{y,8eff} (mm ³)	1E+300	3.608E+8	3.608E+8	3.608E+8	6.923E+8	1.398E+8
S _{y,1eff} (mm ³)	9.144E+7	1.725E+8	1.725E+8	1.725E+8	2.232E+8	1.054E+8
S _{y,2eff} (mm ³)	9.767E+7	1.961E+8	1.961E+8	1.961E+8	2.632E+8	1.138E+8
S _{y,3eff} (mm ³)	6.128E+7	1.819E+8	1.819E+8	1.819E+8	2.572E+8	8.208E+7
S _{y,4eff} (mm ³)	3.177E-291	1.433E+8	1.433E+8	1.433E+8	2.329E+8	2.473E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	2.0498
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	2.809E+4
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	-2.172E+4	0E+00	-3.811E+2	1.899E+2

Tensioni normali sulla sezione efficace (Comb. Mmin)

	F. 1	F. 2a	F. 2a	F. 2b	F. 2b	F. 2c	F. 2c	F. 2 tot	F. 3a	F. 3a	F. 3b	F. 3b	F. 3 tot	η_1
--	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	-------	-------	-------	-------	----------	----------

		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.		Non Fess.	Fess.	Non Fess.	Fess.		
σ_8	0	-2	0	2.3	0	0	0	0	1.2	0	-5.5	0	-4	0.211
σ_7	0	-32.7	-85.2	-20.9	45.2	0	0	-40	-10.6	24.1	-33.3	-183	-97.5	0.249
σ_6	0	-28.4	-77.3	-20.5	41	0	0	-36.2	-10.4	21.8	-26	-165	-85.4	0.218
σ_5	0	-1.7	0	2.4	0	0	0	0	1.3	0	-4.1	0	-2.1	0.114
σ_4	-185.1	-27.7	-76	-20.4	40.3	0	0	-220.7	-10.4	21.5	-24.9	-162.1	-268.5	0.794
σ_3	-181.3	-26.8	-74.3	-20.4	39.4	0	0	-216.1	-10.4	21	-23.4	-158.3	-262.2	0.775
σ_2	0	0	0	-18	0	0	0	0	-9.7	0	4.8	10.2	-22.9	0.068
σ_1	71.9	33.1	36.7	-15	-19.5	0	0	89.2	-8	-10.4	77.6	93.4	159.6	0.5
σ_0	81.5	35.4	40.9	-14.8	-21.7	0	0	100.7	-8	-11.6	81.4	102.9	175.5	0.55

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.794 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.31 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 = -3.96 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.14 N/mm²
 La sezione a fine fase 3 e' stata considerata: Non fessurata (m.)

Resistenza a taglio

Valutazione della necessita' di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 120.318 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 69.549 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 7.539E+6 N**

Essendo:

a/h_w = 1.493, $\eta = 1.2$, I_{sl} = 1.29E+8 (mm⁴), $K_{\tau sl} = 12.637$, $K_\tau = 10.949$
 contributo anima: V_{bw,Rd} = 7.539E+6 N, contributo flange: V_{bf,Rd} = 0E+00 N
 $\chi_w = 0.695$, $\lambda_w = 1.195$, $\tau_{cr} = 143.7$, C = 1429.3
 M_{Ed} = M_{Ed,eq} = -2.503E+8 Nm, M_{f,Rd} = -1.102E+8 Nm, M_{Ed}/M_{f,Rd} = 2.27

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.364E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 7.539E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

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

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.175, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.794$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmax)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-3.22E+5	-1.7E+7	0E+00
2a	0E+00	-4.55E+4	-7.85E+6	0E+00
2b	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Rit.Iso	0E+00	0	0E+00	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	5E+3	-3.45E+6	0E+00
Term.Iso	4.4E+6	0	4.09E+6	0
3b	0E+00	1.15E+6	-1.64E+7	0E+00
Totale	4.4E+6	7.85E+5	-4.06E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmax)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	120.32	2248.67	0.19	-0.81	1
Piattabanda superiore	9.72				1
Piattabanda inferiore	5.59				1
classe della sezione					1

Analisi plastica: APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	4.401E+6	M _{Ed} (Nm)	-4.059E+7	N _{Ed} (N)	4.401E+6
N _{Rd} (N)	7.188E+7	M _{Rd} (Nm)	-1.259E+8	M _{Ed} (Nm)	-4.059E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.255E+8
N _{Ed} /N _{Rd}	0.061	M _{Ed} /M _{Rd}	0.322	M _{Ed} /M _{Rd}	0.323

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	-1.3	0	0	0	0	0	-1.3	-1.2	0	-3.7	0	-6.2	0.331
σ ₇	0	-20.9	-53.9	0	0	0	0	-20.9	10.5	-23.7	-22.5	-112.4	-32.9	0.084
σ ₆	0	-18.2	-48.8	0	0	0	0	-18.2	10.4	-21.5	-18.2	-101.8	-26	0.067
σ ₅	0	-1.1	0	0	0	0	0	-1.1	-1.3	0	-2.8	0	-5.2	0.277
σ ₄	-133.9	-17.7	-48	0	0	0	0	-151.7	10.4	-21.1	-17.6	-100.1	-158.9	0.47
σ ₃	-131.2	-17.2	-47	0	0	0	0	-148.3	10.3	-20.6	-16.7	-97.9	-154.7	0.457
σ ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	9.7	0	0	0	9.7	0.029
σ ₁	53.5	21.3	23.7	0	0	0	0	74.9	8	10.4	43	49.4	125.8	0.394
σ ₀	60.5	22.8	26.4	0	0	0	0	83.3	7.9	11.6	45.2	55	136.4	0.428

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.47 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = -1.31 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = -1.1 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 = -6.23 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -5.21 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

$$h_w/t_w=120.318 > 31/\eta * \epsilon_w * (K_\tau)^{0.5} = 69.549 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling: **V_{b,Rd} = 9.577E+6 N**

Essendo:

a/h_w=1.493, η = 1.2, I_{sl}=1.29E+8(mm⁴), K_{τsl}=12.637, K_τ=10.949
 contributo anima: V_{bw,Rd}=7.539E+6 N, contributo flange: V_{bf,Rd}=2.038E+6 N
 χ_w=0.695, λ_w=1.195, τ_{cr}=143.7, C=1429.3
 M_{Ed}=-4.059E+7 Nm, M_{f,Rd}=-1.011E+8 Nm, M_{Ed}/M_{f,Rd}=0.401

Resistenza plastica: **V_{pl,Rd} = 1.364E+7 N**

Resistenza a taglio: **V_{Rd} = min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 9.577E+6 N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{Rd} = 0.082, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0.104, \quad \eta_1 = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.323$$

Interazione pressoflessione taglio (N-M-V)

Valutazione della presenza di interazione

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

NON C'E' INTERAZIONE

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

Sollecitazioni (Comb. Vmin)

Fase	N (N)	V (N)	M (Nm)	T (Nm)
1	0E+00	-4.34E+5	-2.3E+7	0E+00
2a	0E+00	-2.72E+5	-1.09E+7	0E+00
2b	0E+00	-8.7E+3	6.48E+6	0E+00
Rit.Iso	-5.51E+6	0	-7.54E+6	0
2c	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
3a	0E+00	-5E+3	3.45E+6	0E+00
Term.Iso	-4.4E+6	0	-4.09E+6	0
3b	0E+00	-1.35E+6	-1.68E+7	0E+00
Totale	-9.91E+6	-2.07E+6	-5.24E+7	0E+00

Pressoflessione - Analisi plastica

Classificazione della sezione (Comb. Vmin)

	c/t	z _{pl} (mm)	α	ψ	Classe
Anima	120.32	1286.91	0.55	-0.5	4
Piattabanda superiore	9.72				1
Piattabanda inferiore	5.59				1
classe della sezione					4

Analisi plastica: NON APPLICABILE

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

Azione assiale		Flessione semplice		Interazione N/M	
N _{Ed} (N)	-9.907E+6	M _{Ed} (Nm)	-5.236E+7	N _{Ed} (N)	-9.907E+6
N _{Rd} (N)	-1.003E+8	M _{Rd} (Nm)	-1.259E+8	M _{Ed} (Nm)	-5.236E+7
				M _{Rd} (Nm)	-1.221E+8
N _{Ed} / N _{Rd}	0.099	M _{Ed} / M _{Rd}	0.416	M _{Ed} / M _{Rd}	0.429

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	-1.8	0	2.4	0	0	0	0	1.2	0	-3.8	0	-2	0.107
σ ₇	0	-29.2	-75.1	-20.7	44.5	0	0	-30.6	-10.5	23.7	-23	-115.1	-83.5	0.213
σ ₆	0	-25.3	-68	-20.3	40.3	0	0	-27.7	-10.4	21.5	-18.7	-104.2	-74.7	0.191
σ ₅	0	-1.5	0	2.4	0	0	0	0	1.3	0	-2.9	0	-0.8	0.042
σ ₄	-180.8	-24.7	-66.9	-20.2	39.6	0	0	-208.1	-10.4	21.1	-18	-102.5	-254.1	0.752
σ ₃	-177.1	-23.9	-65.4	-20.2	38.8	0	0	-203.7	-10.3	20.6	-17.1	-100.3	-248.5	0.735
σ ₂	0	0	0	-17.8	0	0	0	0	-9.7	0	0	0	-27.5	0.081
σ ₁	72.3	29.7	33	-14.9	-19.6	0	0	85.7	-8	-10.4	44	50.6	123.1	0.386
σ ₀	81.7	31.8	36.7	-14.7	-21.8	0	0	96.7	-7.9	-11.6	46.3	56.3	137.1	0.43

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.752 VERIFICA NON SIGNIFICATIVA

NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.54 N/mm²
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.86 N/mm²
 La sezione a fine fase 2 e' stata considerata: Fessurata (m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.01 N/mm²
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.79 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	400	40	---	---	---	1	16000
Piattabanda superiore DX	400	40	---	---	---	1	16000
Piattabanda inferiore SX	570	100	---	---	---	1	57000
Piattabanda inferiore DX	570	100	---	---	---	1	57000

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

	Anima	Sub pannello 1	Sub pannello 2
b (mm)	2647	760	1887
σ_{cr0E} (N/mm ²)	13.12	159.21	25.83
σ_{sup} (N/mm ²)	-248.5	-248.5	-141.81
σ_{inf} (N/mm ²)	123.09	-141.81	123.09
ψ	-0.5	0.57	-0.87
K_σ	13.32	5.06	20.64
λ_p	1.42	0.66	0.82
b_c (mm)	1770.21	760	1010.21
$b_{c, sup}$ (mm)	708.08	343.17	404.08
$b_{c, sup}$ (mm)	1062.12	416.83	606.12
ρ_{loc}	0.63	1	1
b_{ceff} (mm)	1122.33	760	1010.21
$b_{ceff, sup}$ (mm)	448.93	343.17	404.08
$b_{ceff, sup}$ (mm)	673.4	416.83	606.12
ϕ_{Foro} (mm)	647.87	0	0

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

	A (mm ²)	z_G (mm)	J_y (mm ⁴)
A_c Edge sup	7.55E+3	2575.4	7.409E+7
A_c 1	1.806E+4	1993.4	1.014E+9
A_c 2	0E+00	0	0E+00
A_c Edge inf	1.333E+4	1279.9	4.082E+8
A_c tot	3.894E+4	1861.9	1.017E+10
A_c	2.454E+4		

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	7.55E+3	2575.4	7.409E+7
$A_{c,eff}$ 1	1.806E+4	1993.4	1.014E+9
$A_{c,eff}$ 2	0E+00	0	0E+00
$A_{c,eff}$ Edge inf	1.333E+4	1279.9	4.082E+8
$A_{c,eff}$ tot	3.894E+4	1861.9	1.017E+10
$A_{c,eff,loc}$	2.454E+4		

Tensioni critiche per l'anima (Comb. Vmin)

	Stiffener 1
A_{sl} (mm ²)	2.454E+4
e_{sl} (mm)	-38.6
I_{sl} (mm ⁴)	1.417E+8
$A_{sl,eff}$ (mm ²)	2.454E+4
$e_{sl,eff}$ (mm)	-38.6

$I_{sl,eff}$ (mm ⁴)	1.417E+8
$\sigma_{cr,sl,i}$ (p)	817.51
$\sigma_{cr,p,i}$ (p)	1432.54
$\sigma_{cr,sl}$ (c)	766.53
$\sigma_{cr,c}$ (c)	1343.2
α_e	0.617

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

	<i>Piastra</i>		<i>Colonna</i>
$\sigma_{cr,p}$ (p)	1432.54	$\sigma_{cr,c}$ (c)	1
β_{ac} (p)	1	β_{ac} (c)	0.514
λ_p	0.498	λ_c	0.828
ρ_p	1	χ_c	

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

	<i>A</i> (mm ²)	<i>z_G</i> (mm)	<i>J_y</i> (mm ⁴)
Edge sup	7.55E+3	2575.4	7.409E+7
1	1.495E+4	1993.4	8.397E+8
2	0E+00	0	0E+00
Edge inf	1.333E+4	1279.9	4.082E+8
Totale	3.584E+4	1850.5	9.937E+9

Depurazione complessiva da applicare alla sezione (Comb. Vmin)

	ΔA (mm ²)	<i>z_G</i> (mm)	ΔJ_y (mm ⁴)
Anima	-3.108E+3	1993.4	-1.745E+8
Piattabanda superiore	0E+00	0	0E+00
Piattabanda inferiore	0E+00	0	0E+00

Caratteristiche geometriche efficaci (Comb. Vmin)

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fessurata</i>
<i>A</i> (mm ²)	2.011E+5	3.057E+5	3.057E+5	3.057E+5	4.52E+5	2.139E+5
<i>z_G</i> (mm)	849.94	1562.841	1562.841	1562.841	2007.654	973.025
Δz_{Geff} (mm)	17.4	4.33	4.33	4.33	-0.1	14.61
<i>J_{y,eff}</i> (mm ⁴)	2.396E+11	5.389E+11	5.389E+11	5.389E+11	7.265E+11	2.907E+11
<i>W_{y,0eff}</i> (mm ³)	-2.819E+8	-3.449E+8	-3.449E+8	-3.449E+8	-3.619E+8	-2.988E+8
<i>W_{y,1eff}</i> (mm ³)	-3.195E+8	-3.684E+8	-3.684E+8	-3.684E+8	-3.808E+8	-3.33E+8
<i>W_{y,3eff}</i> (mm ³)	1.263E+8	4.551E+8	4.551E+8	4.551E+8	9.826E+8	1.639E+8
<i>W_{y,4eff}</i> (mm ³)	1.237E+8	4.403E+8	4.403E+8	4.403E+8	9.322E+8	1.603E+8
<i>W_{y,5eff}</i> (mm ³)	1E+300	4.297E+8	4.297E+8	4.297E+8	8.976E+8	1.577E+8
<i>W_{y,6eff}</i> (mm ³)	1E+300	4.297E+8	4.297E+8	4.297E+8	8.976E+8	1.577E+8
<i>W_{y,7eff}</i> (mm ³)	1E+300	3.732E+8	3.732E+8	3.732E+8	7.27E+8	1.429E+8
<i>W_{y,8eff}</i> (mm ³)	1E+300	3.607E+8	3.607E+8	3.607E+8	6.923E+8	1.395E+8
<i>S_{y,1eff}</i> (mm ³)	9.119E+7	1.725E+8	1.725E+8	1.725E+8	2.232E+8	1.052E+8
<i>S_{y,2eff}</i> (mm ³)	9.738E+7	1.96E+8	1.96E+8	1.96E+8	2.632E+8	1.136E+8
<i>S_{y,3eff}</i> (mm ³)	6.135E+7	1.819E+8	1.819E+8	1.819E+8	2.571E+8	8.216E+7
<i>S_{y,4eff}</i> (mm ³)	3.181E-291	1.434E+8	1.434E+8	1.434E+8	2.328E+8	2.476E+7

Le caratteristiche efficaci sono state calcolate iterativamente in 0 iterazioni, con la seguente variazione percentuale del coefficiente ψ

$(\psi_1 - \psi_0)/\psi_0 * 100$	2.5463
$(\psi_2 - \psi_1)/\psi_1 * 100$	
$(\psi_3 - \psi_2)/\psi_2 * 100$	
$(\psi_4 - \psi_3)/\psi_3 * 100$	
$(\psi_5 - \psi_4)/\psi_4 * 100$	

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

	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2a</i>	<i>Fase 2b</i>	<i>Fase 2c</i>	<i>Fase 3a</i>	<i>Fase 3b</i>
$\Delta M_{Fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
$\Delta M_{Non fessurata}$ (kNm)	0E+00	0E+00	-2.386E+4	0E+00	4.291E+2	0E+00

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	-1.8	0	2.3	0	0	0	0	1.2	0	-3.8	0	-2	0.108
σ_7	0	-29.3	-76.5	-20.9	45.3	0	0	-31.2	-10.6	24.1	-23.1	-117.2	-83.9	0.214
σ_6	0	-25.5	-69.4	-20.5	41.1	0	0	-28.3	-10.4	21.9	-18.7	-106.3	-75.1	0.192
σ_5	0	-1.5	0	2.4	0	0	0	0	1.3	0	-2.9	0	-0.8	0.044
σ_4	-185.6	-24.8	-68.3	-20.5	40.4	0	0	-213.5	-10.4	21.5	-18	-104.6	-259.4	0.767
σ_3	-181.8	-24	-66.8	-20.4	39.5	0	0	-209	-10.4	21	-17.1	-102.3	-253.7	0.75
σ_2	0	0	0	-18	0	0	0	0	-9.7	0	0	0	-27.7	0.082
σ_1	71.9	29.7	32.9	-15.1	-19.5	0	0	85.3	-8.1	-10.4	44	50.3	122.5	0.384
σ_0	81.5	31.7	36.6	-14.9	-21.7	0	0	96.4	-8	-11.5	46.3	56.1	136.7	0.428

Massimo coefficiente di utilizzo: 0.767 VERIFICA SODDISFATTA

NOTE

 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.52 N/mm²

 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 2 = 0.84 N/mm²

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

 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 = -2.04 N/mm²

 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 = -0.82 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

$$h_w/t_w=120.318 > 31/\eta * \epsilon_w *(K_\tau)^{0.5}=69.549 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

 Resistenza a taglio Shear buckling: **$V_{b,Rd}=7.539E+6$ N**

Essendo:

$$a/h_w=1.493, \quad \eta=1.2, \quad I_{sl}=1.29E+8(\text{mm}^4), \quad K_{\tau sl}=12.637, \quad K_\tau=10.949$$

$$\text{contributo anima: } V_{bw,Rd}=7.539E+6 \text{ N, } \text{contributo flange: } V_{bf,Rd}=0E+00 \text{ N}$$

$$\chi_w=0.695, \quad \lambda_w=1.195, \quad \tau_{cr}=143.7, \quad C=1429.3$$

$$M_{Ed}=M_{Ed,eq}=-2.418E+8 \text{ Nm, } M_{f,Rd}=-1.065E+8 \text{ Nm, } M_{Ed}/M_{f,Rd}=2.271$$

 Resistenza plastica: **$V_{pl,Rd}=1.364E+7$ N**

 Resistenza a taglio: **$V_{Rd}=\min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd})=7.539E+6$ N**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd}=0.274, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd}=0.274, \quad \eta_1 = \max(\eta_i)=0.767$$

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

2.7.3 Travi longitudinali - verifiche S.L.E

La verifica viene condotta con riferimento alle tensioni di Von Mises valutate sotto la combinazione fondamentale 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, calcetrusso ed 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.

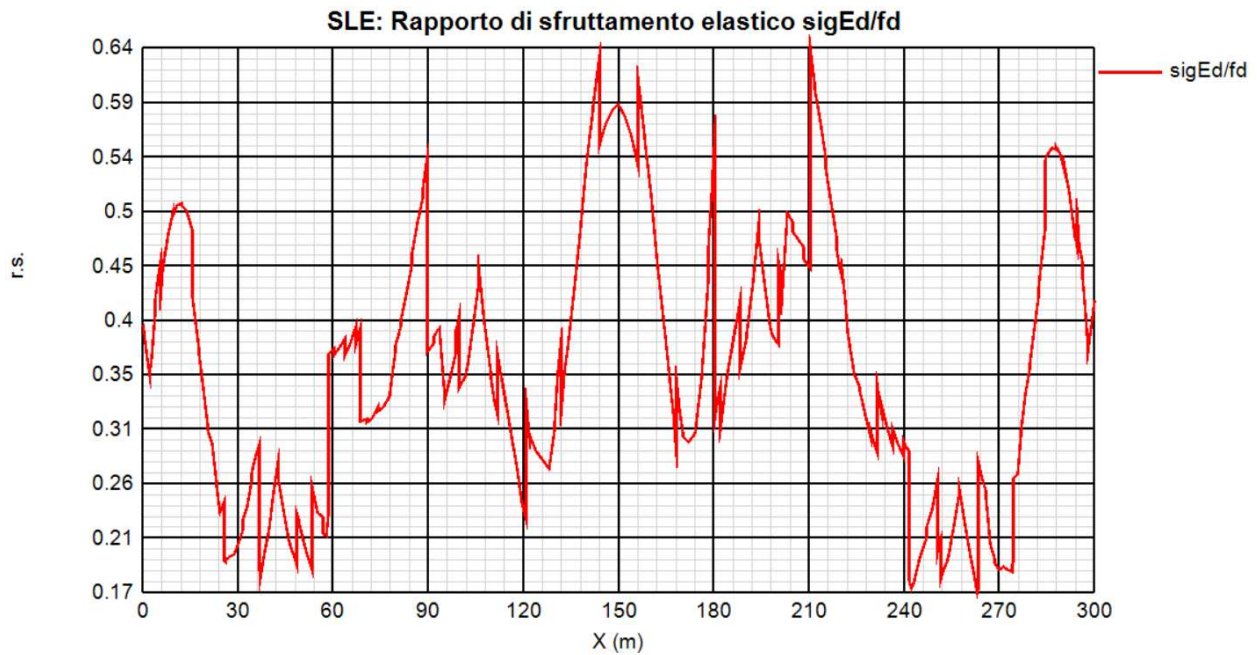
2.7.3.1 Verifica S.L.E. tensionale - Riepilogo coefficienti di sfruttamento

Si riporta una rappresentazione grafica dei coefficienti massimi di sfruttamento per il caso più significativo:

FILO 001 – TRAVE 1



FILO 401 – TRAVE 2



2.7.3.2 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-08, 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 S.L.E. frequente, rappresentando 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

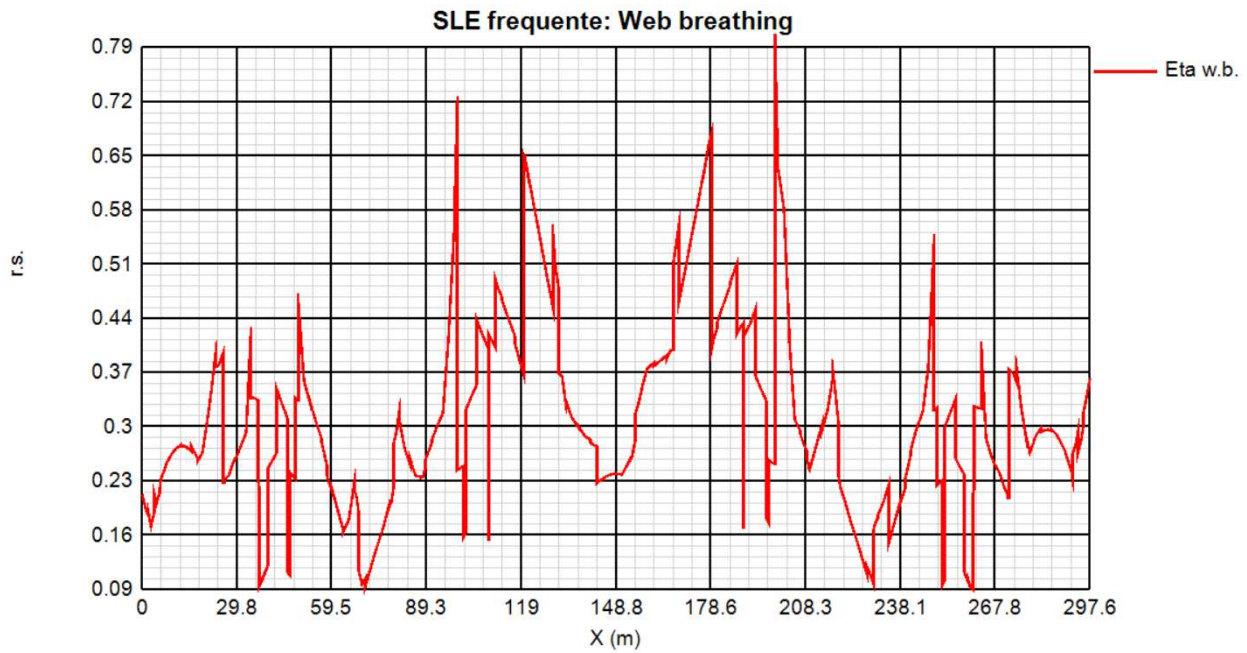
k_{σ}, k_{τ} = coefficienti di imbozzamento per tensioni normali e per taglio, funzione della geometria e stato di sforzo del pannello.

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 ξ , seguendo i criteri contenuti in EN 1993-1-5 - 4.5.4.(1).

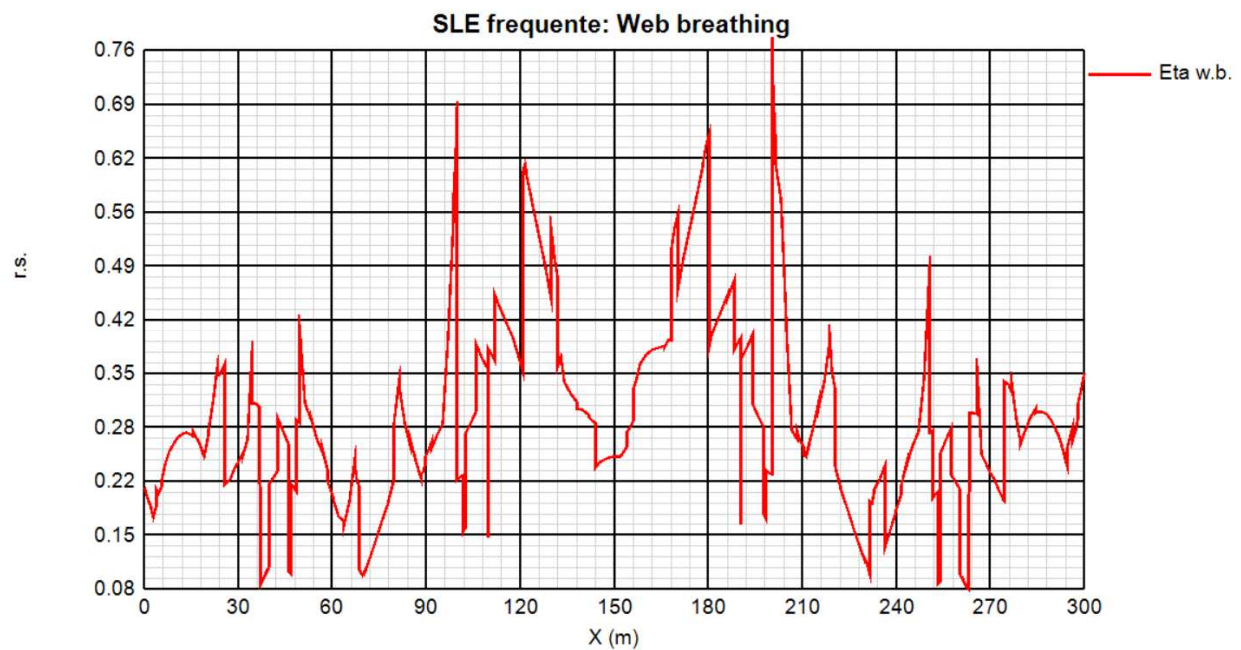
Nelle tabelle riportate in allegato su supporto informatico vengono riportati i coefficienti di sicurezza dedotti per la verifica Web Breathing di tutte le sezioni.

Come testimoniato dalla presenza di coefficienti di sicurezza inferiori a 1.1, le verifiche appaiono in tutti i casi soddisfatte. Si riportano di seguito il grafico dei coefficienti di utilizzo a web breathing per entrambe le travi principali:

FILO 001 – TRAVE 1



FILO 401 – TRAVE 2

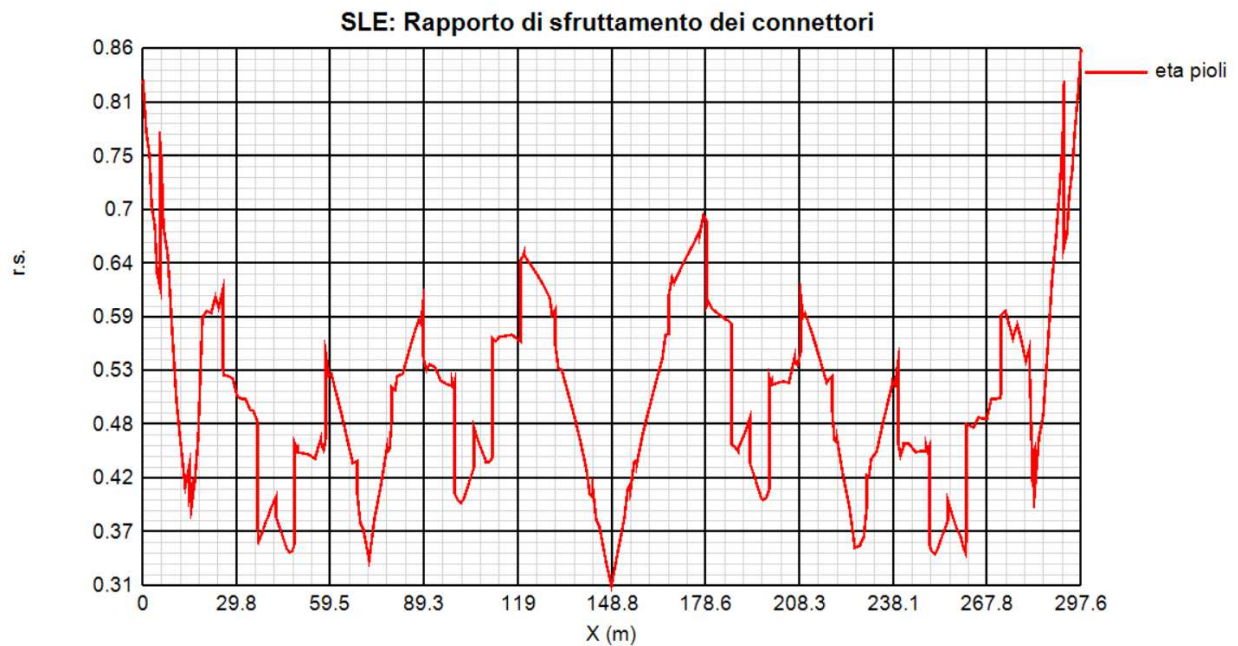


2.7.3.3 Verifica dei pioli allo sle – riepilogo coefficienti di sfruttamento

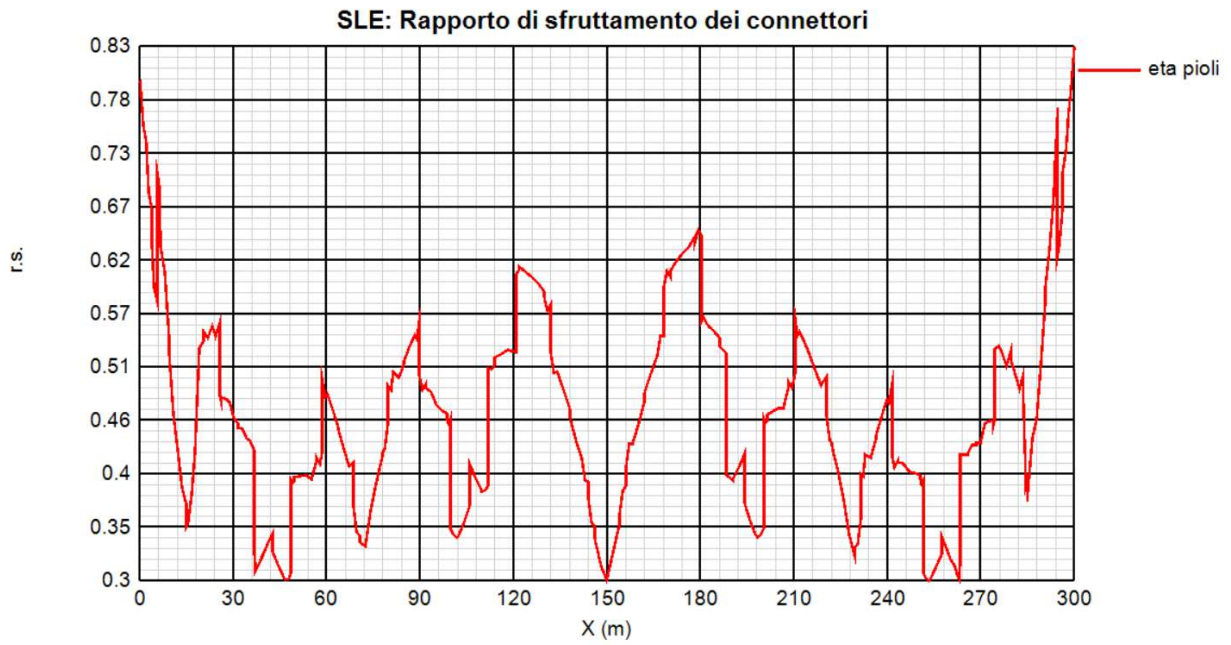
La Circolare applicativa del 21/01/19 al cap. C4.3.4.3.3, riporta che per le travate da ponte, nello stato limite di esercizio, il taglio longitudinale per ciascun connettore non deve eccedere il 60% della resistenza di progetto.

Si riportano di seguito i grafici dei coefficienti di utilizzo dei connettori per le travi principali indicate in precedenza.

FILO 001 – TRAVE 1



FILO 401 – TRAVE 2

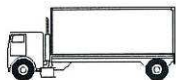

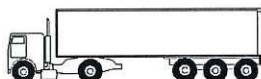
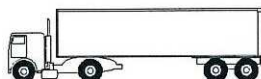



2.7.4 Travi Longitudinali - Verifiche A Fatica

2.7.4.1 Modelli di carico per le verifiche a fatica

In accordo con il punto 5.1.4.3 del DM 17/01/2018 le verifiche a fatica si eseguono facendo riferimento al modello di carico 2 applicato sulla corsia convenzionale n. 1.

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

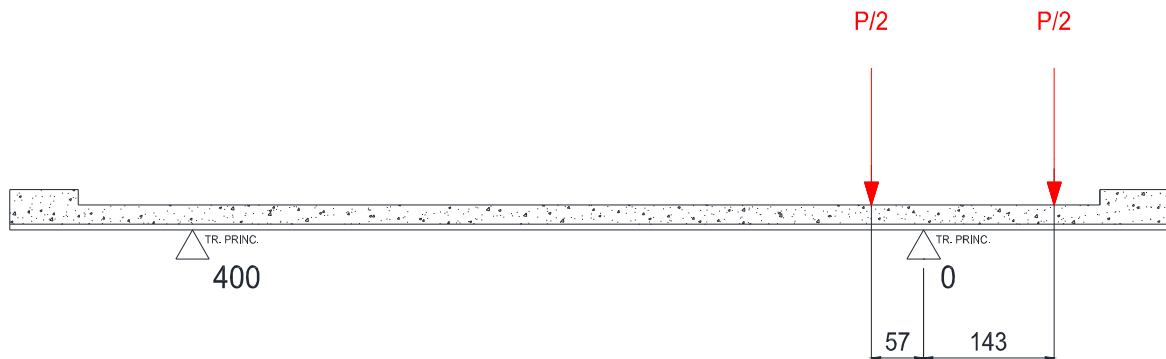
SAGOMA del VEICOLO		Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
		4,5	90	A
			190	B
		4,20	80	A
		1,30	140	B
			140	B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120	C
			120	C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140	B
			140	B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120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

I delta di tensione si determinano in base agli effetti più severi dei diversi autocarri, considerati separatamente, che viaggiano da soli sulla corsia convenzionale n.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 involuppi realizzati ad hoc e di seguito elencati:

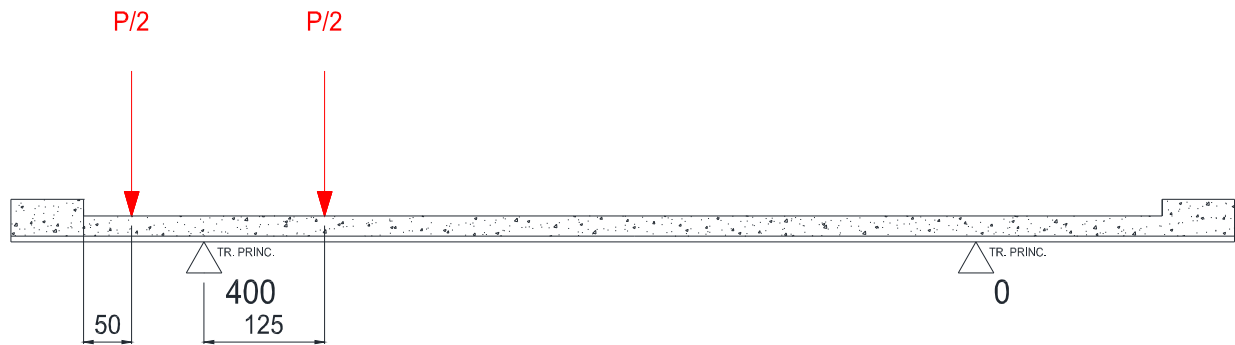
- 1) **PONTE_M22_FAT.out** Stato Limite di Fatica - max momento flettente. verticale
- 2) **PONTE_V3_FAT.out** Stato Limite di Fatica. - max taglio verticale

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]
R₀*	1.05 P
R₄₀₀*	-0.05 P

Tabella 2.37 Reazioni per carichi da fatica



	Q_{1k} 2° Schema [kN/m]
R₀*	0.03 P
R₄₀₀*	0.97 P

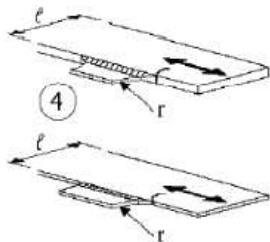

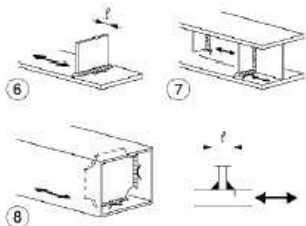
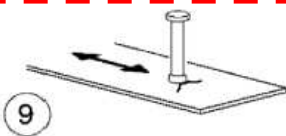
Tabella 2.38 Reazioni per carichi da fatica

2.7.4.2 Categorie 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.

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. (a) $r \geq L/3$ o $r > 150$ mm (b) $L/3 > r \geq L/6$ (c) $r < L/6$	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 (a) $l \leq 50$ mm (b) $50 < l \leq 80$ mm Le classi sono valide anche per nervature anulari	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	

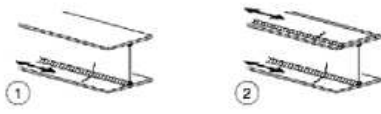
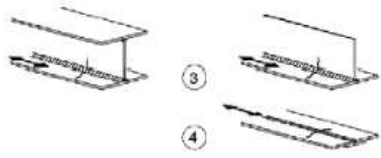
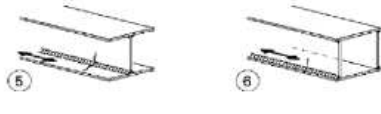
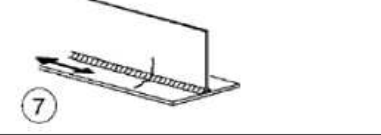
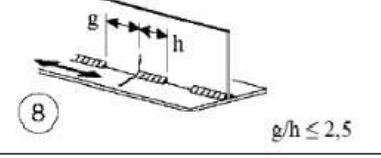

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
125		Saldature longitudinali continue 1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati 2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo. Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 5) e 6) della tabella C4.2.XVIa)	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 C4.2.XV)	$\Delta\sigma$ riferiti alle tensioni nella piattabanda

Figura 2.44 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 sconnessione, 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 2.45 Dettagli costruttivi per sezioni saldate ($\Delta\tau$).

2.7.4.3 Verifiche per vita illimitata

In accordo con il par. 4.2.4.1.4 del DM 17/01/2018 e con i punti C4.2.4.1.4.4 e C4.2.4.1.4.6 delle “*istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni*” si verifica che:

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

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

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 ad ampiezza costante per $N = 5 \times 10^6$ cicli.

$\Delta\tau_D = \Delta\tau_L = 0.457\Delta\tau_c$ limite a fatica ad ampiezza costante per $N = 10^8$ cicli

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

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

γ_{Mf} : coefficiente parziale di sicurezza.

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

2.7.4.3.1 [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 519 – x = 0.00 cm (Sezione 028)

$$\Delta\sigma_{sup,max} = 1.40 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

Piattabanda inferiore

Asta 90 – x = 147.90 cm (Sezione 021)

$$\Delta\sigma_{inf,max} = 2.54 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

2.7.4.3.2 [Saldature dei pioli alle piattabande](#)

Classe del dettaglio	$\Delta\sigma^*_C = 8.0 \text{ kN/cm}^2$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{mf} = 1.35$
Resistenza di progetto a fatica	$\Delta\sigma_D = 8.0 \times 0.737 / 1.35 = 4.37 \text{ kN/cm}^2$

Asta 519 - x= 0.00 cm (Sezione 028)

$$\Delta\sigma_{max,max} = 1.45 \text{ kN/cm}^2 < 4.37 \text{ kN/cm}^2$$

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 118 – x = 111.50 cm (Sezione 027)

$$\Delta\tau_{med,max} = 1.05 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

cordone 7x7 $\max \Delta\tau_w = 1.8 * 1.05 / (2 * 0.7 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 1.91 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$

anima 20 mm

Asta 1 – x = 0.00 cm (Sezione 001)

$$\Delta\tau_{med,max} = 1.47 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

cordone 10x10 $\max \Delta\tau_w = 2.0 * 1.47 / (2 * 1.0 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 2.08 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$

anima 22 mm

Asta 66 – x = 0.00 cm (Sezione 016)

$$\Delta\tau_{med,max} = 0.85 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

cordone 7x7 $\max \Delta\tau_w = 2.2 * 0.85 / (2 * 0.7 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 1.89 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$

anima 25 mm

Asta 90 – x = 147.9 cm (Sezione 021)

$$\Delta\tau_{med,max} = 0.68 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

cordone 7x7 $\max \Delta\tau_w = 2.5 * 0.68 / (2 * 0.7 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 1.72 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$

anima 27 mm

Asta 79 – x = 380.00 cm (Sezione 019)

$$\Delta\tau_{med,max} = 0.48 \text{ kN/cm}^2$$

Con riferimento alla sezione di gola del cordone della saldatura di composizione si ottiene:

cordone 10x10 $\max \Delta\tau_w = 2.7 * 0.48 / (2 * 1.0 * 0.707) \text{ kN/cm}^2 = 0.92 \text{ kN/cm}^2 < 2.71 \text{ kN/cm}^2$

2.7.5 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'inviluppo dei massimi tagli sezione per sezione; date le dimensioni del cordone di saldatura utilizzato nel progetto viene inoltre calcolata la $\tau//$.

$$\sigma_{amm} = 24.85 \text{ kN/cm}^2$$

San Giorgio - saldature cordone superiore								
Sezione	t Anima	Scorrimento	Ag minima	cordone		h gola	$\tau//$	
	(mm)	[kN/cm]	[cm]	[mm]		[mm]	[kN/cm ²]	
1	20	19.32	0.78	10	x	10	7.07	13.7
2	20	14.32	0.58	10	x	10	7.07	10.1
3	18	10.44	0.42	7	x	7	4.95	10.5
4	22	11.44	0.46	7	x	7	4.95	11.6
5	25	11.65	0.47	10	x	10	7.07	8.2
6	22	9.86	0.40	7	x	7	4.95	10.0
7	22	8.40	0.34	7	x	7	4.95	8.5
8	22	9.17	0.37	7	x	7	4.95	9.3
9	25	10.63	0.43	7	x	7	4.95	10.7
10	25	12.50	0.50	7	x	7	4.95	12.6
11	27	14.28	0.57	10	x	10	7.07	10.1
12	25	13.38	0.54	7	x	7	4.95	13.5
13	20	11.20	0.45	7	x	7	4.95	11.3
14	22	10.54	0.42	7	x	7	4.95	10.6
15	22	7.90	0.32	7	x	7	4.95	8.0
16	22	10.91	0.44	7	x	7	4.95	11.0
17	20	11.58	0.47	7	x	7	4.95	11.7
18	25	14.25	0.57	7	x	7	4.95	14.4
19	27	14.72	0.59	10	x	10	7.07	10.4
20	25	12.93	0.52	7	x	7	4.95	13.1
21	25	11.08	0.45	7	x	7	4.95	11.2
22	22	9.66	0.39	7	x	7	4.95	9.8
23	22	8.10	0.33	7	x	7	4.95	8.2
24	22	9.50	0.38	7	x	7	4.95	9.6
25	25	11.43	0.46	10	x	10	7.07	8.1
26	22	11.00	0.44	7	x	7	4.95	11.1
27	18	10.30	0.41	7	x	7	4.95	10.4
28	20	15.70	0.63	10	x	10	7.07	11.1
29	20	20.10	0.81	10	x	10	7.07	14.2

San Giorgio - saldature cordone inferiore								
Sezione	t Anima	Scorrimento	Ag minima	cordone		h gola	$\tau//$	
	(mm)	[kN/cm]	[cm]	[mm]		[mm]	[kN/cm ²]	
1	20	19.48	0.78	10	x	10	7.07	13.8
2	20	13.56	0.55	10	x	10	7.07	9.6
3	18	9.97	0.40	7	x	7	4.95	10.1
4	22	9.88	0.40	7	x	7	4.95	10.0
5	25	12.00	0.48	10	x	10	7.07	8.5
6	22	9.00	0.36	7	x	7	4.95	9.1
7	22	7.59	0.31	7	x	7	4.95	7.7
8	22	9.97	0.40	7	x	7	4.95	10.1
9	25	11.18	0.45	7	x	7	4.95	11.3
10	25	11.60	0.47	10	x	10	7.07	8.2
11	27	15.12	0.61	10	x	10	7.07	10.7
12	25	12.38	0.50	10	x	10	7.07	8.8
13	20	13.00	0.52	7	x	7	4.95	13.1
14	22	11.73	0.47	7	x	7	4.95	11.8
15	22	8.10	0.33	7	x	7	4.95	8.2
16	22	12.28	0.49	7	x	7	4.95	12.4
17	20	13.58	0.55	7	x	7	4.95	13.7
18	25	13.20	0.53	10	x	10	7.07	9.3
19	27	15.58	0.63	10	x	10	7.07	11.0
20	25	12.05	0.48	10	x	10	7.07	8.5
21	25	11.63	0.47	7	x	7	4.95	11.7
22	22	10.69	0.43	7	x	7	4.95	10.8
23	22	7.08	0.29	7	x	7	4.95	7.2
24	22	8.71	0.35	7	x	7	4.95	8.8
25	25	11.78	0.47	10	x	10	7.07	8.3
26	22	9.46	0.38	7	x	7	4.95	9.6
27	18	9.29	0.37	7	x	7	4.95	9.4
28	20	15.04	0.61	10	x	10	7.07	10.6
29	20	20.40	0.82	10	x	10	7.07	14.4

2.7.6 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:

Pioli di tipo Nelson	$\phi 19$, $h = 175$ mm ($h_{\min} = 0.6 h_{\text{sol}}$)
Soletta	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

CONCIO	ASTA	ascissa	Scorrimento[kN/m]	PRd	npioli	passo[cm]	Portata[kN/m]	Verifica	
1	1	96.9	1240.46	81.7	5	20	2041.4	0.61	ok
1	2	0.0	1203.89	81.7	5	20	2041.4	0.59	ok
1	3	0.0	1106.07	81.7	5	20	2041.4	0.54	ok
2	4	0.0	976.39	81.7	4	20	1633.1	0.60	ok
2	5	0.0	859.66	81.7	4	20	1633.1	0.53	ok
2	6	0.0	756.82	81.7	4	20	1633.1	0.46	ok
2	7	0.0	596.93	81.7	4	20	1633.1	0.37	ok
2	8	0.0	512.07	81.7	4	20	1633.1	0.31	ok
3	9	223.0	576.32	81.7	4	20	1633.1	0.35	ok
3	10	275.0	760.01	81.7	4	20	1633.1	0.47	ok
3	11	275.0	754.53	81.7	4	20	1633.1	0.46	ok
3	12	0.0	752.71	81.7	4	20	1633.1	0.46	ok
4	13	0.0	623.13	81.7	4	20	1633.1	0.38	ok
4	14	0.0	591.61	81.7	4	20	1633.1	0.36	ok
4	15	0.0	353.19	81.7	4	20	1633.1	0.22	ok
4	16	0.0	333.43	81.7	4	20	1633.1	0.20	ok
4	17	0.0	320.73	81.7	4	20	1633.1	0.20	ok
5	18	23.9	348.1	81.7	5	20	2041.4	0.17	ok
5	19	150.0	339.25	81.7	5	20	2041.4	0.17	ok
5	20	125.0	350.86	81.7	5	20	2041.4	0.17	ok
5	21	275.0	372.47	81.7	5	20	2041.4	0.18	ok
5	22	0.0	321.58	81.7	5	20	2041.4	0.16	ok
5	23	0.0	290.88	81.7	5	20	2041.4	0.14	ok
5	24	197.8	295.17	81.7	5	20	2041.4	0.14	ok
6	25	0.0	260.44	81.7	4	20	1633.1	0.16	ok
6	26	350.0	360.77	81.7	4	20	1633.1	0.22	ok
6	27	350.0	517.98	81.7	4	20	1633.1	0.32	ok
6	28	198.0	534.41	81.7	4	20	1633.1	0.33	ok
7	29	0.0	608.94	81.7	4	20	1633.1	0.37	ok
7	30	175.0	627.27	81.7	4	20	1633.1	0.38	ok
7	31	0.0	619.19	81.7	4	20	1633.1	0.38	ok
7	32	147.9	544.55	81.7	4	20	1633.1	0.33	ok
8	33	0.0	497.01	81.7	4	20	1633.1	0.30	ok
8	34	350.0	498.93	81.7	4	20	1633.1	0.31	ok
8	35	350.0	600.43	81.7	4	20	1633.1	0.37	ok
8	36	0.0	565.61	81.7	4	20	1633.1	0.35	ok
9	37	147.9	591.16	81.7	4	20	1633.1	0.36	ok
9	38	0.0	588.95	81.7	4	20	1633.1	0.36	ok
9	39	0.0	586.85	81.7	4	20	1633.1	0.36	ok
9	40	74.0	425.05	81.7	4	20	1633.1	0.26	ok
10	41	99.0	376.09	81.7	4	20	1633.1	0.23	ok
10	42	0.0	313.05	81.7	4	20	1633.1	0.19	ok
10	43	175.0	368.24	81.7	4	20	1633.1	0.23	ok
10	44	0.0	347.35	81.7	4	20	1633.1	0.21	ok
11	45	0.0	350.89	81.7	5	20	2041.4	0.17	ok

FILO 001

CONCIO	ASTA	ascissa	Scorrimento[kN/m]	Prd	npioli	passo[cm]	Portata[kN/m]	Verifica
11	46	50.0	344.14	81.7	5	20	2041.4	0.17
11	47	350.0	376.42	81.7	5	20	2041.4	0.18
11	48	0.0	395.71	81.7	5	20	2041.4	0.19
11	49	0.0	362.64	81.7	5	20	2041.4	0.18
11	50	0.0	361.46	81.7	5	20	2041.4	0.18
12	51	197.9	314.36	81.7	4	20	1633.1	0.19
12	52	200.0	313.64	81.7	4	20	1633.1	0.19
12	53	298.0	433.94	81.7	4	20	1633.1	0.27
13	54	0.0	502.75	81.7	4	20	1633.1	0.31
13	55	400.0	642.13	81.7	4	20	1633.1	0.39
13	56	200.0	768.16	81.7	4	20	1633.1	0.47
13	57	0.0	778.81	81.7	4	20	1633.1	0.48
14	58	0.0	699.56	81.7	4	20	1633.1	0.43
14	59	0.0	663.56	81.7	4	20	1633.1	0.41
14	60	0.0	625.87	81.7	4	20	1633.1	0.38
14	61	0.0	544.36	81.7	4	20	1633.1	0.33
15	62	0.0	492.52	81.7	4	20	1633.1	0.30
15	63	0.0	486.52	81.7	4	20	1633.1	0.30
15	64	400.0	500.4	81.7	4	20	1633.1	0.31
15	65	197.6	505.49	81.7	4	20	1633.1	0.31
16	66	197.6	557.85	81.7	4	20	1633.1	0.34
16	67	400.0	640.14	81.7	4	20	1633.1	0.39
16	68	400.0	675.61	81.7	4	20	1633.1	0.41
16	69	197.6	712.11	81.7	4	20	1633.1	0.44
17	70	98.8	800.38	81.7	4	20	1633.1	0.49
17	71	200.0	781.45	81.7	4	20	1633.1	0.48
17	72	0.0	631.47	81.7	4	20	1633.1	0.39
17	73	198.0	503.89	81.7	4	20	1633.1	0.31
18	74	0.0	471.24	81.7	4	20	1633.1	0.29
18	75	0.0	423.87	81.7	4	20	1633.1	0.26
18	76	99.0	333.7	81.7	4	20	1633.1	0.20
19	77	0.0	375.95	81.7	5	20	2041.4	0.18
19	78	20.0	373.3	81.7	5	20	2041.4	0.18
19	79	380.0	405.65	81.7	5	20	2041.4	0.20
19	80	0.0	378.1	81.7	5	20	2041.4	0.19
19	81	0.0	344.79	81.7	5	20	2041.4	0.17
19	82	197.8	343.71	81.7	5	20	2041.4	0.17
20	83	48.9	351.18	81.7	4	20	1633.1	0.22
20	84	350.0	358.52	81.7	4	20	1633.1	0.22
20	85	175.0	374.25	81.7	4	20	1633.1	0.23
20	86	198.0	324.35	81.7	4	20	1633.1	0.20
21	87	74.0	329.45	81.7	4	20	1633.1	0.20
21	88	350.0	593.7	81.7	4	20	1633.1	0.36
21	89	175.0	591.67	81.7	4	20	1633.1	0.36
21	90	147.9	582.75	81.7	4	20	1633.1	0.36

FILO 001

CONCIO	ASTA	ascissa	Scorrimento[kN/m]	Prd	npioli	passo[cm]	Portata[kN/m]	Verifica	
22	91	0.0	528.34	81.7	4	20	1633.1	0.32	ok
22	92	175.0	562.18	81.7	4	20	1633.1	0.34	ok
22	93	0.0	513.7	81.7	4	20	1633.1	0.31	ok
22	94	197.9	480.55	81.7	4	20	1633.1	0.29	ok
23	95	147.9	553.17	81.7	4	20	1633.1	0.34	ok
23	96	350.0	603.64	81.7	4	20	1633.1	0.37	ok
23	97	350.0	577.74	81.7	4	20	1633.1	0.35	ok
23	98	147.9	603.67	81.7	4	20	1633.1	0.37	ok
24	99	0.0	529.72	81.7	4	20	1633.1	0.32	ok
24	100	0.0	293.11	81.7	4	20	1633.1	0.18	ok
24	101	0.0	245.19	81.7	4	20	1633.1	0.15	ok
24	102	98.0	251.69	81.7	4	20	1633.1	0.15	ok
25	103	0.0	287.36	81.7	5	20	2041.4	0.14	ok
25	104	50.0	282.91	81.7	5	20	2041.4	0.14	ok
25	105	350.0	312.36	81.7	5	20	2041.4	0.15	ok
25	106	0.0	363.47	81.7	5	20	2041.4	0.18	ok
25	107	0.0	336.76	81.7	5	20	2041.4	0.16	ok
25	108	0.0	329.39	81.7	5	20	2041.4	0.16	ok
25	109	47.6	315.28	81.7	5	20	2041.4	0.15	ok
26	110	222.6	304.57	81.7	4	20	1633.1	0.19	ok
26	111	275.0	333.14	81.7	4	20	1633.1	0.20	ok
26	112	137.5	409.31	81.7	4	20	1633.1	0.25	ok
26	113	275.0	572.38	81.7	4	20	1633.1	0.35	ok
26	114	47.9	650.83	81.7	4	20	1633.1	0.40	ok
27	115	111.5	748.93	81.7	4	20	1633.1	0.46	ok
27	116	0.0	728.15	81.7	4	20	1633.1	0.45	ok
27	117	0.0	744.16	81.7	4	20	1633.1	0.46	ok
27	118	111.5	694.2	81.7	4	20	1633.1	0.43	ok
28	119	48.0	576.61	81.7	4	20	1633.1	0.35	ok
28	120	275.0	635.06	81.7	4	20	1633.1	0.39	ok
28	121	275.0	827.37	81.7	4	20	1633.1	0.51	ok
28	122	275.0	934.38	81.7	4	20	1633.1	0.57	ok
28	123	123.5	1049.73	81.7	4	20	1633.1	0.64	ok
29	124	148.4	1160.53	81.7	5	20	2041.4	0.57	ok
29	125	195.0	1240.18	81.7	5	20	2041.4	0.61	ok
29	126	96.9	1304.09	81.7	5	20	2041.4	0.64	ok

FILO 401

CONCIO	ASTA	ascissa	Scorrimento[kN/m]	Prd	npioli	passo[cm]	Portata[kN/m]	Verifica
1	401	98.2	1209.98	81.7	5	20	2041.4	0.59
1	402	0.0	1172.35	81.7	5	20	2041.4	0.57
1	403	0.0	1023.74	81.7	5	20	2041.4	0.50
2	404	0.0	908.99	81.7	4	20	1633.1	0.56
2	405	0.0	805.75	81.7	4	20	1633.1	0.49
2	406	0.0	689.83	81.7	4	20	1633.1	0.42
2	407	0.0	554.88	81.7	4	20	1633.1	0.34
2	408	0.0	457.51	81.7	4	20	1633.1	0.28
3	409	227.0	527.1	81.7	4	20	1633.1	0.32
3	410	275.0	681.94	81.7	4	20	1633.1	0.42
3	411	275.0	685.68	81.7	4	20	1633.1	0.42
3	412	0.0	684.64	81.7	4	20	1633.1	0.42
4	413	0.0	556.45	81.7	4	20	1633.1	0.34
4	414	0.0	406.13	81.7	4	20	1633.1	0.25
4	415	0.0	320.51	81.7	4	20	1633.1	0.20
4	416	0.0	296.98	81.7	4	20	1633.1	0.18
4	417	0.0	284.4	81.7	4	20	1633.1	0.17
5	418	26.2	306.28	81.7	5	20	2041.4	0.15
5	419	150.0	288.8	81.7	5	20	2041.4	0.14
5	420	125.0	298.41	81.7	5	20	2041.4	0.15
5	421	275.0	315.83	81.7	5	20	2041.4	0.15
5	422	0.0	266.72	81.7	5	20	2041.4	0.13
5	423	0.0	242.14	81.7	5	20	2041.4	0.12
5	424	202.2	246.1	81.7	5	20	2041.4	0.12
6	425	0.0	215.62	81.7	4	20	1633.1	0.13
6	426	350.0	335.14	81.7	4	20	1633.1	0.21
6	427	350.0	453.22	81.7	4	20	1633.1	0.28
6	428	202.0	491.24	81.7	4	20	1633.1	0.30
7	429	0.0	557.43	81.7	4	20	1633.1	0.34
7	430	350.0	549.92	81.7	4	20	1633.1	0.34
7	431	0.0	565.09	81.7	4	20	1633.1	0.35
7	432	152.1	509.69	81.7	4	20	1633.1	0.31
8	433	0.0	460.07	81.7	4	20	1633.1	0.28
8	434	350.0	476.8	81.7	4	20	1633.1	0.29
8	435	175.0	516.94	81.7	4	20	1633.1	0.32
8	436	202.1	494.91	81.7	4	20	1633.1	0.30
9	437	152.1	566.05	81.7	4	20	1633.1	0.35
9	438	0.0	564.62	81.7	4	20	1633.1	0.35
9	439	0.0	555.22	81.7	4	20	1633.1	0.34
9	440	76.0	391.86	81.7	4	20	1633.1	0.24
10	441	101.0	352.35	81.7	4	20	1633.1	0.22
10	442	0.0	285.39	81.7	4	20	1633.1	0.17
10	443	175.0	334.2	81.7	4	20	1633.1	0.20
10	444	0.0	309.21	81.7	4	20	1633.1	0.19
11	445	0.0	301.77	81.7	5	20	2041.4	0.15

FILO 401

CONCIO	ASTA	ascissa	Scorrimento[kN/m]	Prd	npioli	passo[cm]	Portata[kN/m]	Verifica	
11	446	50.0	295.57	81.7	5	20	2041.4	0.14	ok
11	447	350.0	322.4	81.7	5	20	2041.4	0.16	ok
11	448	0.0	344.08	81.7	5	20	2041.4	0.17	ok
11	449	0.0	317.56	81.7	5	20	2041.4	0.16	ok
11	450	0.0	316.62	81.7	5	20	2041.4	0.16	ok
12	451	202.1	278.47	81.7	4	20	1633.1	0.17	ok
12	452	200.0	301.24	81.7	4	20	1633.1	0.18	ok
12	453	302.0	419.01	81.7	4	20	1633.1	0.26	ok
13	454	0.0	480.86	81.7	4	20	1633.1	0.29	ok
13	455	400.0	588.19	81.7	4	20	1633.1	0.36	ok
13	456	200.0	731.34	81.7	4	20	1633.1	0.45	ok
13	457	0.0	731.7	81.7	4	20	1633.1	0.45	ok
14	458	0.0	657.77	81.7	4	20	1633.1	0.40	ok
14	459	0.0	629.35	81.7	4	20	1633.1	0.39	ok
14	460	0.0	584.26	81.7	4	20	1633.1	0.36	ok
14	461	0.0	520.05	81.7	4	20	1633.1	0.32	ok
15	462	0.0	469.26	81.7	4	20	1633.1	0.29	ok
15	463	0.0	441.13	81.7	4	20	1633.1	0.27	ok
15	464	400.0	458.66	81.7	4	20	1633.1	0.28	ok
15	465	202.4	486.3	81.7	4	20	1633.1	0.30	ok
16	466	202.4	537.47	81.7	4	20	1633.1	0.33	ok
16	467	400.0	602.34	81.7	4	20	1633.1	0.37	ok
16	468	400.0	646.04	81.7	4	20	1633.1	0.40	ok
16	469	202.4	674.73	81.7	4	20	1633.1	0.41	ok
17	470	101.2	758.49	81.7	4	20	1633.1	0.46	ok
17	471	0.0	734.29	81.7	4	20	1633.1	0.45	ok
17	472	0.0	609.44	81.7	4	20	1633.1	0.37	ok
17	473	0.0	548.42	81.7	4	20	1633.1	0.34	ok
18	474	0.0	451.45	81.7	4	20	1633.1	0.28	ok
18	475	0.0	303.07	81.7	4	20	1633.1	0.19	ok
18	476	101.0	294.65	81.7	4	20	1633.1	0.18	ok
19	477	0.0	330.55	81.7	5	20	2041.4	0.16	ok
19	478	20.0	327.18	81.7	5	20	2041.4	0.16	ok
19	479	380.0	353.38	81.7	5	20	2041.4	0.17	ok
19	480	0.0	322.66	81.7	5	20	2041.4	0.16	ok
19	481	0.0	294.96	81.7	5	20	2041.4	0.14	ok
19	482	202.2	343.42	81.7	5	20	2041.4	0.17	ok
20	483	0.0	357.03	81.7	4	20	1633.1	0.22	ok
20	484	350.0	329.71	81.7	4	20	1633.1	0.20	ok
20	485	175.0	347.73	81.7	4	20	1633.1	0.21	ok
20	486	202.0	299.41	81.7	4	20	1633.1	0.18	ok
21	487	76.0	298.39	81.7	4	20	1633.1	0.18	ok
21	488	350.0	559.57	81.7	4	20	1633.1	0.34	ok
21	489	350.0	537.94	81.7	4	20	1633.1	0.33	ok
21	490	152.1	553.2	81.7	4	20	1633.1	0.34	ok

FILO 401

CONCIO	ASTA	ascissa	Scorrimento[kN/m]	Prd	n _{pioli}	passo[cm]	Portata[kN/m]	Verifica	
22	491	0.0	498.46	81.7	4	20	1633.1	0.31	ok
22	492	350.0	490.73	81.7	4	20	1633.1	0.30	ok
22	493	0.0	491.91	81.7	4	20	1633.1	0.30	ok
22	494	202.1	447.36	81.7	4	20	1633.1	0.27	ok
23	495	152.1	521.59	81.7	4	20	1633.1	0.32	ok
23	496	350.0	550.88	81.7	4	20	1633.1	0.34	ok
23	497	0.0	534.46	81.7	4	20	1633.1	0.33	ok
23	498	152.1	554.25	81.7	4	20	1633.1	0.34	ok
24	499	0	487.09	81.7	4	20	1633.1	0.30	ok
24	500	0	228.94	81.7	4	20	1633.1	0.14	ok
24	501	0	214.82	81.7	4	20	1633.1	0.13	ok
24	502	102	208.19	81.7	4	20	1633.1	0.13	ok
25	503	0	239.51	81.7	5	20	2041.4	0.12	ok
25	504	50	235.67	81.7	5	20	2041.4	0.12	ok
25	505	350	259.39	81.7	5	20	2041.4	0.13	ok
25	506	0	310.47	81.7	5	20	2041.4	0.15	ok
25	507	0	289.08	81.7	5	20	2041.4	0.14	ok
25	508	0	282.86	81.7	5	20	2041.4	0.14	ok
25	509	52.4	278.37	81.7	5	20	2041.4	0.14	ok
26	510	227.4	271.16	81.7	4	20	1633.1	0.17	ok
26	511	275	300.68	81.7	4	20	1633.1	0.18	ok
26	512	137.5	396.86	81.7	4	20	1633.1	0.24	ok
26	513	275	383.37	81.7	4	20	1633.1	0.23	ok
26	514	52.1	587.27	81.7	4	20	1633.1	0.36	ok
27	515	113.55	672.01	81.7	4	20	1633.1	0.41	ok
27	516	0	657.52	81.7	4	20	1633.1	0.40	ok
27	517	0	662.15	81.7	4	20	1633.1	0.41	ok
27	518	113.5	626.38	81.7	4	20	1633.1	0.38	ok
28	519	52	518.14	81.7	4	20	1633.1	0.32	ok
28	520	275	593.75	81.7	4	20	1633.1	0.36	ok
28	521	275	759.27	81.7	4	20	1633.1	0.46	ok
28	522	275	879.17	81.7	4	20	1633.1	0.54	ok
28	523	126.6	981.19	81.7	4	20	1633.1	0.60	ok
29	524	151.5	1084.48	81.7	5	20	2041.4	0.53	ok
29	525	195	1213.33	81.7	5	20	2041.4	0.59	ok
29	526	98.15	1273.72	81.7	5	20	2041.4	0.62	ok

2.7.7 Verifiche 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 P5 - P6
Lunghezza 4300 cm

Freccie (cm)	Trave 1		Trave 2	
	Fase 1	-4.68	L/918 < L/300	-4.92
Fase 2	-0.81		-0.74	
Ritiro	-1.39		-1.43	
Fase 3	-2.58	L/1665 < L/700	-2.57	L/1674 < L/700
SLE (rara)	-2.60	L/1654 < L/700	-2.60	L/1654 < L/700

Campata P6 - P7
Lunghezza 6300 cm

Freccie (cm)	Trave 1		Trave 2	
	Fase 1	0.00		0.00
Fase 2	0.00		0.00	
Ritiro	0.00		0.00	
Fase 3	-2.34	L/2688 < L/700	-3.32	L/1898 < L/700
SLE (rara)	-2.40	L/2625 < L/700	-3.40	L/1853 < L/700

Campata P7 - P8
Lunghezza 8800 cm

Frecce (cm)	Trave 1		Trave 2	
Fase 1	-20.35	L/432 < L/300	-21.45	L/410 < L/300
Fase 2	-3.68		-3.54	
Ritiro	-0.52		-0.54	
Fase 3	-7.59	L/1160 < L/700	-7.73	L/1138 < L/700

SLE (rara)	-7.60	L/1158 < L/700	-7.80	L/1128 < L/700
------------	-------	----------------	-------	----------------

Campata P8 - P9
Lunghezza 6300 cm

Frecce (cm)	Trave 1		Trave 2	
Fase 1	0.00		0.00	
Fase 2	-0.05		0.00	
Ritiro	0.00		0.00	
Fase 3	-3.05	L/2065 < L/700	-3.06	L/2057 < L/700

SLE (rara)	-3.10	L/2032 < L/700	-3.10	L/2032 < L/700
------------	-------	----------------	-------	----------------

Campata P10 - P11
Lunghezza 4300 cm

Frecce (cm)	Trave 1		Trave 2	
Fase 1	-3.52	L/1222 < L/300	-3.75	L/1146 < L/300
Fase 2	-0.63		-0.57	
Ritiro	-1.13		-1.16	
Fase 3	-2.08	L/2070 < L/700	-2.08	L/2072 < L/700

SLE (rara)	-2.10	L/2048 < L/700	-2.10	L/2048 < L/700
------------	-------	----------------	-------	----------------

Si riportano i valori di monta da assegnare ad ogni concio.

TRAVE 1

Nodi	GIUNTO	Fase1	Fase2	Ritiro	Fase3 (minimi)	Somma Min	Monta (cm)	Distanza (cm)
1	Spallalniz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
4	G1	-2.53	-0.43	-0.96	-1.26	-4.24	4.50	537
9	G2	-4.68	-0.81	-1.39	-2.58	-7.53	8.00	1534
13	G3	-3.35	-0.59	-0.93	-2.12	-5.39	5.50	2529
18	G4	-0.96	-0.16	-0.29	-0.75	-1.59	2.00	3625
22	1° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4223
25	G5	0.57	0.03	0.23	-0.75	0.41	-0.50	4821
29	G6	1.17	0.01	0.53	-2.06	0.67	-1.00	5816
33	G7	1.77	0.03	0.66	-3.10	1.02	-1.50	6812
37	G8	3.05	0.22	0.58	-3.31	2.44	-2.50	7908
41	G9	3.67	0.41	0.38	-2.34	3.49	-3.50	8904
45	G10	2.05	0.29	0.13	-0.84	2.13	-2.50	9900
48	2° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10498
51	G11	-2.82	-0.54	-0.12	-1.30	-3.80	4.00	11095
54	G12	-7.99	-1.49	-0.28	-3.37	-10.60	11.00	11991
58	G13	-14.93	-2.71	-0.43	-5.74	-19.51	20.00	13087
62	G14	-20.19	-3.64	-0.52	-7.48	-26.22	26.50	14282
66	G15	-20.35	-3.68	-0.52	-7.59	-26.45	26.50	15478
70	G16	-14.71	-2.72	-0.43	-5.87	-19.33	19.50	16673
74	G17	-6.49	-1.28	-0.26	-3.08	-8.79	9.00	17868
77	G18	-2.28	-0.46	-0.12	-1.21	-3.15	3.50	18664
80	3° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19262
83	G19	1.45	0.19	0.12	-0.80	1.45	-1.50	19860
87	G20	2.65	0.28	0.32	-2.11	2.41	-2.50	20856
91	G21	2.24	0.14	0.50	-3.05	1.62	-2.00	21852
95	G22	1.11	-0.05	0.60	-3.05	0.30	-0.50	22948
99	G23	0.74	-0.04	0.51	-2.02	0.20	-0.50	23943
103	G24	0.46	0.02	0.23	-0.68	0.31	-0.50	24939
106	4° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25537
110	G25	-0.81	-0.15	-0.27	-0.63	-1.38	1.50	26135
115	G26	-2.53	-0.46	-0.77	-1.66	-4.17	4.50	27230
119	G27	-3.52	-0.63	-1.13	-2.08	-5.79	6.00	28226
124	G28	-2.01	-0.35	-0.81	-1.08	-3.44	3.50	29223
127	SpallaFine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29760

TRAVE 2

Nodi	GIUNTO	Fase1	Fase2	Ritiro	Fase3 (minimi)	Somma Min	Monta (cm)	Distanza (cm)
401	Spallalniz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
404	G1	-2.62	-0.39	-0.98	-1.25	-4.30	4.50	543
409	G2	-4.92	-0.74	-1.43	-2.57	-7.72	8.00	1546
413	G3	-3.62	-0.54	-0.95	-2.13	-5.64	6.00	2550
418	G4	-1.10	-0.15	-0.29	-0.76	-1.73	2.00	3655
422	1° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4257
425	G5	0.76	0.05	0.24	-0.76	0.62	-1.00	4859
429	G6	1.72	0.08	0.54	-2.07	1.28	-1.50	5864
433	G7	2.64	0.13	0.68	-3.12	1.99	-2.00	6868
437	G8	4.06	0.33	0.60	-3.32	3.56	-4.00	7972
441	G9	4.43	0.48	0.39	-2.36	4.32	-4.50	8976
445	G10	2.33	0.31	0.14	-0.85	2.43	-2.50	9980
448	2° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10582
451	G11	-3.04	-0.52	-0.12	-1.33	-4.01	4.50	11184
454	G12	-8.52	-1.43	-0.29	-3.44	-11.11	11.50	12089
458	G13	-15.80	-2.61	-0.45	-5.87	-20.32	20.50	13193
462	G14	-21.31	-3.50	-0.54	-7.64	-27.25	27.50	14398
466	G15	-21.45	-3.54	-0.54	-7.73	-27.46	27.50	15602
470	G16	-15.54	-2.61	-0.44	-5.97	-20.08	20.50	16807
474	G17	-6.95	-1.22	-0.27	-3.13	-9.22	9.50	18012
477	G18	-2.48	-0.44	-0.12	-1.23	-3.35	3.50	18816
480	3° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19418
483	G19	1.72	0.22	0.12	-0.81	1.73	-2.00	20020
487	G20	3.34	0.35	0.33	-2.13	3.16	-3.50	21024
491	G21	3.19	0.25	0.51	-3.06	2.66	-3.00	22028
495	G22	1.97	0.06	0.61	-3.05	1.26	-1.50	23132
499	G23	1.26	0.03	0.52	-2.02	0.78	-1.00	24136
503	G24	0.62	0.04	0.23	-0.68	0.49	-0.50	25141
506	4° App.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25743
510	G25	-0.92	-0.14	-0.27	-0.63	-1.49	1.50	26345
515	G26	-2.76	-0.42	-0.80	-1.67	-4.39	4.50	27449
519	G27	-3.75	-0.57	-1.16	-2.08	-6.00	6.00	28453
524	G28	-2.11	-0.32	-0.83	-1.07	-3.53	4.00	29457
527	SpallaFine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30000

2.8 DIAFRAMMI E CONTROVENTI

2.8.1 DIAFRAMMI

I diaframmi di spalla (pile esterne) sono costituiti da profili ad anima piena composti saldati

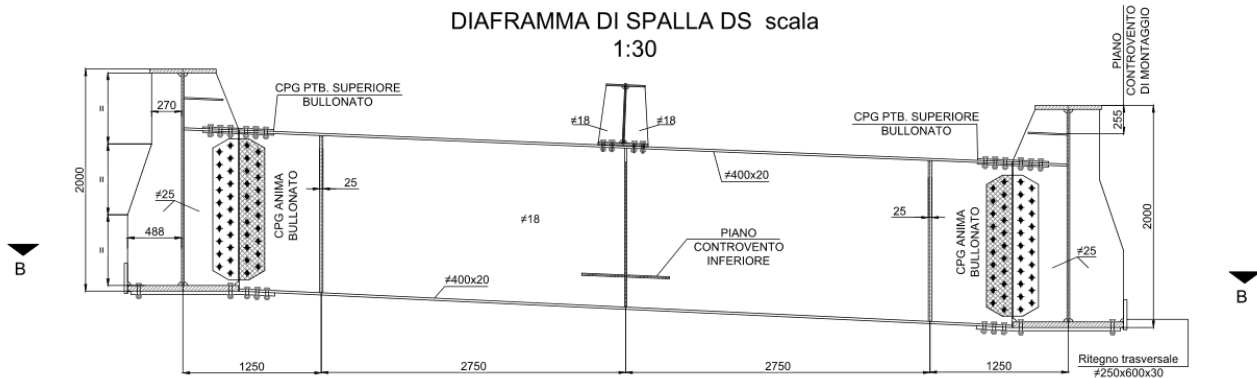


Figure 2-1 Sezione trasversale su diaframmi di spalla (pile esterne)

I diaframmi intermedi e di pila sono di tipo reticolare

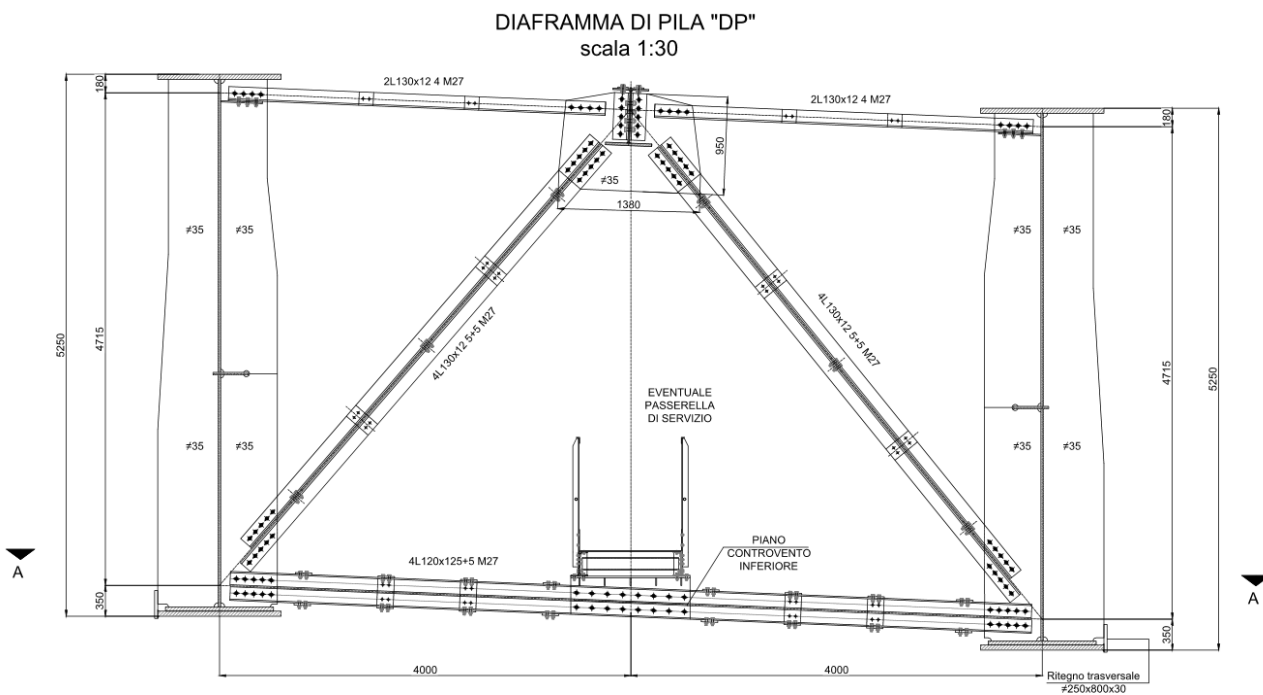


Figure 2-2 Sezione trasversale su diaframmi pila

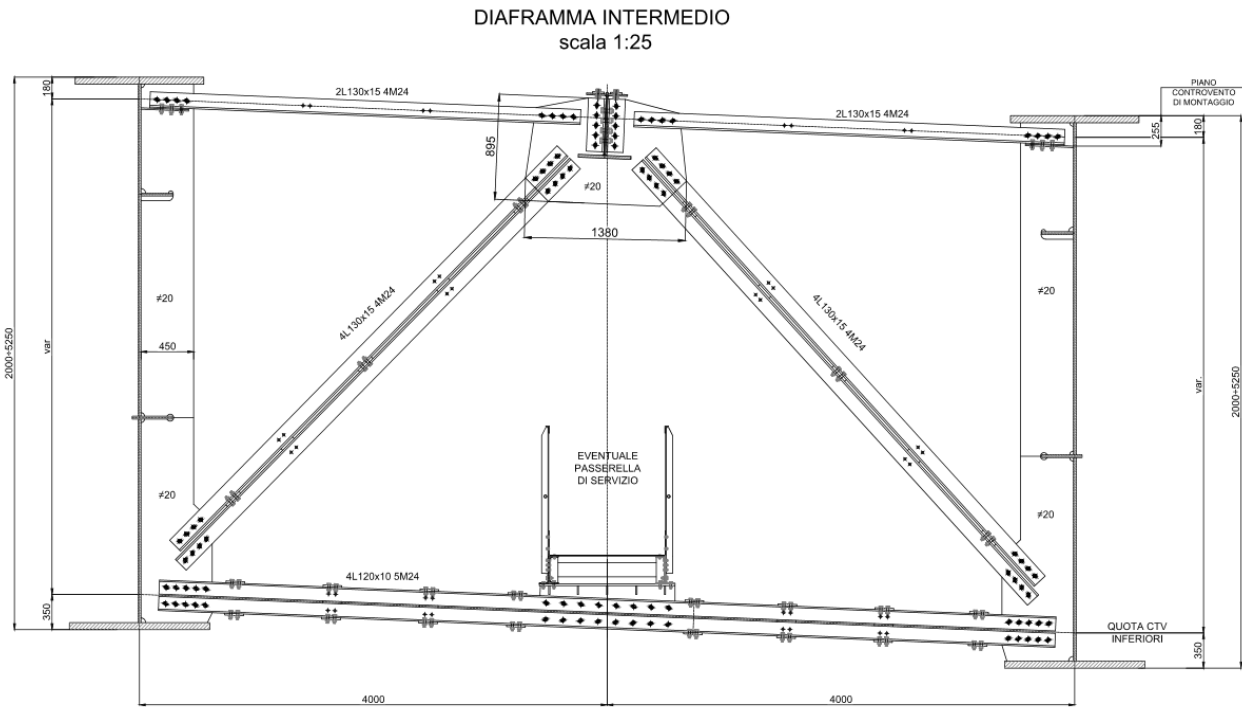


Figure 2-3 Sezione trasversale su diaframmi intermedi

I diaframmi sostengono la trave di spina, di conseguenza alle azioni globali sui diaframmi sarà sommata la reazione di appoggio della trave di spina. Cautelativamente si assume la reazione corrispondente al campo di lunghezza massima (8 m).

Dagli involucri risulta che la condizioni peggiori per i diaframmi sono quelle corrispondenti alla condizione di carico T2int (due stese di carico sbilanciate verso la trave interna). Per tale condizione, la reazione della trave di spina risulta pari a circa 600 kN. Cautelativamente nel calcolo delle sollecitazioni è stata considerata una reazione allo SLU pari a 800 kN.

2.8.1.1 Diaframmi di spalla (pile esterne)

2.8.1.1.1 Sollecitazioni in esercizio

INVILUPPO DEI MOMENTI FLETTENTI

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	M22 (max)	M22 (min)	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	5	0	-53	-3378	197	-292	-1000	-63989	50871	2092	36439	-40644	110481	-137074	SPALLA
1127	6	-3	-41	-2903	198	-291	-979	-63192	50256	2060	33602	-36421	105916	-129707	SPALLA
2001	0	-5	3385	60	291	-197	64127	1139	-2212	-50991	40756	-36528	137400	-110745	SPALLA
2127	-3	-12	2917	56	291	-198	63339	1133	-2192	-50383	36634	-33781	130184	-106318	SPALLA

max	min
137400	-137074

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		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		VENTO		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	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	5	0	-53	-3378	197	-292	-1000	-63989	50871	2092	36439	-40644	75000	-75000	210683	-235856	SPALLA
1127	6	-3	-41	-2903	198	-291	-979	-63192	50256	2060	33602	-36421	75000	-75000	207075	-229914	SPALLA
2001	0	-5	3385	60	291	-197	64127	1139	-2212	-50991	40756	-36528	75000	-75000	236145	-210917	SPALLA
2127	-3	-12	2917	56	291	-198	63339	1133	-2192	-50383	36634	-33781	75000	-75000	230320	-207417	SPALLA

max	min
236145	-235856

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		SISMA		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	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	5	0	-53	-3378	197	-292	-1000	-63989	50871	2092	36439	-40644	105000	-14997	130638	-82656	SPALLA
1127	6	-3	-41	-2903	198	-291	-979	-63192	50256	2060	33602	-36421	105000	-14997	130332	-81386	SPALLA
2001	0	-5	3385	60	291	-197	64127	1139	-2212	-50991	40756	-36528	105000	-14997	172803	-40695	SPALLA
2127	-3	-12	2917	56	291	-198	63339	1133	-2192	-50383	36634	-33781	105000	-14997	171544	-40399	SPALLA

max	min
172803	-82656

INVILUPPO DEI TAGLI

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	V3 (max)	V3 (min)	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	-8	-8	0	0	-157	-157	122	122	87	-97	264	-331	SPALLA
1127	0	0	-7	-7	0	0	-156	-156	120	120	81	-87	253	-315	SPALLA
2001	0	0	-8	-8	0	0	-157	-157	122	122	87	-97	264	-331	SPALLA
2127	0	0	-7	-7	0	0	-156	-156	120	120	81	-87	253	-315	SPALLA
	max	min													
	264	-331													

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		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		VENTO		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	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	-8	-8	0	0	-157	-157	122	122	87	-97	94	-94	375	-439	SPALLA
1127	0	0	-7	-7	0	0	-156	-156	120	120	81	-87	94	-94	367	-426	SPALLA
2001	0	0	-8	-8	0	0	-157	-157	122	122	87	-97	94	-94	375	-439	SPALLA
2127	0	0	-7	-7	0	0	-156	-156	120	120	81	-87	94	-94	367	-426	SPALLA
	max	min															
	375	-439															

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		SISMA		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	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	-8	-8	0	0	-157	-157	122	122	87	-97	131	-19	192	-184	SPALLA
1127	0	0	-7	-7	0	0	-156	-156	120	120	81	-87	131	-19	191	-182	SPALLA
2001	0	0	-8	-8	0	0	-157	-157	122	122	87	-97	131	-19	192	-184	SPALLA
2127	0	0	-7	-7	0	0	-156	-156	120	120	81	-87	131	-19	191	-182	SPALLA
	max	min															
	192	-184															

2.8.1.1.2 Verifiche

CALCOLO DEL MOMENTO CRITICO

Acciaio

$$f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2 \quad E = 21000 \text{ kN/cm}^2 \quad G = 8100 \text{ kN/cm}^2 \quad \gamma_{M1} = 1.05$$

Profilo

Sezione trasversale

Doppio T - H simmetrico

Lunghezza libera di inflessione

$$L_z = 700 \text{ cm} \quad (\text{distanza di libera inflessione nel piano debole})$$

$$L_y = 700 \text{ cm} \quad (\text{distanza di libera inflessione nel piano forte})$$

$$L_t = 700 \text{ cm} \quad (\text{distanza tra due vincoli torsionali})$$

CARATTERISTICHE PROFILO

$$I_y = 1343034 \text{ cm}^4 \quad W_{y,el} = 17907 \text{ cm}^3 \quad W_{z,el} = 1074 \text{ cm}^3 \quad A = 423 \text{ cm}^2$$

$$I_z = 21475 \text{ cm}^4 \quad W_{y,pl} = 21432 \text{ cm}^3 \quad W_{z,pl} = 1715 \text{ cm}^3 \quad A_{eff} = \text{ } \text{cm}^2$$

$$I_t = 490 \text{ cm}^4 \quad W_{y,eff} = \text{ } \text{cm}^3 \quad W_{z,eff} = \text{ } \text{cm}^3$$

$$I_w = 116821333 \text{ cm}^6$$

SOLLECITAZIONI

$$N_{Ed} = \text{ } \text{ kN} \quad M_{y,Ed} = 260000 \text{ kN}\cdot\text{cm} \quad M_{z,Ed} = \text{ } \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

TIPO DI CARICO

6 Momento agli estremi

$$M_A = 260000 \text{ kN}\cdot\text{cm} \quad M_B = -260000 \text{ kN}\cdot\text{cm} \quad \psi = -1$$

$$k = 1 \quad (1 = \text{vincoli di estremità a cerniera} - 0.5 = \text{vincoli di estremità a incastro})$$

$$k_w = 1 \quad (1 = \text{vincoli torsionali di estremità a cerniera} - 0.5 = \text{vincoli torsionali di estremità a incastro})$$

$$C_1 = 2.752$$

$$C_2 = 0.000 \quad (\text{N.B. Se } C_2 = 0 \text{ } M_{cr} \text{ è indipendente da } z_g)$$

$$C_3 = 0.000$$

$$z_s = 0 \text{ cm} \quad (\text{se il profilo è doppiamente simmetrico } = 0)$$

$$z_a = 0 \text{ cm} \quad (\text{Punto di applicazione del carico } (>0 \text{ se in zona compressa)})$$

$$z_g = (z_a - z_s) = 0 \text{ cm}$$

$$z_j = 0.00 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = 1914518 \text{ kN}\cdot\text{cm}$$

VERIFICA DI STABILITA' FLESSO TORSIONALE

classe profilo

$\lambda_{LT} = 0.630 > \lambda_{LT,0} = 0.4$ Verifica a svergolamento non necessaria

$M_{ED} = 260000$ kNcm

$M_{ED} / M_{cr} = 0.136 < \lambda_{LT,0}^2 = 0.16$ Verifica a svergolamento non necessaria

Tipologia profilo (1 = laminato - 2 = saldato)

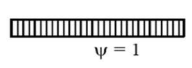
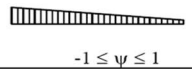






Altezza cm
 Larghezza cm

curva di stabilità d
 $\alpha_{LT} = 0.76$ $\beta = 1$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}} \text{ but } \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1,0 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \end{cases}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

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

$k_c =$
 $f = 0.813$

$\Phi_{LT} = 0.786$
 $\chi_{LT} = 0.980$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd} = 709853$ kNcm

$M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0.366 \leq 1$

VERIFICA SODDISFATTA

2.8.1.2 Diaframmi di pila

2.8.1.2.1 Sollecitazioni in esercizio

INVILUPPO DEI MOMENTI FLETTENTI

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	
1022	-124	-1879	-466	-12457	2441	-2202	-246	-6964	5563	351	61726	-81346	92811	-142038	PILA
1048	-156	-13124	-775	-21894	3288	-2884	723	17	-27	-531	91923	-119120	128753	-215468	PILA
1080	-129	-15547	-815	-23197	3184	-2792	434	17	-23	-343	89812	-121542	125459	-223628	PILA
1106	-136	-1699	-438	-11888	2608	-2345	-205	-5419	4301	280	59858	-77732	88963	-134381	PILA
2022	1631	-124	11946	-45	2158	-2391	6708	-10	-146	-5358	77807	-58760	135800	-88872	PILA
2048	12812	-156	21087	-33	2833	-3222	-7	-712	525	21	113369	-86901	206004	-122297	PILA
2080	15289	-129	22353	-29	2741	-3117	2	-415	328	8	115508	-84524	213791	-118563	PILA
2106	1426	-136	11415	-36	2302	-2557	5192	-22	-103	-4124	74327	-57320	128382	-85663	PILA

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		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		VENTO		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	
1022	-124	-1879	-466	-12457	2441	-2202	-246	-6964	5563	351	61726	-81346	165025	-165025	319516	-362122	PILA
1048	-156	-13124	-775	-21894	3288	-2884	723	17	-27	-531	91923	-119120	235750	-235750	451354	-528890	PILA
1080	-129	-15547	-815	-23197	3184	-2792	434	17	-23	-343	89812	-121542	235750	-235750	448772	-536232	PILA
1106	-136	-1699	-438	-11888	2608	-2345	-205	-5419	4301	280	59858	-77732	165025	-165025	316299	-355684	PILA
2022	1631	-124	11946	-45	2158	-2391	6708	-10	-146	-5358	77807	-58760	165025	-165025	357077	-316578	PILA
2048	12812	-156	21087	-33	2833	-3222	-7	-712	525	21	113369	-86901	235750	-235750	521367	-446593	PILA
2080	15289	-129	22353	-29	2741	-3117	2	-415	328	8	115508	-84524	235750	-235750	528432	-443662	PILA
2106	1426	-136	11415	-36	2302	-2557	5192	-22	-103	-4124	74327	-57320	165025	-165025	350834	-313855	PILA

Di seguito le sollecitazioni sulle singole aste:

Elemento	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	N Briglie, globale		COS(α)	N Briglie, glob. + spina		diaframma	max	min
					max	min		max	min			
					1022	525		471.5	800			
1048	525	471.5	800	618	957	-1122	0.647	1487	-591	PILA	1651	-607
1080	525	471.5	800	618	952	-1137	0.647	1482	-607	PILA		
1106	525	471.5	800	618	671	-754	0.647	1201	-224	PILA		
2022	525	471.5	800	618	757	-671	0.647	1288	-141	PILA		
2048	525	471.5	800	618	1106	-947	0.647	1636	-417	PILA		
2080	525	471.5	800	618	1121	-941	0.647	1651	-411	PILA		
2106	525	471.5	800	618	744	-666	0.647	1274	-135	PILA		

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		SISMA		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	
1022	-124	-1879	-466	-12457	2441	-2202	-246	-6964	5563	351	61726	-81346	259325	-259325	264424	-282827	PILA
1048	-156	-13124	-775	-21894	3288	-2884	723	17	-27	-531	91923	-119120	377200	-377200	381055	-415368	PILA
1080	-129	-15547	-815	-23197	3184	-2792	434	17	-23	-343	89812	-121542	377200	-377200	380689	-418908	PILA
1106	-136	-1689	-438	-11888	2608	-2345	-205	-5419	4301	280	59858	-77732	259325	-259325	263948	-280676	PILA
2022	1631	-124	11946	-45	2158	-2391	6708	-10	-146	-5358	77807	-58760	259325	-259325	281768	-264574	PILA
2048	12812	-156	21087	-33	2833	-3222	-7	-712	525	21	113369	-86901	377200	-377200	414195	-381323	PILA
2080	15289	-129	22353	-29	2741	-3117	2	-415	328	8	115508	-84524	377200	-377200	417749	-380890	PILA
2106	1426	-136	11415	-36	2302	-2557	5192	-22	-103	-4124	74327	-57320	259325	-259325	279660	-264138	PILA

Di seguito le sollecitazioni sulle singole aste:

Elemento	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	N Briglie, globale		COS(α)	N Briglie, glob. + spina		diaframma	max	min
					max	min		max	min			
1022	525	471.5	800	618	561	-600	0.647	1091	-70	PILA		
1048	525	471.5	800	618	808	-881	0.647	1338	-351	PILA	886	-888
1080	525	471.5	800	618	807	-888	0.647	1338	-358	PILA		
1106	525	471.5	800	618	560	-595	0.647	1090	-65	PILA		
2022	525	471.5	800	618	598	-561	0.647	1128	-31	PILA		
2048	525	471.5	800	618	878	-809	0.647	1409	-279	PILA		
2080	525	471.5	800	618	886	-808	0.647	1416	-278	PILA		
2106	525	471.5	800	618	593	-560	0.647	1123	-30	PILA		

INVILUPPO DEI TAGLI

EFFETTI GLOBALI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	
1022	-4	-4	-30	-30	6	-5	-17	-17	13	13	144	-190	213	-333	PILA
1048	-32	-32	-53	-53	8	-7	2	2	-1	-1	213	-277	268	-506	PILA
1080	-39	-39	-56	-56	8	-7	1	1	0	0	208	-283	253	-527	PILA
1106	-4	-4	-29	-29	6	-6	-13	-13	10	10	140	-181	204	-316	PILA
2022	-4	-4	-30	-30	6	-5	-17	-17	13	13	144	-190	213	-333	PILA
2048	-32	-32	-53	-53	8	-7	2	2	-1	-1	213	-277	268	-506	PILA
2080	-39	-39	-56	-56	8	-7	1	1	0	0	208	-283	253	-527	PILA
2106	-4	-4	-29	-29	6	-6	-13	-13	10	10	140	-181	204	-316	PILA

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		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		VENTO		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	
1022	-4	-4	-30	-30	6	-5	-17	-17	13	13	144	-190	206	-206	474	-579	PILA
1048	-32	-32	-53	-53	8	-7	2	2	-1	-1	213	-277	295	-295	638	-855	PILA
1080	-39	-39	-56	-56	8	-7	1	1	0	0	208	-283	295	-295	624	-874	PILA
1106	-4	-4	-29	-29	6	-6	-13	-13	10	10	140	-181	206	-206	466	-564	PILA
2022	-4	-4	-30	-30	6	-5	-17	-17	13	13	144	-190	206	-206	474	-579	PILA
2048	-32	-32	-53	-53	8	-7	2	2	-1	-1	213	-277	295	-295	638	-855	PILA
2080	-39	-39	-56	-56	8	-7	1	1	0	0	208	-283	295	-295	624	-874	PILA
2106	-4	-4	-29	-29	6	-6	-13	-13	10	10	140	-181	206	-206	466	-564	PILA

Di seguito le sollecitazioni sulle singole aste:

Elemento	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	N diagonale, globale		COS(α)	N diagonale, glob. + spina		diaframma	max	min
					max	min		max	min			
1022	525	471.5	800	618	622	-759	0.647	1098	-282	PILA		
1048	525	471.5	800	618	836	-1121	0.647	1313	-644	PILA	1313	-669
1080	525	471.5	800	618	819	-1146	0.647	1295	-669	PILA		
1106	525	471.5	800	618	612	-740	0.647	1088	-264	PILA		
2022	525	471.5	800	618	622	-759	0.647	1098	-282	PILA		
2048	525	471.5	800	618	836	-1121	0.647	1313	-644	PILA		
2080	525	471.5	800	618	819	-1146	0.647	1295	-669	PILA		
2106	525	471.5	800	618	612	-740	0.647	1088	-264	PILA		

EFFETTI GLOBALI + SISMA

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		SISMA		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	
1022	-4	-4	-30	-30	6	-5	-17	-17	13	13	144	-190	324	-324	333	-380	PILA
1048	-32	-32	-53	-53	8	-7	2	2	-1	-1	213	-277	472	-472	450	-564	PILA
1080	-39	-39	-56	-56	8	-7	1	1	0	0	208	-283	472	-472	442	-574	PILA
1106	-4	-4	-29	-29	6	-6	-13	-13	10	10	140	-181	324	-324	331	-376	PILA
2022	-4	-4	-30	-30	6	-5	-17	-17	13	13	144	-190	324	-324	333	-380	PILA
2048	-32	-32	-53	-53	8	-7	2	2	-1	-1	213	-277	472	-472	450	-564	PILA
2080	-39	-39	-56	-56	8	-7	1	1	0	0	208	-283	472	-472	442	-574	PILA
2106	-4	-4	-29	-29	6	-6	-13	-13	10	10	140	-181	324	-324	331	-376	PILA

Di seguito le sollecitazioni sulle singole aste:

Elemento	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	N diagonale, globale		COS(α)	N diagonale, glob. + spina		diaframma	max	min
					max	min		max	min			
1022	525	471.5	800	618	436	-499	0.647	913	-22	PILA		
1048	525	471.5	800	618	589	-740	0.647	1066	-263	PILA	589	-752
1080	525	471.5	800	618	579	-752	0.647	1056	-275	PILA		
1106	525	471.5	800	618	434	-493	0.647	911	-17	PILA		
2022	525	471.5	800	618	436	-499	0.647	913	-22	PILA		
2048	525	471.5	800	618	589	-740	0.647	1066	-263	PILA		
2080	525	471.5	800	618	579	-752	0.647	1056	-275	PILA		
2106	525	471.5	800	618	434	-493	0.647	911	-17	PILA		

2.8.1.2.2 Verifiche

A favore di sicurezza si assume che gli angolari della briglia inferiore siano disposti a croce.

4 angolari a croce
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	1700	[kN]
Compressione	$N_C =$	1000	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	3292	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	3292	[mm]
Lato lungo asse x	$b_x =$	120	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	120	[mm]
Spessore	$t =$	10	[mm]
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	15	[mm]
Piatto orizzontale, spessore lungo asse y	$t_y =$	15	[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	$A =$	2300	[mm ²]
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	77500	[mm ³]
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	77500	[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	$J_x =$	3185254	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	3185254	[mm ⁴]
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-1893913	[mm ⁴]
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	5079167	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	1291341	[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 4 angolari a croce

Area lorda	$A =$	9200	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	28354167	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	28354167	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	56	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	56	[mm]

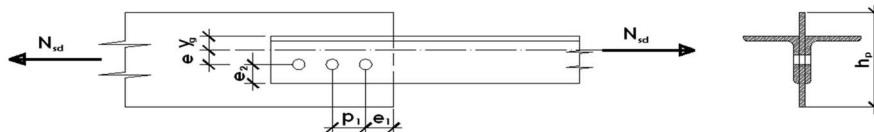
Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	59	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	59	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo assi x e y	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	72	[-]
Snellezza equivalente lungo asse y	$\lambda_{eq,y} = (\lambda_y^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	72	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	72	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	1.75	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	948	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	185	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	190	[N/mm ²] < 323, ok!

GIUNTO 4 ANGOLARI A CROCE

Geometria del nodo

NB: la figura è puramente indicativa!



Trazione	$N_T =$	1700	[kN]
Compressione	$N_C =$	1000	[kN]
Profili		120x120x10	
Numero di profili	$n =$	4	[-]
Lato lungo asse x	$b_x =$	120	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	120	[mm]
Spessore	$t =$	10	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	34	[mm]
Area lorda	$A =$	9200	[mm ²]

Acciaio		S 355	
Tensione di snervamento	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{tk} =$	510	[N/mm ²]
Classe bulloni		10.9	
Tensione di snervamento	$f_{yb} =$	900	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{tb} =$	1000	[N/mm ²]
Rottura "dutile"	$\gamma_{M0} =$	1.05	[-]
Rottura "fragile"	$\gamma_{M2} =$	1.25	[-]

Verifica dei bulloni

Diametro bulloni	$\phi =$	24	[mm]
Gambo del bullone su sezione di taglio		Sez. Filettata	
Area efficace bulloni	$A_{res} =$	353	[mm ²]
Diametro del foro	$d_0 =$	26	[mm]
Passo in direzione longitudinale	$p_1 =$	75	[mm]
Pinza in direzione longitudinale	$e_1 =$	50	[mm]
Numero di righe	$n_r =$	1	[-]
Numero di colonne	$n_c =$	5	[-]
Numero di sezioni resistenti	$n_s =$	2	[-]
Passo in direzione trasversale	$p_2 =$	0	[mm]
Pinza in direzione trasversale	$e_2 =$	50	[mm]
Baricentro bulloni rispetto a bordo irrigidito	$f =$	70	[mm]
Eccentricità	$e =$	36	[mm]
$\alpha_z = \text{MIN}(e_1 / (3 d_0); p_1 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{tk}; 1)$	$\alpha_z =$	0.64	[-]
$\alpha_y = \text{MIN}(e_2 / (3 d_0); p_2 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{tk}; 1)$	$\alpha_y =$	0.64	[-]
Coefficiente di taglio	$\alpha_v =$	0.50	[-]
Torsione da eccentricità per profilo	$T =$	15429	[kNmm]
Taglio longitudinale per sezione di taglio	$F_Z =$	85	[kN]
Taglio trasversale per sezione di taglio	$F_Y =$	41	[kN]
Taglio risultante per sezione di taglio	$F_{v,Ed} =$	94	[kN]
Resistenza a taglio bullone	$F_{v,Rd} = \alpha_v A_{res} f_{tb} / \gamma_{M2} =$	141	[kN] (f = 0.67 < 1, ok)

Verifica a trazione del profilo

Area netta	$A_{net} =$	8160	[mm ²]		
Coefficiente riduttivo a trazione	$\beta =$	0.90	[-]		
$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,Rd} =$	2996	[kN]	(f = 0.57)	< 1, ok
$F_{b,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,z} =$	157	[kN]	(f = 0.54)	< 1, ok
$F_{b,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,y} =$	157	[kN]	(f = 0.26)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.60	[-]	(f = 0.6)	< 1, ok

Verifica del piatto di collegamento

Minima altezza piatto	$h_{p,min} =$	501	[mm]		
Altezza piatto	$h_p =$	400	[mm]		
Spessore piatto	$t_p =$	15	[mm]		
$A_p = h_p t_p$	$A_p =$	6000	[mm ²]		
Numero righe di profili lungo y	$n_y =$	2	[-]		
$A_{p,net} = A_p - n_y n_r t_p d_0$	$A_{p,net} =$	5220	[mm ²]		
$N_{pl,p,Rd} = A_p f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{pl,p,Rd} =$	2029	[kN]	(f = 0.84)	< 1, ok
$N_{u,p,Rd} = 0.9 A_{p,net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,p,Rd} =$	1917	[kN]	(f = 0.89)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,z} =$	118	[kN]	(f = 0.72)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,y} =$	118	[kN]	(f = 0.35)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.80	[-]	(f = 0.8)	< 1, ok

Block tearing

Area netta in trazione A_{nt}	$A_{nt} =$	1480	[mm ²]		
Area netta a taglio A_{nv}	$A_{nv} =$	9320	[mm ²]		
Resistenza a strappo (carico eccentrico)	$V_{eff,2,Rd} =$	2121	[kN]	(f = 0.8)	< 1, ok

Di seguito la verifica delle aste diagonali.

4 angolari a croce
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	1350	[kN]
Compressione	$N_C =$	1350	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	5500	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	5500	[mm]
Lato lungo asse x	$b_x =$	130	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	130	[mm]
Spessore	$t =$	12.5	[mm]
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	25	[mm]
Piatto orizzontale, spessore lungo asse y	$t_y =$	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	$A =$	3093.75	[mm ²]
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	114805	[mm ³]
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	114805	[mm ³]
Ascissa baricentro da bordo irrigidito	$x_g =$	37	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	37	[mm]
Momento di inerzia rispetto a asse x baricentrico	$J_x =$	4970424	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	4970424	[mm ⁴]
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-2946031	[mm ⁴]
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	7916455	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	2024394	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 1	$\rho_1 =$	51	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 2	$\rho_2 =$	26	[mm]

Proprietà inerziali 4 angolari a croce

Area lorda	$A =$	12375	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	50336719	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	50336719	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	64	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	64	[mm]

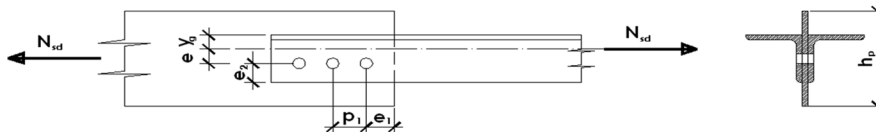
Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	86	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	86	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo assi x e y	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	95	[-]
Snellezza equivalente lungo asse y	$\lambda_{eq,y} = (\lambda_y^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	95	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	95	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	2.41	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	1023	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	109	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	263	[N/mm ²] < 323, ok!

GIUNTO 4 ANGOLARI A CROCE

Geometria del nodo

NB: la figura è puramente indicativa!



Trazione	$N_T =$	1350	[kN]
Compressione	$N_C =$	1350	[kN]
Profili		130x130x12.5	
Numero di profili	$n =$	4	[-]
Lato lungo asse x	$b_x =$	130	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	130	[mm]
Spessore	$t =$	13	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	37	[mm]
Area lorda	$A =$	12375	[mm ²]

Acciaio		S 355	
Tensione di snervamento	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{uk} =$	510	[N/mm ²]
Classe bulloni		10.9	
Tensione di snervamento	$f_{yb} =$	900	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{tb} =$	1000	[N/mm ²]
Rottura "duttile"	$\gamma_{M0} =$	1.05	[-]
Rottura "fragile"	$\gamma_{M2} =$	1.35	[-]

Verifica dei bulloni

Diametro bulloni	$\Phi =$	24	[mm]
Gambo del bullone su sezione di taglio		Sez. Filettata	
Area efficace bulloni	$A_{res} =$	353	[mm ²]
Diametro del foro	$d_0 =$	26	[mm]
Passo in direzione longitudinale	$p_1 =$	75	[mm]
Pinza in direzione longitudinale	$e_1 =$	50	[mm]
Numero di righe	$n_r =$	1	[-]
Numero di colonne	$n_c =$	5	[-]
Numero di sezioni resistenti	$n_s =$	2	[-]
Passo in direzione trasversale	$p_2 =$	0	[mm]
Pinza in direzione trasversale	$e_2 =$	60	[mm]
Baricentro bulloni rispetto a bordo irrigidito	$f =$	70	[mm]
Eccentricità	$e =$	33	[mm]
$\alpha_z = \text{MIN}(e_1 / (3 d_0); p_1 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{uk}; 1)$	$\alpha_z =$	0.64	[-]
$\alpha_y = \text{MIN}(e_2 / (3 d_0); p_2 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{uk}; 1)$	$\alpha_y =$	0.77	[-]
Coefficiente di taglio	$\alpha_v =$	0.50	[-]
Torsione da eccentricità per profilo	$T =$	11101	[kNmm]
Taglio longitudinale per sezione di taglio	$F_Z =$	68	[kN]
Taglio trasversale per sezione di taglio	$F_Y =$	30	[kN]
Taglio risultante per sezione di taglio	$F_{v,Ed} =$	74	[kN]
Resistenza a taglio bullone	$F_{v,Rd} = \alpha_v A_{res} f_{tb} / \gamma_{M2} =$	131	[kN]

($f = 0.56$ < 1, ok)

Verifica a trazione del profilo

Area netta	$A_{net} =$	11075	[mm ²]		
Coefficiente riduttivo a trazione	$\beta =$	0.90	[-]		
$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,Rd} =$	3766	[kN]	(f = 0.36)	< 1, ok
$F_{b,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,z} =$	182	[kN]	(f = 0.37)	< 1, ok
$F_{b,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,y} =$	218	[kN]	(f = 0.14)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.40	[-]	(f = 0.4)	< 1, ok

Verifica del piatto di collegamento

Minima altezza piatto	$h_{p,min} =$	511	[mm]		
Altezza piatto	$h_p =$	400	[mm]		
Spessore piatto	$t_p =$	25	[mm]		
$A_p = h_p t_p$	$A_p =$	10000	[mm ²]		
Numero righe di profili lungo y	$n_y =$	2	[-]		
$A_{p,net} = A_p - n_y n_r t_p d_0$	$A_{p,net} =$	8700	[mm ²]		
$N_{pl,p,Rd} = A_p f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{pl,p,Rd} =$	3381	[kN]	(f = 0.4)	< 1, ok
$N_{u,p,Rd} = 0.9 A_{p,net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,p,Rd} =$	2958	[kN]	(f = 0.46)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,z} =$	182	[kN]	(f = 0.37)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,y} =$	218	[kN]	(f = 0.14)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.40	[-]	(f = 0.4)	< 1, ok

Block tearing

Area netta in trazione A_{nt}	$A_{nt} =$	2350	[mm ²]		
Area netta a taglio A_{nv}	$A_{nv} =$	11650	[mm ²]		
Resistenza a strappo (carico eccentrico)	$V_{eff,2,Rd} =$	2718	[kN]	(f = 0.5)	< 1, ok

2.8.1.3 Diaframmi intermedi

2.8.1.3.1 Sollecitazioni in esercizio

INVILUPPO DEI MOMENTI FLETTENTI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	
1003	1968	22	151	30	155	-207	-577	-35070	28044	1315	9510	-9097	49561	-54591	INT
1006	1177	10	3436	117	69	-74	-51	-6582	5493	212	40992	-32342	68757	-51639	INT
1008	5786	-29	4650	142	195	-191	1887	121	-135	-1340	54807	-42882	91274	-59767	INT
1011	691	-54	3842	100	207	-187	1808	63	-97	-1429	54112	-43952	82165	-61347	INT
1014	1967	-317	2143	29	393	-368	1252	11	-46	-1064	47895	-39210	72502	-55080	INT
1016	-52	-911	-122	-1895	1035	-940	-86	-1485	979	74	41625	-35118	58559	-54392	INT
1019	-991	-11496	-336	-7074	1671	-1520	-195	-3813	2913	240	36463	-47472	53735	-96617	INT
1026	-771	-10986	-226	-4457	1699	-1525	-207	-5008	3906	285	32072	-40652	49252	-84236	INT
1028	15	-971	1802	-26	1107	-974	-138	-3540	2717	193	57816	-46977	85364	-70186	INT
1031	385	95	3695	102	361	-305	-37	-1365	1025	60	50828	-40583	76343	-56696	INT
1034	2085	387	5027	162	157	-107	-20	-846	650	36	57275	-44673	88645	-61065	INT
1036	505	-1277	4788	153	183	-148	-4	-307	247	11	60049	-47271	89446	-66086	INT
1039	175	-1659	3043	85	386	-337	4	3	11	-2	56572	-45976	81654	-64714	INT
1042	305	-11050	-151	-1923	1242	-1104	360	12	-17	-254	61859	-51842	85844	-89418	INT
1044	-591	-28331	-476	-11772	2152	-1904	622	24	-32	-455	53951	-67399	75572	-149724	INT
1052	-743	-24723	-427	-9110	2020	-1784	342	4	-10	-244	33263	-47771	46996	-113966	INT
1055	-211	-5928	657	-33	1245	-1106	140	-8	5	-98	67734	-57297	93883	-86858	INT
1057	6204	-113	5307	125	455	-403	80	-2	0	-61	61451	-48631	99937	-66364	INT
1060	6638	-182	7490	220	207	-177	66	-5	3	-55	66894	-52269	110834	-71093	INT
1063	16612	-239	9044	291	145	-81	106	-5	2	-87	72133	-54273	133675	-73799	INT
1065	16373	-203	9147	291	131	-106	77	-5	3	-65	74098	-56565	136110	-76848	INT
1068	5637	-123	7867	229	197	-173	26	-4	3	-23	72332	-57590	117330	-78153	INT
1071	5289	-38	5505	128	405	-357	24	0	0	-19	66463	-53775	105638	-73099	INT
1073	-112	-6392	-60	-327	1147	-1002	49	-4	3	-32	68065	-59292	93215	-90410	INT
1076	-618	-29538	-485	-10999	2028	-1778	179	6	-9	-138	37439	-53271	52573	-130590	INT
1084	-516	-31218	-475	-11435	2020	-1804	363	20	-24	-278	46739	-63269	65441	-147208	INT
1086	407	-13165	-166	-2573	1235	-1109	195	12	-14	-139	57444	-46197	79815	-85496	INT
1089	205	-2200	2250	68	400	-347	3	-29	32	0	50805	-40457	72761	-58038	INT
1092	575	-2431	4345	147	186	-142	-3	-251	200	9	57212	-44531	84993	-63870	INT
1094	1882	396	5276	169	173	-119	-15	-624	477	26	59763	-47267	91915	-64306	INT
1097	399	86	4247	117	376	-319	-32	-1132	836	49	56024	-45613	83996	-63233	INT
1100	-51	-341	1994	-19	1167	-1026	-124	-3159	2377	170	60972	-51212	89505	-74647	INT
1102	-779	-8316	-228	-5038	1854	-1657	-186	-4500	3450	251	34234	-40591	51802	-80970	INT
1109	-1202	-9690	-303	-5587	1732	-1578	-156	-2098	1589	166	31006	-42818	44641	-83678	INT
1112	-74	-791	-93	-1036	1080	-990	-28	-44	10	-80	38189	-32088	52789	-47277	INT
1114	3326	-461	1908	31	484	-459	1649	23	-63	-1336	41110	-32410	65410	-46530	INT
1117	831	-78	3201	89	271	-251	1622	60	-90	-1266	45073	-35845	69044	-50316	INT
1120	6508	-117	4114	137	256	-248	1269	109	-114	-879	47778	-36334	81287	-50561	INT
1122	1264	-5	3130	113	85	-88	-67	-7345	6042	239	36575	-28568	63130	-47493	INT
1125	2109	10	383	41	158	-207	-565	-34859	27869	1300	7983	-6735	47831	-51161	INT

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	M22 (max)	M22 (min)	
2003	22	-1924	25	-96	208	-157	35280	788	-1497	-28225	9416	-9868	55364	-50122	INT
2006	10	-1158	-15	-3334	79	-73	6739	208	-344	-5624	31220	-39690	50342	-66982	INT
2008	-29	-5844	-37	-4546	196	-201	51	-1715	1197	-8	41446	-53134	57656	-88748	INT
2011	-54	-798	-48	-3791	192	-211	-6	-1751	1376	44	43008	-53057	59888	-80745	INT
2014	-317	-2601	-54	-2167	366	-389	-38	-1278	1079	61	38692	-47310	53651	-72631	INT
2016	807	-52	1721	-51	930	-1021	1410	-9	-24	-929	34187	-40677	52631	-57411	INT
2019	9514	-991	6673	-66	1482	-1627	3568	-50	-50	-2722	44844	-34247	89453	-52949	INT
2026	9444	-771	4175	-56	1487	-1657	4786	-15	-108	-3730	38070	-29851	77934	-47906	INT
2028	1001	15	-100	-1928	951	-1084	3401	-1	-81	-2605	45436	-56023	67912	-82936	INT
2031	95	-196	-40	-3633	301	-358	1343	15	-42	-1007	39561	-49678	55508	-74417	INT
2034	387	-1312	-30	-4895	105	-155	838	12	-29	-644	43101	-55496	59840	-84992	INT
2036	2287	505	-31	-4666	148	-184	310	8	-14	-249	45791	-58382	65455	-85829	INT
2039	2010	175	-32	-2990	336	-384	3	2	-3	-15	45031	-55536	63912	-79762	INT
2042	11659	305	1692	-80	1082	-1212	-2	-350	246	9	50709	-60650	88328	-83567	INT
2044	27150	-591	11274	-22	1865	-2103	0	-598	437	14	63379	-50400	141888	-72112	INT
2052	23237	-743	8605	-79	1756	-1982	-9	-347	249	16	44049	-30845	106150	-45557	INT
2055	5607	-211	-61	-752	1106	-1240	-14	-163	119	16	54537	-64778	82529	-90547	INT
2057	-113	-6429	-80	-5262	408	-460	-5	-86	68	7	47245	-59903	64239	-98096	INT
2060	-182	-7002	-68	-7339	184	-216	-8	-79	66	9	50155	-64665	67827	-108113	INT
2063	-239	-17089	-55	-8809	84	-161	-10	-121	100	11	51283	-68935	69214	-129684	INT
2065	-203	-16779	-59	-8915	104	-145	-9	-91	77	10	53736	-71075	72558	-132259	INT
2068	-123	-5882	-73	-7710	177	-202	-6	-36	32	6	55577	-70188	75157	-114545	INT
2071	-38	-5364	-85	-5462	360	-407	-2	-26	21	2	52636	-65166	71478	-103928	INT
2073	6167	-112	216	-50	996	-1136	-6	-59	41	6	57306	-65947	87257	-90689	INT
2076	28302	-618	10450	-64	1748	-1987	0	-174	134	5	49492	-34522	122955	-50128	INT
2084	30186	-516	10925	-35	1786	-1972	6	-337	257	3	59075	-42870	139325	-61394	INT
2086	13980	407	2338	-69	1089	-1206	5	-178	125	0	44604	-55701	84058	-76554	INT
2089	2610	205	-18	-2199	346	-398	35	4	-4	-37	39418	-49667	57195	-70666	INT
2092	3582	575	-20	-4218	142	-186	254	7	-11	-202	42954	-55439	63299	-81060	INT
2094	396	-1089	-33	-5140	118	-171	618	9	-21	-472	45784	-58089	63226	-88372	INT
2097	86	-227	-46	-4176	316	-373	1112	12	-33	-820	44677	-54971	62144	-82213	INT
2100	240	-51	-100	-2112	1002	-1143	3032	-2	-70	-2277	50161	-59742	72882	-87995	INT
2102	6758	-779	4775	-35	1620	-1813	4301	-13	-96	-3295	38407	-32532	75240	-51168	INT
2109	7286	-1202	5193	-91	1539	-1685	1863	-78	11	-1411	40593	-29142	76522	-44910	INT
2112	642	-74	889	-55	982	-1068	-11	-27	110	20	29842	-36485	43797	-50751	INT
2114	-461	-4249	-44	-1921	459	-481	-42	-1668	1343	71	31582	-40191	44337	-65454	INT
2117	-78	-987	-34	-3145	258	-276	-2	-1863	1210	34	34674	-43797	48494	-67383	INT
2120	-117	-6741	-21	-3997	255	-263	64	-1096	731	-34	34611	-45814	47868	-78616	INT
2122	-5	-1274	-6	-3023	94	-91	7499	221	-371	-6174	27319	-35159	45987	-61237	INT
2125	10	-2090	27	-315	210	-162	35086	792	-1495	-28064	7251	-8517	52198	-48663	INT

Di seguito gli sforzi nelle singole aste:

Elemento					N Briglie, globale		COS(α)	N Briglie, glob. + spina		diaframma	max	min
	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	max	min		max	min			
1003	200	165	800	433	300	-331	0.924	1270	639	di		
1006	200	165	800	433	417	-313	0.924	1386	657	di	1523	32
1008	200	165	800	433	553	-362	0.924	1523	607	di		
1011	230	195	800	445	421	-315	0.899	1242	506	di		
1014	230	195	800	445	372	-282	0.899	1192	538	di		
1016	322	287	800	492	204	-190	0.812	762	368	di		
1019	487	452	800	604	119	-214	0.663	473	140	di		
1026	487	452	800	604	109	-186	0.663	463	168	di		
1028	354	319	800	512	268	-220	0.782	769	282	di		
1031	285	250	800	472	305	-227	0.848	945	413	di		
1034	285	250	800	472	355	-244	0.848	995	396	di		
1036	285	250	800	472	358	-264	0.848	998	376	di		
1039	285	250	800	472	327	-259	0.848	967	381	di		
1042	354	319	800	512	269	-280	0.782	771	221	di		
1044	354	319	800	512	237	-469	0.782	738	32	di		
1052	500	465	800	613	101	-245	0.652	445	99	di		
1055	405	370	800	545	254	-235	0.734	686	198	di		
1057	325	290	800	494	345	-229	0.810	896	323	di		
1060	280	245	800	469	452	-290	0.853	1105	363	di		
1063	275	240	800	466	557	-307	0.857	1224	359	di		
1065	275	240	800	466	567	-320	0.857	1234	346	di		
1068	280	245	800	469	479	-319	0.853	1132	334	di		
1071	325	290	800	494	364	-252	0.810	916	300	di		
1073	405	370	800	545	252	-244	0.734	684	188	di		
1076	500	465	800	613	113	-281	0.652	457	63	di		
1084	354	319	800	512	205	-461	0.782	707	40	di		
1086	354	319	800	512	250	-268	0.782	752	234	di		
1089	285	250	800	472	291	-232	0.848	931	408	di		
1092	285	250	800	472	340	-255	0.848	980	385	di		
1094	285	250	800	472	368	-257	0.848	1008	383	di		
1097	285	250	800	472	336	-253	0.848	976	387	di		
1100	354	319	800	512	281	-234	0.782	782	268	di		
1102	487	452	800	604	115	-179	0.663	469	175	di		
1109	487	452	800	604	99	-185	0.663	453	169	di		
1112	322	287	800	492	184	-165	0.812	741	393	di		
1114	230	195	800	445	335	-239	0.899	1156	582	di		
1117	230	195	800	445	354	-258	0.899	1175	562	di		
1120	200	165	800	433	493	-306	0.924	1462	663	di		
1122	200	165	800	433	383	-288	0.924	1352	682	di		
1125	200	165	800	433	290	-310	0.924	1260	660	di		

Elemento					N Briglie, globale		COS(α)	N Briglie, glob. + spina		diaframma
	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	max	min		max	min	
2003	200	165	800	433	336	-304	0.924	1305	666	di
2006	200	165	800	433	305	-406	0.924	1275	564	di
2008	200	165	800	433	349	-538	0.924	1319	432	di
2011	230	195	800	445	307	-414	0.899	1128	406	di
2014	230	195	800	445	275	-372	0.899	1096	448	di
2016	322	287	800	492	183	-200	0.812	741	357	di
2019	487	452	800	604	198	-117	0.663	552	237	di
2026	487	452	800	604	172	-106	0.663	526	248	di
2028	354	319	800	512	213	-260	0.782	714	242	di
2031	285	250	800	472	222	-298	0.848	862	342	di
2034	285	250	800	472	239	-340	0.848	879	300	di
2036	285	250	800	472	262	-343	0.848	902	297	di
2039	285	250	800	472	256	-319	0.848	896	321	di
2042	354	319	800	512	277	-262	0.782	778	240	di
2044	354	319	800	512	445	-226	0.782	946	276	di
2052	500	465	800	613	228	-98	0.652	572	246	di
2055	405	370	800	545	223	-245	0.734	655	188	di
2057	325	290	800	494	222	-338	0.810	773	213	di
2060	280	245	800	469	277	-441	0.853	930	212	di
2063	275	240	800	466	288	-540	0.857	955	126	di
2065	275	240	800	466	302	-551	0.857	969	116	di
2068	280	245	800	469	307	-468	0.853	960	186	di
2071	325	290	800	494	246	-358	0.810	798	193	di
2073	405	370	800	545	236	-245	0.734	668	187	di
2076	500	465	800	613	264	-108	0.652	609	236	di
2084	354	319	800	512	437	-192	0.782	938	309	di
2086	354	319	800	512	264	-240	0.782	765	262	di
2089	285	250	800	472	229	-283	0.848	869	357	di
2092	285	250	800	472	253	-324	0.848	893	316	di
2094	285	250	800	472	253	-353	0.848	893	287	di
2097	285	250	800	472	249	-329	0.848	889	311	di
2100	354	319	800	512	228	-276	0.782	730	226	di
2102	487	452	800	604	166	-113	0.663	520	241	di
2109	487	452	800	604	169	-99	0.663	523	255	di
2112	322	287	800	492	153	-177	0.812	710	381	di
2114	230	195	800	445	227	-336	0.899	1048	485	di
2117	230	195	800	445	249	-346	0.899	1069	475	di
2120	200	165	800	433	290	-476	0.924	1260	493	di
2122	200	165	800	433	279	-371	0.924	1248	599	di
2125	200	165	800	433	316	-295	0.924	1286	675	di

INVILUPPO DEI TAGLI

Elemento	FASE1		FASE2		Cedimenti		Ritiro		Termica		FASE3		TOTALE (slu)		DIAFRAMMA
	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	V3 (max)	V3 (min)	
1003	5	5	0	0	0	0	-86	-86	67	67	23	-22	118	-128	INT
1006	3	3	8	8	0	0	-16	-16	13	13	96	-75	161	-117	INT
1008	15	15	11	11	0	0	4	4	-3	-3	128	-100	214	-124	INT
1011	2	2	9	9	0	0	4	4	-3	-3	127	-103	192	-141	INT
1014	6	6	5	5	0	0	3	3	-3	-3	113	-93	172	-123	INT
1016	-2	-2	-4	-4	3	-2	-4	-4	2	2	98	-82	136	-127	INT
1019	-26	-26	-17	-17	4	-4	-9	-9	7	7	84	-109	101	-223	INT
1026	-26	-26	-11	-11	4	-4	-12	-12	9	9	73	-93	88	-196	INT
1028	-2	-2	5	5	3	-2	-9	-9	6	6	135	-110	199	-164	INT
1031	0	0	9	9	0	0	-3	-3	2	2	119	-95	177	-132	INT
1034	4	4	12	12	0	0	-2	-2	2	2	134	-104	207	-139	INT
1036	-4	-4	12	12	0	0	0	0	0	0	141	-111	204	-155	INT
1039	-5	-5	7	7	0	0	0	0	0	0	133	-108	185	-153	INT
1042	-28	-28	-4	-4	3	-3	0	0	0	0	145	-122	171	-212	INT
1044	-69	-69	-28	-28	5	-5	1	1	-1	-1	124	-155	106	-352	INT
1052	-60	-60	-22	-22	5	-4	0	0	0	0	76	-109	49	-266	INT
1055	-14	-14	2	2	3	-3	0	0	0	0	157	-133	205	-202	INT
1057	16	16	13	13	1	0	0	0	0	0	144	-114	237	-138	INT
1060	17	17	18	18	0	0	0	0	0	0	156	-122	261	-148	INT
1063	42	42	22	22	0	0	0	0	0	0	168	-125	317	-127	INT
1065	41	41	22	22	0	0	0	0	0	0	172	-131	321	-136	INT
1068	14	14	19	19	0	0	0	0	0	0	169	-134	276	-167	INT
1071	13	13	13	13	0	0	0	0	0	0	156	-126	248	-157	INT
1073	-16	-16	0	0	3	-2	0	0	0	0	159	-138	202	-210	INT
1076	-72	-72	-26	-26	5	-4	0	0	0	0	85	-122	49	-306	INT
1084	-77	-77	-27	-27	5	-4	0	0	0	0	106	-145	72	-345	INT
1086	-34	-34	-6	-6	3	-3	0	0	0	0	134	-108	151	-204	INT
1089	-6	-6	5	5	0	0	0	0	0	0	119	-95	162	-136	INT
1092	-8	-8	10	10	0	0	0	0	0	0	134	-104	188	-151	INT
1094	4	4	13	13	0	0	-2	-2	1	1	140	-111	215	-148	INT
1097	0	0	10	10	0	0	-3	-3	2	2	132	-107	196	-148	INT
1100	0	0	5	5	3	-2	-8	-8	6	6	143	-120	211	-174	INT
1102	-19	-19	-12	-12	4	-4	-11	-11	8	8	79	-94	102	-189	INT
1109	-21	-21	-13	-13	4	-4	-5	-5	4	4	71	-99	84	-192	INT
1112	-2	-2	-2	-2	3	-2	0	0	0	0	89	-73	122	-107	INT
1114	9	9	5	5	1	-1	4	4	-3	-3	97	-76	157	-98	INT
1117	2	2	8	8	0	0	4	4	-3	-3	106	-84	163	-115	INT
1120	17	17	10	10	0	0	3	3	-2	-2	111	-84	191	-99	INT
1122	3	3	8	8	0	0	-18	-18	15	15	85	-66	149	-108	INT
1125	5	5	0	0	0	0	-86	-86	66	66	20	-17	113	-121	INT
2003	5	5	0	0	0	0	-86	-86	67	67	23	-22	118	-128	INT
2006	3	3	8	8	0	0	-16	-16	13	13	96	-75	161	-117	INT
2008	15	15	11	11	0	0	4	4	-3	-3	128	-100	214	-124	INT
2011	2	2	9	9	0	0	4	4	-3	-3	127	-103	192	-141	INT
2014	6	6	5	5	0	0	3	3	-3	-3	113	-93	172	-123	INT
2016	-2	-2	-4	-4	3	-2	-4	-4	2	2	98	-82	136	-127	INT
2019	-26	-26	-17	-17	4	-4	-9	-9	7	7	84	-109	101	-223	INT
2026	-26	-26	-11	-11	4	-4	-12	-12	9	9	73	-93	88	-196	INT
2028	-2	-2	5	5	3	-2	-9	-9	6	6	135	-110	199	-164	INT
2031	0	0	9	9	0	0	-3	-3	2	2	119	-95	177	-132	INT
2034	4	4	12	12	0	0	-2	-2	2	2	134	-104	207	-139	INT
2036	-4	-4	12	12	0	0	0	0	0	0	141	-111	204	-155	INT
2039	-5	-5	7	7	0	0	0	0	0	0	133	-108	185	-153	INT
2042	-28	-28	-4	-4	3	-3	0	0	0	0	145	-122	171	-212	INT
2044	-69	-69	-28	-28	5	-5	1	1	-1	-1	124	-155	106	-352	INT
2052	-60	-60	-22	-22	5	-4	0	0	0	0	76	-109	49	-266	INT
2055	-14	-14	2	2	3	-3	0	0	0	0	157	-133	205	-202	INT
2057	16	16	13	13	1	0	0	0	0	0	144	-114	237	-138	INT
2060	17	17	18	18	0	0	0	0	0	0	156	-122	261	-148	INT
2063	42	42	22	22	0	0	0	0	0	0	168	-125	317	-127	INT
2065	41	41	22	22	0	0	0	0	0	0	172	-131	321	-136	INT
2068	14	14	19	19	0	0	0	0	0	0	169	-134	276	-167	INT
2071	13	13	13	13	0	0	0	0	0	0	156	-126	248	-157	INT
2073	-16	-16	0	0	3	-2	0	0	0	0	159	-138	202	-210	INT
2076	-72	-72	-26	-26	5	-4	0	0	0	0	85	-122	49	-306	INT
2084	-77	-77	-27	-27	5	-4	0	0	0	0	106	-145	72	-345	INT
2086	-34	-34	-6	-6	3	-3	0	0	0	0	134	-108	151	-204	INT
2089	-6	-6	5	5	0	0	0	0	0	0	119	-95	162	-136	INT
2092	-8	-8	10	10	0	0	0	0	0	0	134	-104	188	-151	INT
2094	4	4	13	13	0	0	-2	-2	1	1	140	-111	215	-148	INT
2097	0	0	10	10	0	0	-3	-3	2	2	132	-107	196	-148	INT
2100	0	0	5	5	3	-2	-8	-8	6	6	143	-120	211	-174	INT
2102	-19	-19	-12	-12	4	-4	-11	-11	8	8	79	-94	102	-189	INT
2109	-21	-21	-13	-13	4	-4	-5	-5	4	4	71	-99	84	-192	INT
2112	-2	-2	-2	-2	3	-2	0	0	0	0	89	-73	122	-107	INT
2114	9	9	5	5	1	-1	4	4	-3	-3	97	-76	157	-98	INT
2117	2	2	8	8	0	0	4	4	-3	-3	106	-84	163	-115	INT
2120	17	17	10	10	0	0	3	3	-2	-2	111	-84	191	-99	INT
2122	3	3	8	8	0	0	-18	-18	15	15	85	-66	149	-108	INT
2125	5	5	0	0	0	0	-86	-86	66	66	20	-17	113	-121	INT

Elemento					N diagonale, globale		COS(α)	N diagonale, glob. + spina		diaframma	max	min
	H travi	H briglie	Int. Travi	L diagonali	max	min		max	min			
1003	200	165	800	433	310	-335	0.924	-739	-1384	di		
1006	200	165	800	433	423	-308	0.924	-626	-1357	di	-154	-1384
1008	200	165	800	433	562	-324	0.924	-487	-1373	di		
1011	230	195	800	445	439	-321	0.899	-474	-1234	di		
1014	230	195	800	445	392	-281	0.899	-521	-1194	di		
1016	322	287	800	492	234	-217	0.812	-452	-903	di		
1019	487	452	800	604	134	-298	0.663	-400	-832	di		
1026	487	452	800	604	118	-262	0.663	-416	-796	di		
1028	354	319	800	512	318	-264	0.782	-323	-905	di		
1031	285	250	800	472	333	-249	0.848	-422	-1003	di		
1034	285	250	800	472	390	-262	0.848	-365	-1017	di		
1036	285	250	800	472	386	-293	0.848	-369	-1048	di		
1039	285	250	800	472	349	-288	0.848	-406	-1043	di		
1042	354	319	800	512	275	-340	0.782	-367	-982	di		
1044	354	319	800	512	169	-564	0.782	-472	-1205	di		
1052	500	465	800	613	64	-351	0.652	-464	-878	di		
1055	405	370	800	545	301	-298	0.734	-288	-887	di		
1057	325	290	800	494	403	-235	0.810	-278	-916	di		
1060	280	245	800	469	499	-283	0.853	-267	-1049	di		
1063	275	240	800	466	615	-246	0.857	-162	-1024	di		
1065	275	240	800	466	623	-264	0.857	-154	-1042	di		
1068	280	245	800	469	528	-320	0.853	-238	-1085	di		
1071	325	290	800	494	422	-268	0.810	-260	-949	di		
1073	405	370	800	545	298	-310	0.734	-291	-899	di		
1076	500	465	800	613	64	-403	0.652	-463	-931	di		
1084	354	319	800	512	116	-553	0.782	-526	-1195	di		
1086	354	319	800	512	241	-328	0.782	-400	-969	di		
1089	285	250	800	472	306	-257	0.848	-449	-1012	di		
1092	285	250	800	472	355	-285	0.848	-400	-1040	di		
1094	285	250	800	472	406	-280	0.848	-349	-1034	di		
1097	285	250	800	472	369	-279	0.848	-386	-1034	di		
1100	354	319	800	512	339	-279	0.782	-303	-921	di		
1102	487	452	800	604	136	-252	0.663	-398	-786	di		
1109	487	452	800	604	113	-257	0.663	-421	-791	di		
1112	322	287	800	492	209	-183	0.812	-477	-869	di		
1114	230	195	800	445	357	-225	0.899	-555	-1137	di		
1117	230	195	800	445	371	-262	0.899	-542	-1175	di		
1120	200	165	800	433	502	-259	0.924	-547	-1308	di		
1122	200	165	800	433	390	-282	0.924	-659	-1331	di		
1125	200	165	800	433	296	-318	0.924	-753	-1367	di		
2003	200	165	800	433	310	-335	0.924	-739	-1384	di		
2006	200	165	800	433	423	-308	0.924	-626	-1357	di		
2008	200	165	800	433	562	-324	0.924	-487	-1373	di		
2011	230	195	800	445	439	-321	0.899	-474	-1234	di		
2014	230	195	800	445	392	-281	0.899	-521	-1194	di		
2016	322	287	800	492	234	-217	0.812	-452	-903	di		
2019	487	452	800	604	134	-298	0.663	-400	-832	di		
2026	487	452	800	604	118	-262	0.663	-416	-796	di		
2028	354	319	800	512	318	-264	0.782	-323	-905	di		
2031	285	250	800	472	333	-249	0.848	-422	-1003	di		
2034	285	250	800	472	390	-262	0.848	-365	-1017	di		
2036	285	250	800	472	386	-293	0.848	-369	-1048	di		
2039	285	250	800	472	349	-288	0.848	-406	-1043	di		
2042	354	319	800	512	275	-340	0.782	-367	-982	di		
2044	354	319	800	512	169	-564	0.782	-472	-1205	di		
2052	500	465	800	613	64	-351	0.652	-464	-878	di		
2055	405	370	800	545	301	-298	0.734	-288	-887	di		
2057	325	290	800	494	403	-235	0.810	-278	-916	di		
2060	280	245	800	469	499	-283	0.853	-267	-1049	di		
2063	275	240	800	466	615	-246	0.857	-162	-1024	di		
2065	275	240	800	466	623	-264	0.857	-154	-1042	di		
2068	280	245	800	469	528	-320	0.853	-238	-1085	di		
2071	325	290	800	494	422	-268	0.810	-260	-949	di		
2073	405	370	800	545	298	-310	0.734	-291	-899	di		
2076	500	465	800	613	64	-403	0.652	-463	-931	di		
2084	354	319	800	512	116	-553	0.782	-526	-1195	di		
2086	354	319	800	512	241	-328	0.782	-400	-969	di		
2089	285	250	800	472	306	-257	0.848	-449	-1012	di		
2092	285	250	800	472	355	-285	0.848	-400	-1040	di		
2094	285	250	800	472	406	-280	0.848	-349	-1034	di		
2097	285	250	800	472	369	-279	0.848	-386	-1034	di		
2100	354	319	800	512	339	-279	0.782	-303	-921	di		
2102	487	452	800	604	136	-252	0.663	-398	-786	di		
2109	487	452	800	604	113	-257	0.663	-421	-791	di		
2112	322	287	800	492	209	-183	0.812	-477	-869	di		
2114	230	195	800	445	357	-225	0.899	-555	-1137	di		
2117	230	195	800	445	371	-262	0.899	-542	-1175	di		
2120	200	165	800	433	502	-259	0.924	-547	-1308	di		
2122	200	165	800	433	390	-282	0.924	-659	-1331	di		
2125	200	165	800	433	296	-318	0.924	-753	-1367	di		

2.8.1.3.2 Verifiche

A favore di sicurezza si assume che gli angolari della briglia inferiore siano disposti a croce.

4 angolari a croce
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	1600	[kN]
Compressione	$N_C =$	1600	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	3292	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	3292	[mm]
Lato lungo asse x	$b_x =$	120	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	120	[mm]
Spessore	$t =$	10	[mm]
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	20	[mm]
Piatto orizzontale, spessore lungo asse y	$t_y =$	20	[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	$A =$	2300	[mm ²]
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	77500	[mm ³]
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	77500	[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	$J_x =$	3185254	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	3185254	[mm ⁴]
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-1893913	[mm ⁴]
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	5079167	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	1291341	[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 4 angolari a croce

Area lorda	$A =$	9200	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	30306667	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	30306667	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	57	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	57	[mm]

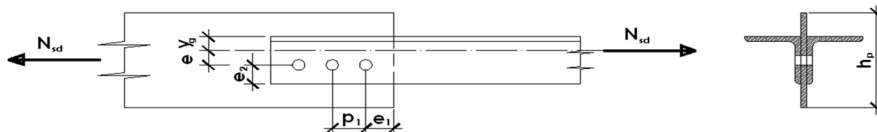
Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	57	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	57	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo assi x e y	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	70	[-]
Snellezza equivalente lungo asse y	$\lambda_{eq,y} = (\lambda_y^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	70	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	70	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	1.70	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	948	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	174	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	296	[N/mm ²] < 323, ok!

GIUNTO 4 ANGOLARI A CROCE

Geometria del nodo

NB: la figura è puramente indicativa!



Trazione	$N_T =$	1600	[kN]
Compressione	$N_C =$	1600	[kN]
Profili		120x120x10	
Numero di profili	$n =$	4	[-]
Lato lungo asse x	$b_x =$	120	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	120	[mm]
Spessore	$t =$	10	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	34	[mm]
Area lorda	$A =$	9200	[mm ²]

Acciaio		S 355	
Tensione di snervamento	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{uk} =$	510	[N/mm ²]
Classe bulloni		10.9	
Tensione di snervamento	$f_{yb} =$	900	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{tb} =$	1000	[N/mm ²]
Rottura "duatile"	$\gamma_{M0} =$	1.05	[-]
Rottura "fragile"	$\gamma_{M2} =$	1.35	[-]

Verifica dei bulloni

Diametro bulloni	$\phi =$	24	[mm]
Gambo del bullone su sezione di taglio		Sez. Filettata	
Area efficace bulloni	$A_{res} =$	353	[mm ²]
Diametro del foro	$d_0 =$	26	[mm]
Passo in direzione longitudinale	$p_1 =$	75	[mm]
Pinza in direzione longitudinale	$e_1 =$	50	[mm]
Numero di righe	$n_r =$	1	[-]
Numero di colonne	$n_c =$	5	[-]
Numero di sezioni resistenti	$n_s =$	2	[-]
Passo in direzione trasversale	$p_2 =$	0	[mm]
Pinza in direzione trasversale	$e_2 =$	70	[mm]
Baricentro bulloni rispetto a bordo irrigidito	$f =$	50	[mm]
Eccentricità	$e =$	16	[mm]
$\alpha_z = \text{MIN}(e_1 / (3 d_0); p_1 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{uk}; 1)$	$\alpha_z =$	0.64	[-]
$\alpha_y = \text{MIN}(e_2 / (3 d_0); p_2 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{uk}; 1)$	$\alpha_y =$	0.90	[-]
Coefficiente di taglio	$\alpha_v =$	0.50	[-]
Torsione da eccentricità per profilo	$T =$	6522	[kNm]
Taglio longitudinale per sezione di taglio	$F_Z =$	80	[kN]
Taglio trasversale per sezione di taglio	$F_Y =$	17	[kN]
Taglio risultante per sezione di taglio	$F_{V,Ed} =$	82	[kN]
Resistenza a taglio bullone	$F_{V,Rd} = \alpha_v A_{res} f_{tb} / \gamma_{M2} =$	131	[kN]

($f = 0.63$ < 1, ok)

Verifica a trazione del profilo

Area netta	$A_{net} =$	8160	[mm ²]		
Coefficiente riduttivo a trazione	$\beta =$	0.90	[-]		
$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,Rd} =$	2774	[kN]	(f = 0.58)	< 1, ok
$F_{b,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,z} =$	145	[kN]	(f = 0.55)	< 1, ok
$F_{b,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,y} =$	203	[kN]	(f = 0.09)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.56	[-]	(f = 0.56)	< 1, ok

Verifica del piatto di collegamento

Minima altezza piatto	$h_{p,min} =$	466	[mm]		
Altezza piatto	$h_p =$	375	[mm]		
Spessore piatto	$t_p =$	20	[mm]		
$A_p = h_p t_p$	$A_p =$	7500	[mm ²]		
Numero righe di profili lungo y	$n_y =$	2	[-]		
$A_{p,net} = A_p - n_y n_r t_p d_0$	$A_{p,net} =$	6460	[mm ²]		
$N_{pl,p,Rd} = A_p f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{pl,p,Rd} =$	2536	[kN]	(f = 0.63)	< 1, ok
$N_{u,p,Rd} = 0.9 A_{p,net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,p,Rd} =$	2196	[kN]	(f = 0.73)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,z} =$	145	[kN]	(f = 0.55)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,y} =$	203	[kN]	(f = 0.09)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.56	[-]	(f = 0.56)	< 1, ok

Block tearing

Area netta in trazione A_{nt}	$A_{nt} =$	2280	[mm ²]		
Area netta a taglio A_{nv}	$A_{nv} =$	9320	[mm ²]		
Resistenza a strappo (carico eccentrico)	$V_{eff,2,Rd} =$	2250	[kN]	(f = 0.71)	< 1, ok

Di seguito la verifica delle aste diagonali.

4 angolari a croce
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	1390	[kN]
Compressione	$N_C =$	1390	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	3292	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	3292	[mm]
Lato lungo asse x	$b_x =$	130	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	130	[mm]
Spessore	$t =$	15	[mm]
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	20	[mm]
Piatto orizzontale, spessore lungo asse y	$t_y =$	20	[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	$A =$	3675	[mm ²]
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	139688	[mm ³]
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	139688	[mm ³]
Ascissa baricentro da bordo irrigidito	$x_g =$	38	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	38	[mm]
Momento di inerzia rispetto a asse x baricentrico	$J_x =$	5804825	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	5804825	[mm ⁴]
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-3420957	[mm ⁴]
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	9225781	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	2383868	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 1	$\rho_1 =$	50	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 2	$\rho_2 =$	25	[mm]

Proprietà inerziali 4 angolari a croce

Area lorda	$A =$	14700	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	57102500	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	57102500	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	62	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	62	[mm]

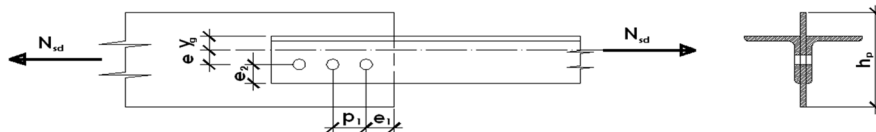
Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	53	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	53	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo assi x e y	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	66	[-]
Snellezza equivalente lungo asse y	$\lambda_{eq,y} = (\lambda_y^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	66	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	66	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	1.64	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	1019	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	95	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	155	[N/mm ²] < 323, ok!

GIUNTO 4 ANGOLARI A CROCE

Geometria del nodo

NB: la figura è puramente indicativa!



Trazione	$N_T =$	1390	[kN]
Compressione	$N_C =$	1390	[kN]
Profili		130x130x15	
Numero di profili	$n =$	4	[-]
Lato lungo asse x	$b_x =$	130	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	130	[mm]
Spessore	$t =$	15	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	38	[mm]
Area lorda	$A =$	14700	[mm ²]

Acciaio		S 355	
Tensione di snervamento	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{tk} =$	510	[N/mm ²]
Classe bulloni		10.9	
Tensione di snervamento	$f_{yb} =$	900	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{tb} =$	1000	[N/mm ²]
Rottura "dutile"	$\gamma_{M0} =$	1.05	[-]
Rottura "fragile"	$\gamma_{M2} =$	1.35	[-]

Verifica dei bulloni

Diametro bulloni	$\phi =$	24	[mm]
Gambo del bullone su sezione di taglio		Sez. Filettata	
Area efficace bulloni	$A_{res} =$	353	[mm ²]
Diametro del foro	$d_0 =$	26	[mm]
Passo in direzione longitudinale	$p_1 =$	75	[mm]
Pinza in direzione longitudinale	$e_1 =$	50	[mm]
Numero di righe	$n_r =$	1	[-]
Numero di colonne	$n_c =$	4	[-]
Numero di sezioni resistenti	$n_s =$	2	[-]
Passo in direzione trasversale	$p_2 =$	0	[mm]
Pinza in direzione trasversale	$e_2 =$	50	[mm]
Baricentro bulloni rispetto a bordo irrigidito	$f =$	80	[mm]
Eccentricità	$e =$	42	[mm]
$\alpha_z = \text{MIN}(e_1 / (3 d_0); p_1 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{tk}; 1)$	$\alpha_z =$	0.64	[-]
$\alpha_y = \text{MIN}(e_2 / (3 d_0); p_2 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{tk}; 1)$	$\alpha_y =$	0.64	[-]
Coefficiente di taglio	$\alpha_v =$	0.50	[-]
Torsione da eccentricità per profilo	$T =$	14591	[kNmm]
Taglio longitudinale per sezione di taglio	$F_Z =$	87	[kN]
Taglio trasversale per sezione di taglio	$F_Y =$	58	[kN]
Taglio risultante per sezione di taglio	$F_{v,Ed} =$	105	[kN]
Resistenza a taglio bullone	$F_{v,Rd} = \alpha_v A_{res} f_{tb} / \gamma_{M2} =$	131	[kN] (f = 0.8 < 1, ok)

Verifica a trazione del profilo

Area netta	$A_{net} =$	13140	[mm ²]		
Coefficiente riduttivo a trazione	$\beta =$	0.90	[-]		
$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,Rd} =$	4468	[kN]	(f = 0.31	< 1, ok)
$F_{b,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,z} =$	218	[kN]	(f = 0.4	< 1, ok)
$F_{b,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,y} =$	218	[kN]	(f = 0.27	< 1, ok)
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.48	[-]	(f = 0.48	< 1, ok)

Verifica del piatto di collegamento

Minima altezza piatto	$h_{p,min} =$	440	[mm]		
Altezza piatto	$h_p =$	375	[mm]		
Spessore piatto	$t_p =$	20	[mm]		
$A_p = h_p t_p$	$A_p =$	7500	[mm ²]		
Numero righe di profili lungo y	$n_y =$	2	[-]		
$A_{p,net} = A_p - n_y n_r t_p d_0$	$A_{p,net} =$	6460	[mm ²]		
$N_{pl,p,Rd} = A_p f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{pl,p,Rd} =$	2536	[kN]	(f = 0.55	< 1, ok)
$N_{u,p,Rd} = 0.9 A_{p,net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,p,Rd} =$	2196	[kN]	(f = 0.63	< 1, ok)
$F_{b,p,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,z} =$	145	[kN]	(f = 0.6	< 1, ok)
$F_{b,p,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,y} =$	145	[kN]	(f = 0.4	< 1, ok)
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.72	[-]	(f = 0.72	< 1, ok)

Block tearing

Area netta in trazione A_{nt}	$A_{nt} =$	2220	[mm ²]		
Area netta a taglio A_{nv}	$A_{nv} =$	11040	[mm ²]		
Resistenza a strappo (carico eccentrico)	$V_{eff,2,Rd} =$	2574	[kN]	(f = 0.54	< 1, ok)

2.8.2 CONTROVENTI SUPERIORI

I controventi superiori vengono sollecitati durante il montaggio del ponte finché non è raggiunta la maturazione della soletta.

2.8.2.1 Valori massimi di verifica allo slu

CTV SUP

Asta	Taglio	Sforzo Normale	Profilo	2L 100x10	2L 120x12
				kN	kN
1	146	91	2L 100x10	91	0
2	128	80	2L 100x10	80	0
3	125	78	2L 100x10	78	0
4	107	67	2L 100x10	67	0
5	96	60	2L 100x10	60	0
6	60	38	2L 100x10	38	0
7	36	23	2L 100x10	23	0
8	51	32	2L 100x10	32	0
9	27	17	2L 100x10	17	0
10	41	26	2L 100x10	26	0
11	64	40	2L 100x10	40	0
12	85	53	2L 100x10	53	0
13	98	61	2L 100x10	61	0
14	111	69	2L 100x10	69	0
15	137	85	2L 100x10	85	0
16	165	103	2L 100x10	103	0
17	186	116	2L 100x10	116	0
18	217	136	2L 120x12	0	136
19	200	125	2L 120x12	0	125
20	210	131	2L 120x12	0	131
21	236	147	2L 120x12	0	147
22	242	151	2L 120x12	0	151
23	210	131	2L 120x12	0	131
24	206	129	2L 120x12	0	129
25	214	134	2L 120x12	0	134
26	177	111	2L 120x12	0	111

27	146	91	2L 100x10	91	0
28	117	73	2L 100x10	73	0
29	98	61	2L 100x10	61	0
30	84	53	2L 100x10	53	0
31	53	33	2L 100x10	33	0
32	21	13	2L 100x10	13	0
33	24	15	2L 100x10	15	0
34	41	25	2L 100x10	25	0
35	72	45	2L 100x10	45	0
36	101	63	2L 100x10	63	0
37	106	66	2L 100x10	66	0
38	137	86	2L 100x10	86	0
39	173	108	2L 100x10	108	0
40	186	116	2L 100x10	116	0
41	244	152	2L 120x12	0	152
42	228	143	2L 120x12	0	143
43	260	162	2L 120x12	0	162
44	354	221	2L 120x12	0	221
45	301	188	2L 120x12	0	188
46	306	191	2L 120x12	0	191
47	337	211	2L 120x12	0	211
48	406	254	2L 120x12	0	254
49	374	234	2L 120x12	0	234
50	370	231	2L 120x12	0	231
51	396	248	2L 120x12	0	248
52	324	203	2L 120x12	0	203
53	289	181	2L 120x12	0	181
54	276	172	2L 120x12	0	172
55	246	154	2L 120x12	0	154
56	210	131	2L 120x12	0	131
57	201	126	2L 100x10	126	0
58	173	108	2L 100x10	108	0
59	156	97	2L 100x10	97	0
60	123	77	2L 100x10	77	0
61	89	55	2L 100x10	55	0
62	146	91	2L 100x10	91	0
63	36	23	2L 100x10	23	0
64	36	23	2L 100x10	23	0
65	144	90	2L 100x10	90	0
66	87	54	2L 100x10	54	0
67	122	76	2L 100x10	76	0
68	155	97	2L 100x10	97	0
69	172	107	2L 100x10	107	0
70	200	125	2L 100x10	125	0
71	213	133	2L 100x10	133	0

72	249	156	2L 120x12	0	156
73	289	181	2L 120x12	0	181
74	306	191	2L 120x12	0	191
75	341	213	2L 120x12	0	213
76	405	253	2L 120x12	0	253
77	379	237	2L 120x12	0	237
78	379	237	2L 120x12	0	237
79	413	258	2L 120x12	0	258
80	335	210	2L 120x12	0	210
81	304	190	2L 120x12	0	190
82	299	187	2L 120x12	0	187
83	357	223	2L 120x12	0	223
84	258	161	2L 120x12	0	161
85	225	141	2L 120x12	0	141
86	246	154	2L 120x12	0	154
87	185	116	2L 120x12	0	116
88	172	108	2L 100x10	108	0
89	137	86	2L 100x10	86	0
90	104	65	2L 100x10	65	0
91	106	66	2L 100x10	66	0
92	72	45	2L 100x10	45	0
93	41	25	2L 100x10	25	0
94	31	19	2L 100x10	19	0
95	23	14	2L 100x10	14	0
96	54	34	2L 100x10	34	0
97	84	53	2L 100x10	53	0
98	99	62	2L 100x10	62	0
99	117	73	2L 100x10	73	0
100	146	91	2L 100x10	91	0
101	177	111	2L 120x12	0	111
102	210	131	2L 120x12	0	131
103	209	130	2L 120x12	0	130
104	213	133	2L 120x12	0	133
105	244	153	2L 120x12	0	153
106	234	146	2L 120x12	0	146
107	209	130	2L 120x12	0	130
108	198	124	2L 120x12	0	124
109	208	130	2L 120x12	0	130

110	184	115	2L 100x10	115	0
111	164	103	2L 100x10	103	0
112	135	84	2L 100x10	84	0
113	111	69	2L 100x10	69	0
114	103	64	2L 100x10	64	0
115	83	52	2L 100x10	52	0
116	64	40	2L 100x10	40	0
117	42	26	2L 100x10	26	0
118	21	13	2L 100x10	13	0
119	57	36	2L 100x10	36	0
120	38	23	2L 100x10	23	0
121	62	39	2L 100x10	39	0
122	96	60	2L 100x10	60	0
123	107	67	2L 100x10	67	0
124	128	80	2L 100x10	80	0
125	129	81	2L 100x10	81	0
126	147	92	2L 100x10	92	0

2 angolari a cartella
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	260	[kN]
Compressione	$N_C =$	260	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	4700	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	4700	[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	$t_x =$	15	[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	$\gamma_{M1} =$	1.05	[-]
Tensione di calcolo per resistenza	$f_{yk} / \gamma_{M0} =$	338	[N/mm ²]
Tensione di calcolo per stabilità	$f_{yk} / \gamma_{M1} =$	338	[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	$J_y =$	17081496	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	37	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	56	[mm]

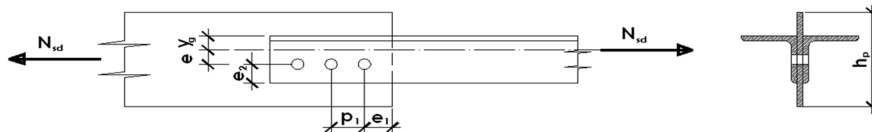
Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	84	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	127	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo asse x	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	93	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	127	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	3.68	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	944	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	48	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	175	[N/mm ²] < 338, ok!

GIUNTO 2 ANGOLARI A CARTELLA

Geometria del nodo

NB: la figura è puramente indicativa!



Trazione	$N_T =$	260	[kN]
Compressione	$N_C =$	260	[kN]
Profili		120x120x12	
Numero di profili	$n =$	2	[-]
Lato lungo asse x	$b_x =$	120	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	120	[mm]
Spessore	$t =$	12	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	34	[mm]
Area lorda	$A =$	5472	[mm ²]

Acciaio		S 355	
Tensione di snervamento	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{uk} =$	510	[N/mm ²]
Classe bulloni		10.9	
Tensione di snervamento	$f_{yb} =$	900	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{tb} =$	1000	[N/mm ²]
Rottura "ductile"	$\gamma_{M0} =$	1.05	[-]
Rottura "fragile"	$\gamma_{M2} =$	1.25	[-]

Verifica dei bulloni

Diametro bulloni	$\Phi =$	24	[mm]
Gambo del bullone su sezione di taglio		Sez. Filettata	
Area efficace bulloni	$A_{res} =$	353	[mm ²]
Diametro del foro	$d_0 =$	26	[mm]
Passo in direzione longitudinale	$p_1 =$	75	[mm]
Pinza in direzione longitudinale	$e_1 =$	50	[mm]
Numero di righe	$n_r =$	1	[-]
Numero di colonne	$n_c =$	4	[-]
Numero di sezioni resistenti	$n_s =$	2	[-]
Passo in direzione trasversale	$p_2 =$	0	[mm]
Pinza in direzione trasversale	$e_2 =$	45	[mm]
Baricentro bulloni rispetto a bordo irrigidito	$f =$	75	[mm]
Eccentricità	$e =$	41	[mm]
$\alpha_z = \text{MIN}(e_1 / (3 d_0); p_1 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{uk}; 1)$	$\alpha_z =$	0.64	[-]
$\alpha_y = \text{MIN}(e_2 / (3 d_0); p_2 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{uk}; 1)$	$\alpha_y =$	0.58	[-]
Coefficiente di taglio	$\alpha_v =$	0.50	[-]
Torsione da eccentricità per profilo	$T =$	5275	[kNm]
Taglio longitudinale per sezione di taglio	$F_Z =$	33	[kN]
Taglio trasversale per sezione di taglio	$F_Y =$	21	[kN]
Taglio risultante per sezione di taglio	$F_{v,Ed} =$	39	[kN]
Resistenza a taglio bullone	$F_{v,Rd} = \alpha_v A_{res} f_{tb} / \gamma_{M2} =$	141	[kN]

($f = 0.27$ < 1, ok)

Verifica a trazione del profilo

Area netta	$A_{net} =$	4848	[mm ²]		
Coefficiente riduttivo a trazione	$\beta =$	0.90	[-]		
$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,Rd} =$	1780	[kN]	(f = 0.15)	< 1, ok
$F_{b,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,z} =$	188	[kN]	(f = 0.17)	< 1, ok
$F_{b,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,y} =$	169	[kN]	(f = 0.12)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.21	[-]	(f = 0.21)	< 1, ok

Verifica del piatto di collegamento

Minima altezza piatto	$h_{p,min} =$	260	[mm]		
Altezza piatto	$h_p =$	170	[mm]		
Spessore piatto	$t_p =$	15	[mm]		
$A_p = h_p t_p$	$A_p =$	2550	[mm ²]		
Numero righe di profili lungo y	$n_y =$	1	[-]		
$A_{p,net} = A_p - n_y n_r t_p d_0$	$A_{p,net} =$	2160	[mm ²]		
$N_{pl,p,Rd} = A_p f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{pl,p,Rd} =$	862	[kN]	(f = 0.3)	< 1, ok
$N_{u,p,Rd} = 0.9 A_{p,net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,p,Rd} =$	793	[kN]	(f = 0.33)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,z} =$	118	[kN]	(f = 0.28)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,y} =$	106	[kN]	(f = 0.2)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.34	[-]	(f = 0.34)	< 1, ok

Block tearing

Area netta in trazione A_{nt}	$A_{nt} =$	768	[mm ²]		
Area netta a taglio A_{nv}	$A_{nv} =$	4416	[mm ²]		
Resistenza a strappo (carico eccentrico)	$V_{eff,2,Rd} =$	1019	[kN]	(f = 0.26)	< 1, ok

2 angolari a cartella
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	150	[kN]
Compressione	$N_C =$	150	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	4700	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	4700	[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	$t_x =$	15	[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	$\gamma_{M1} =$	1.05	[-]
Tensione di calcolo per resistenza	$f_{yk} / \gamma_{M0} =$	338	[N/mm ²]
Tensione di calcolo per stabilità	$f_{yk} / \gamma_{M1} =$	338	[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

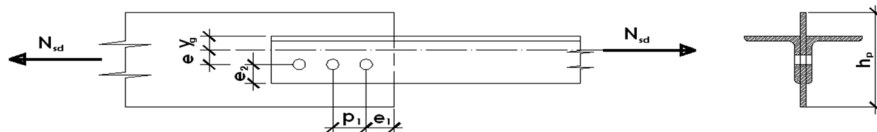
Area lorda	$A =$	3800	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	$J_x =$	3600088	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	$J_y =$	8575417	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	$\rho_x =$	31	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	$\rho_y =$	48	[mm]

Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	99	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	153	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo asse x	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	107	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	153	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	4.95	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	786	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	39	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	195	[N/mm ²] < 338, ok!

GIUNTO 2 ANGOLARI A CARTELLA
Geometria del nodo

NB: la figura è puramente indicativa!



Trazione	$N_T =$	150	[kN]
Compressione	$N_C =$	150	[kN]
Profili		100x100x10	
Numero di profili	$n =$	2	[-]
Lato lungo asse x	$b_x =$	100	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	100	[mm]
Spessore	$t =$	10	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	29	[mm]
Area lorda	$A =$	3800	[mm ²]
Acciaio		S 355	
Tensione di snervamento	$f_{y,k} =$	355	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{t,k} =$	510	[N/mm ²]
Classe bulloni		10.9	
Tensione di snervamento	$f_{y,b} =$	900	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{t,b} =$	1000	[N/mm ²]
Rottura "dutile"	$\gamma_{M0} =$	1.05	[-]
Rottura "fragile"	$\gamma_{M2} =$	1.25	[-]
Verifica dei bulloni			
Diametro bulloni	$\phi =$	24	[mm]
Gambo del bullone su sezione di taglio		Sez. Filettata	
Area efficace bulloni	$A_{res} =$	353	[mm ²]
Diametro del foro	$d_0 =$	26	[mm]
Passo in direzione longitudinale	$p_1 =$	75	[mm]
Pinza in direzione longitudinale	$e_1 =$	50	[mm]
Numero di righe	$n_r =$	1	[-]
Numero di colonne	$n_c =$	4	[-]
Numero di sezioni resistenti	$n_s =$	2	[-]
Passo in direzione trasversale	$p_2 =$	0	[mm]
Pinza in direzione trasversale	$e_2 =$	45	[mm]
Baricentro bulloni rispetto a bordo irrigidito	$f =$	55	[mm]
Eccentricità	$e =$	26	[mm]
$\alpha_z = \text{MIN}(e_1 / (3 d_0); p_1 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{t,b} / f_{t,k}; 1)$	$\alpha_z =$	0.64	[-]
$\alpha_y = \text{MIN}(e_2 / (3 d_0); p_2 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{t,b} / f_{t,k}; 1)$	$\alpha_y =$	0.58	[-]
Coefficiente di taglio	$\alpha_v =$	0.50	[-]
Torsione da eccentricità per profilo	$T =$	1974	[kNmm]
Taglio longitudinale per sezione di taglio	$F_Z =$	19	[kN]
Taglio trasversale per sezione di taglio	$F_Y =$	8	[kN]
Taglio risultante per sezione di taglio	$F_{v,Ed} =$	20	[kN]
Resistenza a taglio bullone	$F_{v,Rd} = \alpha_v A_{res} f_{t,b} / \gamma_{M2} =$	141	[kN] (f = 0.14 < 1, ok)

Verifica a trazione del profilo

Area netta	$A_{net} =$	3280	[mm ²]		
Coefficiente riduttivo a trazione	$\beta =$	0.90	[-]		
$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,Rd} =$	1204	[kN]	(f = 0.12)	< 1, ok
$F_{b,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,z} =$	157	[kN]	(f = 0.12)	< 1, ok
$F_{b,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,y} =$	141	[kN]	(f = 0.06)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.13	[-]	(f = 0.13)	< 1, ok

Verifica del piatto di collegamento

Minima altezza piatto	$h_{p,min} =$	260	[mm]		
Altezza piatto	$h_p =$	170	[mm]		
Spessore piatto	$t_p =$	15	[mm]		
$A_p = h_p t_p$	$A_p =$	2550	[mm ²]		
Numero righe di profili lungo y	$n_y =$	1	[-]		
$A_{p,net} = A_p - n_y n_r t_p d_0$	$A_{p,net} =$	2160	[mm ²]		
$N_{pl,p,Rd} = A_p f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{pl,p,Rd} =$	862	[kN]	(f = 0.17)	< 1, ok
$N_{u,p,Rd} = 0.9 A_{p,net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,p,Rd} =$	793	[kN]	(f = 0.19)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,z} =$	118	[kN]	(f = 0.16)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,y} =$	106	[kN]	(f = 0.07)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.17	[-]	(f = 0.17)	< 1, ok

Block tearing

Area netta in trazione A_{nt}	$A_{nt} =$	640	[mm ²]		
Area netta a taglio A_{nv}	$A_{nv} =$	3680	[mm ²]		
Resistenza a strappo (carico eccentrico)	$V_{eff,2,Rd} =$	849	[kN]	(f = 0.18)	< 1, ok

2.8.3 CONTROVENTI INFERIORI

2.8.3.1 Valori massimi di verifica allo SLU

CTV SUP

Asta	Taglio	Sforzo Normale	Profilo	2L 150x15	2L 150x15
				kN	kN
1	309	193	2L 150x15	193	193
2	323	202	2L 150x15	202	202
3	401	251	2L 150x15	251	251
4	374	234	2L 150x15	234	234
5	359	224	2L 150x15	224	224
6	153	96	2L 150x15	96	96
7	135	84	2L 150x15	84	84
8	278	174	2L 150x15	174	174
9	227	142	2L 150x15	142	142
10	220	138	2L 150x15	138	138
11	391	244	2L 150x15	244	244
12	367	229	2L 150x15	229	229
13	341	213	2L 150x15	213	213
14	458	287	2L 150x15	287	287
15	410	256	2L 150x15	256	256
16	431	269	2L 150x15	269	269
17	391	244	2L 150x15	244	244
18	392	245	2L 150x15	245	245
19	307	192	2L 150x15	192	192
20	307	192	2L 150x15	192	192
21	305	190	2L 150x15	190	190
22	367	229	2L 150x15	229	229
23	368	230	2L 150x15	230	230
24	368	230	2L 150x15	230	230
25	384	240	2L 150x15	240	240
26	367	230	2L 150x15	230	230
27	407	255	2L 150x15	255	255
28	342	214	2L 150x15	214	214
29	351	219	2L 150x15	219	219
30	355	222	2L 150x15	222	222

31	245	153	2L 150x15	153	153
32	258	161	2L 150x15	161	161
33	292	182	2L 150x15	182	182
34	122	76	2L 150x15	76	76
35	118	74	2L 150x15	74	74
36	262	164	2L 150x15	164	164
37	250	157	2L 150x15	157	157
38	250	156	2L 150x15	156	156
39	387	242	2L 150x15	242	242
40	367	229	2L 150x15	229	229
41	419	262	2L 150x15	262	262
42	457	285	2L 150x15	285	285
43	406	254	2L 150x15	254	254
44	431	269	2L 150x15	269	269
45	373	233	2L 150x15	233	233
46	346	217	2L 150x15	217	217
47	345	216	2L 150x15	216	216
48	499	312	2L 150x15	312	312
49	502	314	2L 150x15	314	314
50	502	314	2L 150x15	314	314
51	549	343	2L 150x15	343	343
52	543	339	2L 150x15	339	339
53	595	372	2L 150x15	372	372
54	637	398	2L 150x15	398	398
55	514	322	2L 150x15	322	322
56	551	344	2L 150x15	344	344
57	482	301	2L 150x15	301	301
58	481	301	2L 150x15	301	301
59	481	301	2L 150x15	301	301
60	324	202	2L 150x15	202	202
61	331	207	2L 150x15	207	207
62	460	288	2L 150x15	288	288
63	173	108	2L 150x15	108	108
64	166	104	2L 150x15	104	104
65	445	278	2L 150x15	278	278
66	319	199	2L 150x15	199	199
67	322	201	2L 150x15	201	201
68	492	308	2L 150x15	308	308
69	480	300	2L 150x15	300	300
70	510	319	2L 150x15	319	319

71	620	388	2L 150x15	388	388
72	579	362	2L 150x15	362	362
73	663	414	2L 150x15	414	414
74	672	420	2L 150x15	420	420
75	635	397	2L 150x15	397	397
76	577	361	2L 150x15	361	361
77	553	345	2L 150x15	345	345
78	522	326	2L 150x15	326	326
79	521	326	2L 150x15	326	326
80	366	229	2L 150x15	229	229
81	368	230	2L 150x15	230	230
82	368	230	2L 150x15	230	230
83	457	286	2L 150x15	286	286
84	378	236	2L 150x15	236	236
85	419	262	2L 150x15	262	262
86	418	261	2L 150x15	261	261
87	379	237	2L 150x15	237	237
88	384	240	2L 150x15	240	240
89	271	169	2L 150x15	169	169
90	286	179	2L 150x15	179	179
91	295	185	2L 150x15	185	185
92	144	90	2L 150x15	90	90
93	144	90	2L 150x15	90	90
94	312	195	2L 150x15	195	195
95	278	174	2L 150x15	174	174
96	277	173	2L 150x15	173	173
97	407	255	2L 150x15	255	255
98	385	241	2L 150x15	241	241
99	438	274	2L 150x15	274	274
100	539	337	2L 150x15	337	337
101	480	300	2L 150x15	300	300
102	438	274	2L 150x15	274	274
103	490	306	2L 150x15	306	306
104	454	284	2L 150x15	284	284
105	452	283	2L 150x15	283	283
106	379	237	2L 150x15	237	237
107	380	238	2L 150x15	238	238
108	380	238	2L 150x15	238	238
109	402	251	2L 150x15	251	251
110	441	276	2L 150x15	276	276

111	474	296	2L 150x15	296	296
112	442	276	2L 150x15	276	276
113	488	305	2L 150x15	305	305
114	459	287	2L 150x15	287	287
115	391	244	2L 150x15	244	244
116	410	256	2L 150x15	256	256
117	296	185	2L 150x15	185	185
118	319	199	2L 150x15	199	199
119	314	196	2L 150x15	196	196
120	120	75	2L 150x15	75	75
121	132	82	2L 150x15	82	82
122	344	215	2L 150x15	215	215
123	375	234	2L 150x15	234	234
124	597	373	2L 150x15	373	373
125	415	260	2L 150x15	260	260
126	395	247	2L 150x15	247	247

2 angolari a cartella
Calcolo secondo CNR 10011/97 (7.2.3.4)

Trazione	$N_T =$	420	[kN]
Compressione	$N_C =$	420	[kN]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse x	$L_x =$	4700	[mm]
Lunghezza libera di inflessione lungo asse y	$L_y =$	4700	[mm]
Lato lungo asse x	$b_x =$	150	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	150	[mm]
Spessore	$t =$	15	[mm]
Piatto verticale, spessore lungo asse x	$t_x =$	20	[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	$\gamma_{M1} =$	1.05	[-]
Tensione di calcolo per resistenza	$f_{yk} / \gamma_{M0} =$	338	[N/mm ²]
Tensione di calcolo per stabilità	$f_{yk} / \gamma_{M1} =$	338	[N/mm ²]
Curva CNR		510_c	

Proprietà inerziali 1 angolare singolo

Area lorda	$A =$	4275	[mm ²]
Momento statico rispetto a asse x	$S_x =$	183938	[mm ³]
Momento statico rispetto a asse y	$S_y =$	183938	[mm ³]
Ascissa baricentro da bordo irrigidito	$x_g =$	43	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	43	[mm]
Momento di inerzia rispetto a asse x baricentrico	$J_x =$	9112722	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y baricentrico	$J_y =$	9112722	[mm ⁴]
Momento di inerzia centrifugo rispetto a assi x e y baricentrici	$J_{xy} =$	-5395559	[mm ⁴]
Angolo tra asse principale 1 e asse x baricentrico	$\alpha =$	45	[°]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 1	$J_1 =$	14508281	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse principale 2	$J_2 =$	3717163	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 1	$\rho_1 =$	58	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse principale 2	$\rho_2 =$	29	[mm]

Proprietà inerziali 2 angolari a cartella

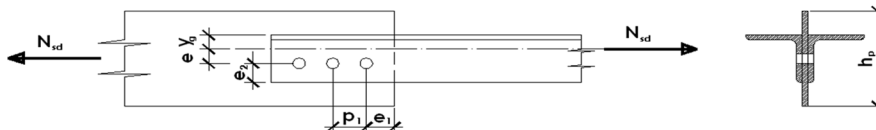
Area lorda	A =	8550	[mm ²]
Momento di inerzia rispetto a asse x	J _x =	18225444	[mm ⁴]
Momento di inerzia rispetto a asse y	J _y =	42266250	[mm ⁴]
Raggio di inerzia rispetto a asse x	ρ _x =	46	[mm]
Raggio di inerzia rispetto a asse y	ρ _y =	70	[mm]

Verifica profilo composto

Snellezza lungo asse x	$\lambda_x = L_x / \rho_y =$	67	[-]
Snellezza lungo asse y	$\lambda_y = L_y / \rho_x =$	102	[-]
Snellezza aggiuntiva lungo asse x	$\lambda_0 =$	40	[-]
Snellezza equivalente lungo asse x	$\lambda_{eq,x} = (\lambda_x^2 + \lambda_0^2)^{0.5} =$	78	[-]
Snellezza massima	$\lambda_{max} =$	102	[-]
Coefficiente omega	$\omega =$	2.61	[-]
Interasse calastrelli	$L_0 = \lambda_0 \rho_{min} =$	1179	[mm]
Verifica a trazione	$\sigma_T =$	49	[N/mm ²] < 338, ok!
Verifica a compressione	$\sigma_C =$	128	[N/mm ²] < 338, ok!

GIUNTO 2 ANGOLARI A CARTELLA
Geometria del nodo

NB: la figura è puramente indicativa!



Trazione	$N_T =$	420	[kN]
Compressione	$N_C =$	420	[kN]
Profili		150x150x15	
Numero di profili	$n =$	2	[-]
Lato lungo asse x	$b_x =$	150	[mm]
Lato lungo asse y	$b_y =$	150	[mm]
Spessore	$t =$	15	[mm]
Ordinata baricentro da bordo irrigidito	$y_g =$	43	[mm]
Area lorda	$A =$	8550	[mm ²]

Acciaio		S 355	
Tensione di snervamento	$f_{yk} =$	355	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{uk} =$	510	[N/mm ²]
Classe bulloni		10.9	
Tensione di snervamento	$f_{yb} =$	900	[N/mm ²]
Resistenza ultima	$f_{tb} =$	1000	[N/mm ²]
Rottura "duttile"	$\gamma_{M0} =$	1.05	[-]
Rottura "fragile"	$\gamma_{M2} =$	1.25	[-]

Verifica dei bulloni

Diametro bulloni	$\Phi =$	24	[mm]
Gambo del bullone su sezione di taglio		Sez. Filettata	
Area efficace bulloni	$A_{res} =$	353	[mm ²]
Diametro del foro	$d_0 =$	26	[mm]
Passo in direzione longitudinale	$p_1 =$	75	[mm]
Pinza in direzione longitudinale	$e_1 =$	50	[mm]
Numero di righe	$n_r =$	1	[-]
Numero di colonne	$n_c =$	4	[-]
Numero di sezioni resistenti	$n_s =$	2	[-]
Passo in direzione trasversale	$p_2 =$	0	[mm]
Pinza in direzione trasversale	$e_2 =$	45	[mm]
Baricentro bulloni rispetto a bordo irrigidito	$f =$	105	[mm]
Eccentricità	$e =$	62	[mm]
$\alpha_z = \text{MIN}(e_1 / (3 d_0); p_1 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{uk}; 1)$	$\alpha_z =$	0.64	[-]
$\alpha_y = \text{MIN}(e_2 / (3 d_0); p_2 / (3 d_0) - 1 / 4; f_{tb} / f_{uk}; 1)$	$\alpha_y =$	0.58	[-]
Coefficiente di taglio	$\alpha_v =$	0.50	[-]
Torsione da eccentricità per profilo	$T =$	13014	[kNmm]
Taglio longitudinale per sezione di taglio	$F_Z =$	53	[kN]
Taglio trasversale per sezione di taglio	$F_Y =$	52	[kN]
Taglio risultante per sezione di taglio	$F_{v,Ed} =$	74	[kN]
Resistenza a taglio bullone	$F_{v,Rd} = \alpha_v A_{res} f_{tb} / \gamma_{M2} =$	141	[kN]

(f = 0.52 < 1, ok)

Verifica a trazione del profilo

Area netta	$A_{net} =$	7770	[mm ²]		
Coefficiente riduttivo a trazione	$\beta =$	0.90	[-]		
$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,Rd} =$	2853	[kN]	(f = 0.15)	< 1, ok
$F_{b,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,z} =$	235	[kN]	(f = 0.22)	< 1, ok
$F_{b,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t / \gamma_{M2}$	$F_{b,Rd,y} =$	212	[kN]	(f = 0.25)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.33	[-]	(f = 0.33)	< 1, ok

Verifica del piatto di collegamento

Minima altezza piatto	$h_{p,min} =$	260	[mm]		
Altezza piatto	$h_p =$	170	[mm]		
Spessore piatto	$t_p =$	20	[mm]		
$A_p = h_p t_p$	$A_p =$	3400	[mm ²]		
Numero righe di profili lungo y	$n_y =$	1	[-]		
$A_{p,net} = A_p - n_y n_r t_p d_0$	$A_{p,net} =$	2880	[mm ²]		
$N_{pl,p,Rd} = A_p f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{pl,p,Rd} =$	1150	[kN]	(f = 0.37)	< 1, ok
$N_{u,p,Rd} = 0.9 A_{p,net} f_{uk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,p,Rd} =$	1058	[kN]	(f = 0.4)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,z} = 2.5 \alpha_z f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,z} =$	157	[kN]	(f = 0.33)	< 1, ok
$F_{b,p,Rd,y} = 2.5 \alpha_y f_{uk} \Phi t_p / (n_s \gamma_{M2})$	$F_{b,p,Rd,y} =$	141	[kN]	(f = 0.37)	< 1, ok
Rifollamento combinato	$\eta_b = (\eta_{b,z}^2 + \eta_{b,y}^2)^{0.5} =$	0.50	[-]	(f = 0.5)	< 1, ok

Block tearing

Area netta in trazione A_{nt}	$A_{nt} =$	960	[mm ²]		
Area netta a taglio A_{nv}	$A_{nv} =$	5520	[mm ²]		
Resistenza a strappo (carico eccentrico)	$V_{eff,2,Rd} =$	1273	[kN]	(f = 0.33)	< 1, ok

2.9 SOLETTA DI 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 12.68 m.

2.9.1 Descrizione e modalita' 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 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 pari a 2.00 m e 2.68 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).

Fase 2

Lo schema statico è di trave semplicemente appoggiata, costituita dall'intero spessore di soletta (27cm predalle compresa); i carichi in gioco sono lo spessore di getto a completamento dei cordoli e i permanenti portati.

Fase 3

Lo schema statico è di trave semplicemente appoggiata, costituita dall'intero spessore di soletta (27cm predalle compresa); i carichi sono i sovraccarichi accidentali.

Le dalle 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. Alla suddetta fase seguono infine il getto della soletta a spessore definitivo e il getto dei cordoli laterali.

2.9.2 FASE I

Si riporta la verifica delle predalles per la fase I di getto della soletta considerando come elemento resistente la sola predalla in cls armata di tralicci, per una sezione di soletta di larghezza pari a 1.00 m.

2.9.2.1 Analisi dei carichi

In fase 1 di getto si considerano agenti il peso proprio delle lastre prefabbricate, il peso del getto della soletta che è ancora inerte ed un carico accidentale di getto relativo ai mezzi e agli operai.

La struttura resistente in questa fase di carico è costituita unicamente dalla predalle armata dai tralicci di altezza 18 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:

Soletta	$25 \text{ kN/m}^3 \times 0.21 \text{ m}$	=	5.25 kN/m^2
Predalle in cls. sp. 6 cm	$25 \text{ kN/m}^3 \times 0.06 \text{ m}$	=	1.50 kN/m^2
Veletta	$1.0 \text{ kN/m} \times 2$	=	2.00 kN/m

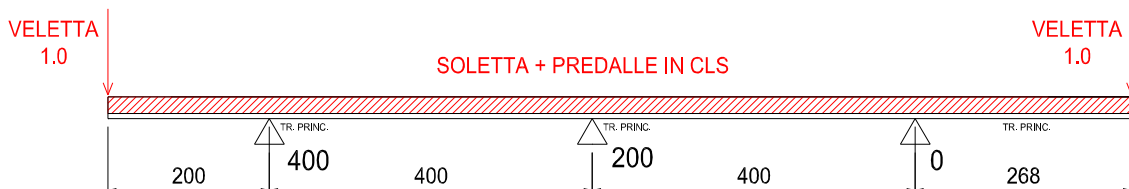


Figura 2.46: Schema di carico

2.9.2.2 Modello di calcolo

La soletta è schematizzata come trave in semplice appoggio sulle travi principali.



2.9.2.2.1 Carichi

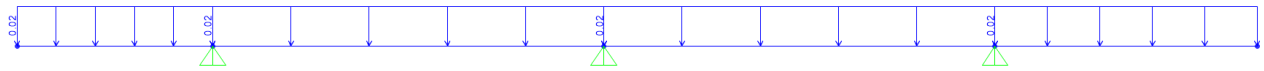


Figure 2-4 Carico predalles

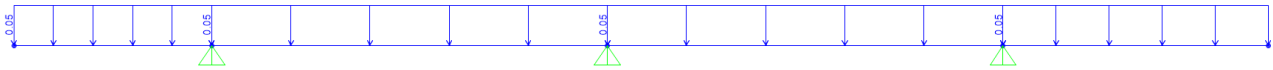


Figure 2-5 Carico getto calcestruzzo

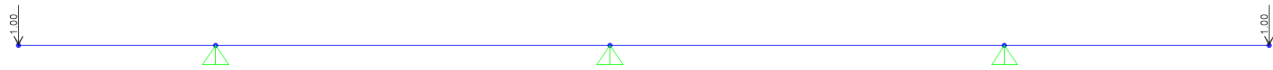


Figure 2-6 Carico velette di estremità

2.9.2.2.2 Sollecitazioni

Si riportano le sollecitazioni di verifica nella condizione di carico elementare.

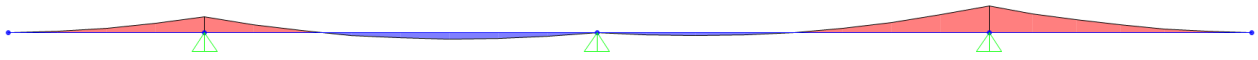


Figure 2-7 Momento flettente

Momento flettente minimo:

$$M^- = - 26.92 \text{ kNm/m}$$

Momento flettente massimo:

$$M^+ = 6.84 \text{ kNm/m}$$

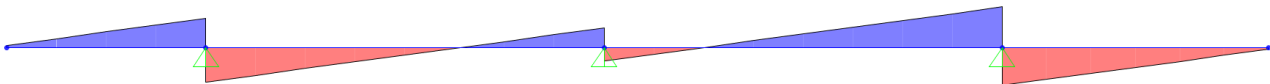


Figure 2-8 Taglio Verticale

Taglio verticale lato sbalzo:

$$T_{SX} = 19.09 \text{ kN/m}$$

Taglio verticale lato campata:

$$T_{DX} = 20.23 \text{ N/m}$$

2.9.2.2.3 Verifica traliccio predalles Fase I

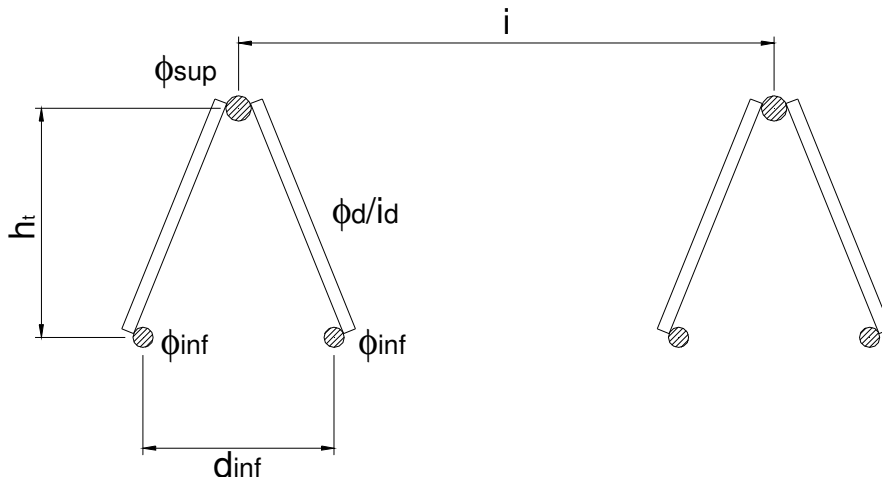
Momento flettente minimo:	$M^{-}SLU = -26.92 * 1.35 = - 36.34 \text{ kNm/m}$
Momento flettente massimo:	$M^{+}SLU = 6.84 * 1.35 = 9.23 \text{ kNm/m}$
Taglio verticale lato sbalzo:	$T_{SX,SLU} = 19.09 * 1.35 = 25.77 \text{ kN/m}$
Taglio verticale lato campata:	$T_{DX,SLU} = 20.23 * 1.35 = 27.31 \text{ kN/m}$

Caratteristiche di sollecitazione

Momento negativo massimo sull'appoggio	MB=	-36.34	kNm
Momento positivo massimo in campata	MC=	9.23	kNm
Taglio sx sull'appoggio	Vb sx=	25.77	kN
Taglio dx sull'appoggio	Vb dx=	27.31	kN

Caratteristiche tralicci

Altezza totale traliccio: ht	18 cm		
Altezza utile traliccio: ht	16.3 cm	=	0.163 m
Distanza ferri inf: d _{inf}	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:		=	26.87 kg/m ²



Verifica a momento negativo

M= -36.34 kNm
N= -222.94 kN per ogni metro di soletta

n° di tralici per ogni metro di soletta 2.50

Sforzo normale nei correnti N= 89.2 kN

Corrente superiore (teso)

Verifica di resistenza $\sigma = 3504 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Corrente inferiore (compresso)

Verifica di resistenza $\sigma = 2218 \text{ daN/cm}^2$

Verifica di stabilità $i = 0.4 \text{ cm}$

Lo= 20.00 cm

$\lambda = 50.00$

$\omega = 1.35$

$\sigma = 2988 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Azioni nei diagonali dei tralici

Verifica di stabilità Nd= 662 daN

$\sigma = 843 \text{ daN/cm}^2$

$i = 0.25 \text{ cm}$

Ld= 19.77 cm

$\beta = 0.7$

$\lambda = (\Lambda\delta - 3) * \beta / l$ 46.94

$\omega = 1.30$

$\sigma = 1099 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Portata residua dei diagonali s= 2814 daN/cm²

Verifica a momento positivo

M= 9.23 kNm
N= 56.63 kN per ogni metro di soletta

n° di tralicci per ogni metro di soletta 2.50
Sforzo normale nei correnti N= 22.7 kN

Corrente superiore (compresso)

Verifica di resistenza $\sigma = 890 \text{ daN/cm}^2$
Verifica di stabilità $i = 0.45 \text{ cm}$
Lo= 20.00 cm
 $\lambda = 44.44$
 $\omega = 1.27$

$\sigma = 1131 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Corrente inferiore (teso)

Verifica di resistenza $\sigma = 563 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$

Azioni nei diagonali dei tralicci

Verifica di stabilità Nd= 625 daN
 $\sigma = 796 \text{ daN/cm}^2$
 $i = 0.25 \text{ cm}$
Ld= 19.77 cm $\beta = 0.7$
 $\lambda = (\Lambda\delta - 3) * \beta / i = 46.94$
 $\omega = 1.30$

$\sigma = 1037 \text{ daN/cm}^2 < 3913 \text{ daN/cm}^2$
Portata residua dei diagonali s= 2876 daN/cm²

2.9.3 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.

2.9.3.1 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	$3.00 \text{ kN/m}^2 \times 11.18 \text{ m}$	=	33.54 kN/m
Cordoli	$(6.00+6.88) \text{ kN/m}^2 \times 0.75 \text{ m}$	=	9.66 kN/m
Guard Rail	$2 \times 1.5 \text{ kN/m}$	=	3.00 kN/m
Impianto smaltimento acque	$1 \times 2 \text{ kN/m}$	=	2.00 kN/m
			48.20 kN/m

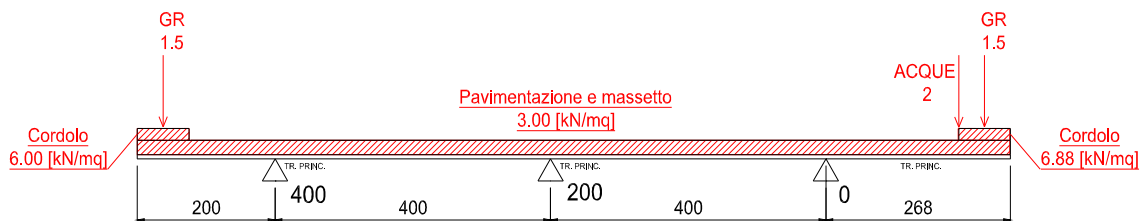


Figura 2.47. Schema di carico fase 2

2.9.3.2 Modello di calcolo

Nel calcolo di fase II soletta è modellata come trave continua su tre appoggi.

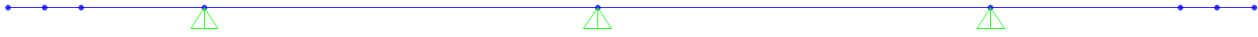


Figura 2.48: Modello di calcolo della soletta Fase 2

2.9.3.2.1 Carichi

Si riportano le illustrazioni dei carichi applicati nel modello di calcolo.

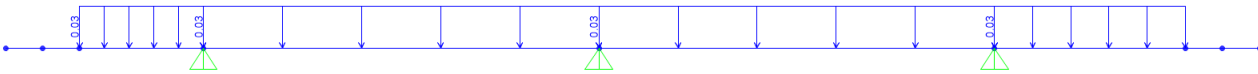


Figura 2.49. Carico pavimentazione

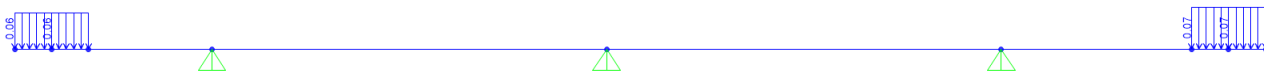


Figura 2.50. Carico cordolo

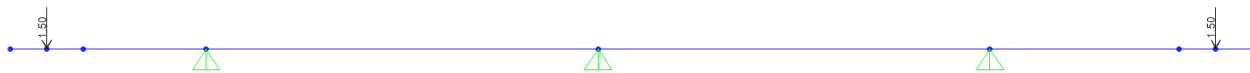


Figura 2.51. Carico Barriera

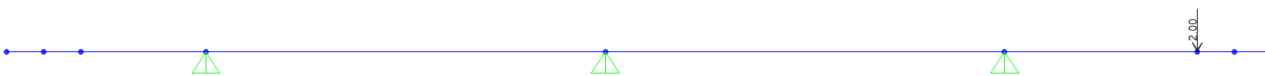


Figura 2.52. Carico smaltimento acque

2.9.3.2.2 Sollecitazioni di fase II

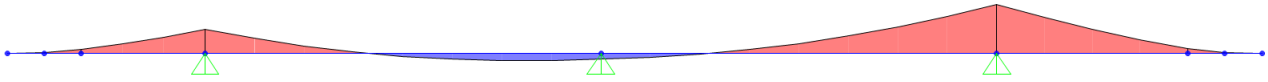


Figura 2.53. Momento flettente

Momento flettente minimo:

$$M^{-}_{SLE} = - 24.80 \text{ kNm/m}$$

Momento flettente massimo:

$$M^{+}_{SLE} = 3.63 \text{ kNm/m}$$

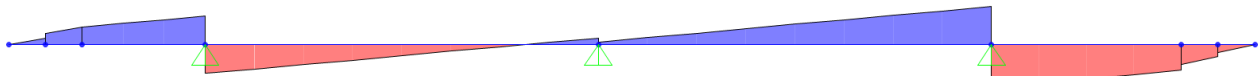


Figura 2.54. Taglio verticale

Taglio verticale lato sbalzo:

$$T_{SX,SLE} = 14.45 \text{ kN/m}$$

Taglio verticale lato campata:

$$T_{DX,SLE} = 12.92 \text{ kN/m}$$

Tali valori di sollecitazione saranno sommati ai valori delle sollecitazioni dovuti ai carichi di fase III.

2.9.4 FASE III

2.9.4.1 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 2 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.

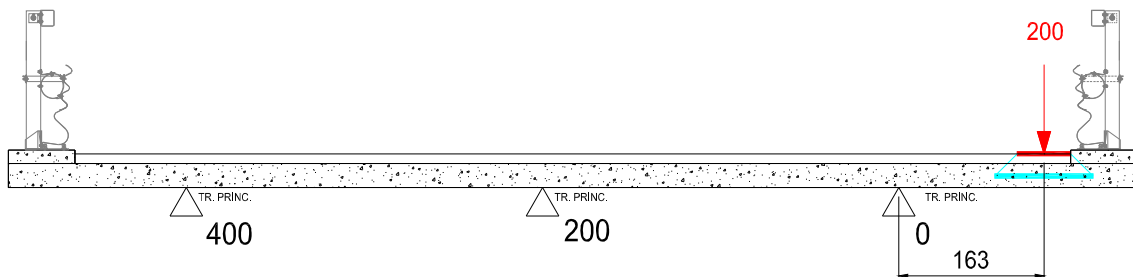


Figura 2.55. Minimo momento negativo su trave esterna - Schema di carico 2

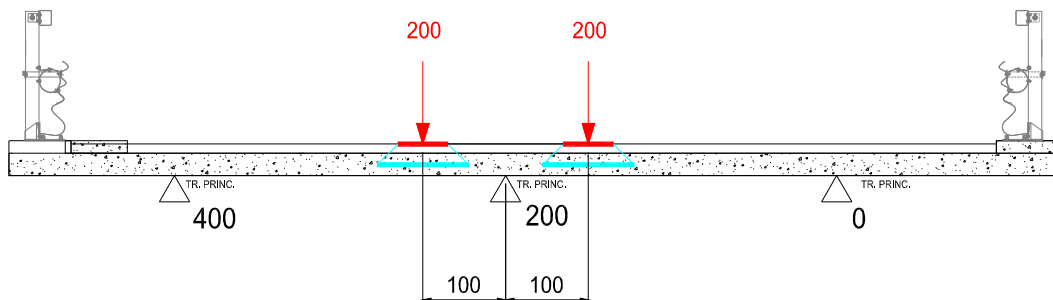


Figura 2.56. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 2

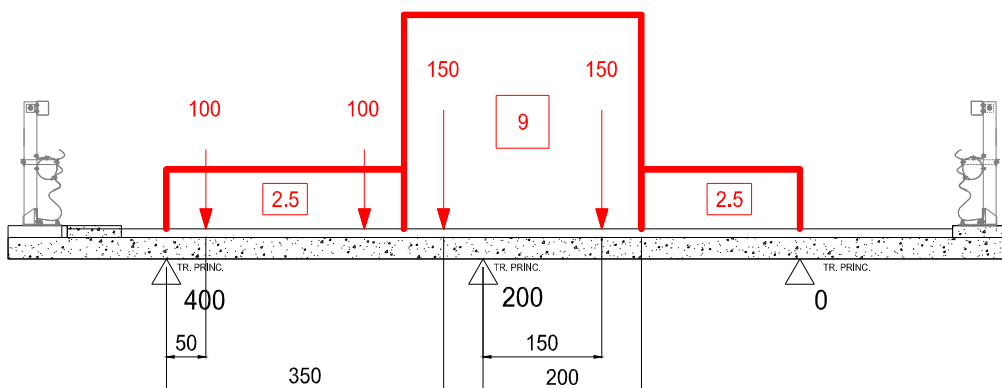


Figura 2.57. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 1

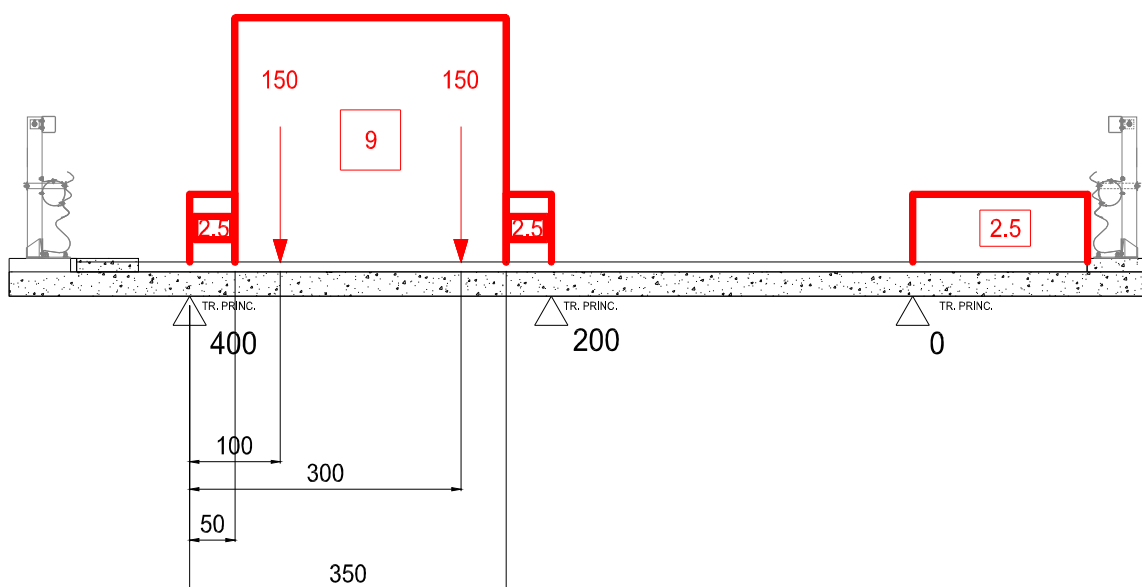


Figura 2.58. Massimo momento positivo in campata - Schema di carico 1

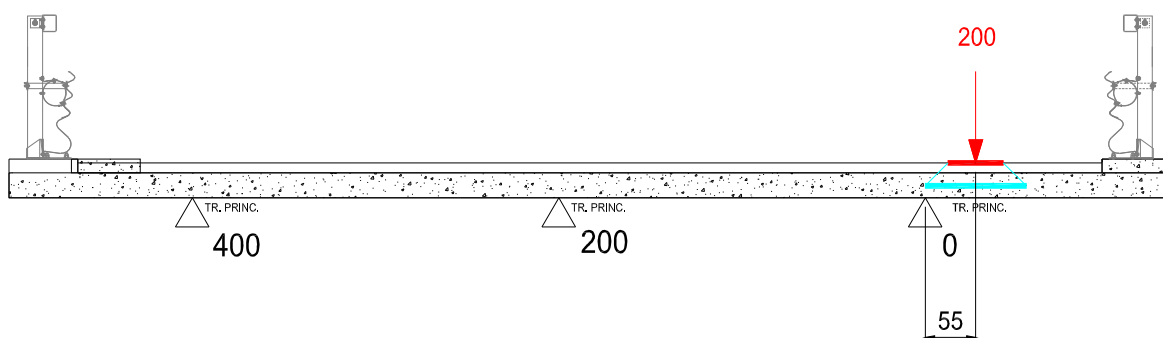


Figura 2.59. Massimo taglio su trave esterna - Schema di carico 2

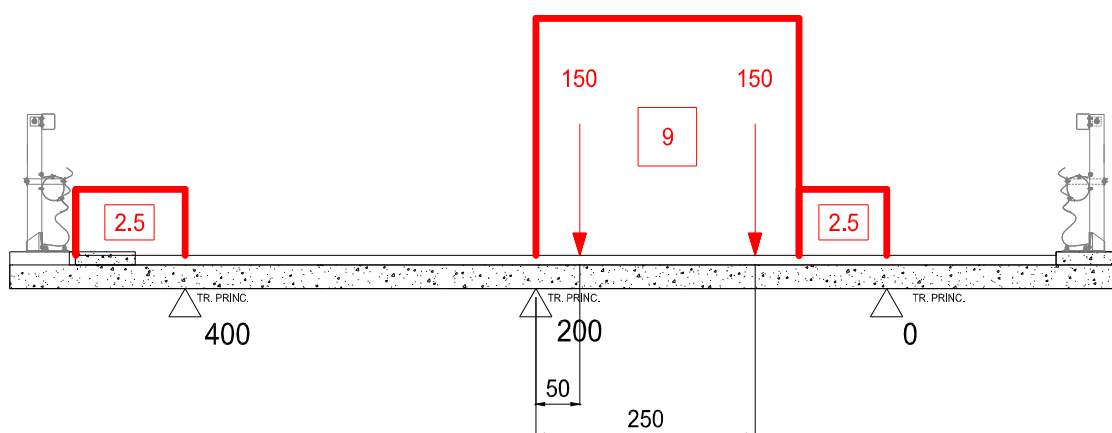


Figura 2.60. Massimo taglio su trave interna - Schema di carico 1

2.9.4.2 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.

2.9.4.2.1 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.

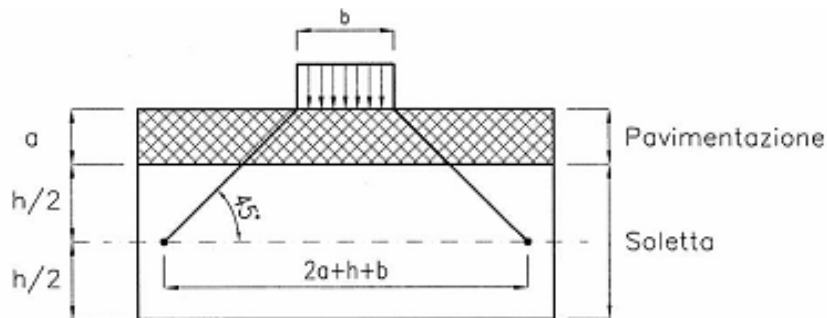


Figura 2.61: Diffusione dei carichi concentrati

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:

$$D_{SOL,C} = L_r + 2 \cdot s_1 + 2 \cdot \frac{s_2}{2} = 40 + 2 \cdot 11 + 2 \cdot \frac{27}{2} = 89 \text{ cm}$$

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:

$$D_{SOL,C} = L_r + 2 \cdot s_1 + 2 \cdot \frac{s_2}{2} = 35 + 2 \cdot 11 + 2 \cdot \frac{27}{2} = 84 \text{ cm}$$

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.

2.9.4.2.2 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

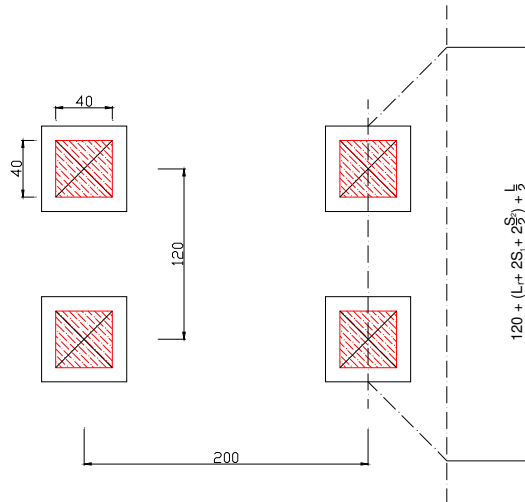
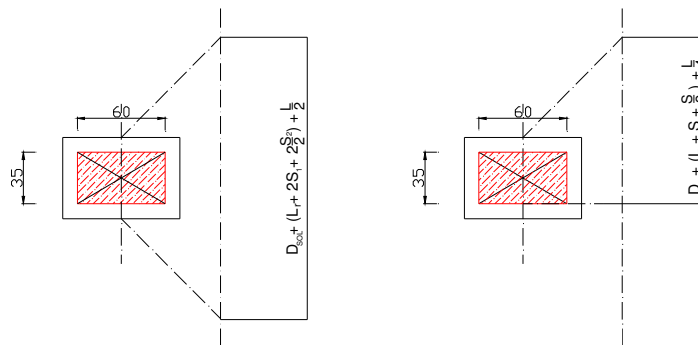


Figura 2.62. Diffusione su sezioni tipiche mezzeria

- Interasse assi di carico: 120 cm
- Diffusione impronta schema 1: 89 cm
- Interasse travi: 400 cm
- Larg. coll. sez. corrente: $120 + 89 + 400 / 2 = \mathbf{409 \text{ cm}}$

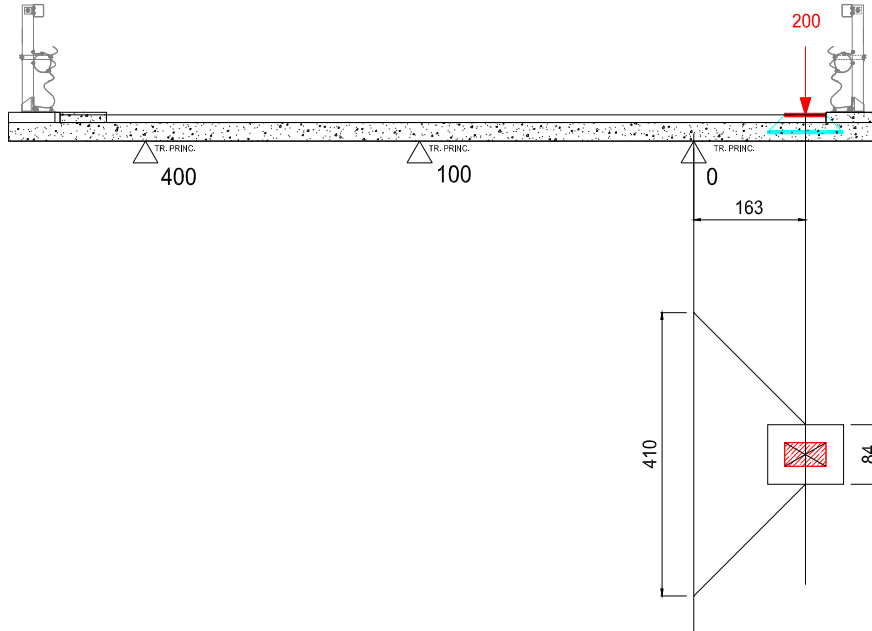
Schema di carico 2



- Diffusione impronta schema 2: 84 cm
- Interasse travi: 400 cm
- Larg. coll. sez. corrente: $84 + 400 / 2 = \mathbf{284 \text{ cm}}$

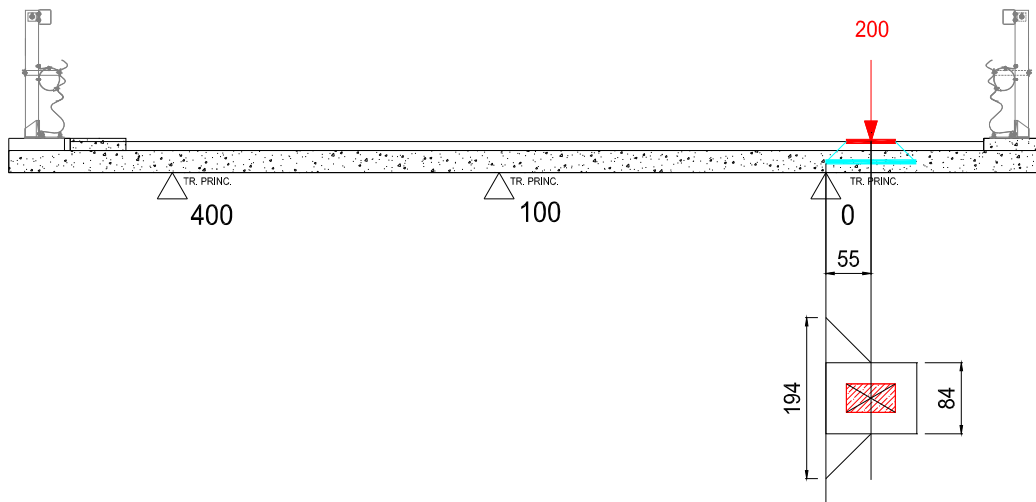
SBALZO

Minimo momento negativo



Larg. coll. sez. corrente: $84 + 163 \cdot 2 = 410 \text{ cm}$

Massimo taglio



Larg. coll. sez. corrente: $84 + 55 \cdot 2 = 194 \text{ cm}$

2.9.4.3 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.

2.9.4.3.1 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

$$\emptyset = 1.30.$$

2.9.4.4 Momento minimo su trave esterna

Il momento minimo su trave è valutato mediante lo schema di carico 2 nella seguente configurazione.

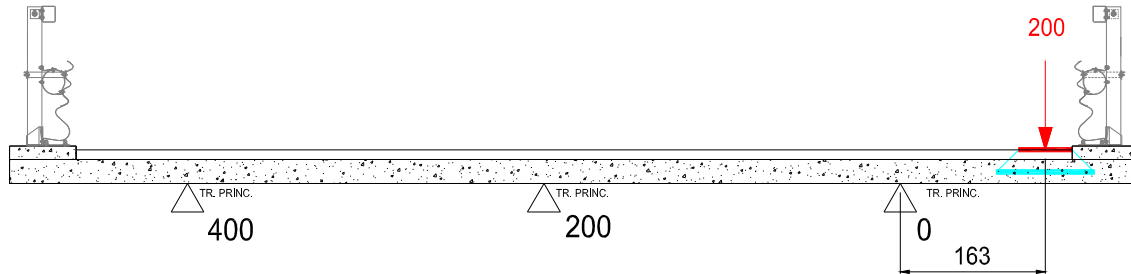


Figura 2.63. Minimo momento negativo su trave esterna - Schema di carico 2

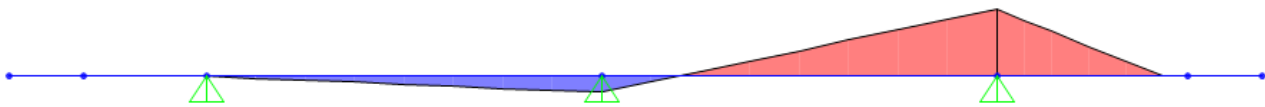


Figura 2.64. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

SEZIONE CORRENTE

Momento da carichi concentrati	$M_c = - 336.00 \text{ kNm}$
Larghezza collaborante	$L_{coll} = 4.10 \text{ m}$
Momento su striscia di 1m	$M_c = - 81.95 \text{ kNm/m}$
Momento risultante su striscia di 1m	$M^* = - 81.95 \text{ kNm/m}$

2.9.4.5 Momento minimo su trave interna

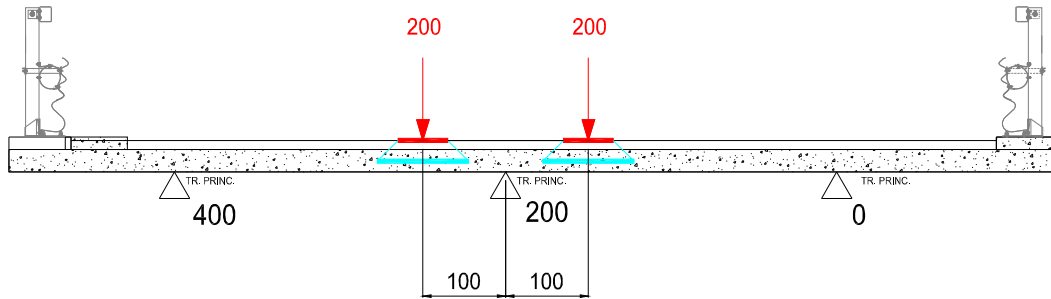


Figura 2.65. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 2

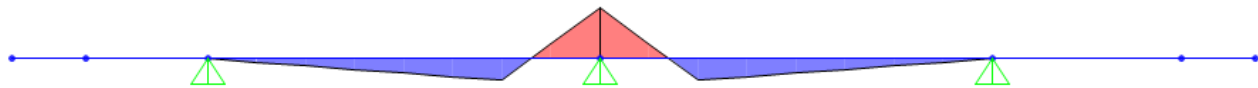


Figura 2.66. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

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	$M^* = - 45.46 \text{ kNm/m}$

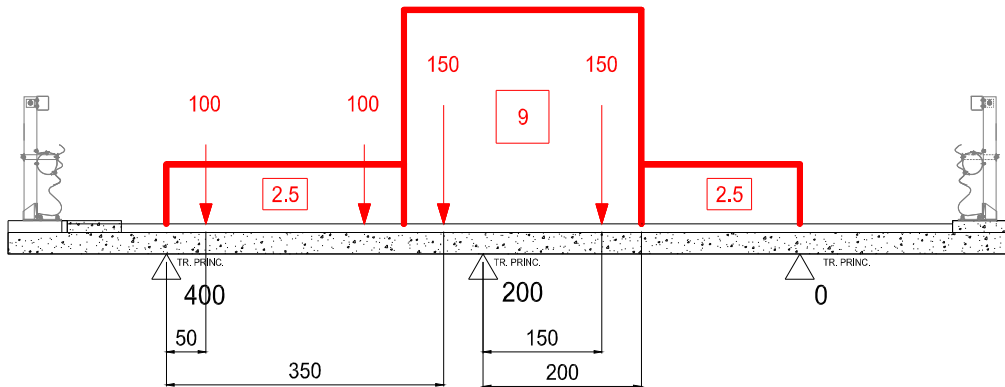


Figura 2.67. Minimo momento negativo su trave centrale - Schema di carico 1

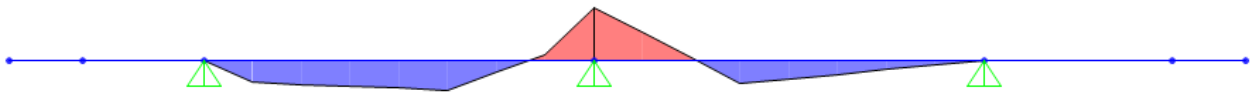


Figura 2.68. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

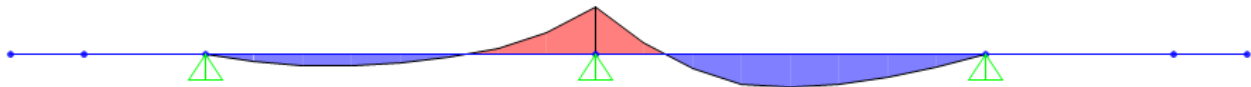


Figura 2.69. Andamento del momento flettente da carichi distribuiti

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	$M^* = - 76.26 \text{ kNm/m}$

2.9.4.6 Momento massimo in campata

Il momento massimo nella sezione di campata è valutato sia mediante lo schema di carico 2 nella seguente configurazione che mediante lo schema di carico 1 riportato a seguire.

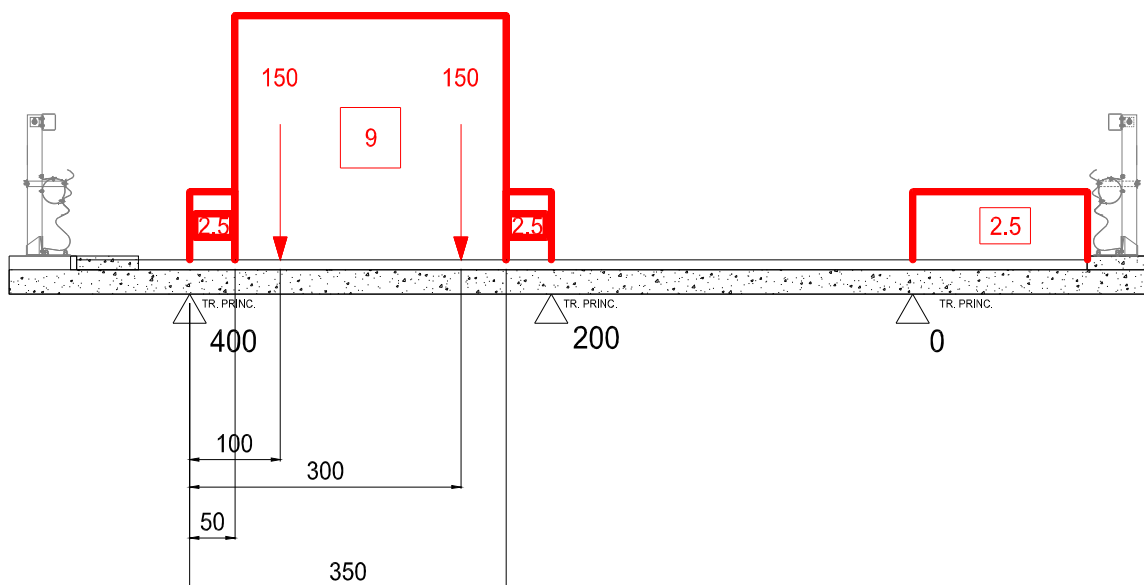


Figura 2.70. Massimo momento positivo in campata - Schema di carico 1

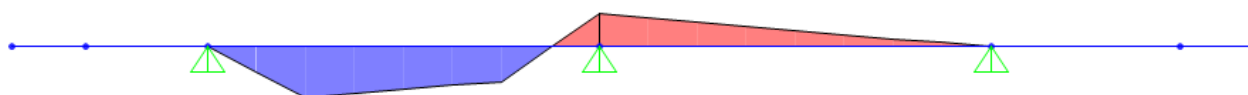


Figura 2.71. Andamento del momento flettente da carichi concentrati

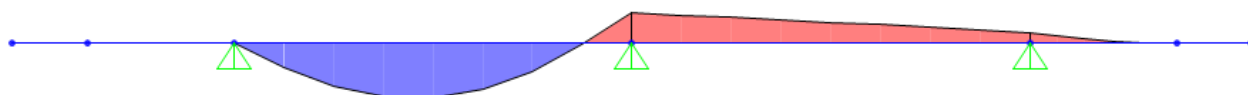


Figura 2.72. Andamento del momento flettente da carichi distribuiti

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	$M_d = 13.59 \text{ kNm}$
Momento risultante su striscia di 1m	$M^* = 76.79 \text{ kNm/m}$

2.9.4.7 Taglio massimo su trave esterna

Il taglio massimo sulla trave esterna è dato dallo schema di carico 2 nella seguente configurazione:

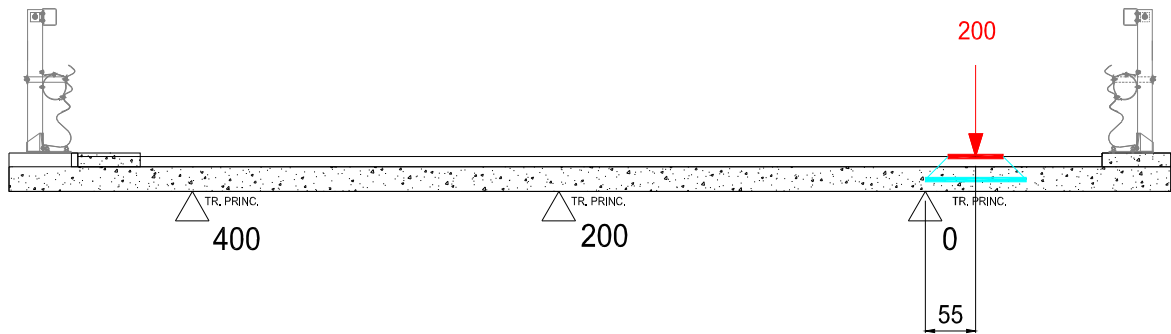


Figura 2.73. Massimo taglio su trave esterna - Schema di carico 2

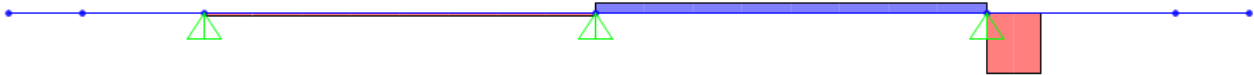


Figura 2.74. Andamento del momento da carichi concentrati

SEZIONE CORRENTE

Taglio da carichi concentrati	$V_c = 200 \text{ kN}$
Larghezza collaborante	$L_{coll} = 1.94 \text{ m}$
Taglio su striscia di 1m	$V = 103.09 \text{ kN/m}$

2.9.4.8 Taglio massimo su trave interna

Il taglio massimo sulla trave interna è dato dallo schema di carico 1 nella seguente configurazione.

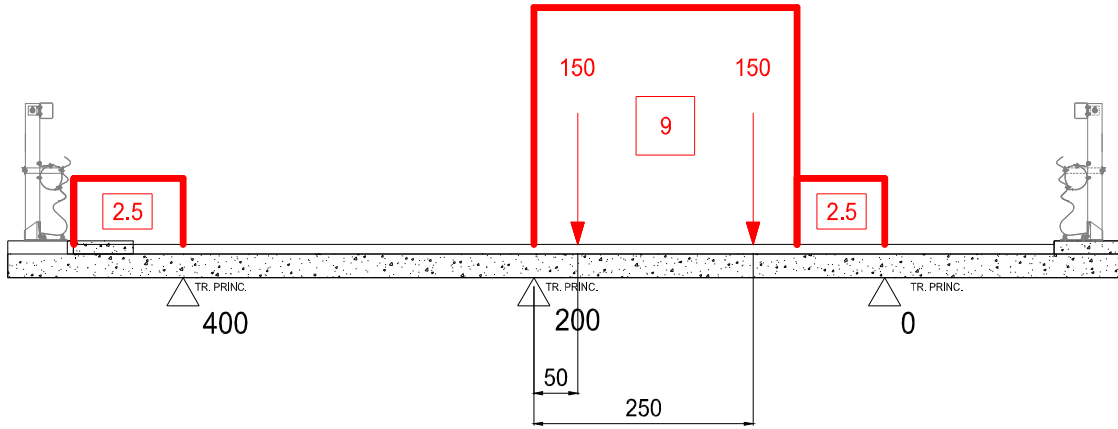


Figura 2.75. Massimo taglio su trave interna - Schema di carico 1

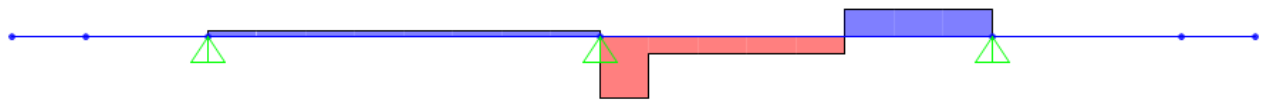


Figura 2.76. Andamento del taglio da carichi concentrati

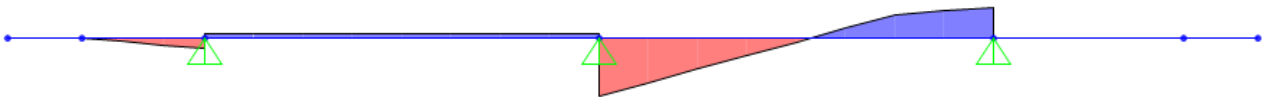


Figura 2.77. Andamento del taglio da carichi distribuiti

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	$M^* = 120.29 \text{ kN/m}$

2.9.5 RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano le sollecitazioni nelle condizioni di carico elementari.

Fase II

Momento flettente minimo su trave esterna	-24.8 kNm/m
Momento flettente massimo in campata	3.6 kNm/m
Taglio verticale lato sbalzo	14.5 kN/m
Taglio verticale lato campata	12.9 kN/m

Fase III

Mobili

Momento massimo in campata

Sezione corrente	76.8 kNm/m
------------------	------------

Momento minimo su trave

Sezione corrente	-82.0 kNm/m
------------------	-------------

Taglio massimo su appoggio

Sezione corrente	120.3 kN/m
------------------	------------

2.9.6 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

2.9.7 AZIONI DI VERIFICA

Momento flettente minimo su trave		
Sezione corrente		
SLU	-147.8	kNm/m

Momento flettente massimo in campata		
Sezione corrente		
SLU	109.1	kNm/m

Taglio massimo su trave		
Sezione corrente		
SLU	184.1	kNm/m

2.9.8 VERIFICA DI RESISTENZA AGLI SLU

2.9.8.1 Verifica sezioni

2.9.8.1.1 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

Titolo: _____

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 **0** 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

Tipo flessione: Retta Deviata

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 %	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.6
	τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 113.2 kN m

σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 %
 ϵ_s 11.44 %
 d 20 cm
 x 4.687 x/d 0.2343
 δ 0.7329

Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ 0 cm **Col. modello**

Precompresso

2.9.8.1.2 Sezione di appoggio – verifica a momento flettente negativo

Momento flettente di verifica: $M_{ed} = -147.8$ kNm/m

Armatura di verifica: superiore: $\varnothing 20/20 + \varnothing 12/20$
 inferiore: $\varnothing 20/20$

Momento resistente $M_{Rd} = -166.1$ 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	21.36	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 Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

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} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

2.9.8.1.3 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

$$V_{ed} = 184.1 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 0 \text{ kN}$$

Sezione rettangolare (o a T)

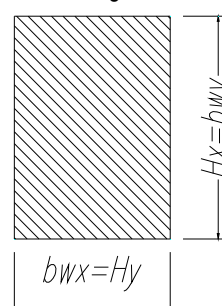
$$H = 27 \text{ cm} \quad d = 22 \text{ cm} \quad \text{Altezza utile}$$

$$b_w = 100 \text{ cm}$$

Proprietà cls

$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	$\gamma_c = 1.5$	
$f_{ctk} = 2.21 \text{ N/mm}^2$		Resistenza caratteristica a trazione
$f_{ctd} = 1.47 \text{ N/mm}^2$		Resistenza di calcolo a trazione
$f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2$		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	$A_{sl,sup} = 15.7 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

Strato Teso

Diam (mm)	20	Passo (cm)	20	Strati	1	$A_{sl,inf} = 21.4 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	12	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

$$c_x = 5 \text{ coprifero (distanza baricentro-bordo cls)}$$

$$r_1 = 0.00791 < 0.02$$

Armatura Staffe (angolo 90°)

$f_{ywk} = 450 \text{ N/mm}^2$	$g_a = 1.15$	
$f_{ywd} = 281 \text{ N/mm}^2$	$a = 45$	(angolo inclinazione staffe)
$A_{sl,x} = 3.93 \text{ cm}^2$	Diam (mm)	10
	Passo (cm)	20
	Braccia	5

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

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta)$$

$$V_{Rcd} = 899 \text{ kN} \quad \text{vs} \quad V_{sdu,x} = 184.1 \text{ kN} \quad \text{Verificato}$$

Verifica armatura trasversale

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rsd} = 270 \text{ kN} \quad \text{vs} \quad V_{sdu,x} = 184.1 \text{ kN} \quad \text{Verificato}$$

2.9.1 VERIFICHE LOCALI IN CONDIZIONI DI SVIO

Ai fini delle verifiche in esame si considerano i seguenti carichi di progetto:

- 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

2.9.1.1 ANALISI DEI CARICHI

I carichi di Fase II (pesi non strutturali) sono riportati al cap. 9.3 della presente relazione
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.

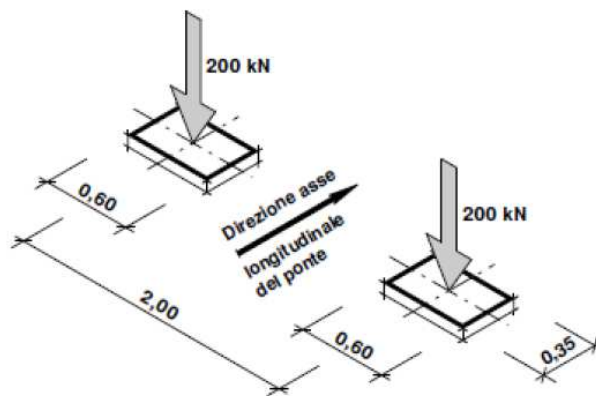


Figura 2.78: Schema di carico 2 (dimensioni espresse in metri)

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}	=	3.20 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

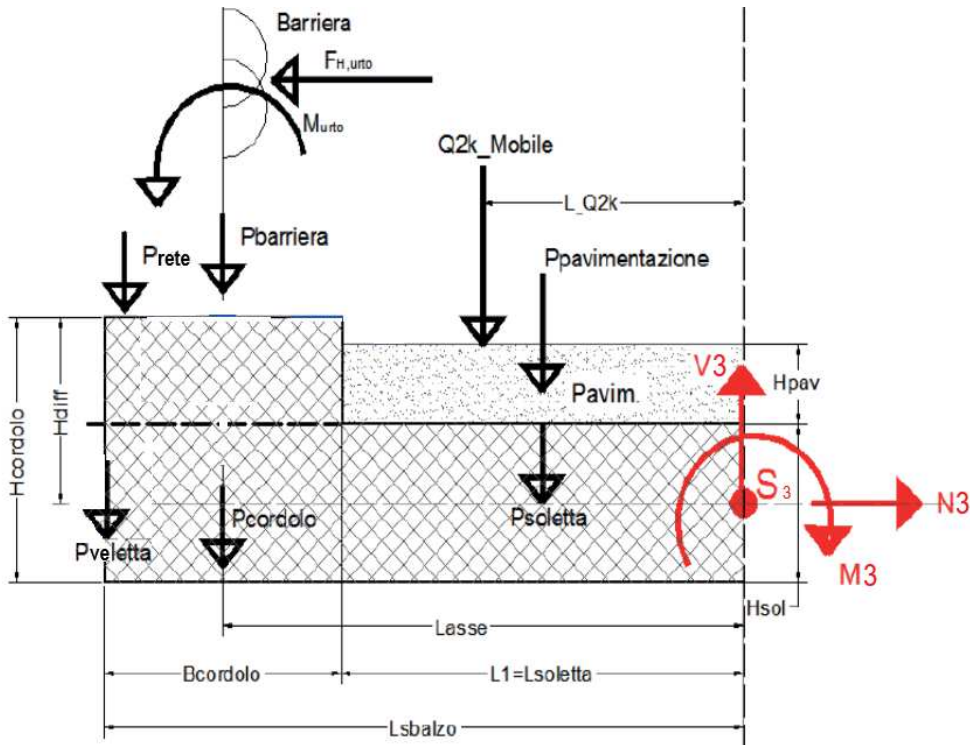


Figura 2.79 Schema riassuntivo dei carichi applicati

2.9.1.2 SOLLECITAZIONI

Le sollecitazioni nella sezione di appoggio si ricavano nella combinazione di carico Eccezionale.

Le sollecitazioni relative alla fase 2 si ricava dal paragrafo 9.3.

FASE 2

$$M = -24.80 \text{ kNm}$$

$$T = 14.45 \text{ kN/m}$$

FASE 3

$$M = - 81.95 \text{ kNm}$$

$$T = 48.78 \text{ kN}$$

SVIO

$$M = - 100 \times (1+0.1+0.27/2)/3.26 = - 37.88 \text{ kNm}$$

$$N = 100 / 3.26 = 30.68 \text{ kN}$$

COMBINAZIONE ECCEZIONALE

$$M = - 144.63 \text{ kNm}$$

$$T = 63.23 \text{ kN}$$

$$N = 30.68 \text{ kN}$$

2.9.1.3 VERIFICHE IN COMBINAZIONE ECCEZIONALE

2.9.1.3.1 VERIFICA A TENSOFLESSIONE

Armatura di verifica: superiore: $\varnothing 20/20 + \varnothing 12/20$
 inferiore: $\varnothing 20/20$

Verifica C.A. S.L.U. - File: 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	21.36	5
			2	15.71	20

Tipologia sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma sezione:

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	30.68	0	kN
M _{xEd}	-144.63	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:
 Retta Deviate

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

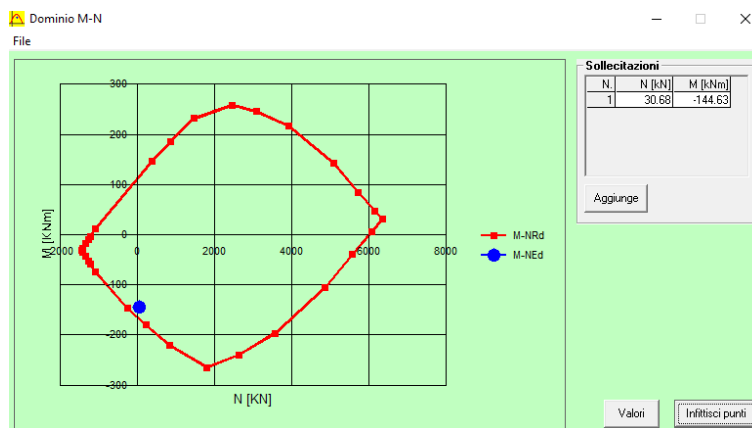
Precompresso

Materiali: B450C C32/40

E _{su}	67.5	‰	E _{c2}	2	‰
f _{yd}	391.3	N/mm²	E _{cu}	3.5	
E _s	200'000	N/mm²	f _{cd}	18.13	
E _s /E _c	15		f _{cc} /f _{cd}	0.8	?
E _{syd}	1.957	‰	σ _{c,adm}	9.75	
σ _{s,adm}	255	N/mm²	τ _{co}	0.6	
			τ _{c1}	1.829	

M_{xRd} -168.3 kN m

σ _c	-18.13	N/mm²
σ _s	391.3	N/mm²
ε _c	3.5	‰
ε _s	8.364	‰
d	22	cm
x	6.49	x/d 0.295
δ	0.8088	



2.9.1.3.2 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

$$V_{ed} = 63.23 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 0 \text{ kN}$$

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

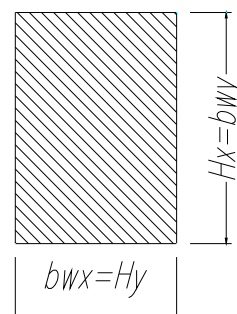
$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_c = 1.5$$

$$f_{ctk} = 2.21 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza caratteristica a trazione}$$

$$f_{ctd} = 1.47 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a trazione}$$

$$f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Resistenza di calcolo a compressione}$$

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	$A_{sl,sup} = 15.7 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

Strato Teso

Diam (mm)	20	Passo (cm)	20	Strati	1	$A_{sl,inf} = 21.4 \text{ cm}^2$
Diam (mm)	12	Passo (cm)	20	Strati	1	
Diam (mm)	0	Passo (cm)	20	Strati	1	

$$c_x = 5 \text{ copriferro (distanza baricentro-bordo cls)}$$

$$r_l = 0.00791 < 0.02$$

Armatura Staffe (angolo 90°)

$$f_{ywk} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad g_a = 1.15$$

$$f_{ywd} = 281 \text{ N/mm}^2 \quad a = 45 \text{ (angolo inclinazione staffe)}$$

$$A_{sl,x} = 3.93 \text{ cm}^2 \quad \text{Diam (mm)} \quad 10 \quad \text{Passo (cm)} \quad 20 \quad \text{Braccia} \quad 5$$

1) IN ASSENZA DI ARMATURA A TAGLIO

Resistenza a taglio in assenza di specifica armatura a taglio:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1.953$$

$$v_{min} = 0.551 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{cp} = 0 \quad \text{N/mm}^2$$

$$V_{rd,x} = 153 \text{ kN} \quad {}^3 V_{sdu,x} = 63.23 \text{ kN}$$

Verificato

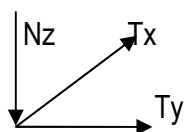
2.10 APPARECCHI DI APPOGGIO

2.10.1 Condizioni elementari

Si riportano di seguito le reazioni sugli appoggi verticali ed orizzontali sui dispositivi di appoggio nelle condizioni di carico elementari (non ponderate).

Nomenclatura appoggi ponte:

- A: appoggio interno curva
- B: appoggio esterno curva



N(z) negativo se verso l'alto

P5 - P10 (PONTE)		Carichi Verticali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Pesi propri (Fase1)	(g1)	1100	1100
Pesi propri portati (Fase2)	(g2)	450	400
Ritiro	(e2)	-400	-350
Max Permanenti		1550	1500
Min Permanenti		1150	1150
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. Esterna)*	(q1+q2+q3)	850	1700
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. interna)*	(q1+q2+q3)	1850	700
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stesa (Tr. Esterna)*	(q1)	250	1300
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stese (Tr. Interna)*	(q1)	1400	200
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Esterna)*	(q1+q2)	450	1550
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Interna)*	(q1+q2)	1650	350
Gradiente termico	(q7)	350	300
Effetto cedimenti fondazioni (massimo)	(e5)	100	100
Effetto cedimenti fondazioni (minimo)	(e5)	-100	-100

P5 - P10 (PONTE)		Carichi Verticali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 0	± 0
Sisma Trasversale	(q6)	± 200	± 200
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 300	± 250
Vento Ponte Carico	(q5)	± 150	± 150
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 150	± 150
Centrifuga	(q4)	10	10
Frenatura	(q3)	0	0
Termica uniforme	(q7)	0	0

P5 - P10 (PONTE)		Carichi Trasversali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 100	± 100
Sisma Trasversale	(q6)	± 350	± 350
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	± 250	± 250
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 250	± 250
Centrifuga	(q4)	10	10
Frenatura	(q3)	50	50
Termica uniforme	(q7)	50	50

P5 - P10 (PONTE)		Carichi Longitudinali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 550	± 550
Sisma Trasversale	(q6)	± 100	± 100
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	100	50
Vento Ponte Scarico	(q5)	100	50
Attrito appoggi	(q9)	0	0
Frenatura	(q3)	100	100
Termica uniforme	(q7)	350	350

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) : $k_r=4.40\text{kN/mm}$ (spalla), $k_r=5.30\text{kN/mm}$ (pila) ; $\xi_{eq} = 10\%$ VN 50 anni, Classe d'uso IV, Coordinate geografiche: 45.34 ; 11.00, Categoria di sottosuolo C.

Le reazioni vengono fornite spurie per le tre direzioni, ossia senza combinazioni direzionali

Nota Bene 3: * Carichi in alternativa

P6 - P9		Carichi Verticali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Pesi propri (Fase1)	(g1)	4250	3650
Pesi propri portati (Fase2)	(g2)	1700	1250
Ritiro	(e2)	500	450
Max Permanenti		6450	5350
Min Permanenti		5950	4900
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. Esterna)*	(q1+q2+q3)	1750	3350
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. interna)*	(q1+q2+q3)	3750	1300
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stesa (Tr. Esterna)*	(q1)	450	2850
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stese (Tr. Interna)*	(q1)	3150	200
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Esterna)*	(q1+q2)	700	3150
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Interna)*	(q1+q2)	3450	350
Gradiente termico	(q7)	-400	-400
Effetto cedimenti fondazioni (massimo)	(e5)	250	200
Effetto cedimenti fondazioni (minimo)	(e5)	-250	-200

P6 - P9		Carichi Verticali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 0	± 0
Sisma Trasversale	(q6)	± 750	± 750
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 750	± 550
Vento Ponte Carico	(q5)	± 500	± 500
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 500	± 500
Centrifuga	(q4)	10	10
Frenatura	(q3)	0	0
Termica uniforme	(q7)	0	0

P6 - P9		Carichi Trasversali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 100	± 100
Sisma Trasversale	(q6)	± 550	± 550
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	± 350	± 350
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 350	± 350
Centrifuga	(q4)	10	10
Frenatura	(q3)	50	50
Termica uniforme	(q7)	50	50

P6 - P9		Carichi Longitudinali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 650	± 650
Sisma Trasversale	(q6)	± 100	± 100
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	100	50
Vento Ponte Scarico	(q5)	100	50
Attrito appoggi	(q9)	0	0
Frenatura	(q3)	100	100
Termica uniforme	(q7)	350	350

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) : $k_r=4.40\text{kN/mm}$ (spalla), $k_r=5.30\text{kN/mm}$ (pila) ; $\xi_{eq} = 10\%$ VN 50 anni, Classe d'uso IV, Coordinate geografiche: 45.34 ; 11.00, Categoria di sottosuolo C.

Le reazioni vengono fornite spurie per le tre direzioni, ossia senza combinazioni direzionali

Nota Bene 3: * Carichi in alternativa

P7 - P8		Carichi Verticali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Pesi propri (Fase1)	(g1)	6550	5600
Pesi propri portati (Fase2)	(g2)	2550	1900
Ritiro	(e2)	-150	-150
Max Permanenti		9100	7500
Min Permanenti		8950	7350
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. Esterna)*	(q1+q2+q3)	2200	4050
Carico da Traffico Massimo impalcato (Tr. interna)*	(q1+q2+q3)	4550	1650
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stesa (Tr. Esterna)*	(q1)	600	3450
Carico da Traffico Massimo torcente 1 stese (Tr. Interna)*	(q1)	3850	300
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Esterna)*	(q1+q2)	900	3800
Carico da Traffico Massimo torcente 2 stese (Tr. Interna)*	(q1+q2)	4200	500
Gradiente termico	(q7)	100	100
Effetto cedimenti fondazioni (massimo)	(e5)	250	200
Effetto cedimenti fondazioni (minimo)	(e5)	-250	-200

P7 - P8		Carichi Verticali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 0	± 0
Sisma Trasversale	(q6)	± 1100	± 1100
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 600	± 450
Vento Ponte Carico	(q5)	± 650	± 650
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 650	± 650
Centrifuga	(q4)	10	10
Frenatura	(q3)	0	0
Termica uniforme	(q7)	0	0

P7 - P8		Carichi Trasversali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 50	± 50
Sisma Trasversale	(q6)	± 800	± 800
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	± 500	± 500
Vento Ponte Scarico	(q5)	± 500	± 500
Centrifuga	(q4)	10	10
Frenatura	(q3)	50	50
Termica uniforme	(q7)	50	50

P7 - P8		Carichi Longitudinali	
		A (nodo -)	B (nodo -)
		[kN]	[kN]
Sisma Longitudinale	(q6)	± 650	± 650
Sisma Trasversale	(q6)	± 50	± 50
Sisma Verticale Max/Min	(q6)	± 0	± 0
Vento Ponte Carico	(q5)	50	50
Vento Ponte Scarico	(q5)	50	50
Attrito appoggi	(q9)	0	0
Frenatura	(q3)	100	100
Termica uniforme	(q7)	150	150

Nota Bene 1 : tutti i carichi sono non ponderati

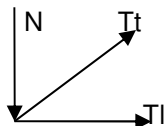
Nota Bene 2 : Carichi sismici allo SLV. L'analisi sismica è stata condotta ai sensi del D.M. 17/01/18 con l'analisi spettrale del solo impalcato isolato con le seguenti caratteristiche del sistema di isolamento (rigidezza e smorzamento equivalente) : $k_r=4.40\text{kN/mm}$ (spalla), $k_r=5.30\text{kN/mm}$ (pila) ; $\xi_{eq} = 10\%$ VN 50 anni, Classe d'uso IV, Coordinate geografiche: 45.34 ; 11.00, Categoria di sottosuolo C.

Le reazioni vengono fornite spurie per le tre direzioni, ossia senza combinazioni direzionali

Nota Bene 3: * Carichi in alternativa

2.10.2 Inviluppo

Si riportano di seguito le reazioni sugli appoggi verticali e orizzontali nelle varie combinazioni.



N negativo se verso l'alto

P5 - P10 (PONTE)						
	Nmax [kN]	TI [kN]	Tt [kN]	Nmin [kN]	TI [kN]	Tt [kN]
SLU	5230	410	270	720	470	420
	4500	620	340	-	-	-
	4700	470	420	-	-	-
SLV	2190	440	410	690	440	410
	1980	760	230	-	-	-
	2120	440	410	-	-	-

P6 - P9						
	Nmax [kN]	TI [kN]	Tt [kN]	Nmin [kN]	TI [kN]	Tt [kN]
SLU	14700	410	360	4060	470	570
	13030	620	430	-	-	-
	13380	470	570	-	-	-
SLV	7680	470	610	3580	470	610
	6950	860	290	-	-	-
	7480	470	610	-	-	-

P7 - P8						
	Nmax [kN]	TI [kN]	Tt [kN]	Nmin [kN]	TI [kN]	Tt [kN]
SLU	19790	180	500	6100	210	800
	18120	320	570	-	-	-
	18640	210	800	-	-	-
SLV	10680	320	840	5910	320	840
	9910	740	320	-	-	-
	10680	320	840	-	-	-

2.11 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.

2.11.1 Controllo dei carichi applicati al modello

2.11.1.1 Fase I

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 =	300	m
<i>IMPALCATO</i>			<i>kN/m</i>
Peso lineare acciaio			44.0
Peso lineare soletta			85.6
Veletta metallica			2.0
<i>Totale [kN]</i>			<i>39477</i>
<i>Carico da modello (Base Reaction)</i>			<i>39313</i>
<i>Differenza</i>			<i>0.42%</i>

2.11.1.2 Fase II

Si riportano nella tabella seguente i valori di reazione derivanti dal calcolo manuale e dal modello di calcolo per la Fase 2.

FASE 2	L =	300	m
<i>IMPALCATO</i>			<i>kN/m</i>
Pavimentazione			33.5
Cordoli			9.8
Guard Rail			3.0
Smaltimento acque			2.0
Passerella			1.0
<i>Totale</i>			<i>14787</i>
<i>Carico da modello (Base Reaction)</i>			<i>14495</i>
<i>Differenza</i>			<i>1.97%</i>

La differenza massima risulta inferiore al 5%, si può quindi concludere che i modelli risultano attendibili.