

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01**

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

PONTI E VIADOTTI

PARTE GENERALE

IMPALCATO

Relazione di calcolo impalcato a struttura mista 4 travi 40m, i=4,5m

| GENERAL CONTRACTOR | | | | DIRETTORE LAVORI | | | | SCALA |
|--|--|---|--|------------------|--|--|--|-------|
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE | | Consorzio | | | | | | |
| Ing. Giovanni MALAYENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data: | | Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: | | | | | | |

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. FOGLIO

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | N | 1 | 7 | 1 | 0 | E | I | 2 | C | L | V | I | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 6 | C | - | - | - | P | - | - | - |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | |
|--|----------------------------|------|
| | VISTO CONSORZIO IRICAV DUE | |
| | Firma | Data |
| | Ing. Alberto LEVORATO | |

Progettazione:

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | IL PROGETTISTA |
|------|--|---------|----------|-------------|----------|-------------|----------|----------------|
| A | EMISSIONE | E.d.in | Apr.21 | M.Proietti | Apr.21 | G.Grimaldi | Apr.21 | |
| C | EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI0000001E | E.d.in | SET.2022 | M. Proietti | SET.2022 | G. Grimaldi | SET.2022 | |

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E91000000009

File: IN1710EI2CLVI0005006C

Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E' VIETATA

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

INDICE

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | PREMESSA..... | 6 |
| 2 | RIFERIMENTI..... | 9 |
| 2.1 | Normative di riferimento..... | 9 |
| 2.2 | Elaborati di riferimento..... | 9 |
| 3 | VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008)..... | 10 |
| 4 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI..... | 11 |
| 4.1 | Calcestruzzo gettato in opera..... | 11 |
| 4.2 | Carpenteria metallica..... | 12 |
| 4.3 | Predalle (senza funzioni strutturali)..... | 13 |
| 4.4 | Velette prefabbricate..... | 13 |
| 4.5 | Classe di esecuzione..... | 14 |
| 5 | ANALISI DEI CARICHI..... | 15 |
| 5.1 | Carichi permanenti strutturali (G1)..... | 15 |
| 5.2 | Carichi permanenti non strutturali (G2)..... | 15 |
| 5.3 | Azioni verticali da traffico (Qv)..... | 16 |
| 5.3.1 | Modelli di Carico..... | 16 |
| 5.3.2 | Effetti dinamici..... | 17 |
| 5.3.3 | Eccentricità dei carichi verticali..... | 18 |
| 5.4 | Azioni orizzontali da traffico..... | 18 |
| 5.4.1 | Forza centrifuga (Qt)..... | 18 |
| 5.4.2 | Azione laterale di serpeggio (Qs)..... | 21 |
| 5.4.3 | Azione di avviamento e frenatura (Qla e Qlb)..... | 21 |
| 5.5 | Azioni del vento (Q5)..... | 21 |
| 5.6 | Azione del vento durante fasi di montaggio (Q5_m)..... | 23 |
| 5.7 | Azioni della temperatura (Q7)..... | 26 |
| 5.8 | Ritiro (ε2) e Viscosità (ε3)..... | 26 |
| 5.9 | Cedimenti vincolari (ε4)..... | 28 |
| 5.10 | Azione sismica (E)..... | 28 |
| 5.10.1 | Vita nominale..... | 28 |
| 5.10.2 | Classe d'uso..... | 28 |
| 5.10.3 | Periodo di riferimento per l'azione sismica..... | 29 |
| 5.10.4 | Parametri per la definizione degli spettri..... | 29 |
| 5.10.5 | Categoria di sottosuolo..... | 30 |
| 5.10.6 | Condizioni topografiche..... | 30 |
| 5.10.7 | Spettro di risposta elastico in accelerazione..... | 31 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.10.8 | Spettri di progetto in accelerazione | 33 |
| 6 | COMBINAZIONI DI CARICO..... | 36 |
| 6.1 | Stato limite Ultimo | 36 |
| 6.2 | Stato limite di Esercizio..... | 38 |
| 6.3 | Stato limite di Fatica..... | 38 |
| 7 | ANALISI GLOBALI DI IMPALCATO | 39 |
| 7.1 | Modello di calcolo | 39 |
| 7.1.1 | Software di calcolo..... | 39 |
| 7.1.2 | Analisi per carichi permanenti..... | 39 |
| 7.1.3 | Analisi per carichi variabili | 43 |
| 7.1.4 | Analisi sismiche | 45 |
| 7.1.1 | Modellazione degli appoggi | 47 |
| 7.2 | Descrizione dei casi di carico implementati nel software | 49 |
| 7.3 | Risultati delle analisi globali..... | 53 |
| 7.3.1 | Analisi modale..... | 53 |
| 7.3.2 | Diagrammi delle sollecitazioni elementari nelle travi | 55 |
| 8 | CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'IMPALCATO | 65 |
| 8.1 | Descrizione delle sezioni e dei conci delle travi principali | 65 |
| 8.2 | Larghezza efficace della soletta | 74 |
| 8.3 | Coefficienti di omogeneizzazione della soletta | 76 |
| 8.4 | Caratteristiche geometriche lorde delle sezioni delle travi | 76 |
| 8.5 | Elementi secondari dell'impalcato | 86 |
| 9 | VERIFICA DELLE TRAVI PRINCIPALI DI IMPALCATO | 87 |
| 9.1 | Classificazione delle sezioni | 88 |
| 9.2 | Instabilità locale. Metodo delle larghezze efficaci..... | 91 |
| 9.3 | Shear Lag nelle piattabande..... | 97 |
| 9.4 | Verifiche sezionali SLU | 99 |
| 9.4.1 | Verifica SLU a presso/tenso-flessione..... | 99 |
| 9.4.2 | Verifica SLU per instabilità a taglio dell'anima..... | 101 |
| 9.4.3 | Verifica SLU di interazione taglio-momento..... | 103 |
| 9.4.4 | Verifica SLU delle saldature di composizione | 105 |
| 9.4.5 | Verifica SLU dei connettori trave-soletta | 107 |
| 9.4.6 | Verifica SLU dell'armatura trasversale in soletta | 112 |
| 9.4.7 | Risultati delle verifiche sezionali SLU | 114 |
| 9.5 | Verifiche sezionali SLE | 121 |
| 9.5.1 | Verifica dello stato limite di limitazione delle tensioni..... | 121 |
| 9.5.2 | Verifica dello stato limite di apertura delle fessure | 125 |
| 9.5.3 | Verifica SLE dei connettori trave-soletta..... | 127 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | |
|--------|--|-----|
| 9.5.4 | Risultati delle verifiche sezionali SLE | 128 |
| 9.6 | Verifiche a fatica | 134 |
| 9.6.1 | Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica | 134 |
| 9.6.2 | Classe dei dettagli | 134 |
| 9.6.3 | Influenza dello spessore | 136 |
| 9.6.4 | Verifica a danneggiamento | 137 |
| 9.6.5 | Verifica a danneggiamento dei pioli | 139 |
| 9.6.6 | Risultati delle verifiche a fatica | 140 |
| 9.7 | Riepilogo dei risultati delle verifiche delle travi | 146 |
| 10 | VERIFICA DEGLI IRRIGIDIMENTI D'ANIMA | 147 |
| 10.1 | Verifica degli irrigidimenti longitudinali | 147 |
| 10.2 | Verifica degli irrigidimenti trasversali | 149 |
| 11 | VERIFICA DEI CONTROVENTI INFERIORI E DEI DIAFRAMMI | 153 |
| 11.1 | Criteri di verifica | 153 |
| 11.2 | Verifica dei controventi inferiori di torsione | 158 |
| 11.3 | Verifica dei diagonali | 162 |
| 11.4 | Verifica delle briglie superiori | 165 |
| 11.5 | Verifica delle briglie inferiori | 169 |
| 11.6 | Verifica delle saldature tra piastra di collegamento e anima della trave | 172 |
| 11.7 | Riepilogo dei tassi di sfruttamento delle aste | 175 |
| 12 | VERIFICA DEI CONTROVENTI SUPERIORI DI MONTAGGIO | 176 |
| 12.1 | Analisi per azione del vento | 176 |
| 12.2 | Effetto dell'instabilità della piattabanda superiore | 177 |
| 12.3 | Verifica dei controventi superiori | 181 |
| 13 | VERIFICHE DEL DIAFRAMMA DI APPOGGIO | 184 |
| 13.1 | Sollecitazioni sul diaframma di appoggio | 184 |
| 13.1.1 | Condizione di sollevamento | 191 |
| 13.2 | Verifiche sezionali SLU | 194 |
| 13.2.1 | Verifica della sezione a "doppio T" | 194 |
| 13.2.2 | Verifica SLU delle saldature di composizione | 197 |
| 13.2.3 | Verifica SLU dei connettori trave-soletta e dell'armatura trasversale | 198 |
| 13.3 | Verifiche sezionali SLE | 199 |
| 13.3.1 | Verifica dello stato limite di apertura delle fessure | 199 |
| 13.3.2 | Verifica dello stato limite di limitazione delle tensioni | 200 |
| 13.3.3 | Verifica SLE dei connettori trave-soletta | 201 |
| 13.4 | Verifica del giunto bullonato | 202 |
| 14 | VERIFICHE IN DEFORMABILITÀ | 209 |
| 14.1 | Verifiche per stati limite di servizio del traffico ferroviario | 209 |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | |
|--------|--|-----|
| 14.1.1 | Accelerazione verticale dell'impalcato | 210 |
| 14.1.2 | Deformazioni torsionali dell'impalcato | 210 |
| 14.1.3 | Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato | 211 |
| 14.1.4 | Inflessione nel piano verticale dell'impalcato | 212 |
| 14.2 | Verifiche per stato limite di comfort dei passeggeri | 214 |
| 14.3 | Riepilogo delle verifiche | 215 |
| 15 | CALCOLO DELLA CONTROFRECCIA | 216 |
| 16 | APPOGGI, VARCHI, GIUNTI E RITEGNI SISMICI..... | 217 |
| 16.1 | Azioni sugli appoggi | 217 |
| 16.2 | Varchi e giunti | 221 |
| 16.3 | Ritegni sismici | 223 |
| 16.3.1 | Ritegno longitudinale | 223 |
| 16.3.2 | Ritegno trasversale | 225 |
| 16.4 | Sistema anti-sollevamento | 227 |
| 16.4.1 | Verifica dell'ancoraggio | 229 |
| 16.4.2 | Verifica della piastra di base | 238 |
| 16.4.3 | Verifiche nella zona di battuta | 239 |
| 17 | VERIFICHE DEGLI IRRIGIDIMENTI NELLA ZONA DI APPOGGIO E AL MARTINETTO | 242 |
| 17.1 | Irrigidimenti sull'appoggio | 242 |
| 17.2 | Irrigidimenti sul martinetto | 245 |
| 18 | ANALISI LOCALI E VERIFICHE DELLA SOLETTA | 250 |
| 18.1 | Calcolo degli effetti locali | 250 |
| 18.2 | Sollecitazioni in fase 1 e verifica dei tralicci delle predalle | 251 |
| 18.3 | Sollecitazioni elementari in fase 2 e 3 | 256 |
| 18.3.1 | Carichi permanenti strutturali (g1) | 257 |
| 18.3.2 | Carichi permanenti non strutturali (g2) | 258 |
| 18.3.3 | Carichi variabili da traffico | 261 |
| 18.3.4 | Effetti globali | 273 |
| 18.3.5 | Azione del vento | 275 |
| 18.3.6 | Carico sui marciapiedi | 280 |
| 18.3.7 | Azioni eccezionali: deraggiamento al di sopra del ponte | 282 |
| 18.4 | Combinazioni di carico e sollecitazioni di progetto | 286 |
| 18.4.2 | Sollecitazioni di progetto per la condizione "senza barriere" | 289 |
| 18.4.3 | Sollecitazioni di progetto per la condizione "con barriere" | 293 |
| 18.5 | Calcolo delle armature e verifiche | 297 |
| 18.5.1 | Verifica dell'armatura a flessione di base | 298 |
| 18.5.2 | Verifica dell'armatura a flessione aggiuntiva sullo sbalzo | 305 |
| 18.5.3 | Verifica per SLU a taglio | 307 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | |
|------------|--|-----|
| 18.6 | Calcolo e verifica cordolo..... | 309 |
| 18.7 | Calcolo e verifica della soletta in corrispondenza del palo TE | 310 |
| 18.7.1 | Modello di calcolo e risultati | 310 |
| 18.8 | Calcolo e verifica della veletta | 321 |
| Allegato A | ELENCO DELLE COMBINAZIONI DI CARICO | 328 |
| A.1 | Combinazioni di carico per le verifiche delle travi..... | 328 |
| A.2 | Combinazioni di carico per le verifiche delle aste di diaframmi e controventi inferiori | 333 |
| Allegato B | VERIFICHE SLU DELLE TRAVI DI IMPALCATO - VERIFICHE IN FORMA ESTESA E TABULATI DI VERIFICA | 338 |
| B.1 | Verifiche del concio “sezione tipo 1” | 341 |
| B.2 | Verifiche del concio “sezione tipo 2” | 348 |
| B.3 | Verifiche del concio “sezione tipo 3” | 356 |
| Allegato C | VERIFICHE SLE DELLE TRAVI DI IMPALCATO - VERIFICHE IN FORMA ESTESA E TABULATI DI VERIFICA | 367 |
| Allegato D | VERIFICHE A FATICA DELLE TRAVI DI IMPALCATO - TABULATI DI VERIFICA..... | 375 |
| Allegato E | VERIFICHE DEI DIAFRAMMI E DEI CONTROVENTI INFERIORI – TABULATI DI VERIFICA..... | 380 |
| Allegato F | VERIFICHE INTEGRATIVE DEL DIAFRAMMA DI APPOGGIO..... | 388 |
| F.1 | Verifiche sezionali SLU..... | 388 |
| F.2 | Verifica a taglio SLU nella sezione forata..... | 392 |
| Allegato G | VERIFICHE FLESSIONALI DELLA SOLETTA | 393 |
| G.1 | Sezione A – sezione corrente (armatura ordinaria)..... | 393 |
| G.2 | Sezione A – sezione al montante della barriera (con armatura aggiuntiva)..... | 399 |
| G.3 | Sezione B..... | 405 |
| G.4 | Sezione C | 411 |
| G.5 | Sezione D | 420 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento e la verifica dell'impalcato ferroviario a struttura mista quattro travi con **intervia 4.5m (Vmax = 250 km/h)** che è da assumersi come **tipologico** e costituisce il riferimento documentale per gli impalcato ricadenti in tale categoria facenti parte del lotto oggetto di progettazione. Le opere si inseriscono all'interno della linea AV/AC Torino – Venezia, tratta Verona – Padova, lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza.

Data la variabilità plano-altimetrica della linea, gli impalcato presentano differenti caratteristiche geometriche in termini di curvatura e sovrizzo del piano ferroviario. Tale documento analizza lo scenario ritenuto più cautelativo ai fini delle verifiche.

Per i calcoli e le verifiche si è assunto un raggio di curvatura pari a **3400m** con un sovrizzo del binario pari a **120mm**.

La sovrastruttura ferroviaria è costituita da vasca portaballast, due binari, canaline porta cavi, parapetto e tutto ciò che compete l'elettrificazione della linea. È stata inoltre prevista la possibilità di installare barriere antirumore.

L'impalcato è costituito da una struttura mista formata da quattro travi portanti longitudinali con luce netta degli appoggi pari a 38m e con una lunghezza totale di 40m; superiormente troviamo la soletta in calcestruzzo con una larghezza di piattaforma pari a **13.4m**, resa collaborante mediante connettori di tipo piolo Nelson. Le travi sono collegate tra loro da elementi asta che vanno a costituire le briglie, sia inferiori che superiori, i diagonali e i controventi inferiori e superiori.

Altre caratteristiche geometriche sono visibili nelle immagini che seguono e nella descrizione geometrica dell'impalcato riportata al §8.

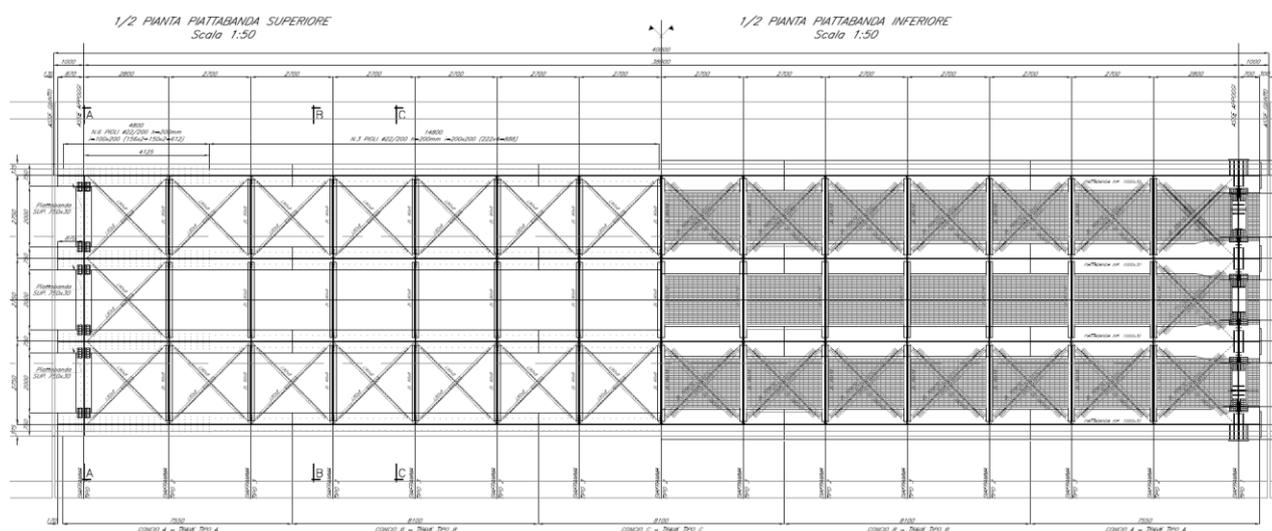


Figura 1 – Vista in pianta dell'impalcato

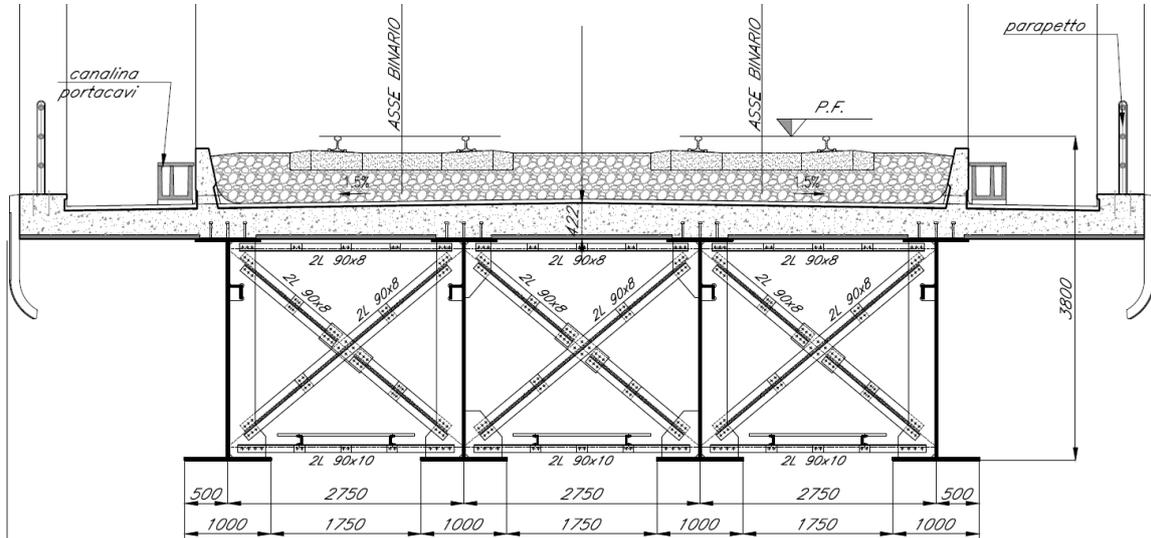


Figura 2 - Vista in sezione (Sez c-c)

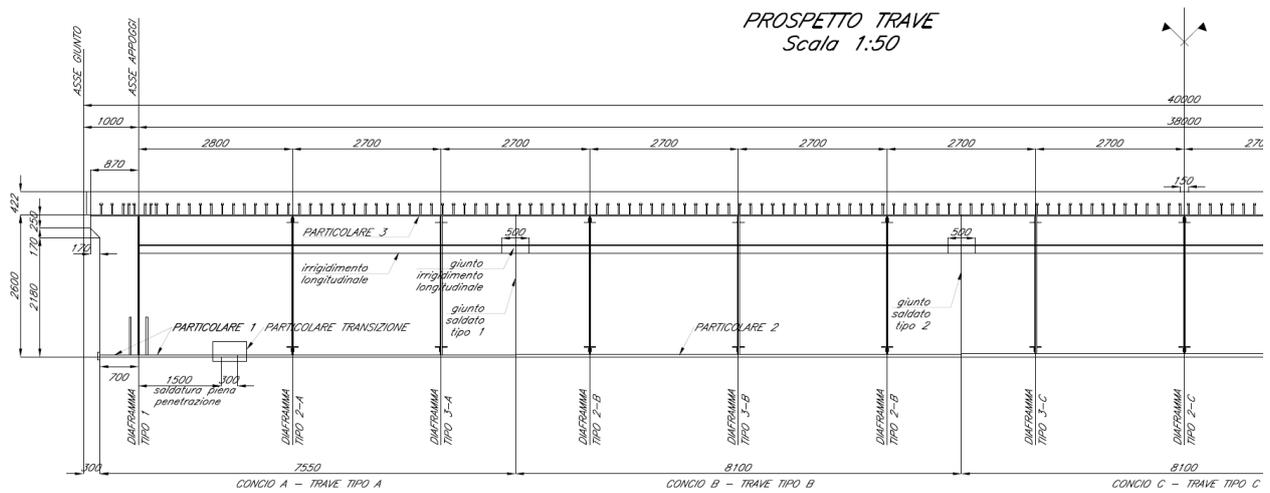


Figura 3 - Prospetto trave

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Gli apparecchi d'appoggio sono disposti con il convenzionale schema di vincolo fisso-mobile. In una delle due estremità delle travi, quella "lato fisso", sono presenti due apparecchi d'appoggio fissi (sotto le due travi centrali) e due apparecchi d'appoggio multidirezionali (sotto le due travi esterne). Nell'altra estremità, quella "lato mobile", è presente un apparecchio d'appoggio unidirezionale longitudinale (sotto una delle due travi interne) e tre apparecchi d'appoggio multidirezionali.

Nell'immagine seguente si riporta lo schema appoggi adottato.



Figura 4 – Schema appoggi

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

2 RIFERIMENTI

2.1 Normative di riferimento

- [1] *Decreto ministeriale 14 Gennaio 2008.*
- [2] *RFIDTCSIPSMIFS001B - Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - Sezione 2.*
- [3] *UNI EN 1992-1-1 Design of concrete structures -General - Common rules for building and civil engineering structures.*
- [4] *UNI EN 1993-1-5 Design of steel structures - Plated structural elements.*
- [5] *UNI EN 1994-2 Design of composite steel and concrete structures - General rules and rules for bridges.*
- [6] *UNI EN 1993-1-1 Design of steel structures - General rules and rules for buildings.*
- [7] *Circolare 2 febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP..*
- [8] *UNI EN 1993-1-8 Design of steel structures - Design of Joints.*
- [9] *UNI EN 1993-1-9 Design of steel structures - Fatigue.*
- [10] *UNI EN 1993-2 Design of steel structures - Steel bridges.*
- [11] *UNI EN 1992-2.*
- [12] *UNI EN 1994-1-1 Design of composite steel and concrete structures - General rules and rules for buildings.*

2.2 Elaborati di riferimento

IN1710EI2CLVI0005009A Analisi dinamica impalcato a struttura mista 4 travi 40m

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

3 VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008)

Le analisi della struttura sono state condotte con un programma agli elementi finiti (MIDAS).

L'affidabilità del codice di calcolo è confermata dai test di validazione allegati alla release del programma e dalla sua ampia diffusione che lo pone tra i software specialistici standard previsti dalla specifica tecnica Italferr PPA.0002851. I risultati ottenuti sono stati considerati attendibili dallo scrivente a fronte di verifiche condotte con metodi semplificati o con altri codici di calcolo nonché dal confronto critico con i risultati presentati dai documenti di progettazione definitiva.

Lo schema statico è di trave appoggiata e la tipologia di impalcato rientra negli standard tipologici adottata da RFI. Il calcolo a graticcio condotto è stato verificato con metodi semplificati di ripartizione trasversale dei carichi (metodo dei trasversi rigidi) applicabile in funzione dei rapporti geometrici dell'impalcato e del numero dei traversi presenti. Il confronto tra i risultati del PE con quelli del PD è stato criticamente eseguito al fine di validare i valori ottenuti.

| | | | |
|--|---|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Tutte le caratteristiche e le proprietà dovranno essere conformi a quanto previsto dal Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili RFI.

Tutti i materiali dovranno essere corredati di certificati e documenti di tracciabilità.

Si riportano di seguito le caratteristiche fisiche e meccaniche.

4.1 Calcestruzzo gettato in opera

CALCESTRUZZO SOLETTA IMPALCATO

- Classe di resistenza minima C32/40
- Tipo cemento CEM I÷V
- Rapporto A/C: ≤ 0.50
- Classe minima di consistenza: S4
- Classe di esposizione ambientale: XC3
- Copriferro = 35 mm
- Diametro massimo inerti: 20 mm

CALCESTRUZZO PARABALLAST E CORDOLI IMPALCATO

- Classe di resistenza minima C32/40
- Tipo cemento CEM I÷V
- Rapporto A/C: ≤ 0.50
- Classe minima di consistenza: S4
- Classe di esposizione ambientale: XC4 + XF1
- Copriferro = 45 mm
- Diametro massimo inerti: 20 mm

ACCIAIO ORDINARIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

In barre e reti elettrosaldate

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche:

- Tensione di snervamento caratteristica $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
 $1.15 \leq f_{tk} / f_{yk} \leq 1.35$

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

4.2 Carpenteria metallica

ACCIAIO

- Acciaio S355J0 UNI EN 10025 Per profilati e lamiera
- Acciaio S355J2 UNI EN 10025 Per travi ed elementi saldati
- Acciaio S235 JR + C450 ST37/3K $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$ $f_m \geq 450 \text{ N/mm}^2$ EN 13918 Per pioli

APPARECCHI DI APPOGGIO

SI rimanda agli elaborati specifici di dettaglio e al "Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili" di RFI, (Parte II – Sezione 12 Ponti, Viadotti, Sottovia e Cavalcavia).

BULLONI

- Viti classe 10.9-8.8 UNI EN ISO 898-1, UNI EN 14399-4
- Dadi classe 10-8 UNI EN 20898-2, UNI 14399-4
- Rosette Acciaio C 50 UNI EN 10083-2, temperato e rinvenuto HRC 32÷40, UNI EN 14399-6
- Piastrine Acciaio C 50 UNI EN 10083-2, temperato e rinvenuto HRC 32÷40, UNI EN 14399-6

Gioco foro bullone – strutture principali:

- 0.3 mm (compresa tolleranza della vite)

Gioco foro bullone – grigliati e strutture provvisorie

- Bullone fino a M20 +1 mm (compresa tolleranza vite)
- Bullone oltre a M20 +1.5 mm (compresa tolleranza vite)

SALDATURE

Secondo: "Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili" di RFI, (Parte II – Sezione 12 Ponti, Viadotti, Sottovia e Cavalcavia).

VERNICIATURA

Secondo: "Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili" di RFI, (Parte II – Sezione 12 Ponti, Viadotti, Sottovia e Cavalcavia).

NOTE GENERALI

Approvvigionamento, collaudo e controllo delle lavorazioni di officina dei materiali, nonché controlli da eseguire durante l'accettazione provvisoria e montaggio in opera della struttura, in accordo al Capitolato Generale Tecnico delle opere Civili di RFI "parte II sezione 6 e sezione 12".

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

4.3 Predalle (senza funzioni strutturali)

CALCESTRUZZO PREDALLE

- Classe di resistenza minima C35/45
- Tipo cemento CEM I÷V
- Rapporto A/C: ≤ 0.50
- Classe minima di consistenza: S4
- Classe di esposizione ambientale: XC3
- Copriferro = 35 mm
- Diametro massimo inerti: 20 mm

ACCIAIO ORDINARIO PER PREDALLE

In barre e reti elettrosaldate

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche:

- Tensione di snervamento caratteristica $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
 $1.15 \leq f_{tk} / f_{yk} \geq 1.35$

4.4 Velette prefabbricate

CALCESTRUZZO VELETTE PREFABBRICATE

- Classe di resistenza minima C35/45
- Tipo cemento CEM I÷V
- Rapporto A/C: ≤ 0.50
- Classe minima di consistenza: S4
- Classe di esposizione ambientale: XC4 + XF1
- Copriferro = 35 mm
- Diametro massimo inerti: 20 mm

ACCIAIO ORDINARIO PER VELETTE PREFABBRICATE

In barre e reti elettrosaldate

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche:

- Tensione di snervamento caratteristica $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
 $1.15 \leq f_{tk} / f_{yk} \geq 1.35$

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

4.5 Classe di esecuzione

Tutti gli elementi lavorati dovranno essere controllati ed accettati in accordo al Capitolato Generale Tecnico delle opere Civili di RFI “parte II sezione 6 e sezione 12” e alla UNI EN 1090-2 (**classe di esecuzione EXC3** eccetto camminamenti e grigliati per i quali, come previsto sull’appendice B, si può utilizzare classe di esecuzione EXC2).

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

5 ANALISI DEI CARICHI

Nel presente capitolo si riporta l'analisi dei carichi agenti sull'impalcato.

5.1 Carichi permanenti strutturali (G1)

Il carico dovuto al peso proprio dei vari elementi strutturali che compongono l'opera è stato valutato direttamente dal modello di calcolo, assegnando un peso per unità di volume pari a 25kN/m^3 per gli elementi in calcestruzzo e 78.5kN/m^3 per gli elementi in acciaio. Il peso dell'acciaio è stato quindi incrementato del 10% (86.35kN/m^3) per tener conto del peso aggiuntivo di giunti, coprigiunti, pioli ed altre parti di carpenteria non direttamente modellate. Il peso corrispondente agli irrigidimenti trasversali e longitudinali presenti sulle travi e sul traverso di appoggio è stato considerato attraverso l'applicazione di carichi nodali e/o distribuiti.

Il peso della soletta è stato calcolato considerando uno spessore di 0.3775 m , pari alla media tra lo spessore massimo di 0.422 m presente in asse impalcato e lo spessore minimo di 0.333 m presente sui fili interni dei cordoli.

Si riportano di seguito i pesi per unità di lunghezza relativi alla parte metallica e alla parte in calcestruzzo dell'impalcato:

| | |
|---|-------------------|
| Carpenterie metalliche (dato ricavato dal modello numerico) | 53.80 kN/m |
| Soletta e predalles ($0.3775\text{ m} \times 13.40\text{ m} \times 25\text{ kN/m}^3$) | 126.5 kN/m |

5.2 Carichi permanenti non strutturali (G2)

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi permanenti non strutturali:

| | | | |
|---|---|--------------|-------------|
| Massicciata, armamento e impermeabilizzazione | $20\text{ kN/m}^3 \times 0.8\text{ m} \times 9.09\text{ m}$ | 145.4 | kN/m |
| Muretti parballast | $2 \times 25\text{ kN/m}^3 \times 0.705\text{ m} \times 0.205\text{ m}$ | 7.2 | kN/m |
| Canalette portacavi | $2 \times 3\text{ kN/m}$ | 6.0 | kN/m |
| Camminamento | $0.5\text{ kN/m}^2 \times 5.0\text{ m}$ | 2.5 | kN/m |
| Cordoli | $2 \times 25\text{ kN/m}^3 \times 0.55\text{ m} \times 0.19\text{ m}$ | 5.2 | kN/m |
| Velette | $2 \times 25\text{ kN/m}^3 \times 0.178\text{ m}^2$ | 8.9 | kN/m |
| Barriere antirumore | $2 \times 4\text{ kN/m}^2 \times 4\text{ m}$ | 32.0 | kN/m |
| TOTALE g2 | | 207.2 | kN/m |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

5.3 Azioni verticali da traffico (Q_v)

I carichi verticali associati al traffico ferroviario sono stati valutati in accordo con quanto indicato nelle NTC [1].

5.3.1 Modelli di Carico

Si riportano di seguito i modelli di carico così come definiti in normativa.

I valori dei carichi di seguito specificati sono stati amplificati con i relativi coefficienti di adattamento “ α ” indicati successivamente per ognuno dei modelli di carico.

Modello di Carico LM71

Questo treno di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale come mostrato nella Figura 5 e risulta costituito da:

- Quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;
- Carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

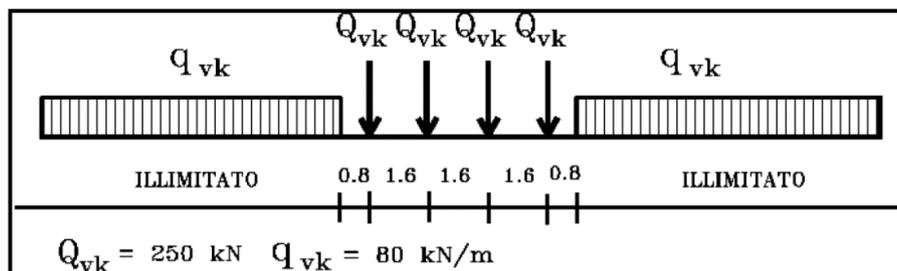


Figura 5 – Modello di Carico LM71

Per questo modello di carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario, dipendente dallo scartamento s , per tenere conto dello spostamento dei carichi; pertanto, essa è indipendente dal tipo di struttura e di armamento. Tale eccentricità è calcolata sulla base del rapporto massimo fra i carichi afferenti a due ruote appartenenti al medesimo asse $Q_{v2}/Q_{v1}=1.25$, essendo Q_{v1} e Q_{v2} i carichi verticali delle ruote di un medesimo asse, e risulta quindi pari a $s/18$ con $s= 1435$ mm; questa eccentricità deve essere considerata nella direzione più sfavorevole.

Il carico distribuito presente alle estremità del treno tipo LM71 deve segmentarsi al di sopra dell'opera andando a caricare solo quelle parti che forniscono un incremento del contributo ai fini della verifica dell'elemento per l'effetto considerato. Questa operazione di segmentazione non va effettuata per i successivi modelli di carico SW che devono essere considerati sempre agenti per tutta la loro estensione.

Il valore del coefficiente di adattamento “ α ” da adottarsi per il modello di carico LM71 nella progettazione di ferrovie ordinarie è pari a 1,1.

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

Modelli di Carico SW

Il modello di carico SW è illustrato in Figura 6; per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni denominate SW/0 ed SW/2.

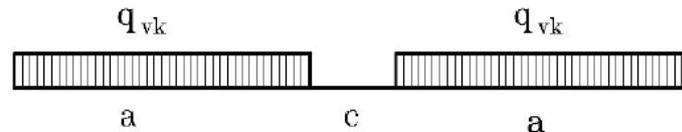


Figura 6 – Modello di Carico SW

Il modello di carico SW/0 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale per travi continue (esso andrà utilizzato solo per le travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71).

Il modello di carico SW/2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

Le caratterizzazioni di entrambe queste configurazioni sono indicate nella tabella seguente.

| Tipo di Carico | q_{vk} [kN/m] | a [m] | c [m] |
|----------------|-----------------|---------|---------|
| SW/0 | 133 | 15,0 | 5,3 |
| SW/2 | 150 | 25,0 | 7,0 |

Tabella 1 – Caratteristiche Modelli di Carico SW

Il valore del coefficiente di adattamento “ α ” da adottarsi nella progettazione delle ferrovie ordinarie è pari, rispettivamente, a 1,1 per il modello di carico SW/0 ed a 1,0 per il modello di carico SW/2.

Poiché il viadotto in esame è caratterizzato da una serie di campate appoggiate consecutive, sono stati considerati i soli modelli di carico LM71 e SW/2.

5.3.2 Effetti dinamici

Gli effetti dinamici associati al passaggio di un convoglio ferroviario sono stati presi in conto nel calcolo attraverso l'applicazione del metodo statico semplificato indicato nel MDP RFI [2], il quale consiste nell'amplificare i carichi LM71 e SW attraverso coefficienti correttivi Φ .

Poiché non è garantito il soddisfacimento dei requisiti richiesti al §2.5.1.4.1.4 del MDP RFI [1], sono state eseguite in aggiunta le analisi dinamiche, per le quali si rimanda al documento IN1710EI2CLVI0005009A.

Si riporta di seguito il calcolo del coefficiente dinamico Φ_2 (elevato standard manutentivo) per i diversi elementi presenti nell'impalcato:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,82 \text{ con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

La lunghezza caratteristica è stata assunta è pari a:

$L_{\phi} = 38.0$ m per elementi soggetti prevalentemente ad effetti globali (travi, pioli, controventi inferiori, diaframma di appoggio, ecc)

$L_{\phi} = 10.8$ m per i diaframmi intermedi (valutata tramite linee di influenza da modello)

$L_{\phi} = 8.25$ m per la soletta (pari a 3 volte l'interasse tra le travi)

per cui si ottengono i seguenti valori dei coefficienti di amplificazione dinamica:

$\Phi_2 = 1.06$ per travi, pioli, controventi inferiori, diaframma di appoggio, ecc

$\Phi_2 = 1.29$ per i diaframmi intermedi

$\Phi_2 = 1.36$ per la soletta

5.3.3 Eccentricità dei carichi verticali

In aggiunta all'eccentricità associata allo spostamento dei carichi nel modello LM71, è stata assunta nei calcoli anche l'eccentricità legata alla presenza del sovrizzo "u":

$$e_u = (1800\text{mm}/1435\text{mm}) \cdot u = (1800\text{mm}/1435\text{mm}) \cdot 120\text{mm} = 150.5 \text{ mm}$$

L'eccentricità legata alla curvatura del tracciato è stata trascurata, in quanto di segno opposto rispetto all'eccentricità dovuta al sovrizzo. Assunzione, dunque, a favore di sicurezza.

5.4 Azioni orizzontali da traffico

Si riportano di seguito le azioni orizzontali associate al traffico ferroviario.

5.4.1 Forza centrifuga (Q_t)

Poiché il tracciato sovrastante la struttura presenta un andamento planimetrico curvilineo, nel progetto si è tenuto conto della forza centrifuga.

In accordo con quanto indicato al §5.2.2.4.1 delle NTC [1] tale forza è stata applicata in direzione orizzontale con verso uscente rispetto alla curva e ad una quota pari a 1.80m rispetto al P.F. Tale forza è stata calcolata come:

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{v^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk})$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{v^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

dove:

Q_{tk} - q_{tk} = valore caratteristico della forza centrifuga [kN - kN/m];

Q_{vk} - q_{vk} = valore caratteristico dei carichi verticali [kN - kN/m];

v = velocità di progetto espressa in m/s;

V = velocità di progetto espressa in km/h;

f = fattore di riduzione (definito in seguito);

g = accelerazione di gravità in m/s²;

r = è il raggio di curvatura in m.

Il fattore di riduzione "f" è pari a:

$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{100} \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right]$$

Dove L_f è la lunghezza di influenza in metri, della parte curva di binario carico sul ponte, che è la più sfavorevole per il progetto del generico elemento strutturale.

Il fattore "f" è pari a 1 per $V \leq 120$ km/h o $L_f < 2.88$ ed è pari a $f(300$ km/h) per $V > 300$ km/h.

L'azione centrifuga è stata determinata in riferimento a quanto indicato nella tabella seguente. In particolare, per il modello di carico LM71, poiché la velocità di progetto è maggiore ai 120 km/h, è stato considerato il più gravoso tra i due casi indicati.

| Valore di α | Massima velocità della linea [Km/h] | Azione centrifuga basata su: | | | | Carico verticale associato |
|--------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------|---|--------------------------------|---|
| | | V | α | f | | |
| SW/2 | ≥ 100 | 100 | 1 | 1 | 1 x 1 x SW/2 | Φ x 1 x SW/2 |
| | < 100 | V | 1 | 1 | 1 x 1 x SW/2 | |
| LM71 e SW/0 | > 120 | V | 1 | f | 1 x f x (LM71"+SW/0) | Φ x 1 x 1 x (LM71"+SW/0) |
| | | 120 | α | 1 | α x 1 x (LM71"+SW/0) | Φ x α x 1 x (LM71"+SW/0) |
| | ≤ 120 | V | α | 1 | α x 1 x (LM71"+SW/0) | |

Tabella 2 – Parametri per la definizione della forza centrifuga

Essendo la velocità di progetto pari a 250 km/h e il raggio di curvatura 3400m e assumendo che a favore di sicurezza l'intero impalcato sia carico, si ottengono i seguenti risultati:

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| Dati di base | | | |
|--------------|--------|------|----------------------|
| R | [m] | 3400 | Raggio di curvatura |
| V | [km/h] | 250 | Velocità di progetto |
| Lf (LM71) | [m] | 40 | Zona caricata (LM71) |
| Lf (SW/0) | [m] | 33 | Zona caricata (SW/0) |

| Azione centrifuga corrispondente al modello LM71 | | | | |
|--|--------|----------|----------|-------|
| | | V>120 a) | V>120 b) | V<120 |
| V | [km/h] | 120 | 250 | - |
| α | [-] | 1.1 | 1.0 | - |
| f | [-] | 1.000 | 0.524 | - |
| Qtk | [kN] | 9.2 | 19.0 | - |
| qtk | [kN/m] | 2.9 | 6.1 | - |

| Azione centrifuga corrispondente al modello SW/0 | | | | |
|--|--------|----------|----------|-------|
| | | V>120 a) | V>120 b) | V<120 |
| V | [km/h] | 120 | 250 | - |
| α | [-] | 1.1 | 1.0 | - |
| f | [-] | 1.000 | 0.541 | - |
| qtk | [kN/m] | 4.9 | 10.4 | - |

| Azione centrifuga corrispondente al modello SW/2 | | | | |
|--|--------|----------|----------|-------|
| | | V>120 a) | V>120 b) | V<120 |
| V | [km/h] | 100 | | |
| α | [-] | 1.0 | | |
| f | [-] | 1.000 | | |
| qtk | [kN/m] | 3.5 | | |

Legenda

| | |
|----------|---|
| V | Velocità indicata per il calcolo della forza centrifuga |
| α | Coefficiente di adattamento |
| f | Fattore di riduzione |
| Qtk | Valore caratt. della forza centrifuga associato al singola asse |
| qtk | Valore caratt. della forza centrifuga associato al carico distribuito |

Come già indicato in precedenza, poiché il viadotto è caratterizzato da una successione di travi appoggiate, si assumono nei calcoli le sole azioni associate ai modelli LM71 e SW/2.

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

5.4.2 Azione laterale di serpeggio (Q_s)

In accordo con quanto indicato al §5.2.2.4.2 delle NTC [1], la forza laterale indotta dal serpeggio è stata assunta come una forza concentrata agente orizzontalmente applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario.

Il valore caratteristico di tale forza è pari a $Q_{sk} = 100$ kN, il quale deve essere moltiplicato per α .

5.4.3 Azione di avviamento e frenatura (Q_{la} e Q_{lb})

In accordo con quanto indicato al §5.2.2.4.3 delle NTC [1], le azioni derivanti da frenatura e avviamento sono state considerate come forze uniformemente distribuite sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso e per una lunghezza L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato.

I valori caratteristici sono i seguenti:

avviamento: $Q_{la,k} = 33[\text{kN/m}] \cdot L[\text{m}] \leq 1000$ kN per LM71, SW/0, SW/2

frenatura: $Q_{lb,k} = 20[\text{kN/m}] \cdot L[\text{m}] \leq 6000$ kN per LM71, SW/0

$Q_{lb,k} = 35[\text{kN/m}] \cdot L[\text{m}]$ per SW/2

Poiché il viadotto presenta doppio binario, è stata considerata anche la condizione con entrambi i treni in transito in versi opposti, uno in avviamento e l'altro in frenatura.

I valori caratteristici sopraelencati devono essere moltiplicati per i corrispondenti coefficienti α .

5.5 Azioni del vento (Q_5)

L'azione del vento è stata definita in accordo al §3.3 delle NTC [1].

Il viadotto si trova in Veneto, dunque zona 1, ad una altitudine di 53 m slm.

Per l'impalcato si assume una quota rispetto al terreno pari a 8 m.

In accordo con quanto indicato nel §2.5.1.8.3.2 del MDP RFI [2], la pressione del vento è stata assunta, a favore di sicurezza, pari ad un valore non inferiori a 2.5 kN/m².

Si riportano di seguito i calcoli eseguiti:

| Dati di base | | | |
|---------------------------------------|-------|----|---|
| a_s | [m] | 53 | Altitudine sul livello del mare |
| zona | [-] | 1 | Zona di pertinenza |
| z | [m] | 8 | Altimetria della struttura |
| Velocità base di riferimento (§3.3.1) | | | |
| $v_{b,0}$ | [m/s] | 25 | Velocità base di riferimento al livello del mare (tab. 3.3.I) |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

| | | | |
|-------|-------|------|---|
| a_0 | [m] | 1000 | Parametro funzione della zona da tab. 3.3.I |
| k_s | [-] | 0.4 | Parametro funzione della zona da tab. 3.3.I |
| c_a | [-] | 1.00 | Coefficiente di altitudine |
| v_b | [m/s] | 25.0 | Velocità base di riferimento |

Velocità di riferimento (§3.3.2)

| | | | |
|-------|--------|------|--------------------------------|
| T_r | [anni] | 50 | Periodo di ritorno di progetto |
| c_r | [-] | 1.00 | Coefficiente di ritorno |
| v_r | [m/s] | 25.0 | Velocità di riferimento |

Pressione cinetica di riferimento (§3.3.6)

| | | | |
|-------|----------------------|-------|-----------------------------------|
| q_r | [kN/m ²] | 0.391 | Pressione cinetica di riferimento |
|-------|----------------------|-------|-----------------------------------|

Coefficiente di esposizione (§3.3.7)

| | | | |
|-----------|-------|-------|--|
| Cl.Rug. | [-] | D | Classe di rugosità |
| Cat | [-] | II | Categoria di esposizione del sito |
| K_r | [-] | 0.19 | Parametro funzione della categoria di esposizione da tab. 3.3.II |
| z_0 | [m] | 0.05 | Parametro funzione della categoria di esposizione da tab. 3.3.II |
| z_{min} | [m] | 4.00 | Parametro funzione della categoria di esposizione da tab. 3.3.II |
| c_t | [-] | 1.000 | Coefficiente di topografia |
| c_e | [-] | 2.212 | Coefficiente di esposizione |

Coefficiente aerodinamico (§3.3.8 ; §C3.3.8.6.1 e §C3.3.8.6.2)

| | | | |
|-----------|-------|-------|--|
| φ | [-] | 1 | Rapporto tra sup. delimitata dal contorno della trave e sup. della parte piena |
| c_p | [-] | 1.400 | Coefficiente aerodinamico |

Coefficiente dinamico (§3.3.9)

| | | | |
|-------|-------|---|-----------------------|
| c_d | [-] | 1 | Coefficiente dinamico |
|-------|-------|---|-----------------------|

Geometrie

| | | | |
|-------|-----|-----|--|
| H_T | [m] | 2.6 | Altezza delle travi |
| H_b | [m] | 4 | Altezza delle barriere antirumore/convogli |
| H_s | [m] | 0.6 | Altezza soletta + cordolo |

Pressione del vento sulle travi

| | | | |
|-------------|----------------------|-------|--|
| n_T | [-] | 4 | Numero di travi |
| p_{T1} | [kN/m ²] | 2.500 | Pressione del vento sulla prima trave |
| $d_{T,1-2}$ | [m] | 2.75 | Distanza tra prima e seconda trave |
| μ_{T2} | [-] | 0.200 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la seconda trave |
| p_{T2} | [kN/m ²] | 0.500 | Pressione del vento sulla seconda trave |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | |
|--|----------------------|-------|---|
| $d_{T,2-3}$ | [m] | 2.75 | Distanza tra seconda e terza trave |
| μ_{T3} | [-] | 0.200 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la terza trave |
| p_{T3} | [kN/m ²] | 0.100 | Pressione del vento sulla terza trave |
| $d_{T,3-4}$ | [m] | 2.75 | Distanza tra terza e quarta trave |
| μ_{T4} | [-] | 0.200 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la quarta trave |
| p_{T4} | [kN/m ²] | 0.020 | Pressione del vento sulla quarta trave |
| $d_{T,4-5}$ | [m] | 2.75 | Distanza tra quarta e quinta trave |
| μ_{T5} | [-] | 0.000 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la quinta trave |
| p_{T5} | [kN/m ²] | 0.000 | Pressione del vento sulla quinta trave |
| $d_{T,5-6}$ | [m] | | Distanza tra quinta e sesta trave |
| μ_{T6} | [-] | 0.000 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la sesta trave |
| p_{T6} | [kN/m ²] | 0.000 | Pressione del vento sulla sesta trave |
| Pressione del vento su altri ostacoli presenti sulla piattaforma | | | |
| n_b | [-] | 4 | Numero di ostacoli sulla piattaforma |
| p_{b1} | [kN/m ²] | 2.500 | Pressione del vento sul primo ostacolo |
| $d_{b,1-2}$ | [m] | 4.30 | Distanza tra primo e secondo ostacolo |
| μ_{b2} | [-] | 0.200 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per il secondo ostacolo |
| p_{b2} | [kN/m ²] | 0.500 | Pressione del vento sul secondo ostacolo |
| $d_{T,3-4}$ | [m] | 4.50 | Distanza tra secondo e terzo ostacolo |
| μ_{T4} | [-] | 0.200 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per il terzo ostacolo |
| p_{T4} | [kN/m ²] | 0.100 | Pressione del vento sul terzo ostacolo |
| $d_{T,4-5}$ | [m] | 4.45 | Distanza tra terzo e quarto ostacolo |
| μ_{T5} | [-] | 0.200 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per il quarto ostacolo |
| p_{T5} | [kN/m ²] | 0.020 | Pressione del vento sul quarto ostacolo |
| Forza al metro lineare di impalcato | | | |
| q_h | [kN/m] | 22.09 | |

5.6 Azione del vento durante fasi di montaggio (Q5_m)

Per la valutazione dell'entità dell'azione da vento durante le fasi di montaggio, si è assunto un periodo di ritorno pari a 10 anni.

Tale azione è stata considerata applicata su tutta l'altezza delle travi.

| | | | |
|--------------|-------|----|---------------------------------|
| Dati di base | | | |
| a_s | [m] | 53 | Altitudine sul livello del mare |
| zona | [-] | 1 | Zona di pertinenza |
| z | [m] | 8 | Altimetria della struttura |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

Velocità base di riferimento (§3.3.1)

| | | | |
|-----------|-------|------|---|
| $v_{b,0}$ | [m/s] | 25 | Velocità base di riferimento al livello del mare (tab. 3.3.I) |
| a_0 | [m] | 1000 | Parametro funzione della zona da tab. 3.3.I |
| k_s | [-] | 0.4 | Parametro funzione della zona da tab. 3.3.I |
| c_a | [-] | 1.00 | Coefficiente di altitudine |
| v_b | [m/s] | 25.0 | Velocità base di riferimento |

Velocità di riferimento (§3.3.2)

| | | | |
|-------|--------|------|--------------------------------|
| T_r | [anni] | 10 | Periodo di ritorno di progetto |
| c_r | [-] | 0.90 | Coefficiente di ritorno |
| v_r | [m/s] | 22.6 | Velocità di riferimento |

Pressione cinetica di riferimento (§3.3.6)

| | | | |
|-------|----------------------|-------|-----------------------------------|
| q_r | [kN/m ²] | 0.319 | Pressione cinetica di riferimento |
|-------|----------------------|-------|-----------------------------------|

Coefficiente di esposizione (§3.3.7)

| | | | |
|-----------|-----|-------|--|
| Cl.Rug. | [-] | D | Classe di rugosità |
| Cat | [-] | II | Categoria di esposizione del sito |
| K_r | [-] | 0.19 | Parametro funzione della categoria di esposizione da tab. 3.3.II |
| z_0 | [m] | 0.05 | Parametro funzione della categoria di esposizione da tab. 3.3.II |
| z_{min} | [m] | 4.00 | Parametro funzione della categoria di esposizione da tab. 3.3.II |
| c_t | [-] | 1.000 | Coefficiente di topografia |
| c_e | [-] | 2.212 | Coefficiente di esposizione |

Coefficiente aerodinamico (§3.3.8 ; §C3.3.8.6.1 e §C3.3.8.6.2)

| | | | |
|-----------|-----|-------|--|
| φ | [-] | 1 | Rapporto tra sup. delimitata dal contorno della trave e sup. della parte piena |
| c_p | [-] | 1.400 | Coefficiente aerodinamico |

Coefficiente dinamico (§3.3.9)

| | | | |
|-------|-----|---|-----------------------|
| c_d | [-] | 1 | Coefficiente dinamico |
|-------|-----|---|-----------------------|

Geometrie

| | | | |
|-------|-----|-----|--|
| H_T | [m] | 2.6 | Altezza delle travi |
| H_b | [m] | 0 | Altezza delle barriere antirumore/convogli |
| H_s | [m] | 0 | Altezza soletta + cordolo |

Pressione del vento sulle travi

| | | | |
|----------|----------------------|-------|---------------------------------------|
| n_T | [-] | 4 | Numero di travi |
| p_{T1} | [kN/m ²] | 0.987 | Pressione del vento sulla prima trave |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | |
|-------------|----------------------|-------|--|
| $d_{T,1-2}$ | [m] | 2.75 | Distanza tra prima e seconda trave |
| μ_{T2} | [-] | 0.200 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la seconda trave |
| p_{T2} | [kN/m ²] | 0.197 | Pressione del vento sulla seconda trave |
| $d_{T,2-3}$ | [m] | 2.75 | Distanza tra seconda e terza trave |
| μ_{T3} | [-] | 0.200 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la terza trave |
| p_{T3} | [kN/m ²] | 0.039 | Pressione del vento sulla terza trave |
| $d_{T,3-4}$ | [m] | 2.75 | Distanza tra terza e quarta trave |
| μ_{T4} | [-] | 0.200 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la quarta trave |
| p_{T4} | [kN/m ²] | 0.008 | Pressione del vento sulla quarta trave |
| $d_{T,4-5}$ | [m] | 2.75 | Distanza tra quarta e quinta trave |
| μ_{T5} | [-] | 0.000 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la quinta trave |
| p_{T5} | [kN/m ²] | 0.000 | Pressione del vento sulla quinta trave |
| $d_{T,5-6}$ | [m] | | Distanza tra quinta e sesta trave |
| μ_{T6} | [-] | 0.000 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per la sesta trave |
| p_{T6} | [kN/m ²] | 0.000 | Pressione del vento sulla sesta trave |

Pressione del vento su altri ostacoli presenti sulla piattaforma

| | | | |
|-------------|----------------------|-------|---|
| n_b | [-] | 0 | Numero di ostacoli sulla piattaforma |
| p_{b1} | [kN/m ²] | 0.000 | Pressione del vento sul primo ostacolo |
| $d_{b,1-2}$ | [m] | | Distanza tra primo e secondo ostacolo |
| μ_{b2} | [-] | 0.000 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per il secondo ostacolo |
| p_{b2} | [kN/m ²] | 0.000 | Pressione del vento sul secondo ostacolo |
| $d_{T,3-4}$ | [m] | | Distanza tra secondo e terzo ostacolo |
| μ_{T4} | [-] | 0.000 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per il terzo ostacolo |
| p_{T4} | [kN/m ²] | 0.000 | Pressione del vento sul terzo ostacolo |
| $d_{T,4-5}$ | [m] | | Distanza tra terzo e quarto ostacolo |
| μ_{T5} | [-] | 0.000 | Coefficiente correttivo del coefficiente aerodinamico per il quarto ostacolo |
| p_{T5} | [kN/m ²] | 0.000 | Pressione del vento sul quarto ostacolo |

Forza al metro lineare di impalcato

| | | |
|-------|--------|------|
| q_h | [kN/m] | 3.20 |
|-------|--------|------|

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

5.7 Azioni della temperatura (Q7)

In accordo con quanto indicato al §5.2.2.4.2 delle NTC [1] e al §2.5.1.4.4.1.1 del MDP RFI [2], sono state considerate le seguenti azioni termiche sulla struttura:

- Variazione termica uniforme sull'intero impalcato pari a $\pm 15^{\circ}\text{C}$. Esclusivamente per il calcolo dei giunti tale valore è stato incrementato del 50%.
- Variazione termica differenziale con andamento lineare sull'altezza della sezione mista trave-soletta pari a $\pm 5^{\circ}\text{C}$; con associato un gradiente termico tra trave metallica e soletta di $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Il primo dei due contributi è stato trascurato in quanto poco significativo per travi semplicemente appoggiate.

5.8 Ritiro (ϵ_2) e Viscosità (ϵ_3)

Ai fini della valutazione dell'entità delle azioni di ritiro e viscosità si è fatto riferimento a quanto indicato nell'EC 2-1-1 [3].

Parametri per la definizione del ritiro e della viscosità

| | | | |
|----------|---|---------|---|
| f_{cm} | = | 40 MPa | resistenza caratteristica media a 28 giorni |
| UR | = | 70 % | umidità relativa |
| h_0 | = | 0.624 m | dimensione fittizia dell'elemento ($2 \cdot A_c / u$) |
| α | = | 0 | cemento di Classe N |

Per il ritiro si ha:

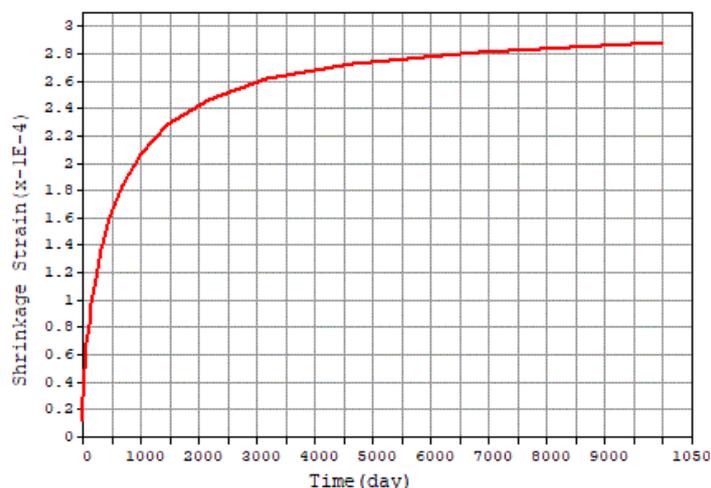


Figura 7 – Curva di ritiro

La deformazione totale da ritiro a tempo infinito è pari a $\epsilon_s = 0.000288$.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Per la viscosità si ha:

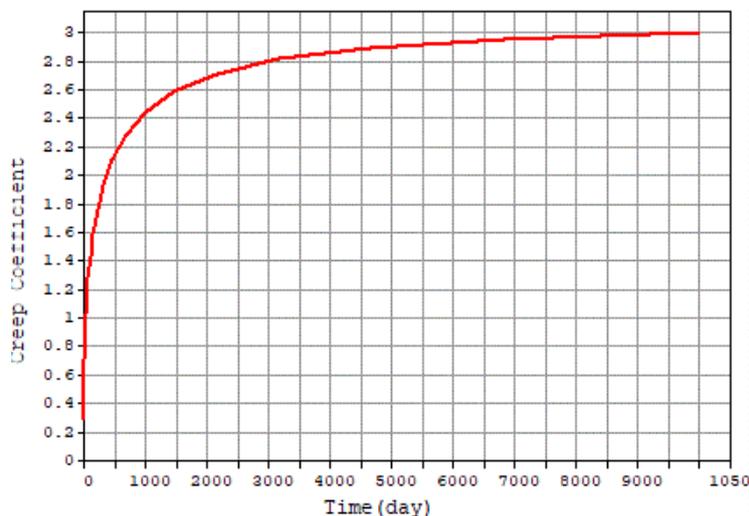


Figura 8 – Coefficiente di viscosità Φ per applicazione del carico a un'età del calcestruzzo $t_0=1$ gg

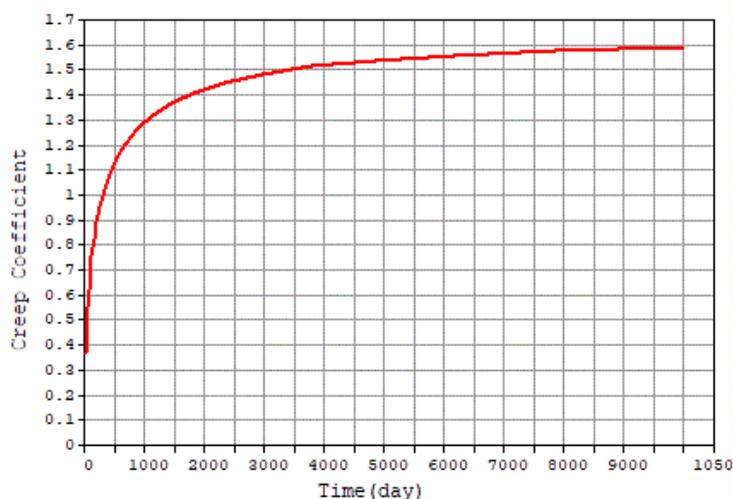


Figura 9 – Coefficiente di viscosità Φ per applicazione del carico a un'età del calcestruzzo $t_0=30$ gg

Ai fini delle analisi svolte, le quali si basano sul metodo del modulo ridotto, si è assunto:

- per la valutazione delle sollecitazioni causate da carichi permanenti portati (applicati ad un'età del calcestruzzo pari a 30 gg): Φ (30 gg) = 1.590;
- per la valutazione delle sollecitazioni causate dal ritiro (applicato ad un'età del calcestruzzo pari a 1 gg): Φ (1 gg) = 2.998;

Nei calcoli si è tenuto conto anche del fenomeno dell'invecchiamento del calcestruzzo.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Quanto detto è esposto più in dettaglio nel capitolo relativo alla modellazione, ossia al capitolo 7 della presente relazione di calcolo.

5.9 Cedimenti vincolari (€4)

Poiché la struttura risulta isostatica nei confronti di possibili cedimenti in fondazione, tale azione non è stata considerata come significativa e dunque non è stata analizzata.

5.10 Azione sismica (E)

La valutazione dell'azione sismica è stata eseguita in conformità a quanto indicato nelle NTC [1].

5.10.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera è intesa 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.

In accordo con quanto indicato nel MDP RFI [2], la vita nominale è stata assunta pari a $V_N = 100$ anni.

| TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾ | Vita Nominale V_N [Anni] ⁽¹⁾ |
|---|--|
| OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h) | 50 |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h | 75 |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h | 100 |
| OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m | ≥ 100 ⁽²⁾ |
| <p>(1) – La stessa V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprighiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.</p> <p>(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.</p> | |

Tabella 3– Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

5.10.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso.

In accordo con quanto indicato nel MDP RFI [2], la classe d'uso è stata assunta pari a $C_U = 1.5$.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| TIPO DI COSTRUZIONE | Classe d'uso | Coefficiente d'uso [CU] |
|--|--------------|-------------------------|
| GRANDI STAZIONI | C IV | 2,00 |
| OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA | C III | 1,50 |
| ALTRE OPERE D'ARTE | C II | 1,00 |

Tabella 4 – Classi d'uso per le infrastrutture ferroviarie

5.10.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \text{ anni} \times 1.5 = \mathbf{150 \text{ anni}}$$

Le probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, sono pari al 5% nel caso dello stato limite di collasso (SLC), al 10% nel caso dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), al 63 % nel caso dello stato limite di danno (SLD) e all'81% nel caso dello stato limite di operatività (SLO).

In definitiva, ad ogni stato limite può essere associata un'azione sismica di periodo di ritorno pari a:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

5.10.4 Parametri per la definizione degli spettri

Si riportano di seguito le coordinate del sito di progetto e i parametri per la definizione degli spettri di risposta.

$$\text{Long } [^\circ] = 11.25321;$$

$$\text{Lat } [^\circ] = 45.40079$$

I parametri per la definizione degli spettri di risposta sono indicati nella tabella seguente:

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 90 | 0.067 | 2.493 | 0.265 |
| SLD | 151 | 0.086 | 2.475 | 0.269 |
| SLV | 1424 | 0.213 | 2.436 | 0.286 |
| SLC | 2475 | 0.261 | 2.385 | 0.292 |

Tabella 5 – Parametri per la definizione degli spettri di risposta

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

5.10.5 Categoria di sottosuolo

Per tener conto della tipologia di sottosuolo nella definizione dell'azione sismica, si può far riferimento all'approccio semplificato basato sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento (tab 3.2.II NTC [1]):

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i> |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| E | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i> |

Tabella 6 – Categorie di sottosuolo secondo NTC [1]

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s).

In base alle indagini geologico-geotecniche effettuate, i terreni di fondazione interessati dalle opere oggetto di questa relazione possono essere classificati come **categoria "C"**.

5.10.6 Condizioni topografiche

Per le condizioni topografiche si fa riferimento alla seguente classificazione (tab 3.2.IV NTC [1]):

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

Tabella 7 – Categorie topografiche NTC [1]

La morfologia del territorio in cui ricade l'opera, è tale per cui ricade nella categoria topografica **T1**.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

5.10.7 Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T \leq T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T \leq T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T \leq T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T} \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

dove

- T ed S_e sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale orizzontale
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente: $S = S_s \times S_T$; S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica ed S_T il coefficiente di amplificazione topografica riportati nelle tabelle seguenti;

| Categoria sottosuolo | S_s | C_c |
|----------------------|---|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

Tabella 8 – Espressioni di S_s e C_s (NTC [1])

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S _T |
|-----------------------|--|----------------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4 |

Tabella 9 – Espressioni di S_T (NTC [1])

- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali diversi dal 5%, mediante la relazione:

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

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione $T_C = C_C \cdot T_C^*$, dove C_C è il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ed è pari a $T_B = T_C / 3$;
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D = 4.0 a_g/g + 1.6$

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T e S_{ve} sono rispettivamente il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale verticale, mentre F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in funzione dell'accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a_g , F_o , S , η sono quelli già definiti per le componenti orizzontali; i valori di S_s , T_B , T_C e T_D , sono invece quelli riportati nella tabella seguente:

| Categoria di sottosuolo | S_s | T_B | T_C | T_D |
|-------------------------|-------|--------|--------|-------|
| A, B, C, D, E | 1,0 | 0,05 s | 0,15 s | 1,0 s |

Tabella 10 – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale (NTC [1])

5.10.8 Spettri di progetto in accelerazione

In accordo con quanto indicato ai §§ 7.9.5.3 e 7.9.5.4.1 delle NTC [1], per le verifiche degli elementi d'impalcato e per gli appoggi, è stato assunto un fattore di struttura $q=1$.

Tuttavia, in accordo con quanto indicato al §2.2.1.8.3.3 del MDP RFI [2], per la valutazione delle sollecitazioni sugli appoggi e sui ritegni sismici, si è assunto un valore di smorzamento corrispondente a $\xi=10\%$.

Si riportano di seguito i grafici e le tabelle degli spettri di risposta di progetto in accelerazione delle componenti orizzontale (corrispondenti a $\xi = 5\%$ e $\xi = 10\%$) e verticale per lo stato limite di salvaguardia della vita.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

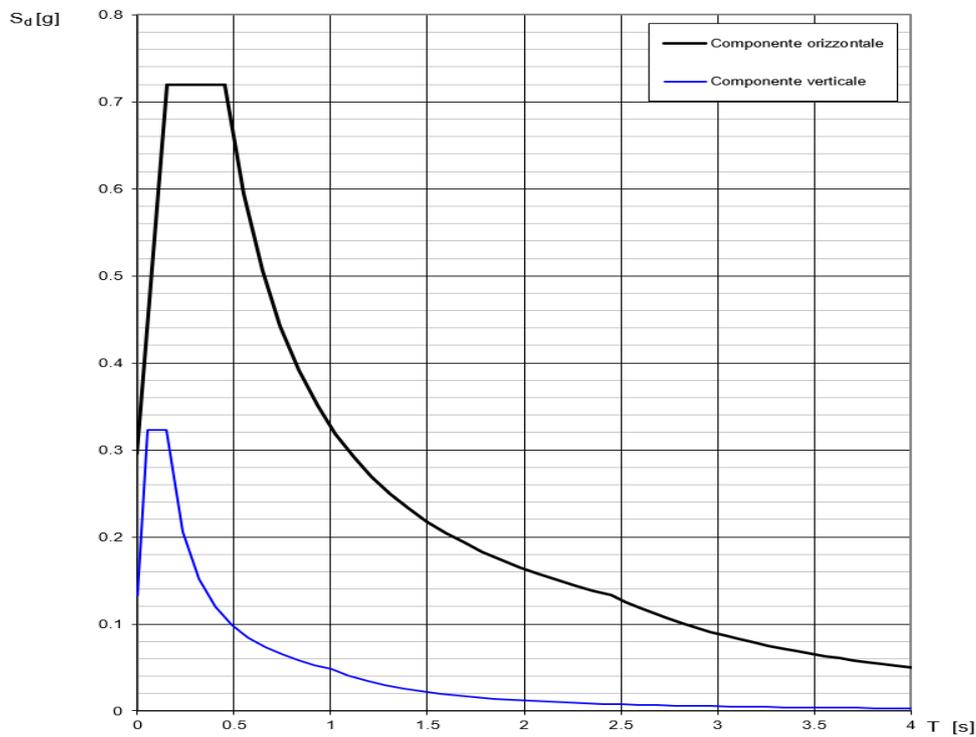


Figura 10 – Spettri di progetto delle componenti orizzontale e verticale per $q=1$

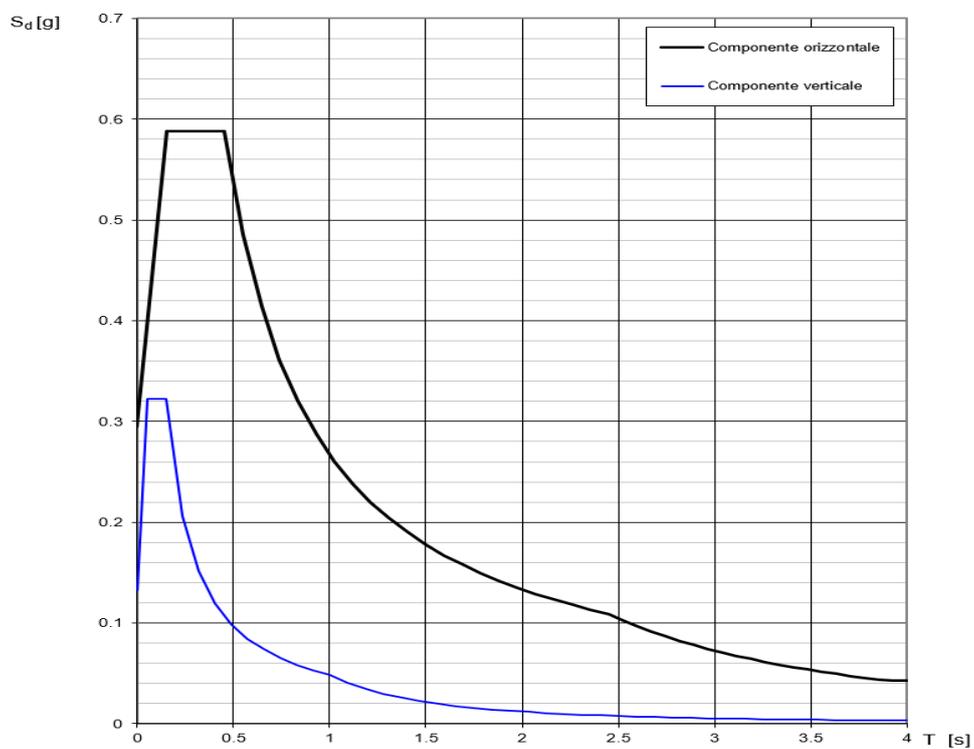


Figura 11 – Spettri di progetto delle componenti orizzontale e verticale per $q=1.224$ ($\xi=10\%$)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| Punti dello spettro di risposta | | Punti dello spettro di risposta | | Punti dello spettro di risposta | |
|---------------------------------|-------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|--------|
| | T [s] | Se [g] | | T [s] | Se [g] |
| | 0.000 | 0.295 | | 0.000 | 0.295 |
| T _B ← | 0.151 | 0.720 | T _B ← | 0.151 | 0.588 |
| T _C ← | 0.454 | 0.720 | T _C ← | 0.454 | 0.588 |
| | 0.549 | 0.595 | | 0.549 | 0.486 |
| | 0.644 | 0.507 | | 0.644 | 0.414 |
| | 0.739 | 0.442 | | 0.739 | 0.361 |
| | 0.834 | 0.391 | | 0.834 | 0.320 |
| | 0.929 | 0.351 | | 0.929 | 0.287 |
| | 1.024 | 0.319 | | 1.024 | 0.260 |
| | 1.119 | 0.292 | | 1.119 | 0.238 |
| | 1.214 | 0.269 | | 1.214 | 0.220 |
| | 1.310 | 0.249 | | 1.310 | 0.204 |
| | 1.405 | 0.232 | | 1.405 | 0.190 |
| | 1.500 | 0.218 | | 1.500 | 0.178 |
| | 1.595 | 0.205 | | 1.595 | 0.167 |
| | 1.690 | 0.193 | | 1.690 | 0.158 |
| | 1.785 | 0.183 | | 1.785 | 0.149 |
| | 1.880 | 0.174 | | 1.880 | 0.142 |
| | 1.975 | 0.165 | | 1.975 | 0.135 |
| | 2.070 | 0.158 | | 2.070 | 0.129 |
| | 2.166 | 0.151 | | 2.166 | 0.123 |
| | 2.261 | 0.144 | | 2.261 | 0.118 |
| | 2.356 | 0.139 | | 2.356 | 0.113 |
| T _D ← | 2.451 | 0.133 | T _D ← | 2.451 | 0.109 |
| | 2.525 | 0.126 | | 2.525 | 0.103 |
| | 2.598 | 0.119 | | 2.598 | 0.097 |
| | 2.672 | 0.112 | | 2.672 | 0.092 |
| | 2.746 | 0.106 | | 2.746 | 0.087 |
| | 2.820 | 0.101 | | 2.820 | 0.082 |
| | 2.894 | 0.096 | | 2.894 | 0.078 |
| | 2.967 | 0.091 | | 2.967 | 0.074 |
| | 3.041 | 0.087 | | 3.041 | 0.071 |
| | 3.115 | 0.082 | | 3.115 | 0.067 |
| | 3.189 | 0.079 | | 3.189 | 0.064 |
| | 3.262 | 0.075 | | 3.262 | 0.061 |
| | 3.336 | 0.072 | | 3.336 | 0.059 |
| | 3.410 | 0.069 | | 3.410 | 0.056 |
| | 3.484 | 0.066 | | 3.484 | 0.054 |
| | 3.557 | 0.063 | | 3.557 | 0.052 |
| | 3.631 | 0.061 | | 3.631 | 0.050 |
| | 3.705 | 0.058 | | 3.705 | 0.048 |
| | 3.779 | 0.056 | | 3.779 | 0.046 |
| | 3.852 | 0.054 | | 3.852 | 0.044 |
| | 3.926 | 0.052 | | 3.926 | 0.043 |
| | 4.000 | 0.050 | | 4.000 | 0.043 |

| Punti dello spettro di risposta | | Punti dello spettro di risposta | |
|---------------------------------|-------|---------------------------------|--|
| | T [s] | Se [g] | |
| | 0.000 | 0.132 | |
| T _B ← | 0.050 | 0.323 | |
| T _C ← | 0.150 | 0.323 | |
| | 0.235 | 0.206 | |
| | 0.320 | 0.151 | |
| | 0.405 | 0.120 | |
| | 0.490 | 0.099 | |
| | 0.575 | 0.084 | |
| | 0.660 | 0.073 | |
| | 0.745 | 0.065 | |
| | 0.830 | 0.058 | |
| | 0.915 | 0.053 | |
| T _D ← | 1.000 | 0.048 | |
| | 1.094 | 0.040 | |
| | 1.188 | 0.034 | |
| | 1.281 | 0.029 | |
| | 1.375 | 0.026 | |
| | 1.469 | 0.022 | |
| | 1.563 | 0.020 | |
| | 1.656 | 0.018 | |
| | 1.750 | 0.016 | |
| | 1.844 | 0.014 | |
| | 1.938 | 0.013 | |
| | 2.031 | 0.012 | |
| | 2.125 | 0.011 | |
| | 2.219 | 0.010 | |
| | 2.313 | 0.009 | |
| | 2.406 | 0.008 | |
| | 2.500 | 0.008 | |
| | 2.594 | 0.007 | |
| | 2.688 | 0.007 | |
| | 2.781 | 0.006 | |
| | 2.875 | 0.006 | |
| | 2.969 | 0.005 | |
| | 3.063 | 0.005 | |
| | 3.156 | 0.005 | |
| | 3.250 | 0.005 | |
| | 3.344 | 0.004 | |
| | 3.438 | 0.004 | |
| | 3.531 | 0.004 | |
| | 3.625 | 0.004 | |
| | 3.719 | 0.004 | |
| | 3.813 | 0.003 | |
| | 3.906 | 0.003 | |
| | 4.000 | 0.003 | |

Tabella 11 – Spettri in accelerazione della componente orizzontale con $q=1$ (sinistra) e $q=1.224$ (centro) e della componente verticale

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

6 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico assunte nelle verifiche sono state definite in accordo ai paragrafi 2.5.3 e 5.2.3 delle NTC [1] e come previsto dalla normativa ferroviaria [2].

Le combinazioni analizzate sono riportate in Allegato A .

Prima di mostrare i coefficienti di combinazione ai vari stati limite considerati viene condiviso il criterio di simultaneità delle azioni da traffico ferroviario:

| TIPO DI CARICO | Azioni verticali | | Azioni orizzontali | | | Commenti |
|----------------|----------------------|---------------|------------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|
| | Carico verticale (1) | Treno scarico | Frenatura e avviamento | Centrifuga | Serpeggio | |
| Gruppo 1 (2) | 1,00 | - | 0,5 (0,0) | 1,0 (0,0) | 1,0 (0,0) | massima azione verticale e laterale |
| Gruppo 2 (2) | - | 1,00 | 0,00 | 1,0 (0,0) | 1,0(0,0) | stabilità laterale |
| Gruppo 3 (2) | 1,0 (0,5) | - | 1,00 | 0,5 (0,0) | 0,5 (0,0) | massima azione longitudinale |
| Gruppo 4 | 0,8 (0,6; 0,4) | - | 0,8 (0,6; 0,4) | 0,8 (0,6; 0,4) | 0,8 (0,6; 0,4) | fessurazione |

Azione dominante
(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc.)
(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Tabella 12 – Gruppi di carichi da traffico

6.1 Stato limite Ultimo

Di seguito il criterio di combinazione adottato per le verifiche allo stato limite ultimo:

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

e il criterio per combinazioni di tipo sismico:

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

Vengono utilizzati i coefficienti di combinazione parziali per lo stato limite Ultimo come mostrato nella tabella seguente:

| | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|-------|----------|--|------|----|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0005006</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> </table> | Progetto | Lotto | Codifica | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |
| Progetto | Lotto | Codifica | | | | | | | |
| IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C | | | | | | |

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 STR | A2 GEO | Combinazione eccezionale | Combinazione Sismica |
|---|-------------|---------------|---------------------|---------------------|--------|--------------------------|----------------------|
| Carichi permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 1,00 |
| Ballast ⁽³⁾ | favorevoli | γ_B | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 1,00 |
| Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾ | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,45 | 1,45 | 1,25 | 0,20 ⁽⁵⁾ | 0,20 ⁽⁵⁾ |
| Carichi variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 0,00 |
| Precompressione | favorevole | γ_P | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevole | | 1,00 ⁽⁶⁾ | 1,00 ⁽⁷⁾ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

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

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

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 13 – Coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche SLU

Ed i relativi coefficienti di combinazione:

| Azioni | | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|----------------------------|---|---------------------|---------------------|----------|
| Azioni singole da traffico | Carico sul rilevato a tergo delle spalle | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| | Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| Gruppi di carico | gr1 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr2 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | - |
| | gr3 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr4 | 1,00 | 1,00 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| Azioni del vento | F_{Wk} | 0,60 | 0,50 | 0,0 |
| Azioni da neve | in fase di esecuzione | 0,80 | 0,0 | 0,0 |
| | SLU e SLE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Azioni termiche | T_k | 0,60 | 0,60 | 0,50 |

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 14 – Coefficienti di combinazione ψ

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

6.2 Stato limite di Esercizio

Segue il criterio di calcolo delle combinazioni per gli stati limiti di esercizio:

Rara:

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

Frequente:

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

Quasi Permanente:

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

I valori di combinazione indicati nelle precedenti espressioni sono già indicati nel sottoparagrafo relativo agli stati limite ultimi.

6.3 Stato limite di Fatica

Le verifiche a fatica sono state condotte facendo riferimento alla combinazione caratteristica (rara).

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

7 ANALISI GLOBALI DI IMPALCATO

Nel presente capitolo si riporta una descrizione delle analisi globali effettuate sull'impalcato e, successivamente, se ne illustrano i risultati ottenuti.

7.1 Modello di calcolo

Sono state eseguite analisi di tipo lineare su tre diversi modelli di calcolo, allo scopo di valutare il comportamento globale della struttura sotto le diverse condizioni di carico:

- *Modello globale n°1*: per la valutazione degli effetti causati dai carichi permanenti;
- *Modello globale n°2*: per la valutazione degli effetti causati dai carichi variabili;
- *Modello globale n°3*: per la valutazione degli effetti causati dall'azione sismica.

Nei modelli si è scelto a priori di non sfruttare eventuali possibilità di redistribuzione plastica delle sollecitazioni. I risultati dei tre modelli vengono tra loro sommati in quanto valido il criterio della sovrapposizione degli effetti.

Il modello comprende l'impalcato con gli elementi principali esplicitamente modellati. Risultano quindi: le travi principali, elementi trasversali ad altezza soletta atti a simulare il comportamento flessionale della soletta in direzione trasversale, controventi superiori, controventi inferiori e diaframmi costituiti da briglia superiore, inferiore e diagonali.

Non sono state modellate le pile, le quali sono state rimpiazzate da vincoli ideali posti in corrispondenza degli appoggi.

7.1.1 Software di calcolo

Il software di calcolo utilizzato è Midas Civil 2020 v3.2, sviluppato da MIDAS Information Technology Co (1989) e distribuito in Italia da CSPFea.

7.1.2 Analisi per carichi permanenti

Il modello, denominato modello globale n°1 - carichi permanenti ed effetti reologici del calcestruzzo, simula le macrofasi che caratterizzano la struttura oggetto della presente relazione, a partire dalla fase precedente al getto della soletta fino ad arrivare al cosiddetto "tempo infinito", corrispondente all'esaurimento degli effetti lenti nel calcestruzzo della soletta.

Il modello, interamente costituito da elementi tipo "beam", consta del solo impalcato essendo le sottostrutture modellate mediante vincoli ideali.

Le caratteristiche inerziali assegnate alle sezioni dei vari "beam" costituenti il graticcio rispecchiano la carpenteria indicata negli elaborati progettuali.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

L'impalcato è stato rappresentato con una modellazione a graticcio nella quale, per tener conto del contributo alla rigidità offerto dalla soletta negli effetti globali, alle travi sono state assegnate le proprietà delle corrispondenti sezioni miste acciaio-calcestruzzo, mediante l'uso della *Composite Section* implementata nel software adottato.

Al fine di ottenere la corretta ripartizione trasversale e replicare la giusta rigidità della soletta, sono state modellate aste in calcestruzzo la cui sezione presenta un'altezza pari allo spessore medio della soletta e larghezza pari alla discretizzazione adottata nel modello.

Tali elementi "soletta" sono inoltre utili per applicare i vari carichi agenti nella reale posizione sull'impalcato.

Si riporta nell'immagine seguente una vista dell'impalcato così come modellato. Si notano i "beam" delle travi miste, i "beam" della soletta, i traversi di tipo reticolare e, in colore ciano, i vincoli cinematici di tipo rigido che collegano i nodi baricentrici degli angolari con i nodi a estradosso impalcato.

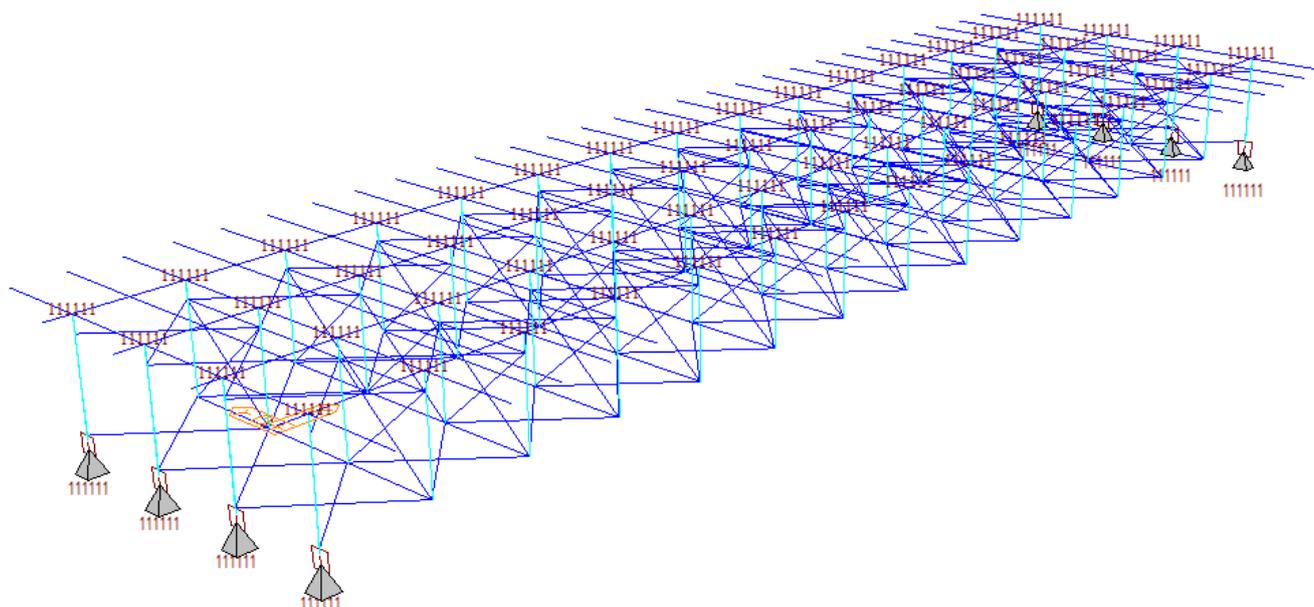


Figura 12 – Modellazione dell'impalcato con schema a graticcio

Con l'obiettivo di rappresentare le linee baricentriche dei diversi conci di impalcato nelle effettive posizioni, si è fatto uso del comando "Change Offset ...": tale funzione di Midas Civil consente di imporre agli elementi di impalcato modellati, un punto di inserimento specifico (Insertion Point) diverso dal baricentro dell'elemento stesso, permettendo così di modellare facilmente la reale quota a cui si trova l'impalcato. L'impalcato è stato dunque modellato in corrispondenza dell'estradosso, come può evincersi facilmente dalla figura seguente.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

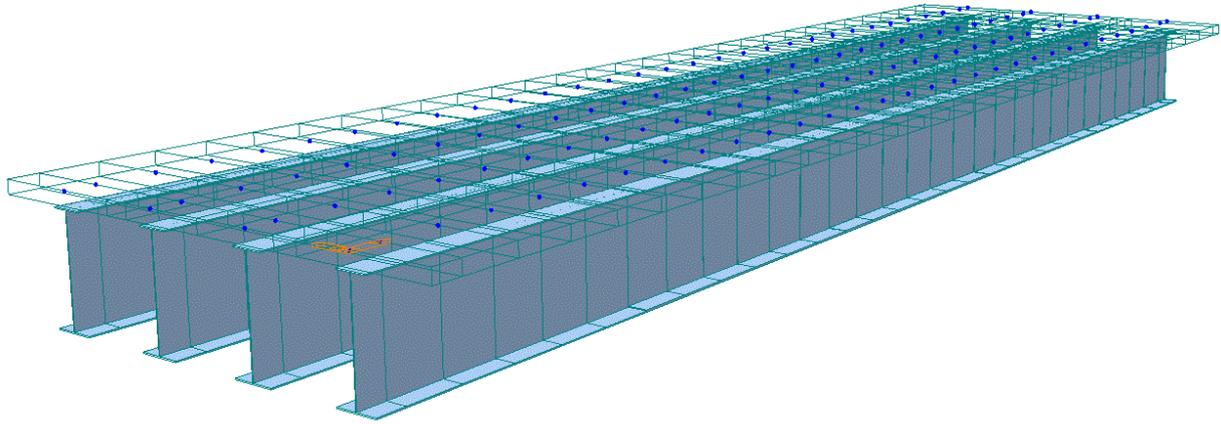


Figura 13 – Modellazione delle travi miste di impalcato attraverso il comando “Change Offset...”

I carichi distribuiti applicati su un elemento beam con un punto di inserimento specifico, così come gli output in sollecitazioni, vengono riportati sulla linea baricentrica: il software sposta automaticamente l'elemento trave sul suo asse baricentrico e lo connette tramite vincoli cinematici di tipo rigido ai nodi dell'Insertion Point, i quali a loro volta sono collegati al resto della struttura.

Il contributo alla rigidezza delle travi offerto dalla soletta è stato modellato assumendo un modulo di elasticità ridotto per tener conto degli effetti della viscosità.

Nell'immagine che segue viene mostrata esplicitamente la connessione mediante Rigid Link tra la trave e gli altri elementi ad essa connessa.

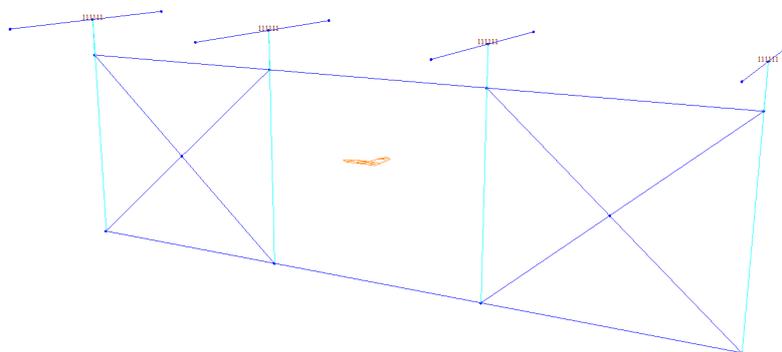


Figura 14 – Collegamento tra travi e elementi trasversali

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

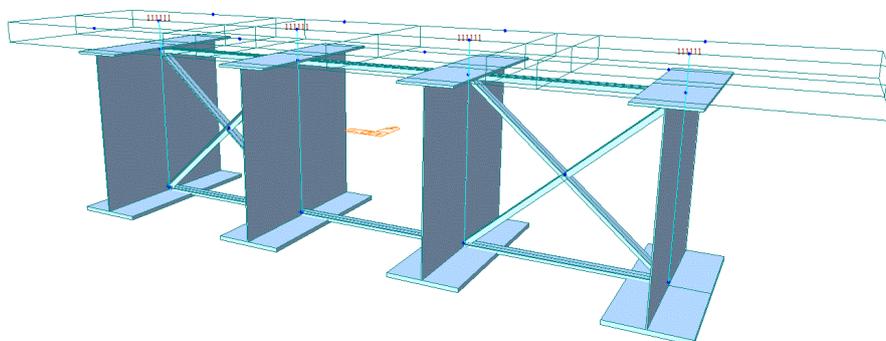


Figura 15 – Collegamento tra travi e elementi trasversali – vista estrusa

Modellazione delle azioni:

- I carichi permanenti associati alla carpenteria metallica vengono considerati nell'analisi a partire dalla geometria del modello stesso (fatta eccezione per le parti non modellate, delle quali si tiene comunque conto, in parte assumendo un peso specifico del materiale maggiorato del 10% e in parte attraverso carichi nodali o uniformemente distribuiti sulle travi). Il peso della soletta (comprensivo delle predalle) è stato applicato alle travi principali con carichi uniformemente distribuiti e ripartiti secondo le aree di influenza rispettive
- I carichi permanenti non strutturali sono stati applicati nella loro reale posizione come forze concentrate o distribuite rispettivamente sui nodi o sugli elementi della soletta.
- Gli effetti del ritiro sono stati modellati in maniera esplicita nell'analisi, assegnando al calcestruzzo della soletta, tramite il comando "Time Dependent Material Link", una deformazione impressa variabile nel tempo pari proprio alla deformazione da ritiro così come definita al §5.8 della presente relazione di calcolo. La valutazione degli effetti è possibile a seguito dell'implementazione di una "Construction stage analysis" in Midas Civil.
- Gli effetti viscosi legati all'applicazione dei carichi di lunga durata sono stati modellati indirettamente attraverso il Metodo del Modulo Ridotto (MMR).

Il MMR consiste nell'assumere un modulo di elasticità ridotto per il calcestruzzo nel calcolo degli effetti legati ai carichi di lunga durata. Tale metodo tiene conto anche del fenomeno dell'invecchiamento del materiale.

In particolare, nel modello di calcolo, è stato assunto un modulo di elasticità del calcestruzzo pari a $E_{c,RID} = 12\,359\text{ MPa}$

Come precedentemente accennato, nel modello globale n°1 è stata implementata una Construction Stage Analysis che consta in 5 fasi così articolate:

- Fase 1: solo acciaio: in tale fase vengono attivati i "beam" corrispondenti ai vari elementi costituenti la carpenteria metallica e le pile, il peso proprio degli stessi ed i vincoli esterni ed interni presenti.

Sezione dell'impalcato reagente: solo acciaio.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Carichi agenti sull'impalcato: peso proprio della carpenteria metallica.

- Fase 2: getto della soletta (fluida): viene applicato il carico distribuito lungo le travi corrispondente al peso della soletta opportunamente ripartito trasversalmente sulle varie travi.

Sezione dell'impalcato reagente: solo acciaio.

Carichi agenti sull'impalcato: peso proprio della soletta.

- Fase 3: sezione mista: è la fase a partire della quale la soletta si considera reagente: vengono attivati i frame trasversali della soletta (utili alla modellazione del comportamento a graticcio) e si considerano per gli elementi trave le caratteristiche della sezione mista, assumendo per il calcestruzzo della soletta il modulo elastico ridotto precedentemente indicato.

Sezione dell'impalcato reagente: sezione mista.

Carichi agenti sull'impalcato: nessuno (fase di transizione).

- Fase 4: permanenti non strutturali: in tale fase vengono applicati i carichi permanenti non strutturali (g2).

Sezione dell'impalcato reagente: sezione mista.

Carichi agenti sull'impalcato: permanenti non strutturali g2.

- Fase 5: tempo infinito: non vi è applicazioni di carichi esterni aggiuntivi. Viene effettuata un'analisi nel tempo al fine espletare gli effetti da ritiro che risultano esauriti per un tempo di 10 000 giorni.

Da tale fase vengono estratti gli output in sollecitazioni e spostamenti di tale modello.

Sezione dell'impalcato reagente: sezione mista.

Carichi agenti sull'impalcato: ritiro della soletta.

7.1.3 *Analisi per carichi variabili*

Il modello, denominato modello globale n°2 - carichi accidentali, è stato realizzato con lo scopo di analizzare la risposta della struttura sotto carichi variabili quali:

- carichi mobili;
- azione del vento;
- variazioni termiche.

Essendo queste azioni classificabili come carichi di "breve durata", gli effetti viscosi sono stati trascurati: alla soletta è stato assegnato il modulo elastico effettivo del calcestruzzo:

| | | | |
|----------|---|------------|---|
| E_{cm} | = | 33 346 Mpa | modulo elastico del calcestruzzo |
| n | = | 6.298 | coefficiente di omogeneizzazione (B.T.) |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Per la geometria e le condizioni di vincolo si può fare riferimento al modello globale n°1.

Modellazione delle azioni:

- I carichi mobili verticali sono stati modellati attraverso una “Moving Load Analysis”.

Tale analisi è stata definita come segue: sono state assegnate delle linee di carico, entro quale il treno può muoversi, queste linee sono associate a dei frame, nello specifico vengono assegnati agli elementi delle travi. Assegnando una certa eccentricità si posiziona il carico in modo opportuno, centrandolo sull’asse binario e, dove richiesto, si considerano le eccentricità accidentali e/o le eccentricità legate al sovrizzo.

Il risultato è espresso in termini di involucro delle sollecitazioni e degli spostamenti al variare delle posizioni assunte dai carichi mobili lungo le linee.

Nell’immagine che segue si riporta un esempio di linea di carico, nello specifico: il frame preso come riferimento è la seconda trave da sinistra. Appare chiaro dall’immagine l’eccentricità della linea che corrisponde all’asse binario coerentemente con gli elaborati progettuali.

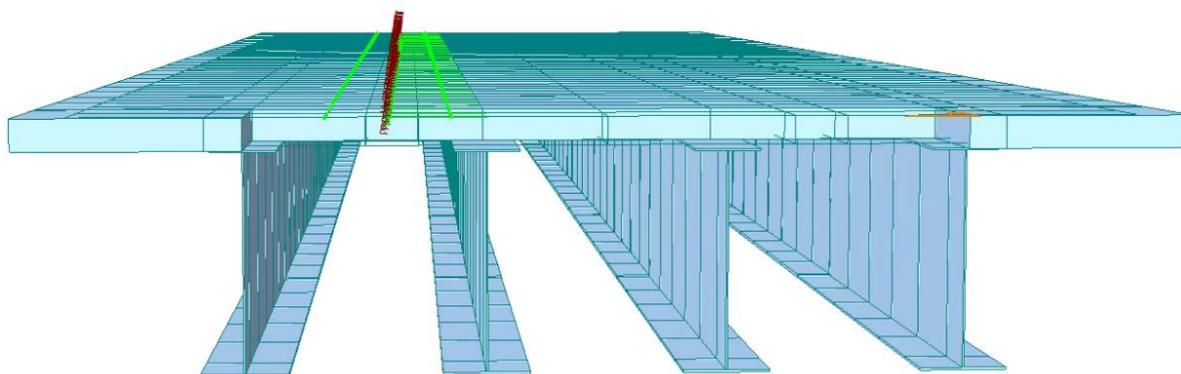


Figura 16- Esempio di linea di carico per i moving Load

- Le azioni da traffico orizzontali sono state considerate come carichi uniformemente distribuiti o puntuali applicati opportunamente e ripartiti come azioni equivalenti sui due cassoncini costituenti l’impalcato.

Gli effetti legati all’azione di frenamento/accelerazione sono applicati longitudinalmente considerando le giuste eccentricità rispetto alla modellazione adottata e applicando azioni di trasporto relative che si traducono in momenti flettenti longitudinali distribuiti.

- Il carico da vento è stato considerato come un’azione statica equivalente applicata su tutta la struttura in direzione trasversale. Il carico è stato ripartito lungo le singole travi e sulle estremità della soletta per tenere conto di effetti concentrati dovute a barriere antirumore. Si è tenuto conto anche dell’azione del vento sui convogli.
- La variazione termica uniforme è stata applicata su tutti gli elementi “beam” presenti nel modello.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

- La variazione termica differenziale trave-soletta è stata modellata attraverso forze equivalenti, come indicato nella figura seguente:

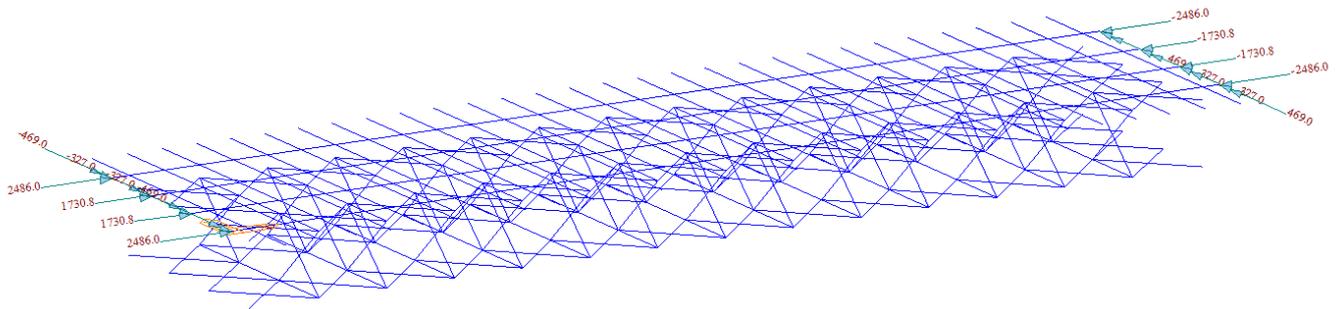


Figura 17 – Applicazione della termica differenziale trave-soletta

La forza corrispondente alla variazione termica differenziale trave-soletta è stata calcolata come:

$$N = \alpha \Delta T A_{cls} E_{c,0}$$

Tale forza è applicata sul baricentro della sezione composta dalla soletta più la predella.

7.1.4 Analisi sismiche

Il modello, denominato modello globale n°3 - sismica, è stato utilizzato per eseguire analisi dinamiche lineari (analisi modali con spettri di risposta) finalizzate alla valutazione della risposta della struttura sotto azione sismica.

In tale modello, al fine di simulare la rigidità della soletta nel proprio piano, è stato necessario abbandonare per l'impalcato la modellazione a graticcio e si è ritenuto opportuno modellare la soletta attraverso elementi "plate".

Sia le travi quanto la soletta sono modellati a quota estradosso soletta. Per le travi si è utilizzato il comando "Change offset..." descritto precedentemente, per gli elementi plate della soletta è invece stato sufficiente inserire un offset pari metà spessore della soletta.

Modellazione dell'azione sismica

La risposta della struttura è stata valutata attraverso analisi di tipo lineare (analisi modale con spettri di risposta).

La combinazione tra gli effetti associati a ciascun modo di vibrare è stata eseguita attraverso la "combinazione quadratica completa" (CQC, §7.3.3.1 delle NTC [1]).

Nell'analisi modale sono state considerate le masse associate ai carichi permanenti strutturali g1 e non strutturali g2. Data l'importanza della linea ferroviaria sono stati considerati il 20% dei carichi da traffico nella valutazione delle masse sismiche e i relativi carichi verticali associati.

Il numero di modi di vibrare considerato nell'analisi è pari a 100.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

L'azione sismica è stata modellata attraverso gli spettri di risposta riportati al §5.10. Lo smorzamento viscoso equivalente associato alla struttura, e con il quale è stato ricavato lo spettro di progetto, è pari al 5%, fatta eccezione per il calcolo delle azioni sui dispositivi di vincolo e sui ritegni, dove si è assunto uno smorzamento del 10%.

Poiché nel modello non si è tenuto conto della deformabilità delle sottostrutture, a favore di sicurezza, lo spettro è stato modificato come indicato nelle immagini seguenti.

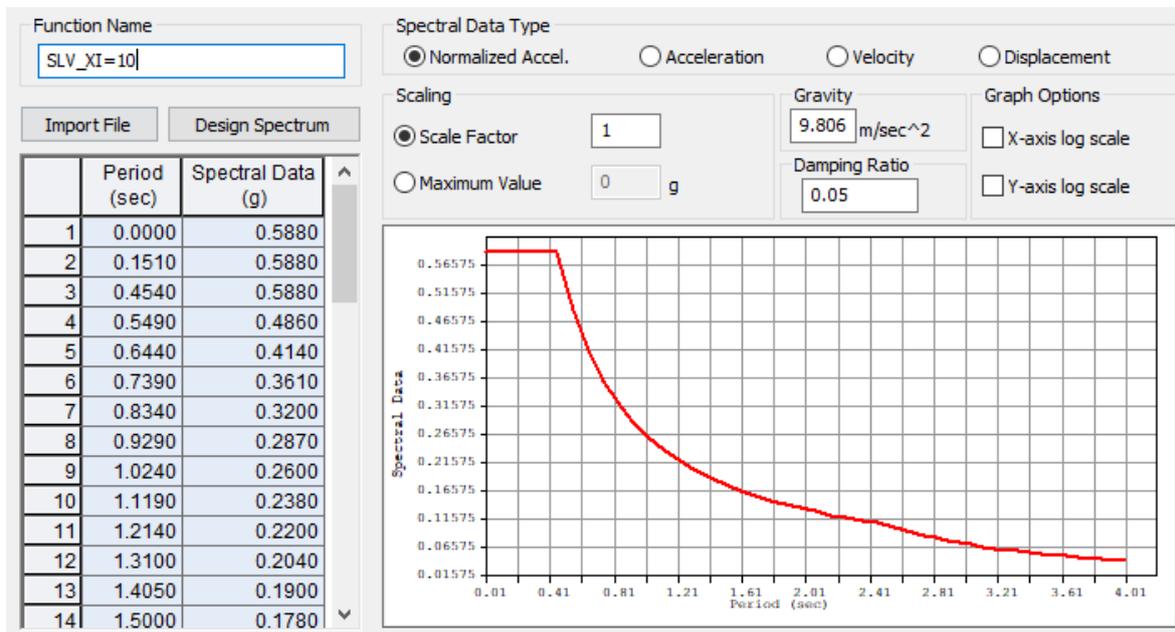


Figura 18 – Spettro SLV orizzontale utilizzato nelle analisi ($\xi=5\%$)

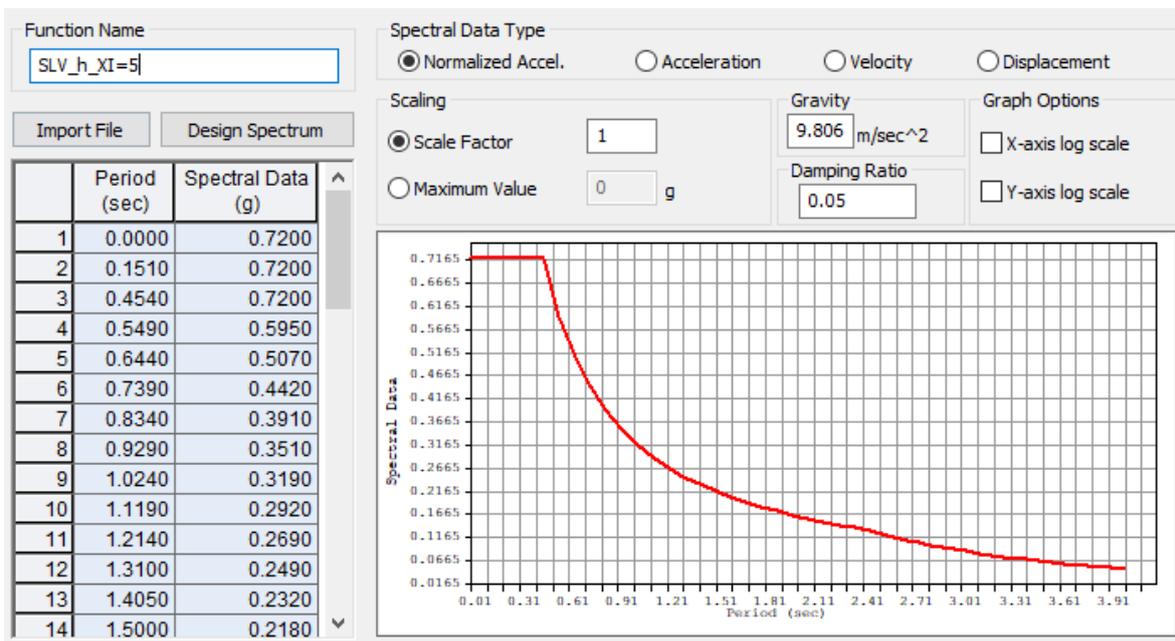


Figura 19 – Spettro SLV orizzontale utilizzato nelle analisi ($\xi=10\%$)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

7.1.1 Modellazione degli appoggi

I dispositivi di appoggio sono stati modellati attraverso link elastici (*elastic link*), i quali collegano i nodi posti ad intradosso travi con i nodi posti in corrispondenza dell'estradosso dei baggioli. A quest'ultimi è stato assegnato un vincolo ideale di incastro.

Nelle immagini seguenti si riportano delle viste del modello. In particolare, in Figura 21, si riporta la numerazione dei link elastici in appoggio.

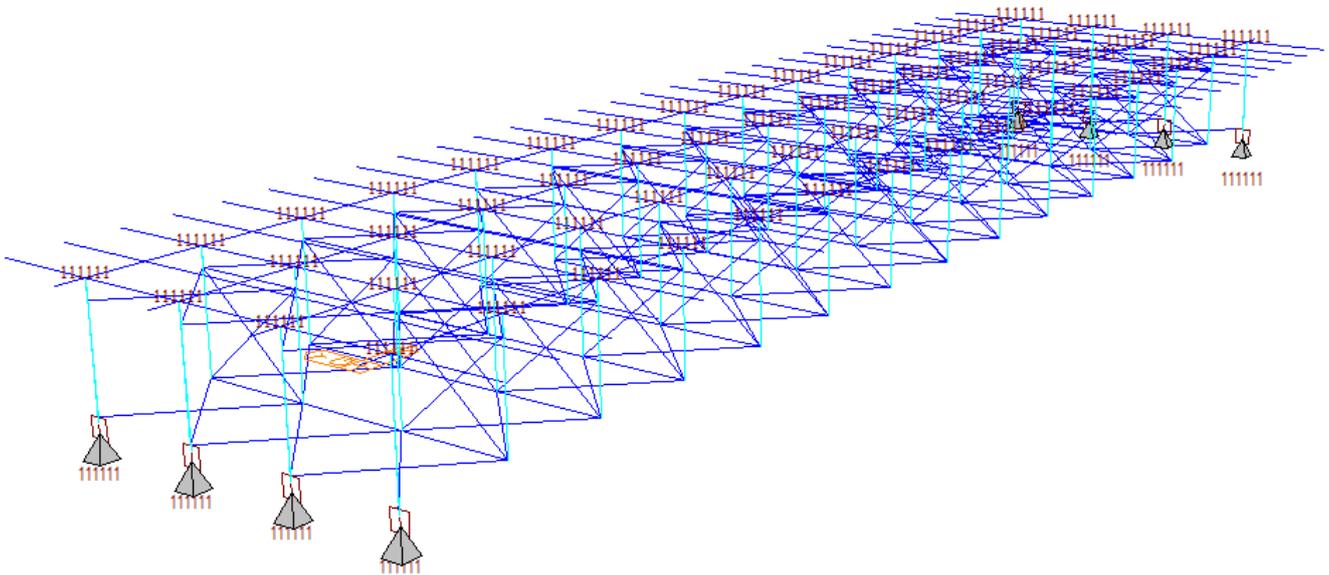


Figura 20 – Modellazione dei dispositivi di vincolo

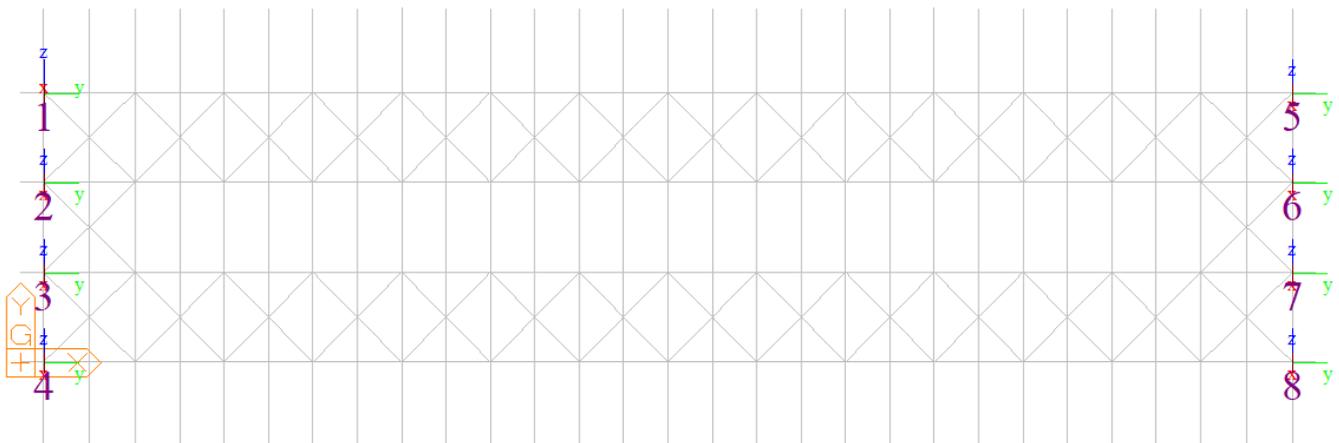


Figura 21 – Numerazione dei link elastici di appoggio

| | | | | | |
|---|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

La rigidezza assiale dei link è stata posta pari a **$k=1e10$ kN/m**. Le rigidezze rotazionali sono invece state poste pari a zero (cerniere e carrelli).

Le rigidezze orizzontali sono state poste pari a **$k=1e6$ kN/m** laddove lo spostamento è impedito, mentre sono state poste pari a zero laddove lo spostamento è consentito.

| No | Node1 | Node2 | Type | B Angle ([deg]) | RIGID | SDx (kN/m) | SDy (kN/m) | SDz (kN/m) | SRx (kN*m/[rad]) | SRy (kN*m/[rad]) | SRz (kN*m/[rad]) |
|----|--------|-------|------|-----------------|--------|-----------------|--------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 400088 | 1 | GEN | 90.00 | 000000 | 10000000000.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 400089 | 2 | GEN | 90.00 | 000000 | 10000000000.000 | 1000000.0000 | 1000000.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 400090 | 3 | GEN | 90.00 | 000000 | 10000000000.000 | 1000000.0000 | 1000000.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 400091 | 4 | GEN | 90.00 | 000000 | 10000000000.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 400092 | 5 | GEN | 90.00 | 000000 | 10000000000.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 400093 | 6 | GEN | 90.00 | 000000 | 10000000000.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 400094 | 7 | GEN | 90.00 | 000000 | 10000000000.000 | 0.0000 | 1000000.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 400095 | 8 | GEN | 90.00 | 000000 | 10000000000.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Tabella 15 – Rigidezze dei link elastici in appoggio

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

7.2 Descrizione dei casi di carico implementati nel software

Si riporta di seguito una legenda dei casi di carico implementati nel modello FEM, al fine di consentire una più facile interpretazione dei risultati mostrati in relazione.

- **G1_steel** : Modello di Fase I + II – Load Case corrispondente al peso proprio della carpenteria metallica
- **G1_cls** : Modello di Fase I + II – Load case corrispondente al peso proprio della soletta in calcestruzzo
- **G2_ballast** : Modello di Fase I + II – Load case corrispondente al peso portato del ballast
- **G2_muretti** : Modello di Fase I + II – Load case corrispondente al peso proprio portato dei muretti della vasca porta ballast
- **G2_canaline** : Modello di Fase I + II – Load case corrispondente al peso proprio portato delle canaline portacavi
- **G2_cordoli** : Modello di Fase I + II – Load case corrispondente al peso proprio dei cordoli in estremità alla soletta
- **G2_velette** : Modello di Fase I + II – Load case corrispondente al peso proprio portato delle velette di estremità dell'impalcato
- **G2_barriere** . Modello di Fase I + II – Load case corrispondente al peso proprio delle barriere antirumore da considerare anche qualora la loro installazione non fosse prevista da progetto
- **G2_camminamento** : Modello di Fase I + II – Load case corrispondente al camminamento presente all'interno dell'impalcato ai fini dell'ispezione
- **G2** : somma dei carichi permanenti non strutturali G2, escluso G2_ballast
- **Termica U** : Modello di Fase III – Load case corrispondente ad un gradiente termico uniforme applicato sull'intera struttura
- **Termica DT** : Modello di Fase III – Load Case corrispondente ad un gradiente termico differenziale tra impalcato metallico e soletta
- **Qvento_(+)** : Modello di Fase III – Load case corrispondente al carico da vento applicato sulla struttura in direzione delle y crescenti
- **ML_LM71_p** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico LM71 in asse binario pari. Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_LM71_d** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico LM71 in asse binario dispari. Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_SW2_p** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico SW2 in asse binario pari. Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

- **ML_SW2_d** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico SW2 in asse binario dispari. Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_LM71_p_sx** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico LM71 in asse binario pari, con eccentricità in sinistra (interno curva). Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_LM71_p_dx** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico LM71 in asse binario pari, con eccentricità in destra (esterno curva). Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_LM71_d_sx** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico LM71 in asse binario dispari, con eccentricità in sinistra (interno curva). Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_LM71_d_dx** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico LM71 in asse binario dispari, con eccentricità in destra (esterno curva). Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_SW2_p_sx** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico SW2 in asse binario pari, con eccentricità in sinistra (interno curva). Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_SW2_p_dx** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico SW2 in asse binario pari, con eccentricità in destra (esterno curva). Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_SW2_d_sx** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico SW2 in asse binario dispari, con eccentricità in sinistra (interno curva). Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **ML_SW2_d_dx** : Modello di Fase III - Load case corrispondente al modello di carico SW2 in asse binario dispari, con eccentricità in destra (esterno curva). Massimizzazione delle componenti di sollecitazione e spostamento mediante le linee di influenza
- **Qcent_LM71_j_k** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza centrifuga, gli indici j e k assumono le seguenti denominazioni a seconda della posizione considerata:
 - o j : p o d a seconda che si consideri il treno di carico i sul binario pari o dispari rispettivamente
 - o k : mezz (forza applicata in mezzeria), pila_M (forza applicata in corrispondenza della pila lato mobile), pila_F (forza applicata in corrispondenza della pila lato Fisso)
 - esempio: Qcent_LM71_d_pila_F : leggi come= Forza centrifuga relativa al treno di carico LM71 applicata sul binario dispari in corrispondenza della pila lato fisso.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

- **Qcent_SW2_p** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza centrifuga del treno di carico SW2 applicata sul binario pari
- **Qcent_SW2_d** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza centrifuga del treno di carico SW2 applicata sul binario dispari
- **Qserp_i_j_k** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza di serpeggio, gli indici i, j e k assumono le seguenti denominazioni a seconda della posizione considerata:
 - o i : LM71 o SW2 a seconda del modello di carico considerati
 - o j : p o d a seconda che si consideri il treno di carico i sul binario pari o dispari rispettivamente
 - o k : mezz (forza applicata in mezzeria), pila_M (forza applicata in corrispondenza della pila lato mobile), pila_F (forza applicata in corrispondenza della pila lato Fisso)
 - esempio: Qserp_LM71_d_pila_F : leggi come= Forza di serpeggio relativa al treno di carico LM71 applicata sul binario dispari in corrispondenza della pila lato fisso.
- **Qavv_LM71_p** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza di avviamento del treno di carico LM71 presente sul binario pari
- **Qavv_LM71_d** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza di avviamento del treno di carico LM71 presente sul binario dispari
- **Qavv_SW2_p** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza di avviamento del treno di carico SW2 presente sul binario pari
- **Qavv_SW2_d** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza di avviamento del treno di carico LM71 presente sul binario dispari
- **Qfren_LM71_p** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza di frenatura del treno di carico LM71 presente sul binario pari
- **Qfren_LM71_d** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza di frenatura del treno di carico LM71 presente sul binario dispari
- **Qfren_SW2_p** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza di frenatura del treno di carico SW2 presente sul binario pari
- **Qfren_SW2_d** : Modello di Fase III – Carico statico corrispondente alla forza di frenatura del treno di carico LM71 presente sul binario dispari
- **ENV_Traffico** : Modello di Fase III – Inviluppo di tutti i possibili scenari di traffico (gr.1 e gr.3) analizzati
- **ENV_Traffico_PSI** : Modello di Fase III – Inviluppo di tutti i possibili scenari di traffico (gr.1 e gr.3) analizzati assunti i valori frequenti
- **ENV_Traffico_gr4**: Modello di Fase III – Inviluppo di tutti i possibili scenari di traffico del gruppo 4 analizzati

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

- **LM71_p_fat** : Inviluppo degli scenari analizzati per il treno di carico LM71 su binario pari, per le verifiche a fatica (comprende centrifuga e effetti dinamici)
- **LM71_d_fat** : Inviluppo degli scenari analizzati per il treno di carico LM71 su binario dispari, per le verifiche a fatica (comprende centrifuga e effetti dinamici)

NOTA:

Negli output delle varie verifiche svolte e riportate nel presente documento, al fine di snellire l'esposizione delle stesse, i carichi sopra menzionati sono stati raggruppati nel seguente modo:

- g1 carichi permanenti strutturali
- g2 carichi permanenti non strutturali (G2 +G2_ballast)
- qt carichi da traffico (ENV_Traffico o ENV_Traffico_PSI o ENV_Traffico gr4, a secondo dalla combinazione)
- q5 azione del vento
- q7 variazione termica (combinazione della variazione termica uniforme con la variazione termica differenziale)
- ε2 azione di ritiro della soletta
- ε4 cedimenti differenziali in fondazione
- E azione sismica

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

7.3 Risultati delle analisi globali

7.3.1 Analisi modale

Si riportano nelle figure seguenti le deformate modali dei primi cinque modi di vibrare dell'impalcato.

Con i modi considerati si raggiunge una massa partecipante traslazionale maggiore all'85% in tutte e tre le direzioni.

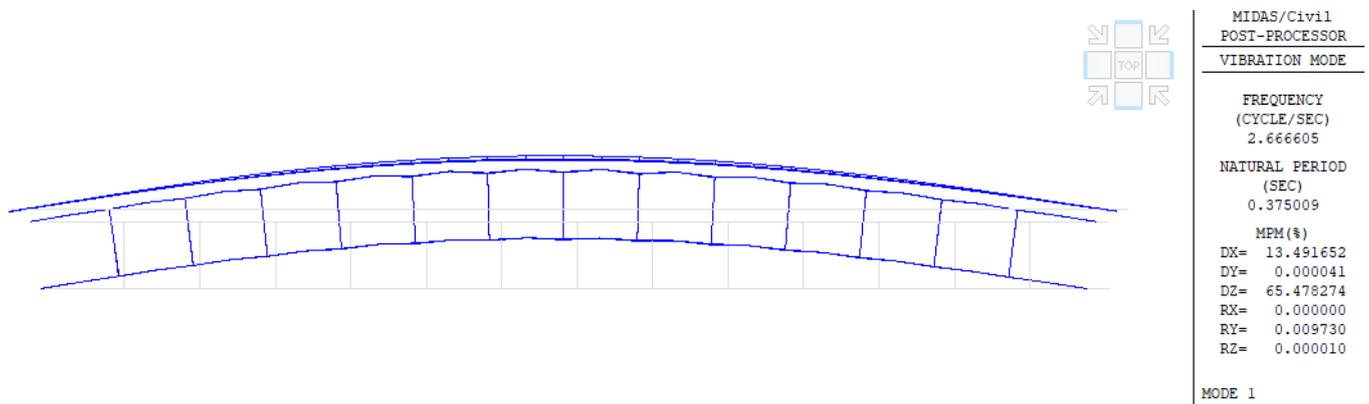


Figura 22 – 1 modo di vibrare

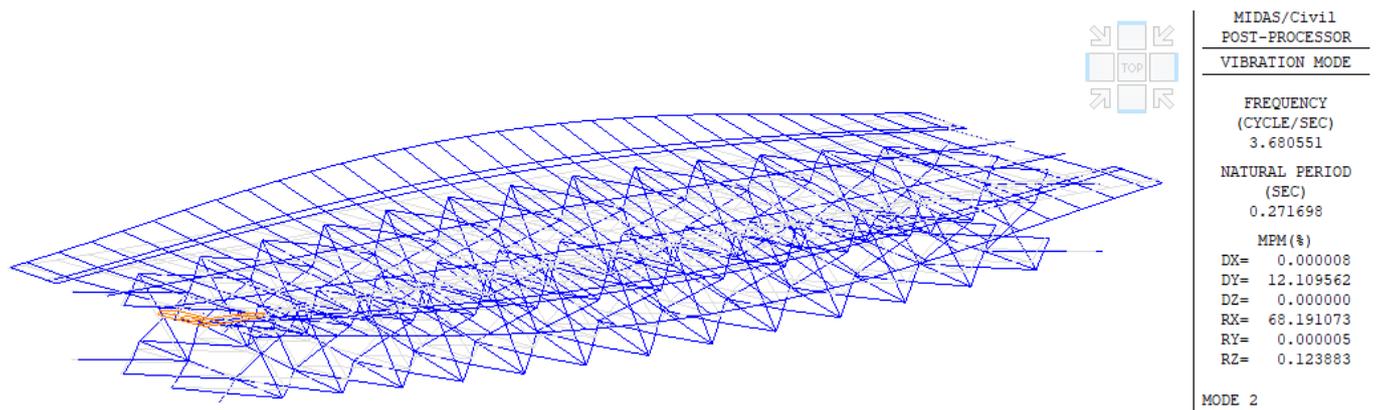


Figura 23- 2 Modo di vibrare

| | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

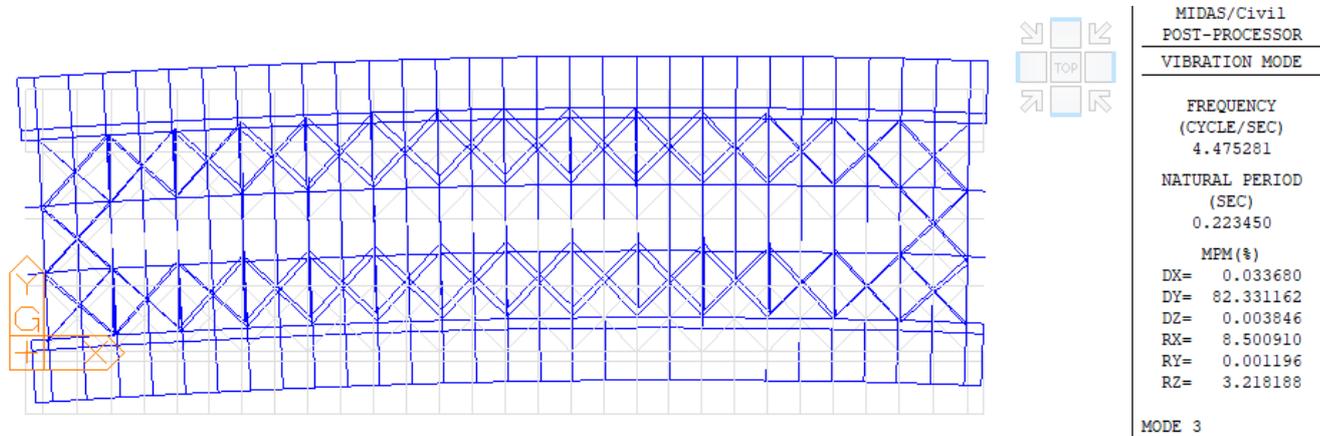


Figura 24 – 3 Modo di vibrare

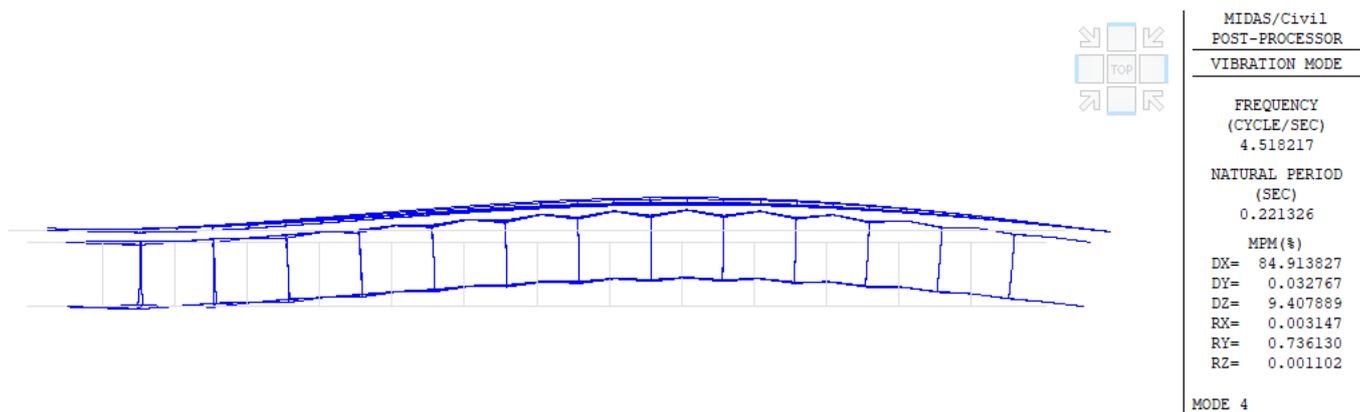


Figura 25 – 4 Modo di vibrare

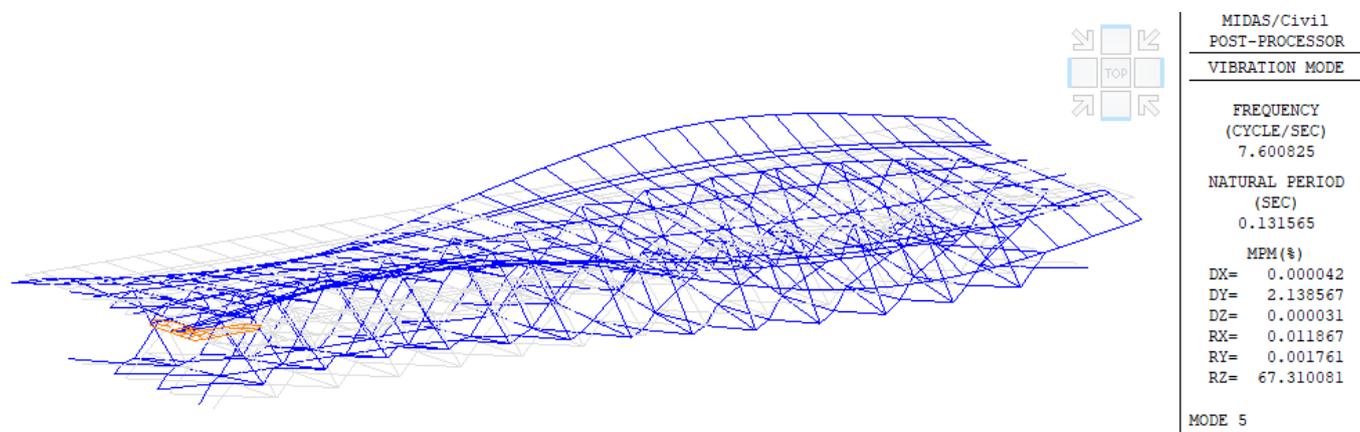


Figura 26 – 5 modo di vibrare

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

7.3.2 Diagrammi delle sollecitazioni elementari nelle travi

Si riportano nelle immagini seguenti i diagrammi delle sollecitazioni elementari agenti nelle travi di impalcato.

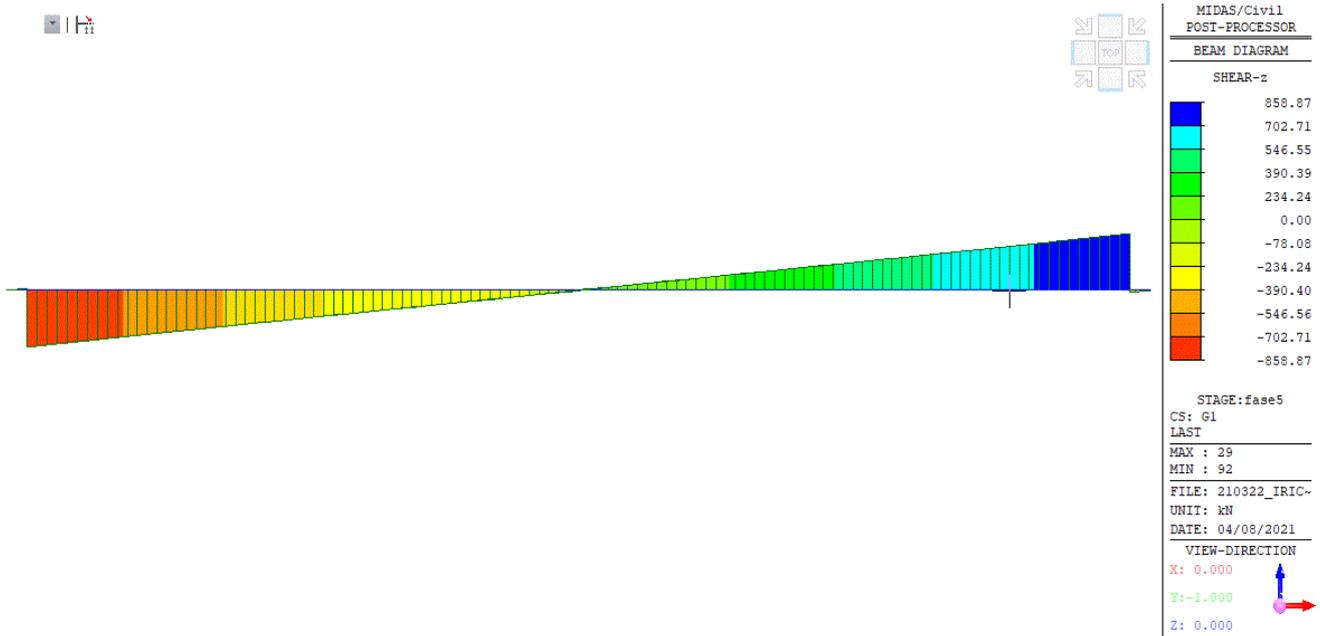


Figura 27 – G1_Taglio verticale

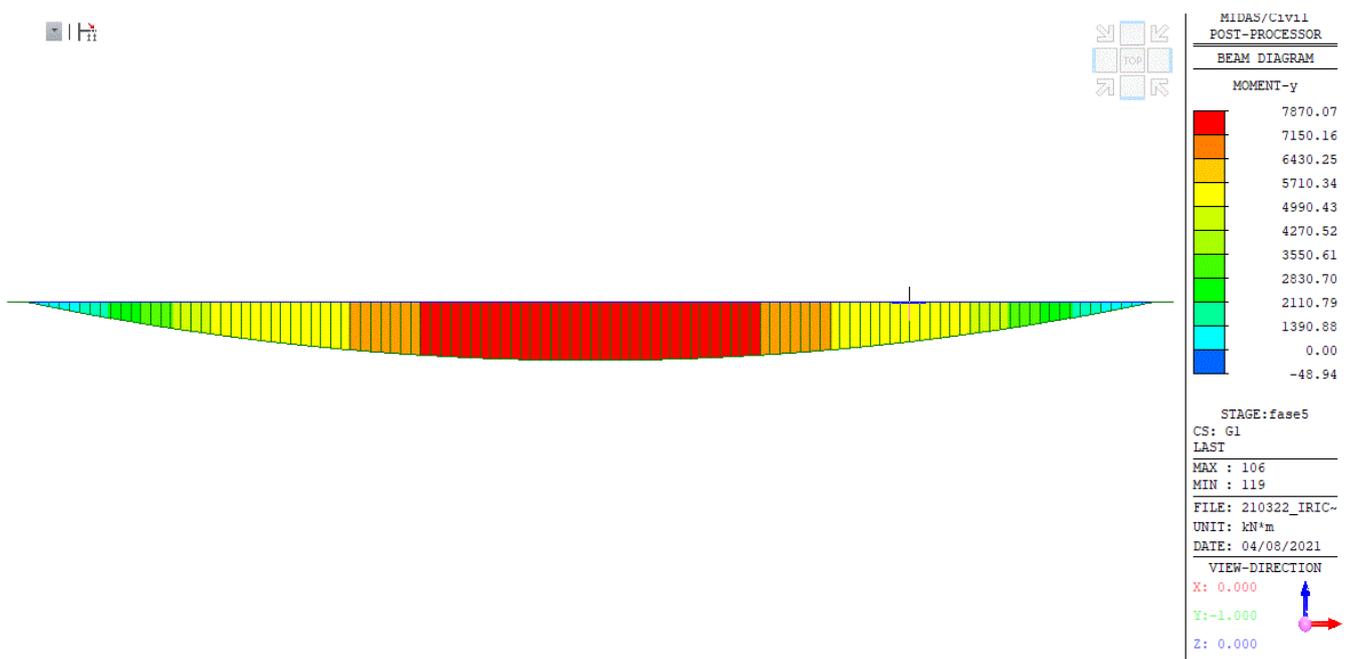


Figura 28 – G1_Momento flettente

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

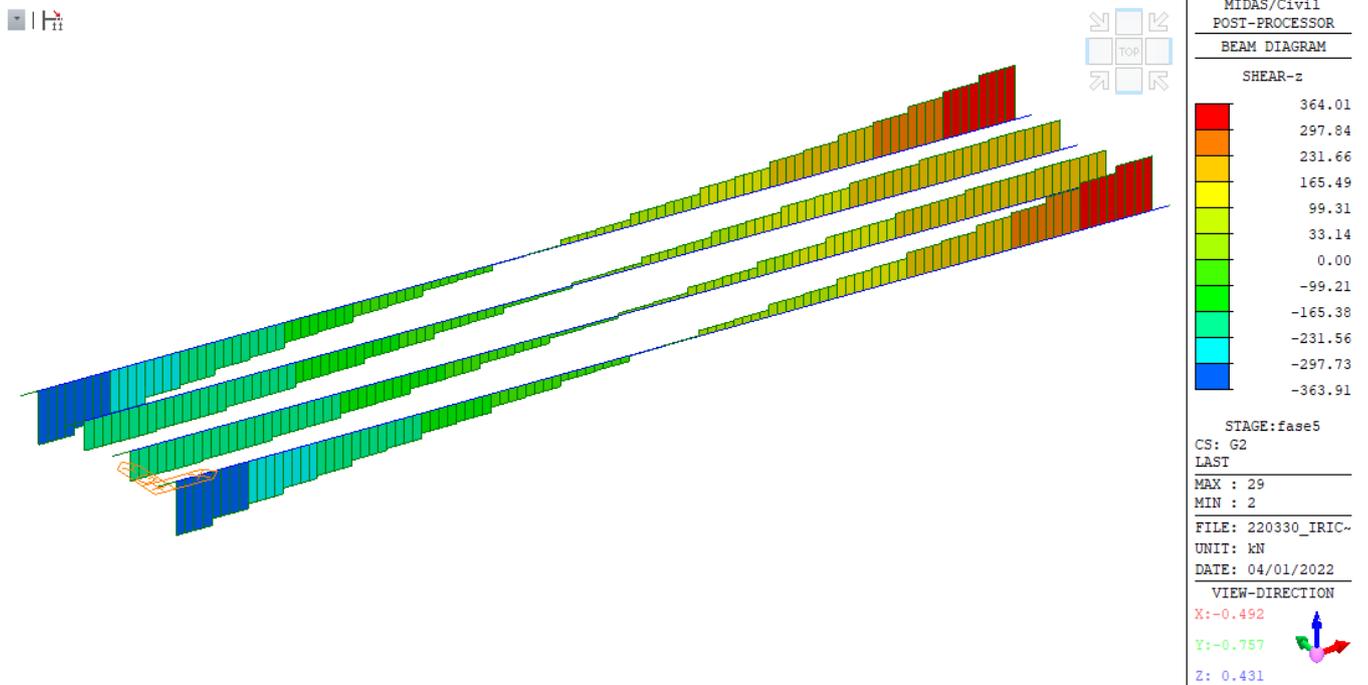


Figura 29 – G2_Taglio Verticale

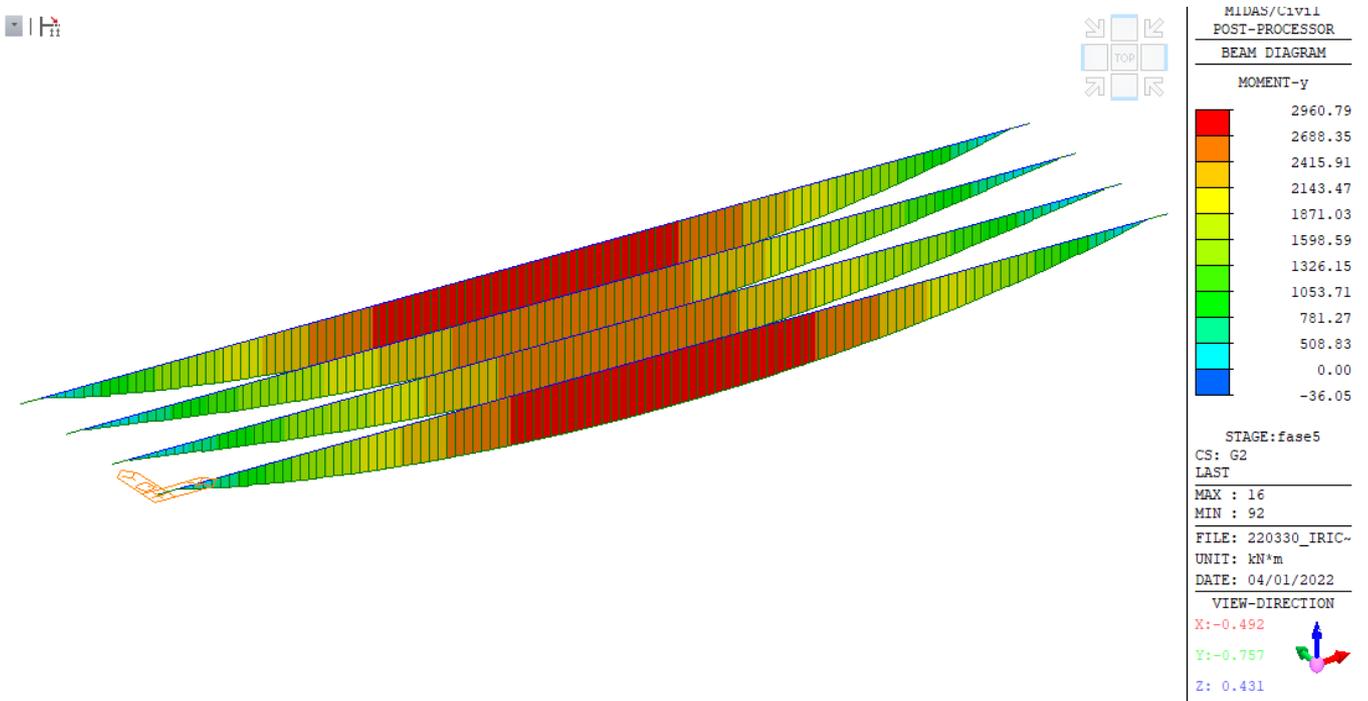


Figura 30 – G2_Momento Flettente

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

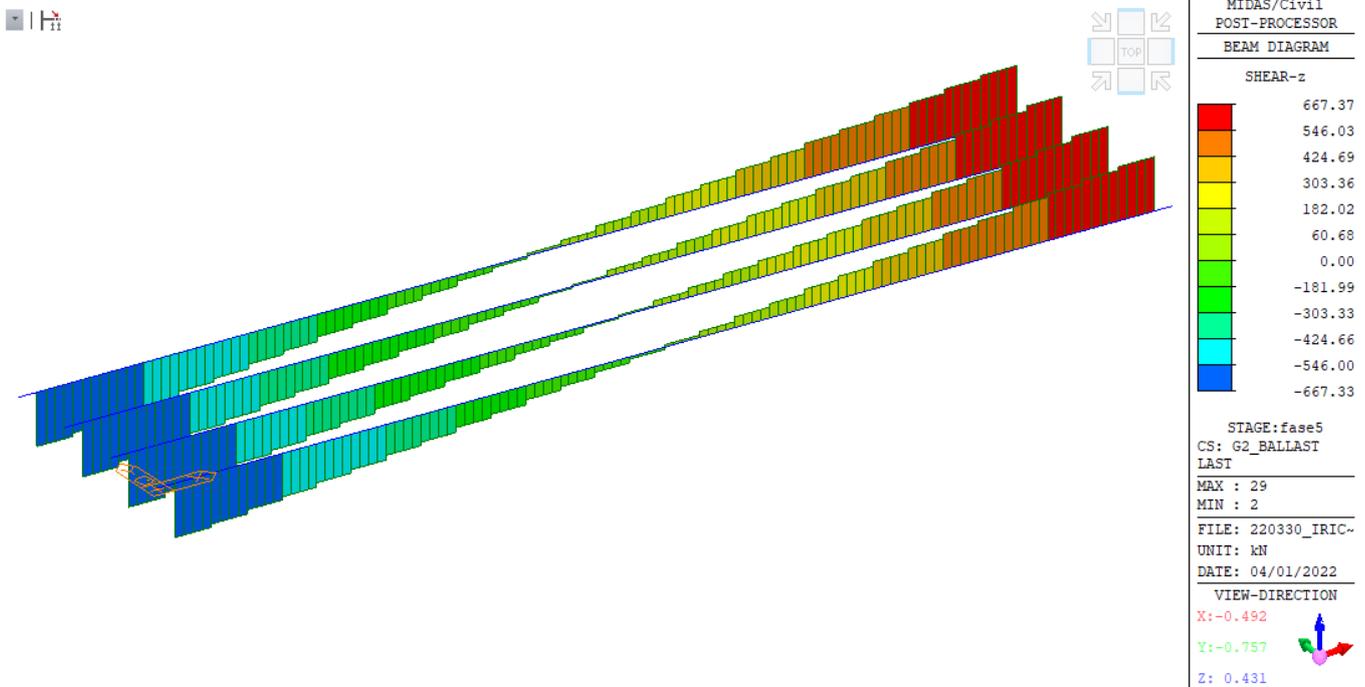


Figura 31 – G2 ballast_Taglio verticale

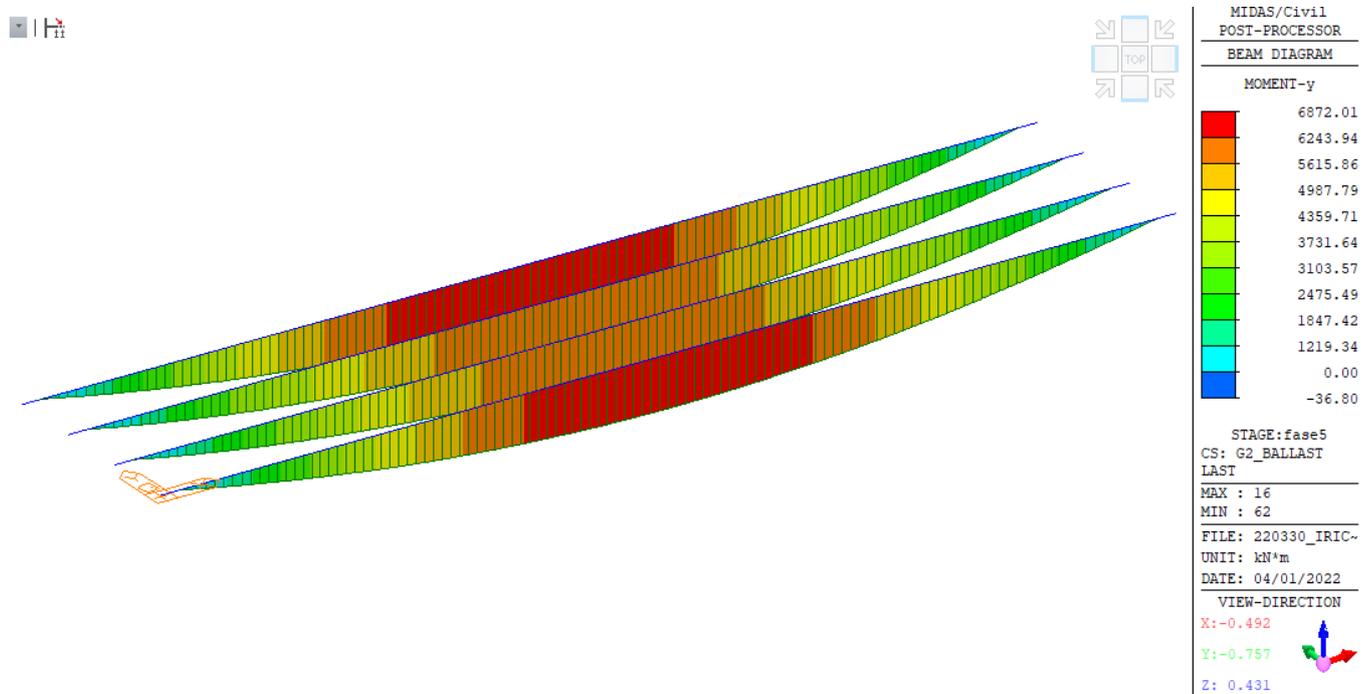


Figura 32 – G2 ballast_Momento flettente

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

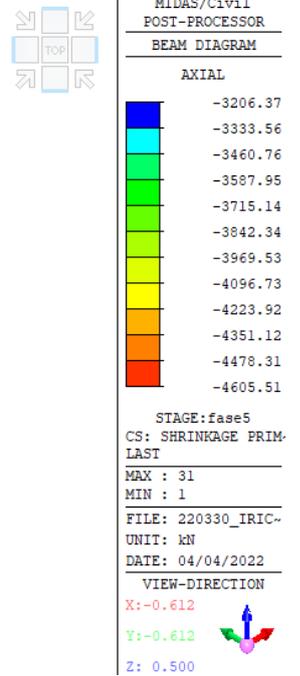
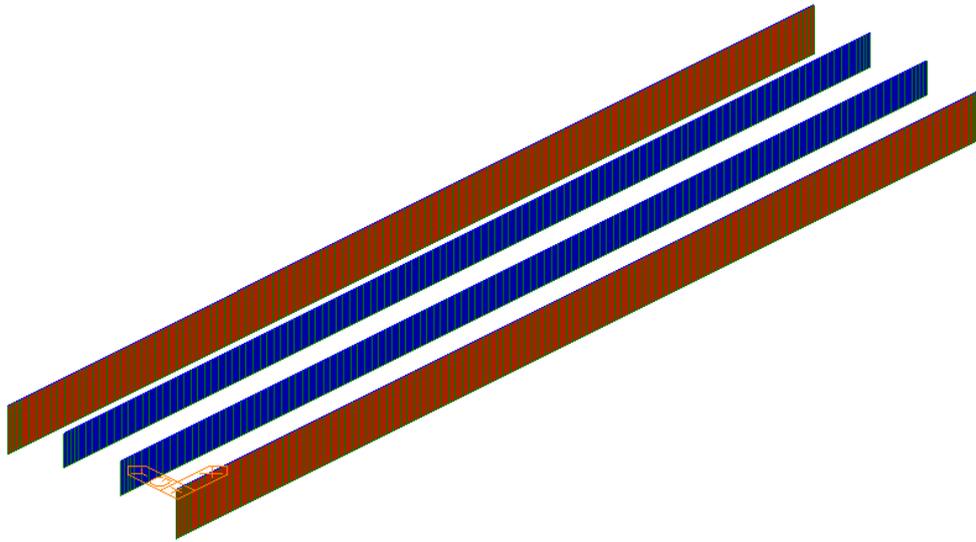


Figura 33 – Ritiro effetto primario_Sforzo Assiale

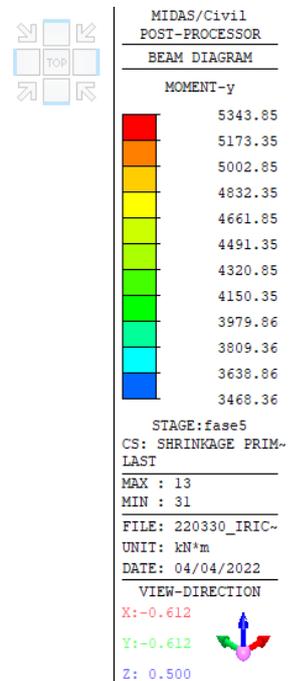
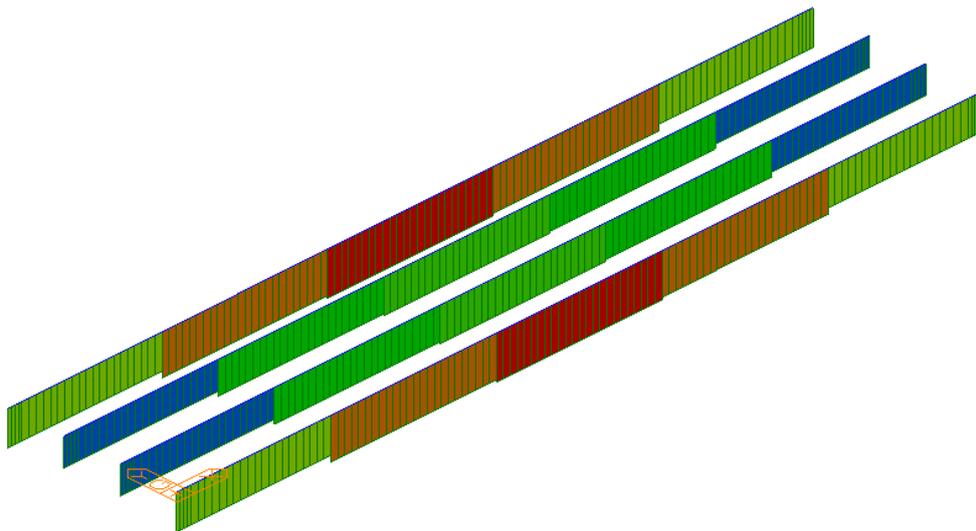
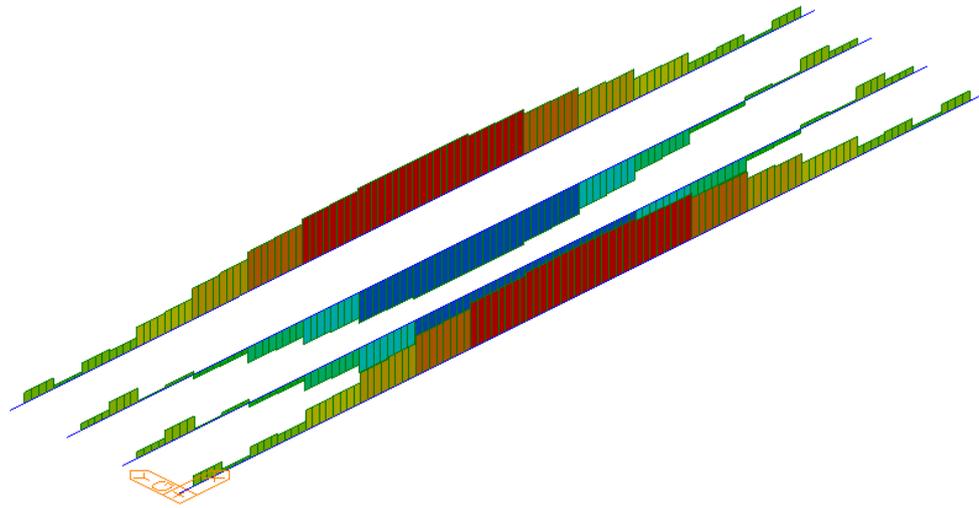


Figura 34 – Ritiro primario_Momento flettente

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

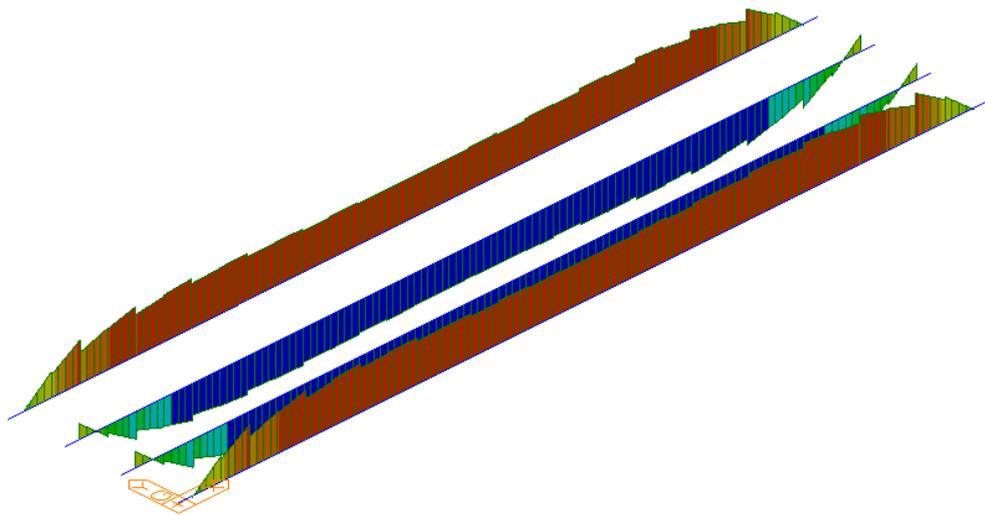
AXIAL

| | |
|--|---------|
| | 182.79 |
| | 154.78 |
| | 126.77 |
| | 98.76 |
| | 70.75 |
| | 42.74 |
| | 14.73 |
| | 0.00 |
| | -41.29 |
| | -69.30 |
| | -97.32 |
| | -125.33 |

STAGE: fase5
CS: SHRINKAGE SEC-LAST
MAX : 15
MIN : 45
FILE: 220330_IRIC-
UNIT: kN
DATE: 04/04/2022

VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

Figura 35 – Ritiro effetto secondario_Sforzo Assiale



MIDAS/Civil
POST-PROCESSOR
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

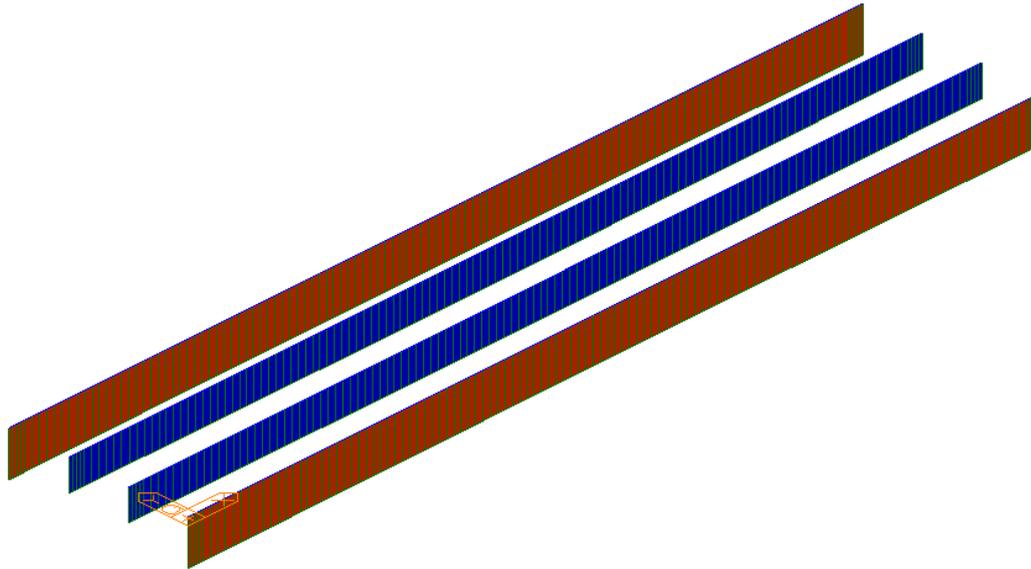
| | |
|--|---------|
| | 342.55 |
| | 271.47 |
| | 200.39 |
| | 129.31 |
| | 58.23 |
| | 0.00 |
| | -83.92 |
| | -155.00 |
| | -226.08 |
| | -297.16 |
| | -368.24 |
| | -439.32 |

STAGE: fase5
CS: SHRINKAGE SEC-LAST
MAX : 37
MIN : 7
FILE: 220330_IRIC-
UNIT: kN*m
DATE: 04/04/2022

VIEW-DIRECTION
X: -0.612
Y: -0.612
Z: 0.500

Figura 36 – Ritiro effetto secondario_Momento flettente

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |



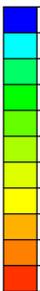
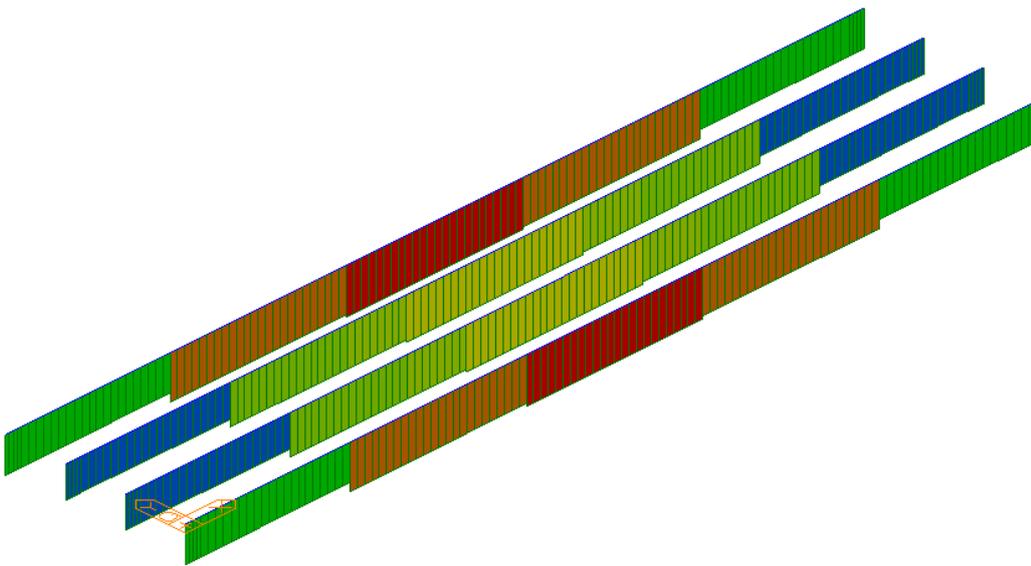
| | |
|---|---|
| MIDAS/Civil | |
| POST-PROCESSOR | |
| BEAM DIAGRAM | |
| AXIAL | |
|  | -1727.76 |
| | -1796.69 |
| | -1865.62 |
| | -1934.55 |
| | -2003.48 |
| | -2072.41 |
| | -2141.35 |
| | -2210.28 |
| | -2279.21 |
| | -2348.14 |
| | -2417.07 |
| | -2486.00 |
| ST: TERMICA DT | |
| MAX : 62 | |
| MIN : 1 | |
| FILE: 220401_IRIC- | |
| UNIT: kN | |
| DATE: 04/04/2022 | |
| VIEW-DIRECTION | |
| X: -0.612 |  |
| Y: -0.612 |  |
| Z: 0.500 |  |

Figura 37 – Termica Differenziale_sforzo assiale



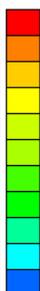
| | |
|---|---|
| MIDAS/Civil | |
| POST-PROCESSOR | |
| BEAM DIAGRAM | |
| MOMENT-y | |
|  | 1633.90 |
| | 1587.32 |
| | 1540.74 |
| | 1494.15 |
| | 1447.57 |
| | 1400.99 |
| | 1354.41 |
| | 1307.83 |
| | 1261.25 |
| | 1214.67 |
| | 1168.08 |
| | 1121.50 |
| ST: TERMICA DT | |
| MAX : 17 | |
| MIN : 32 | |
| FILE: 220401_IRIC- | |
| UNIT: kN*m | |
| DATE: 04/04/2022 | |
| VIEW-DIRECTION | |
| X: -0.612 |  |
| Y: -0.612 |  |
| Z: 0.500 |  |

Figura 38 – Termica Differenziale_Momento flettente

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

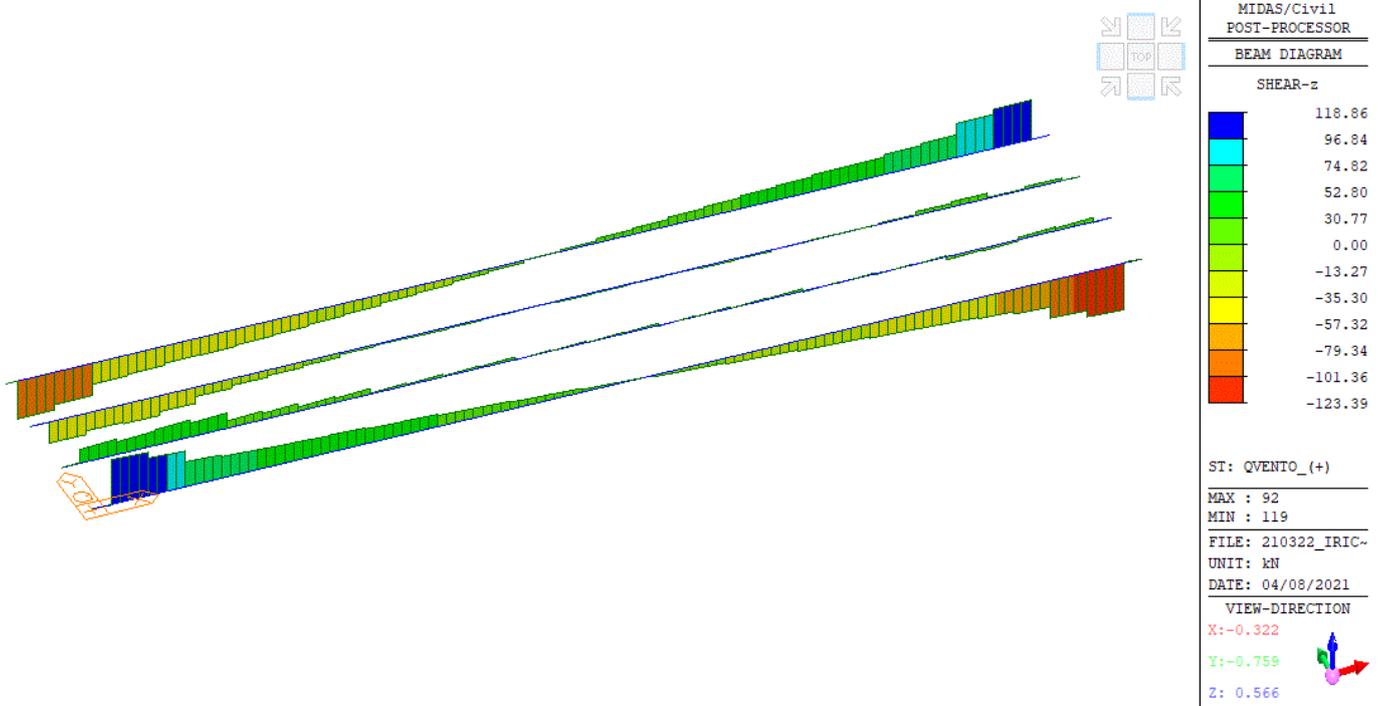


Figura 39 – Vento trasversale_Taglio verticale

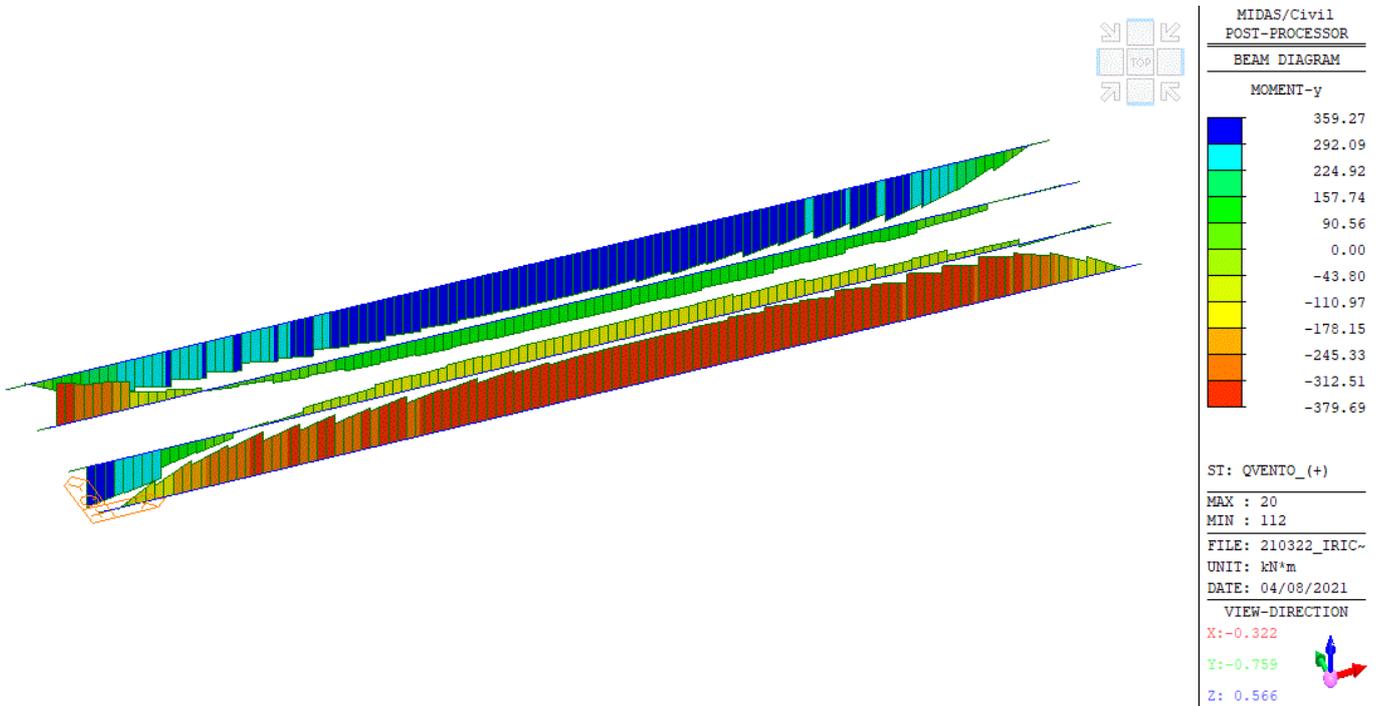


Figura 40 – Vento trasversale_Momento flettente

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

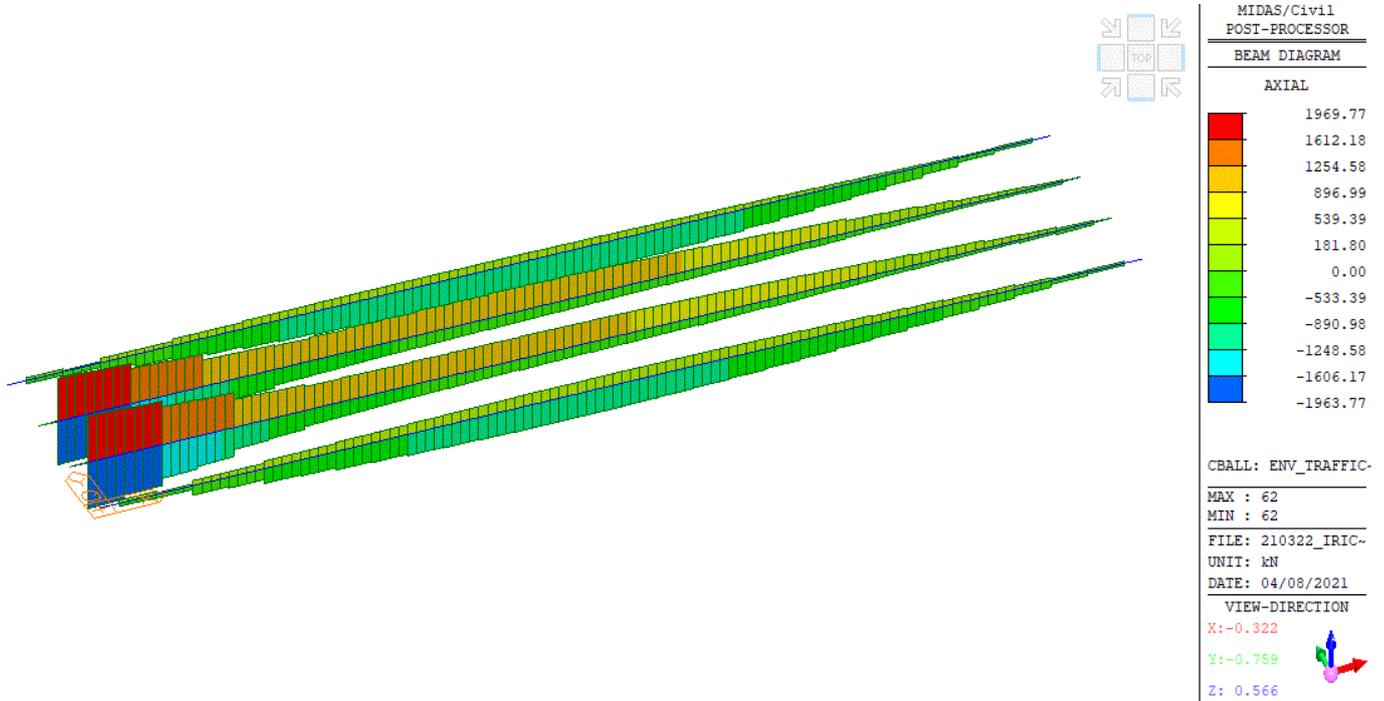


Figura 41 – Involuppo azioni da traffico _ Sforzo Assiale

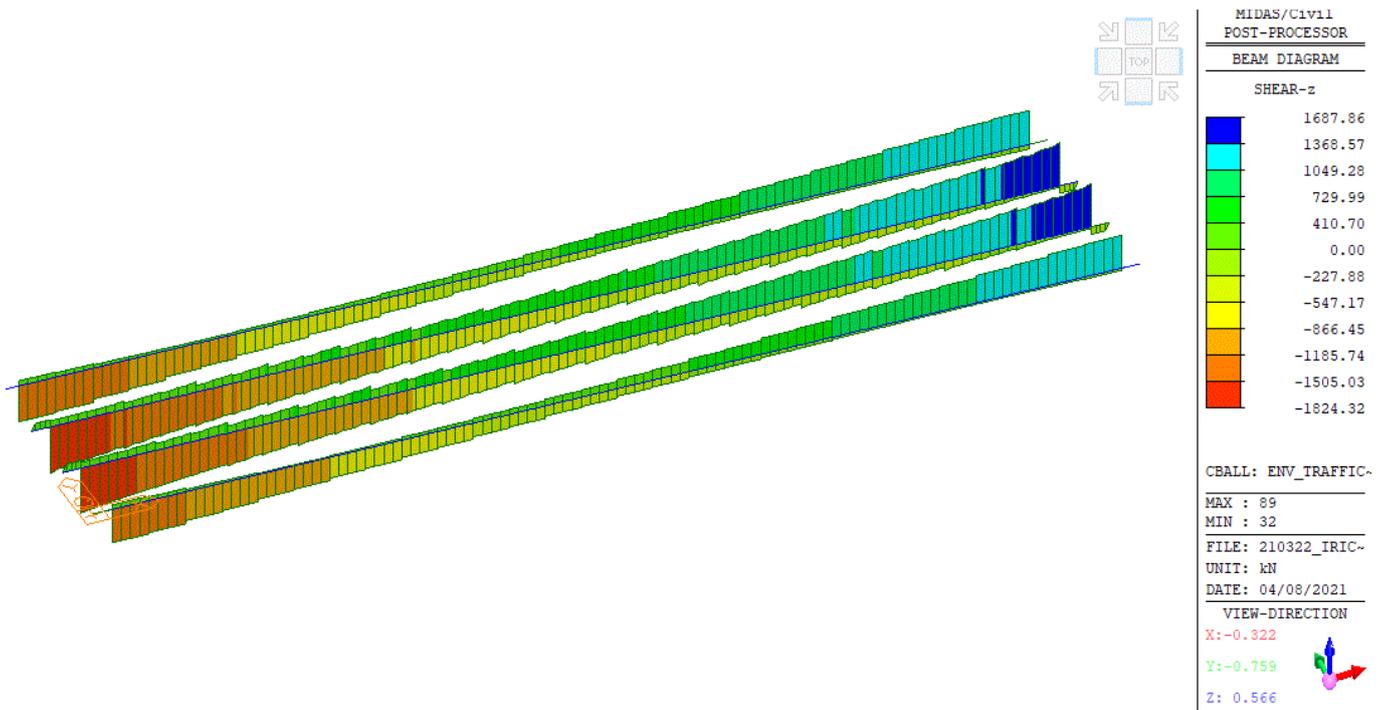


Figura 42 – Involuppo azioni da traffico _ Sforzo di Taglio

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

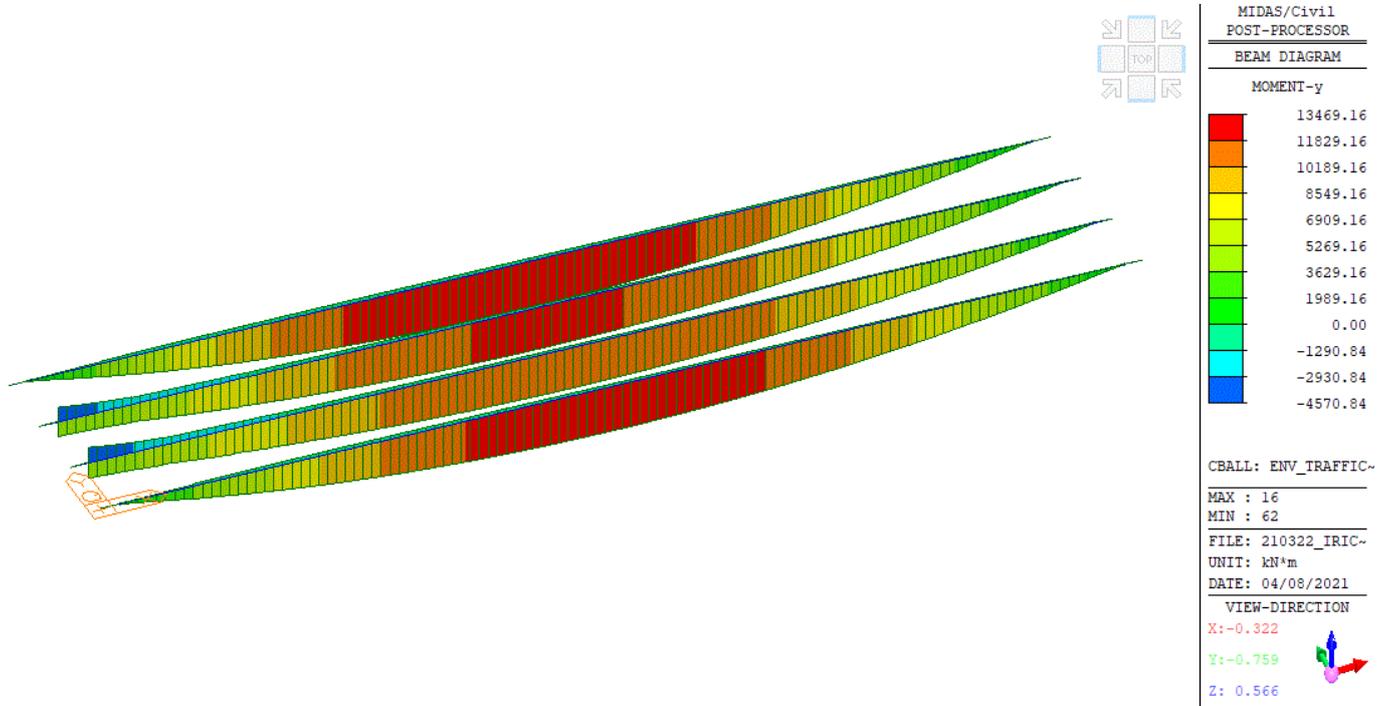


Figura 43 – Involuppo azioni da traffico _ Momento flettente

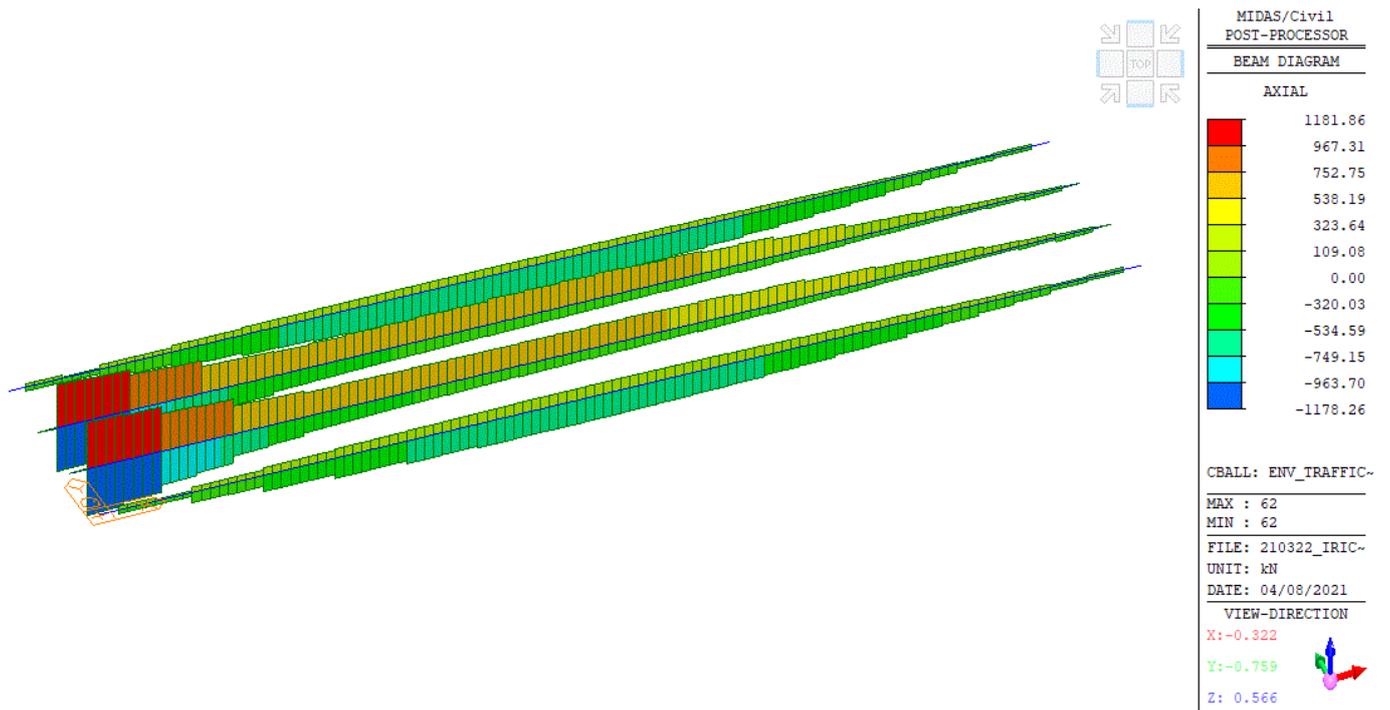


Figura 44 – Involuppo azioni da traffico con valori frequenti _ Sforzo Assiale

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

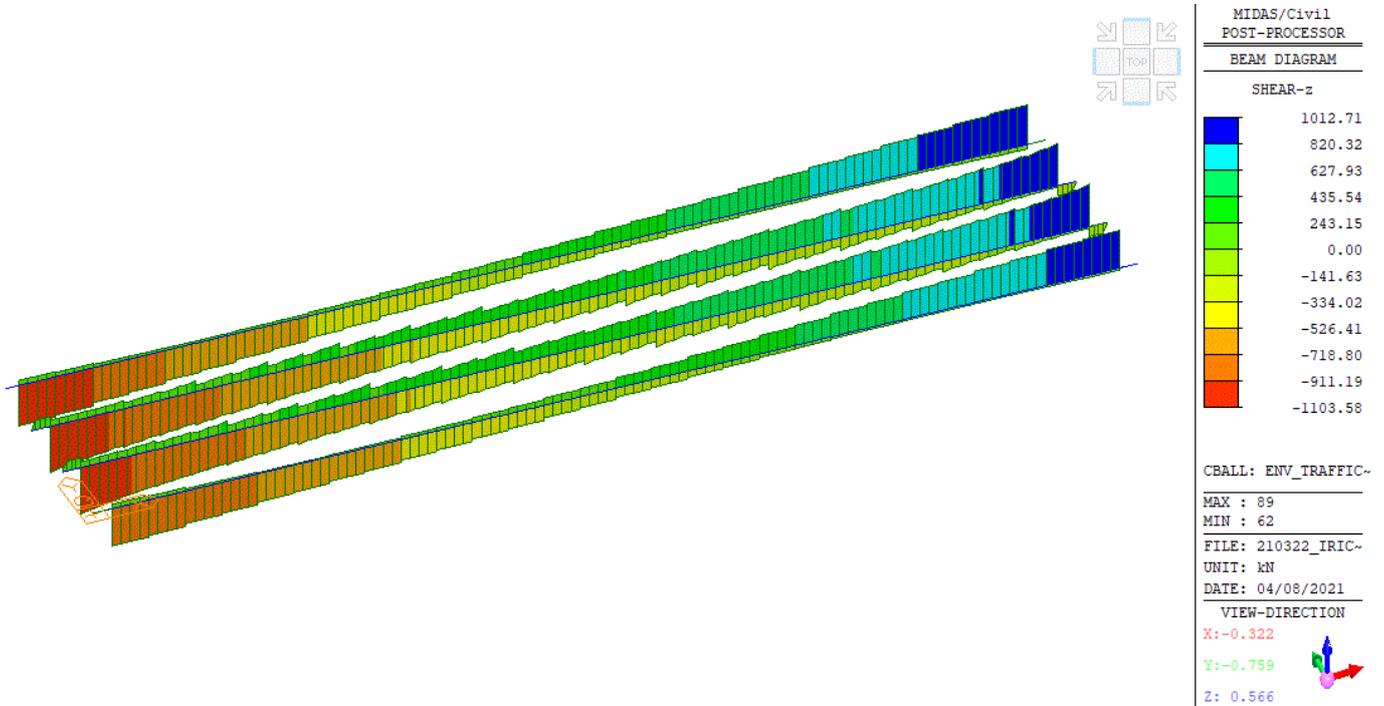


Figura 45 – Inviluppo azioni da traffico con valori frequenti_ Sforzo di taglio

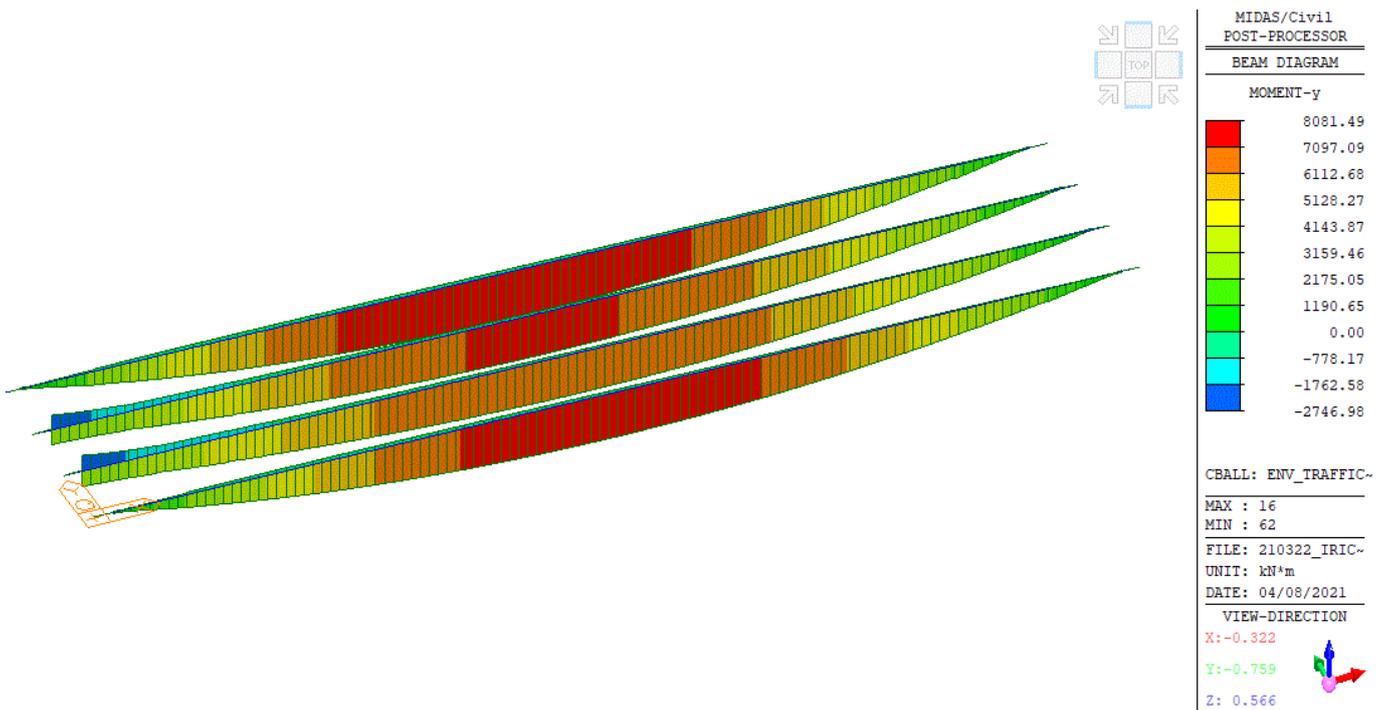


Figura 46 – Inviluppo azioni da traffico con valori frequenti_ Momento flettente

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

8 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'IMPALCATO

Si riporta una descrizione sintetica delle proprietà geometriche corrispondenti ai vari elementi e sezioni sottoposti alle verifiche riportate nei capitoli seguenti.

8.1 Descrizione delle sezioni e dei conci delle travi principali

L'impalcato è caratterizzato dalla presenza di due cassoncini torsio-rigidi a sezione aperta e, dunque, da quattro allineamenti di travi in acciaio, le quali collaborano attraverso i pioli con la soletta.

Le travi metalliche sono suddivise in 5 conci ciascuna. Quest'ultimi sono suddivisi in tre diverse tipologie: i due conci estremali (sezione tipo n°1), i due conci intermedi (sezione tipo n°2) e il concio di mezzeria (sezione tipo n°3).

Con riferimento alla numerazione dei conci illustrata in Figura 47, in Tabella 16 si riportano le caratteristiche delle varie tipologie di conci componenti la carpenteria metallica delle travi di impalcato.

Vale il seguente significato dei simboli:

| | |
|-------|---|
| b,fs | larghezza piattabanda superiore |
| t,fs | spessore piattabanda superiore |
| b,fi | larghezza piattabanda inferiore |
| t,fi | spessore piattabanda inferiore |
| t,w | spessore anima |
| a,sup | altezza sezione di gola della saldatura di composizione anima-piattabanda superiore |
| a,inf | altezza sezione di gola della saldatura di composizione anima-piattabanda inferiore |

| SEZ. TIPO | b,fs[mm] | t,fs[mm] | b,fi[mm] | t,fi[mm] | t,w[mm] | a,sup[mm] | a,inf[mm] |
|--------------|----------|----------|----------|----------|---------|-----------|-----------|
| 1 | 750 | 25 | 1000 | 30 | 20 | - | 7.00 |
| 2 | 750 | 30 | 1000 | 50 | 18 | - | 8.00 |
| 3 | 750 | 30 | 1000 | 60 | 14 | - | 9.00 |

Tabella 16 – Caratteristiche delle sezioni delle travi superiori

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  |  | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

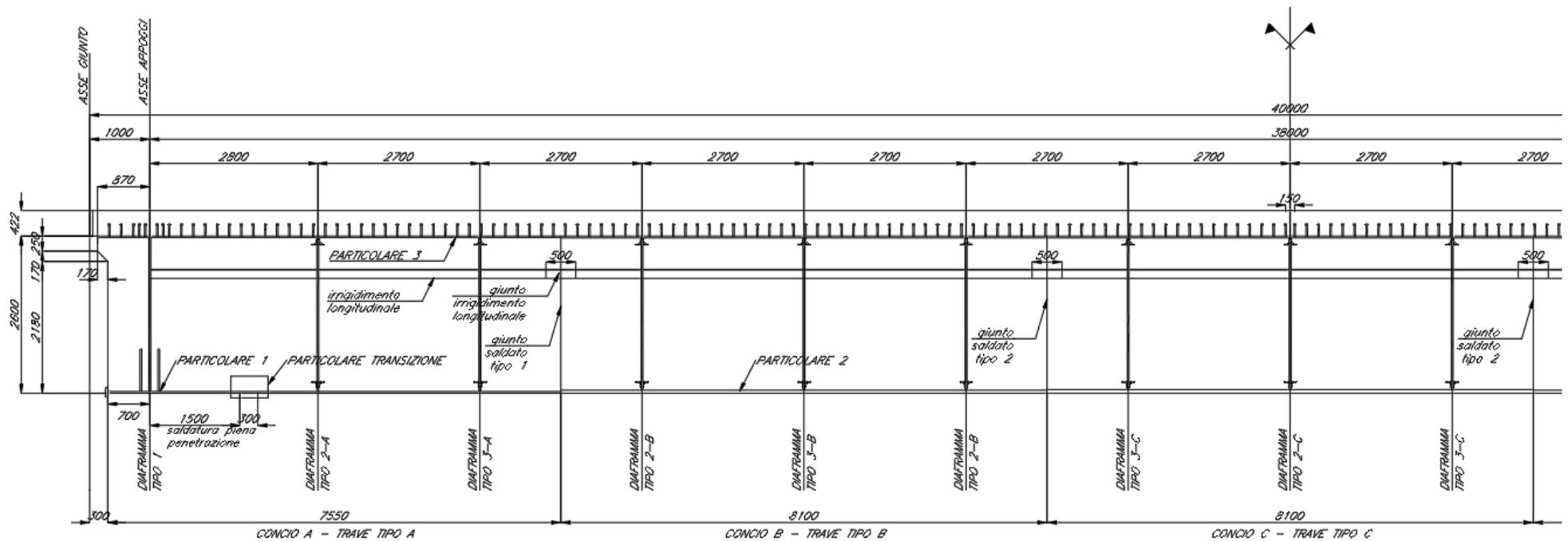


Figura 47 – Scansione dei conchi delle travi di impalcato

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

L'altezza H delle travi è costante lungo tutto lo sviluppo ed è pari a 2.60m.

La soletta è larga 13.40 m e ha uno spessore variabile trasversalmente da un minimo di 33.3 cm a un massimo di 42.2 cm. Di tale spessore 5 cm sono costituiti dalla predalla. Per le verifiche si è assunto uno spessore della soletta pari allo spessore medio 32.75 cm (esclusa predalla).

I pioli utilizzati sono caratterizzati da diametro 22mm e da altezza (esclusa la saldatura) di 190mm.

Gli irrigidimenti longitudinali, laddove presenti, hanno sezione trasversale ad "L", con dimensioni pari ad $h_1=150\text{mm}$, $t_1=12\text{ mm}$, $h_2=138\text{mm}$ e $t_2=12\text{mm}$, con riferimento alla Figura 48.

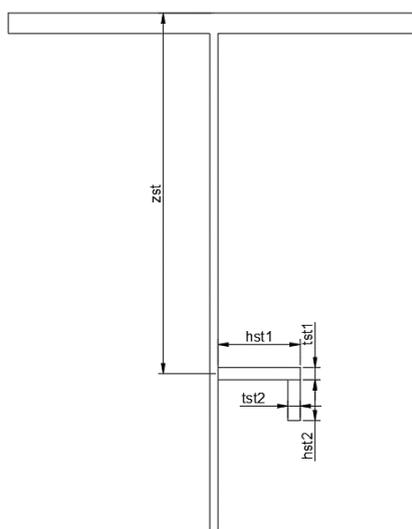


Figura 48 – Geometria dell'irrigidimento longitudinale

Gli irrigidimenti trasversali intermedi sono posti solo su un lato dell'anima e hanno dimensione 2600 mm x 310 mm x 30 mm. Questi sono distribuiti lungo tutto lo sviluppo dell'impalcato con interasse pari all'interasse dei diaframmi (2.8m sul primo campo e 2.70m sui restanti).

La saldatura di composizione tra piattabanda superiore e anima è realizzata con una parziale penetrazione.

La saldatura di composizione tra piattabanda inferiore e anima è realizzata tramite cordone d'angolo, fatta eccezione per la zona d'appoggio, dove si ha una saldatura a completa penetrazione.

Le verifiche sono state condotte sulle due travi (esterna e interna) lato binario pari (binario lato interno curva), su sezioni poste a passo pari a 1.35m, lungo lo sviluppo dell'intero impalcato. Le sollecitazioni lato binario pari sono infatti risultate essere maggiori.

Le travi sottoposte a verifiche sono state indicate come "Trave 1" e "Trave 2" e corrispondono agli elementi del modello evidenziati in Figura 49 e Figura 50.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

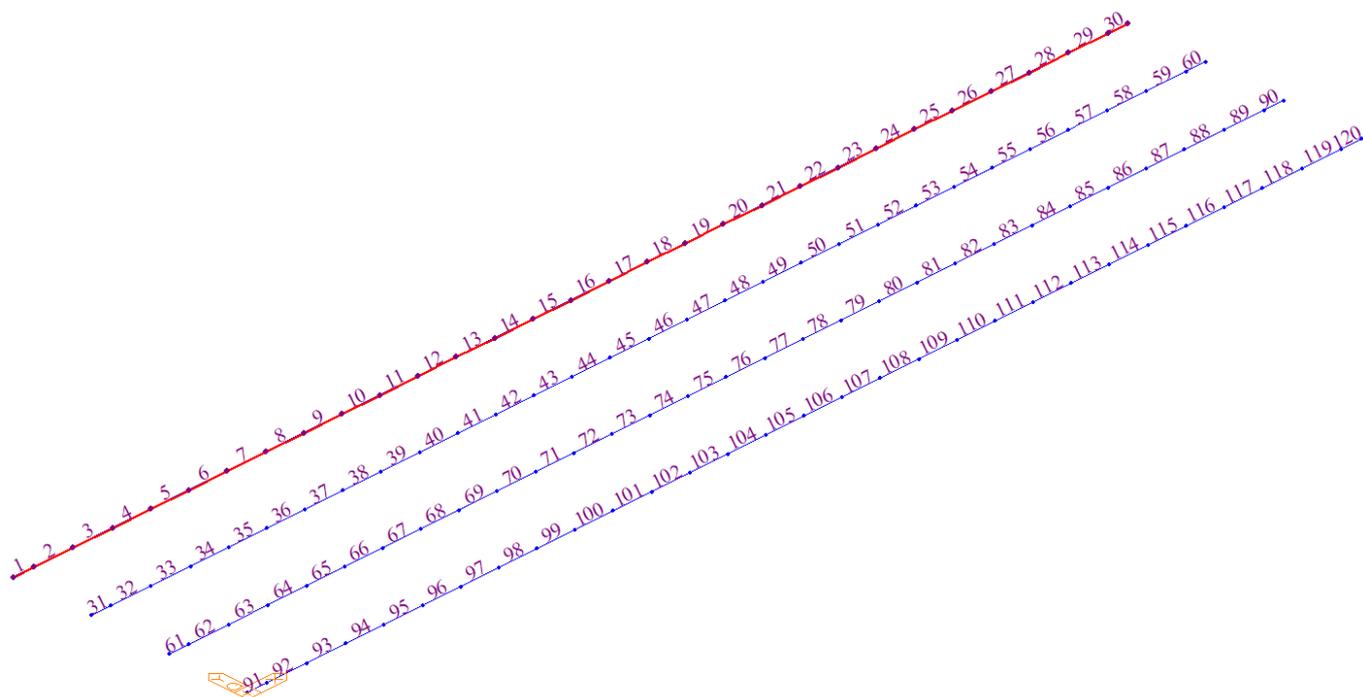


Figura 49 – Trave 1 – numerazione degli elementi nel modello

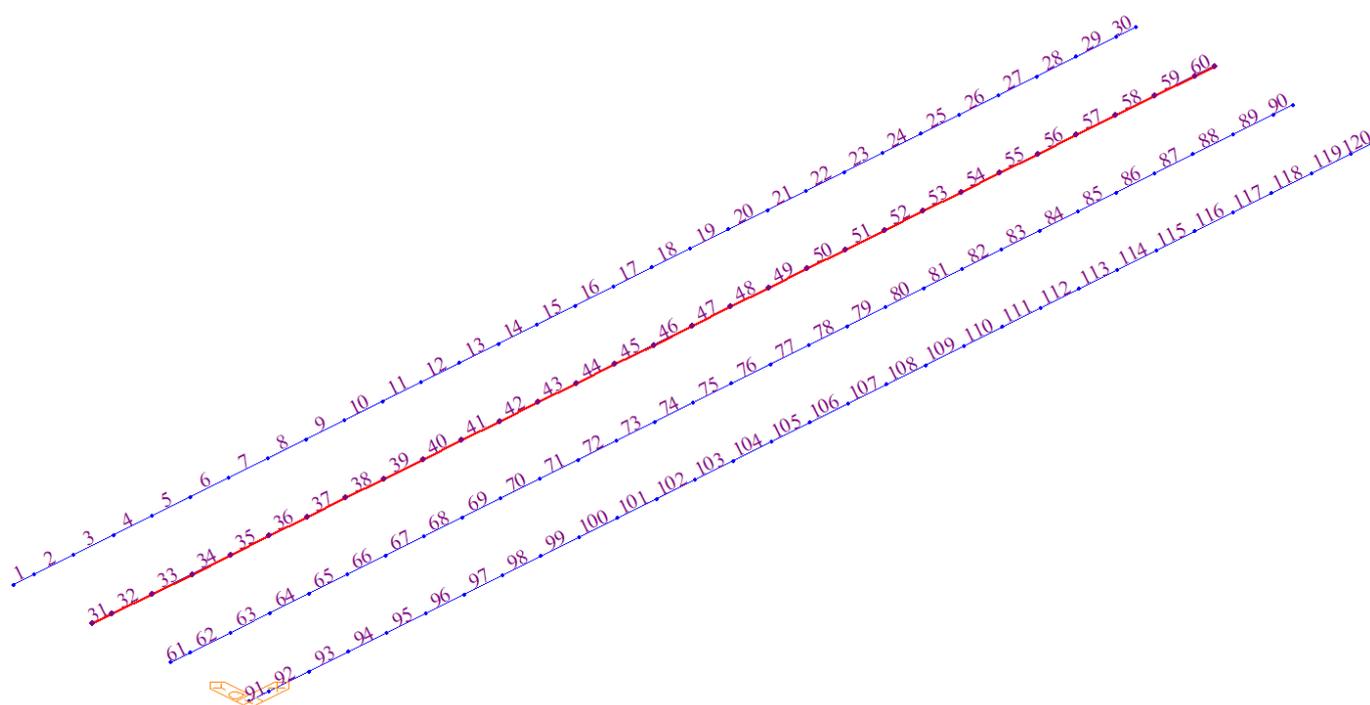


Figura 50 – Trave 2 – numerazione degli elementi nel modello

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Dunque, da ora in avanti si indicherà con:

Trave 1 (TR.1): la prima trave da sinistra, procedendo nel verso delle “x” positive nel modello.

Trave 2 (TR.2): la seconda trave da sinistra, procedendo nel verso delle “x” positive nel modello.

Si riportano nelle tabelle seguenti le caratteristiche geometriche assegnate a ciascuna sezione. Si evidenziano in GIALLO le sezioni in appoggio e in VERDE le sezioni in corrispondenza dei giunti tra due conci adiacenti. In ROSSO sono indicate le sezioni di cui si riporta la verifica esplicita (vedere Allegato C).

In tali tabelle si riporta:

| | |
|--------------|--|
| x | ascissa curvilinea della sezione lungo lo sviluppo della trave; |
| Elem I-J | n° di elemento e nodo così come definiti sul modello di calcolo; |
| Sez. tipo | tipologia di concio in cui ricade la sezione; |
| Φ1, s1, cf1 | rispettivamente: diametro, passo e distanza “baricentro barre-estradosso soletta” dell’armature superiore; |
| Φ2, s2, cf2 | rispettivamente: diametro, passo e distanza “baricentro barre-intradosso soletta (esclusa la predalla)” dell’armature inferiore; |
| s pioli | passo dei connettori trave-soletta a piolo; |
| n pioli | numero dei connettori trave-soletta a piolo per ogni allineamento; |
| a trasv | interasse tra gli irrigidimenti d’anima adiacenti alla sezione; |
| n° irr anima | numero degli irrigidimenti longitudinali d’anima; |
| zsl 1 | distanza dell’irrigidimento longitudinale dall’estradosso della piattabanda superiore. |

Per il calcolo della larghezza efficace della soletta si rimanda al §0.

| | | | |
|--|--|---|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 10 |
| | | Codifica | |
| | | EI2CLVI0005006 | |
| | | C | |

TRAVE n°1:

| nome sez. | x | Elem-I/J | Sez.Tipo | Φ1 | s1 | cf1 | Φ2 | s2 | cf2 | s pioli | n pioli | a trasv | n°irr an | zsl 1 | Beff |
|-----------|-------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|----------|-------|------|
| TR.1 | [m] | [-] | [-] | [mm] | [-] | [mm] | [-] | [mm] | [mm] |
| 1 | 0.00 | 1-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3831 |
| 2 | 0.70 | 1-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3831 |
| 3 | 0.70 | 2-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3831 |
| 4 | 2.10 | 2-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3849 |
| 5 | 2.10 | 3-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3849 |
| 6 | 3.50 | 3-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3866 |
| 7 | 3.50 | 4-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2700 | 1 | 556 | 3866 |
| 8 | 4.85 | 4-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3883 |
| 9 | 4.85 | 5-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3883 |
| 10 | 6.20 | 5-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3900 |
| 11 | 6.20 | 6-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3900 |
| 12 | 7.55 | 6-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3917 |
| 13 | 7.55 | 7-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3917 |
| 14 | 8.90 | 7-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3934 |
| 15 | 8.90 | 8-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3934 |
| 16 | 10.25 | 8-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 17 | 10.25 | 9-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 18 | 11.60 | 9-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 19 | 11.60 | 10-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 20 | 12.95 | 10-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 21 | 12.95 | 11-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 22 | 14.30 | 11-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 23 | 14.30 | 12-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 24 | 15.65 | 12-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 25 | 15.65 | 13-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 26 | 17.00 | 13-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 27 | 17.00 | 14-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 28 | 18.35 | 14-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 29 | 18.35 | 15-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 30 | 19.70 | 15-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 31 | 19.70 | 16-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 32 | 21.05 | 16-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 33 | 21.05 | 17-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 34 | 22.40 | 17-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 35 | 22.40 | 18-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 36 | 23.75 | 18-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 37 | 23.75 | 19-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| nome sez. | x | Elem-I/J | Sez.Tipo | Φ1 | s1 | cf1 | Φ2 | s2 | cf2 | s pioli | n pioli | a trasv | n°irr an | zsl 1 | Beff |
|-----------|-------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|----------|-------|------|
| TR.1 | [m] | [-] | [-] | [mm] | [-] | [mm] | [-] | [mm] | [mm] |
| 38 | 25.10 | 19-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 39 | 25.10 | 20-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 40 | 26.45 | 20-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 41 | 26.45 | 21-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 42 | 27.80 | 21-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 43 | 27.80 | 22-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 44 | 29.15 | 22-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 45 | 29.15 | 23-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3950 |
| 46 | 30.50 | 23-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3934 |
| 47 | 30.50 | 24-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3934 |
| 48 | 31.85 | 24-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3917 |
| 49 | 31.85 | 25-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3917 |
| 50 | 33.20 | 25-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3900 |
| 51 | 33.20 | 26-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3900 |
| 52 | 34.55 | 26-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3883 |
| 53 | 34.55 | 27-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 3883 |
| 54 | 35.90 | 27-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2700 | 1 | 556 | 3866 |
| 55 | 35.90 | 28-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3866 |
| 56 | 37.30 | 28-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3849 |
| 57 | 37.30 | 29-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3849 |
| 58 | 38.70 | 29-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3831 |
| 59 | 38.70 | 30-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3831 |
| 60 | 39.40 | 30-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 3831 |

Tabella 17 – Descrizione delle sezioni di verifica per la trave n°1

| | | | |
|--|--|---|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 10 |
| | | Codifica | |
| | | EI2CLVI0005006 | |
| | | C | |

TRAVE n°2

| nome sez. | x | Elem-I/J | Sez.Tipo | Φ1 | s1 | cf1 | Φ2 | s2 | cf2 | s pioli | n pioli | a trasv | n°irr an | zsl 1 | Beff |
|-----------|-------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|----------|-------|------|
| TR.2 | [m] | [-] | [-] | [mm] | [-] | [mm] | [-] | [mm] | [mm] |
| 1 | 0.00 | 31-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 2 | 0.70 | 31-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 3 | 0.70 | 32-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 4 | 2.10 | 32-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 5 | 2.10 | 33-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 6 | 3.50 | 33-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 7 | 3.50 | 34-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 8 | 4.85 | 34-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 9 | 4.85 | 35-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 10 | 6.20 | 35-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 11 | 6.20 | 36-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 12 | 7.55 | 36-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 13 | 7.55 | 37-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 14 | 8.90 | 37-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 15 | 8.90 | 38-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 16 | 10.25 | 38-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 17 | 10.25 | 39-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 18 | 11.60 | 39-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 19 | 11.60 | 40-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 20 | 12.95 | 40-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 21 | 12.95 | 41-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 22 | 14.30 | 41-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 23 | 14.30 | 42-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 24 | 15.65 | 42-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 25 | 15.65 | 43-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 26 | 17.00 | 43-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 27 | 17.00 | 44-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 28 | 18.35 | 44-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 29 | 18.35 | 45-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 30 | 19.70 | 45-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 31 | 19.70 | 46-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 32 | 21.05 | 46-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 33 | 21.05 | 47-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 34 | 22.40 | 47-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 35 | 22.40 | 48-I | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 36 | 23.75 | 48-J | 3 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 37 | 23.75 | 49-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| nome sez. | x | Elem-I/J | Sez.Tipo | Φ1 | s1 | cf1 | Φ2 | s2 | cf2 | s pioli | n pioli | a trasv | n°irr an | zsl 1 | Beff |
|-----------|-------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|----------|-------|------|
| TR.2 | [m] | [-] | [-] | [mm] | [-] | [mm] | [-] | [mm] | [mm] |
| 38 | 25.10 | 49-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 39 | 25.10 | 50-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 40 | 26.45 | 50-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 41 | 26.45 | 51-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 42 | 27.80 | 51-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 43 | 27.80 | 52-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 44 | 29.15 | 52-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 45 | 29.15 | 53-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 46 | 30.50 | 53-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 47 | 30.50 | 54-I | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 48 | 31.85 | 54-J | 2 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 49 | 31.85 | 55-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 50 | 33.20 | 55-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 51 | 33.20 | 56-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 52 | 34.55 | 56-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 53 | 34.55 | 57-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 3 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 54 | 35.90 | 57-J | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2700 | 1 | 556 | 2750 |
| 55 | 35.90 | 58-I | 1 | 12 | 200 | 71 | 12 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 56 | 37.30 | 58-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 57 | 37.30 | 59-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 58 | 38.70 | 59-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 59 | 38.70 | 60-I | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |
| 60 | 39.40 | 60-J | 1 | 16 | 200 | 71 | 16 | 200 | 42 | 200 | 6 | 2800 | 1 | 556 | 2750 |

Tabella 18 – Descrizione delle sezioni di verifica per la trave n°2

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

8.2 Larghezza efficace della soletta

Nelle verifiche della sezione mista delle travi, in accordo con quanto indicato al 4.3.3.3 delle NTC [1], per tener conto dell'effetto "shear lag" nella soletta, si è assunta per questa una larghezza efficace calcolata come indicato in Figura 51 e Figura 52, dove $b_{ei} = \min(L_e/8 ; b_i)$.

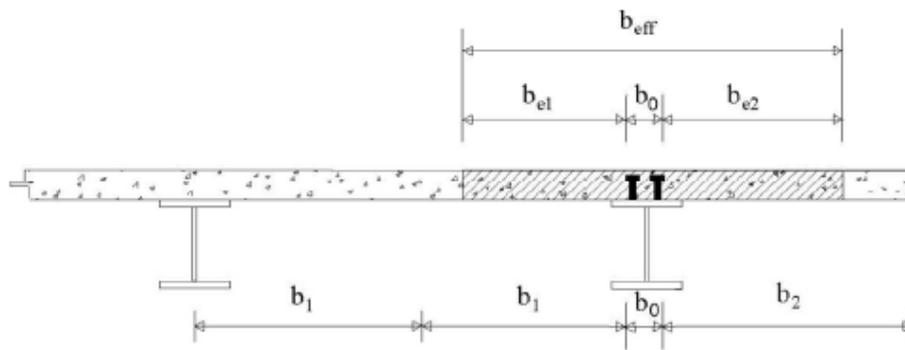


Figura 51 – Definizione della larghezza efficace B_{eff} (NTC2008)

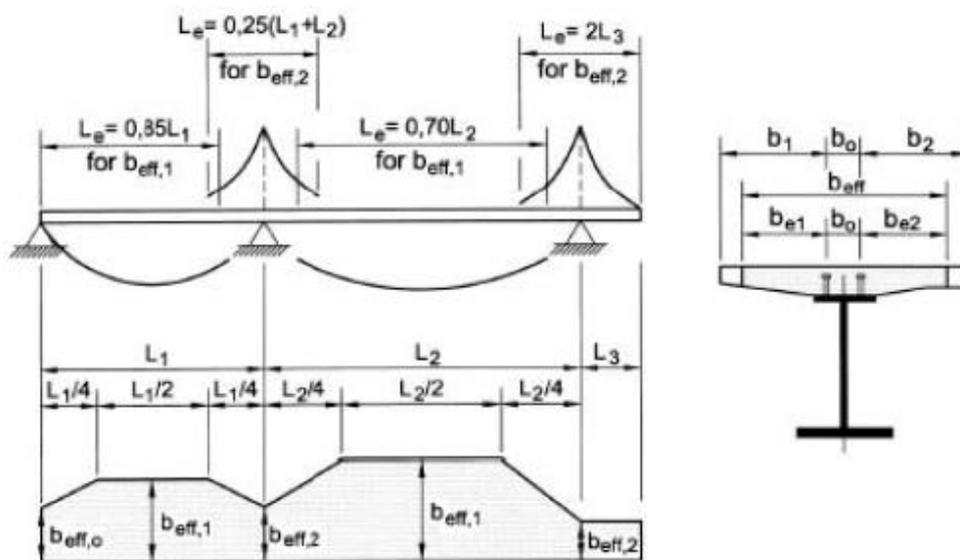


Figura 52 – Definizione della larghezza efficace B_{eff} e luci equivalenti L_e per travi continue (NTC2008)

Per gli appoggi di estremità:

$$b_{eff} = b_0 + \beta_1 b_{e1} + \beta_2 b_{e2}$$

dove $\beta_i = (0.65 + 0.025 L_e/b_{eff,i})$.

Si è assunto $b_0 = 0.40m$ per tutte le sezioni.

Nelle immagini seguenti si riportano i valori di B_{eff} per le due travi lungo lo sviluppo dell'impalcato.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

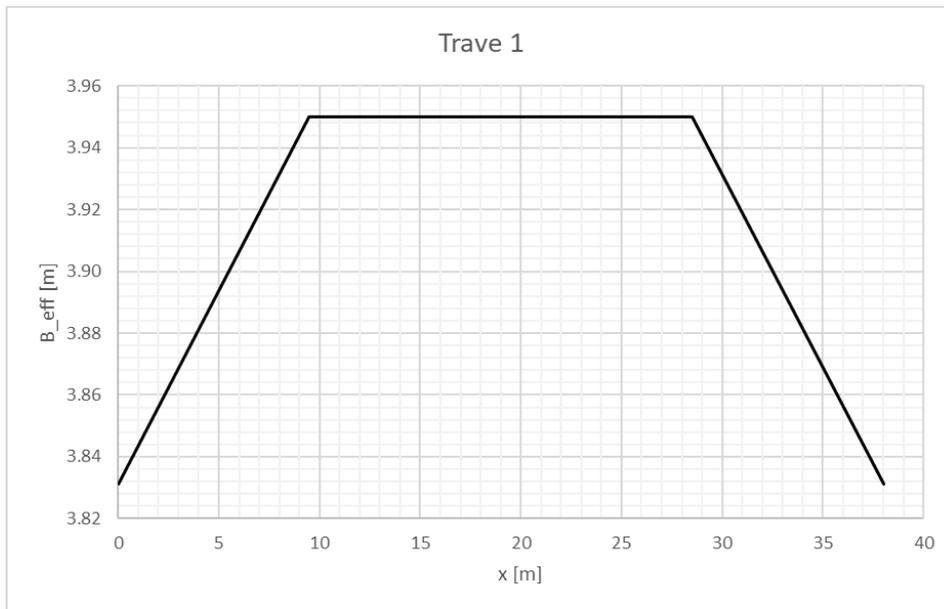


Figura 53 – Andamento della B_{eff} lungo l'impalcato – trave 1

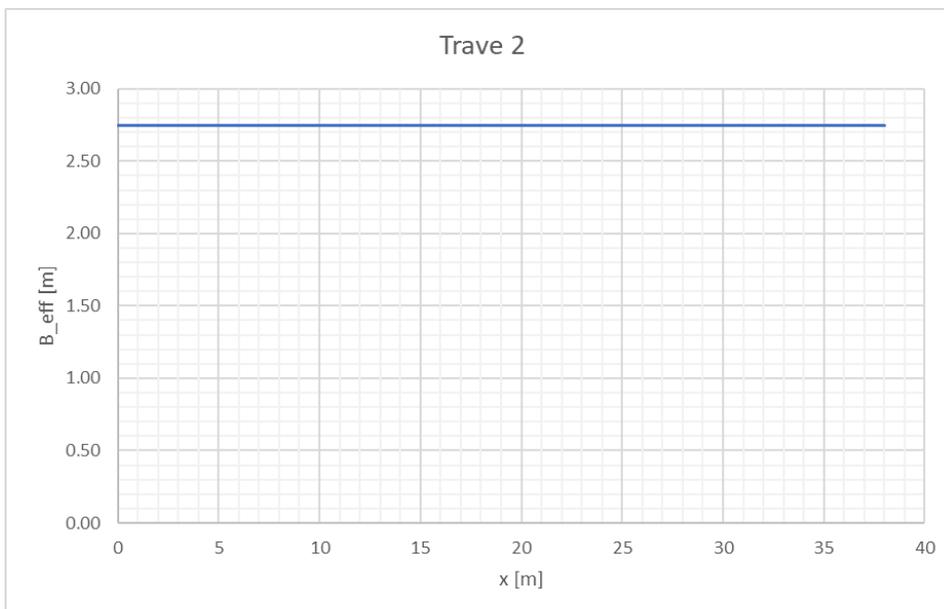


Figura 54 – Andamento della B_{eff} lungo l'impalcato – trave 2

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

8.3 Coefficienti di omogeneizzazione della soletta

In sede di analisi e verifica delle travi d'impalcato si è tenuto conto delle caratteristiche sezionali associate alle varie fasi della struttura.

Nel caso di verifiche a tempo infinito, si è tenuto conto degli effetti viscosi sulle azioni di lungo termine abbattendo il modulo del calcestruzzo della soletta.

Nella tabella seguente si riportano i coefficienti di omogeneizzazione utilizzati nelle verifiche.

Il peso dell'acciaio, delle predalle e del getto della soletta si considera agente sulla sezione di solo acciaio.

| | Verifica a tempo infinito | Verifica a tempo zero |
|--|---------------------------|-----------------------|
| Peso acciaio, predalle e soletta | - | - |
| Carichi permanenti portati e cedimenti | 17.312 | 6.298 |
| Azione da ritiro della soletta | 16.682 | 6.298 |
| Carichi variabili | 6.298 | 6.298 |

Tabella 19 – Coefficienti di omogeneizzazione assunti nelle verifiche

8.4 Caratteristiche geometriche lorde delle sezioni delle travi

Per il calcolo delle caratteristiche geometriche delle travi si è tenuto conto del contributo all'area e all'inerzia offerto dagli irrigidimenti longitudinali, i quali possono essere considerati continui lungo lo sviluppo delle travate.

La predalla è stata assunta come non collaborante.

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche lorde delle sezioni più significate.

Per la trave n°1:

- TR.1-sez.3 (sezione di appoggio della trave esterna; concio n°1)
- TR.1-sez.12 (sezione estemale lato mezzeria del concio n°1, trave esterna)
- TR.1-sez.24 (sezione estemale lato mezzeria del concio n°2, trave esterna)
- TR.1-sez.31 (sezione di mezzeria della trave esterna; concio n°3)

Per la trave n°2:

- TR.2-sez.3 (sezione di appoggio della trave interna; concio n°1)
- TR.2-sez.12 (sezione estemale lato mezzeria del concio n°1, trave interna)
- TR.2-sez.24 (sezione estemale lato mezzeria del concio n°2, trave interna)
- TR.2-sez.31 (sezione di mezzeria della trave interna; concio n°3)

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Si intende per “geometria lorda”, la geometria calcolata senza considerare gli effetti dell’instabilità locale e dello *shear lag*, per la cui valutazione si rimanda al capitolo 9.

Si differenzia la condizione di “soletta non fessurata”, della condizione di “soletta fessurata”. In quest’ultimo caso il calcolo è stato effettuato considerando il calcestruzzo della soletta completamente non reagente e quindi il solo contributo delle armature.

Valgono i seguenti significati dei simboli:

| | |
|----------|--|
| n | coefficiente di omogeneizzazione |
| zG | distanza asse neutro da estradosso piattabanda superiore |
| A | area della sezione omogeneizzata |
| J | inerzia asse forte della sezione omogeneizzata |
| W sol,s | modulo resistente lembo superiore soletta |
| W arm,s | modulo resistente armatura superiore |
| W arm,i | modulo resistente armatura inferiore |
| W sol,i | modulo resistente lembo inferiore soletta |
| W pb,s | modulo resistente piattabanda superiore |
| W an,s | modulo resistente lembo superiore anima |
| W an,i | modulo resistente lembo inferiore anima |
| W pb,i | modulo resistente piattabanda inferiore |
| A taglio | area resistente a taglio |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| TR.1 - sez.3 / SEZ. TIPO 1 - PROPRIETÀ GEOMETRICHE LORDE | | | | | |
|--|--------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| SOLETTA NON FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | 17.312 | 6.298 | 16.682 |
| zG | [mm] | 1415 | 703 | 328 | 690 |
| A | [mm ²] | 103106 | 183277 | 310030 | 186015 |
| A n | [mm ²] | - | 3172932 | 1952462 | 3103081 |
| J | [mm ⁴] | 1.0848E+11 | 2.2863E+11 | 2.9274E+11 | 2.3092E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.663E+09 | -2.612E+09 | -3.610E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.265E+08 | -4.612E+08 | -2.318E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.6673E+07 | -3.2520E+08 | -8.9192E+08 | -3.3489E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -7.8053E+07 | -3.3719E+08 | -9.6546E+08 | -3.4749E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 9.3902E+07 | 1.2246E+08 | 1.3058E+08 | 1.2280E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 9.1525E+07 | 1.2052E+08 | 1.2886E+08 | 1.2087E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |
| SOLETTA FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | - | - | - |
| zG | [mm] | 1415 | 1303 | 1303 | 1303 |
| A | [mm ²] | 103106 | 110805 | 110805 | 110805 |
| A n | [mm ²] | - | - | - | - |
| J | [mm ⁴] | 1.0848E+11 | 1.2723E+11 | 1.2723E+11 | 1.2723E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | - | - | - |
| W arm,s | [mm ³] | - | -7.9066E+07 | -7.9066E+07 | -7.9066E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.6673E+07 | -9.7669E+07 | -9.7669E+07 | -9.7669E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -7.8053E+07 | -9.9580E+07 | -9.9580E+07 | -9.9580E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 9.3902E+07 | 1.0039E+08 | 1.0039E+08 | 1.0039E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 9.1525E+07 | 9.8067E+07 | 9.8067E+07 | 9.8067E+07 |
| A taglio | [mm ²] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |

Tabella 20 – Caratteristiche geometriche lorde della sezione TR.1-3

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| TR.1 - sez.12 / SEZ.TIPO 1 - PROPRIETÀ GEOMETRICHE LORDE | | | | | |
|--|--------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| SOLETTA NON FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | 17.312 | 6.298 | 16.682 |
| zG | [mm] | 1415 | 711 | 326 | 697 |
| A | [mm ²] | 103106 | 181633 | 311232 | 184433 |
| A n | [mm ²] | - | 3144468 | 1960028 | 3076680 |
| J | [mm ⁴] | 1.0848E+11 | 2.2729E+11 | 2.9314E+11 | 2.2968E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.615E+09 | -2.624E+09 | -3.566E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.234E+08 | -4.635E+08 | -2.289E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.6673E+07 | -3.1966E+08 | -8.9930E+08 | -3.2951E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -7.8053E+07 | -3.3130E+08 | -9.7400E+08 | -3.4177E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 9.3902E+07 | 1.2227E+08 | 1.3063E+08 | 1.2263E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 9.1525E+07 | 1.2033E+08 | 1.2891E+08 | 1.2069E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |
| SOLETTA FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | - | - | - |
| zG | [mm] | 1415 | 1348 | 1348 | 1348 |
| A | [mm ²] | 103106 | 107534 | 107534 | 107534 |
| A n | [mm ²] | - | - | - | - |
| J | [mm ⁴] | 1.0848E+11 | 1.1959E+11 | 1.1959E+11 | 1.1959E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | - | - | - |
| W arm,s | [mm ³] | - | -7.2266E+07 | -7.2266E+07 | -7.2266E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.6673E+07 | -8.8693E+07 | -8.8693E+07 | -8.8693E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -7.8053E+07 | -9.0369E+07 | -9.0369E+07 | -9.0369E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 9.3902E+07 | 9.7888E+07 | 9.7888E+07 | 9.7888E+07 |
| W pb,i | [mm ³] | 9.1525E+07 | 9.5542E+07 | 9.5542E+07 | 9.5542E+07 |
| A taglio | [mm ²] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |

Tabella 21 – Caratteristiche geometriche lorde della sezione TR.1-12

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| TR.1 - sez.24 / SEZ. TIPO 2 - PROPRIETÀ GEOMETRICHE LORDE | | | | | |
|---|--------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| SOLETTA NON FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | 17.312 | 6.298 | 16.682 |
| zG | [mm] | 1563 | 862 | 437 | 847 |
| A | [mm ²] | 121316 | 200504 | 331195 | 203328 |
| A n | [mm ²] | - | 3471178 | 2085750 | 3391886 |
| J | [mm ⁴] | 1.3579E+11 | 2.8767E+11 | 3.8035E+11 | 2.9091E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -4.019E+09 | -2.940E+09 | -3.964E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.462E+08 | -5.113E+08 | -2.522E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.6862E+07 | -3.3381E+08 | -8.6966E+08 | -3.4353E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.8562E+07 | -3.4585E+08 | -9.3371E+08 | -3.5615E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.3761E+08 | 1.7039E+08 | 1.8004E+08 | 1.7081E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.3097E+08 | 1.6549E+08 | 1.7587E+08 | 1.6593E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 45360 | 45360 | 45360 | 45360 |
| SOLETTA FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | - | - | - |
| zG | [mm] | 1563 | 1501 | 1501 | 1501 |
| A | [mm ²] | 121316 | 125781 | 125781 | 125781 |
| A n | [mm ²] | - | - | - | - |
| J | [mm ⁴] | 1.3579E+11 | 1.4922E+11 | 1.4922E+11 | 1.4922E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | - | - | - |
| W arm,s | [mm ³] | - | -8.2569E+07 | -8.2569E+07 | -8.2569E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.6862E+07 | -9.9433E+07 | -9.9433E+07 | -9.9433E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -8.8562E+07 | -1.0146E+08 | -1.0146E+08 | -1.0146E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.3761E+08 | 1.4220E+08 | 1.4220E+08 | 1.4220E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.3097E+08 | 1.3574E+08 | 1.3574E+08 | 1.3574E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 45360 | 45360 | 45360 | 45360 |

Tabella 22 – Caratteristiche geometriche lorde della sezione TR.1-24

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| TR.1 - sez.31 / SEZ. TIPO 3 - PROPRIETÀ GEOMETRICHE LORDE | | | | | |
|---|--------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| SOLETTA NON FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | 17.312 | 6.298 | 16.682 |
| zG | [mm] | 1666 | 923 | 474 | 907 |
| A | [mm ²] | 121096 | 200284 | 330975 | 203108 |
| A n | [mm ²] | - | 3467369 | 2084365 | 3388216 |
| J | [mm ⁴] | 1.3793E+11 | 3.0767E+11 | 4.1104E+11 | 3.1129E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -4.095E+09 | -3.039E+09 | -4.042E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.502E+08 | -5.265E+08 | -2.565E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.2793E+07 | -3.3331E+08 | -8.6685E+08 | -3.4311E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.4311E+07 | -3.4450E+08 | -9.2540E+08 | -3.5484E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.5780E+08 | 1.9028E+08 | 1.9897E+08 | 1.9066E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.4766E+08 | 1.8347E+08 | 1.9336E+08 | 1.8390E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 |
| SOLETTA FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | - | - | - |
| zG | [mm] | 1666 | 1600 | 1600 | 1600 |
| A | [mm ²] | 121096 | 125561 | 125561 | 125561 |
| A n | [mm ²] | - | - | - | - |
| J | [mm ⁴] | 1.3793E+11 | 1.5296E+11 | 1.5296E+11 | 1.5296E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | - | - | - |
| W arm,s | [mm ³] | - | -8.0247E+07 | -8.0247E+07 | -8.0247E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.2793E+07 | -9.5623E+07 | -9.5623E+07 | -9.5623E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -8.4311E+07 | -9.7451E+07 | -9.7451E+07 | -9.7451E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 1.5780E+08 | 1.6266E+08 | 1.6266E+08 | 1.6266E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.4766E+08 | 1.5290E+08 | 1.5290E+08 | 1.5290E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 |

Tabella 23 – Caratteristiche geometriche lorde della sezione TR.1-31

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| TR.2 - sez.3 / SEZ.TIPO 1 - PROPRIETÀ GEOMETRICHE LORDE | | | | | |
|---|--------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| SOLETTA NON FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | 17.312 | 6.298 | 16.682 |
| zG | [mm] | 1415 | 832 | 454 | 819 |
| A | [mm ²] | 103106 | 160655 | 251642 | 162621 |
| A n | [mm ²] | - | 2781296 | 1584754 | 2712814 |
| J | [mm ⁴] | 1.0848E+11 | 2.0679E+11 | 2.7112E+11 | 2.0893E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -2.960E+09 | -2.054E+09 | -2.912E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -1.816E+08 | -3.566E+08 | -1.856E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.6673E+07 | -2.4857E+08 | -5.9740E+08 | -2.5502E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -7.8053E+07 | -2.5627E+08 | -6.3223E+08 | -2.6305E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 9.3902E+07 | 1.1898E+08 | 1.2812E+08 | 1.1934E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 9.1525E+07 | 1.1696E+08 | 1.2633E+08 | 1.1733E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |
| SOLETTA FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | - | - | - |
| zG | [mm] | 1415 | 1333 | 1333 | 1333 |
| A | [mm ²] | 103106 | 108632 | 108632 | 108632 |
| A n | [mm ²] | - | - | - | - |
| J | [mm ⁴] | 1.0848E+11 | 1.2220E+11 | 1.2220E+11 | 1.2220E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | - | - | - |
| W arm,s | [mm ³] | - | -7.4552E+07 | -7.4552E+07 | -7.4552E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.6673E+07 | -9.1699E+07 | -9.1699E+07 | -9.1699E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -7.8053E+07 | -9.3452E+07 | -9.3452E+07 | -9.3452E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 9.3902E+07 | 9.8765E+07 | 9.8765E+07 | 9.8765E+07 |
| W pb,i | [mm ³] | 9.1525E+07 | 9.6427E+07 | 9.6427E+07 | 9.6427E+07 |
| A taglio | [mm ²] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |

Tabella 24 – Caratteristiche geometriche lorde della sezione TR.2-3

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| TR.2 - sez.12 / SEZ.TIPO 1 - PROPRIETÀ GEOMETRICHE LORDE | | | | | |
|--|--------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| SOLETTA NON FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | 17.312 | 6.298 | 16.682 |
| zG | [mm] | 1415 | 848 | 460 | 835 |
| A | [mm ²] | 103106 | 158237 | 249224 | 160203 |
| A n | [mm ²] | - | 2739438 | 1569528 | 2672481 |
| J | [mm ⁴] | 1.0848E+11 | 2.0415E+11 | 2.7005E+11 | 2.0636E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -2.885E+09 | -2.030E+09 | -2.840E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -1.769E+08 | -3.522E+08 | -1.808E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.6673E+07 | -2.4084E+08 | -5.8685E+08 | -2.4724E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -7.8053E+07 | -2.4816E+08 | -6.2057E+08 | -2.5487E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 9.3902E+07 | 1.1853E+08 | 1.2800E+08 | 1.1892E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 9.1525E+07 | 1.1650E+08 | 1.2620E+08 | 1.1689E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |
| SOLETTA FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | - | - | - |
| zG | [mm] | 1415 | 1368 | 1368 | 1368 |
| A | [mm ²] | 103106 | 106215 | 106215 | 106215 |
| A n | [mm ²] | - | - | - | - |
| J | [mm ⁴] | 1.0848E+11 | 1.1637E+11 | 1.1637E+11 | 1.1637E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | - | - | - |
| W arm,s | [mm ³] | - | -6.9516E+07 | -6.9516E+07 | -6.9516E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.6673E+07 | -8.5096E+07 | -8.5096E+07 | -8.5096E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -7.8053E+07 | -8.6681E+07 | -8.6681E+07 | -8.6681E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 9.3902E+07 | 9.6780E+07 | 9.6780E+07 | 9.6780E+07 |
| W pb,i | [mm ³] | 9.1525E+07 | 9.4424E+07 | 9.4424E+07 | 9.4424E+07 |
| A taglio | [mm ²] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |

Tabella 25 – Caratteristiche geometriche lorde della sezione TR.2-12

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| TR.2 - sez.24 / SEZ.TIPO 2 - PROPRIETÀ GEOMETRICHE LORDE | | | | | |
|--|--------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| SOLETTA NON FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | 17.312 | 6.298 | 16.682 |
| zG | [mm] | 1563 | 1008 | 593 | 995 |
| A | [mm ²] | 121316 | 176447 | 267434 | 178413 |
| A n | [mm ²] | - | 3054694 | 1684208 | 2976257 |
| J | [mm ⁴] | 1.3579E+11 | 2.5587E+11 | 3.4634E+11 | 2.5879E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.197E+09 | -2.249E+09 | -3.146E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -1.946E+08 | -3.852E+08 | -1.989E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.6862E+07 | -2.5377E+08 | -5.8451E+08 | -2.6014E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.8562E+07 | -2.6155E+08 | -6.1569E+08 | -2.6823E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.3761E+08 | 1.6597E+08 | 1.7693E+08 | 1.6641E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.3097E+08 | 1.6075E+08 | 1.7252E+08 | 1.6122E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 45360 | 45360 | 45360 | 45360 |
| SOLETTA FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | - | - | - |
| zG | [mm] | 1563 | 1519 | 1519 | 1519 |
| A | [mm ²] | 121316 | 124425 | 124425 | 124425 |
| A n | [mm ²] | - | - | - | - |
| J | [mm ⁴] | 1.3579E+11 | 1.4524E+11 | 1.4524E+11 | 1.4524E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | - | - | - |
| W arm,s | [mm ³] | - | -7.9552E+07 | -7.9552E+07 | -7.9552E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.6862E+07 | -9.5601E+07 | -9.5601E+07 | -9.5601E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -8.8562E+07 | -9.7527E+07 | -9.7527E+07 | -9.7527E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 1.3761E+08 | 1.4090E+08 | 1.4090E+08 | 1.4090E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.3097E+08 | 1.3438E+08 | 1.3438E+08 | 1.3438E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 45360 | 45360 | 45360 | 45360 |

Tabella 26 – Caratteristiche geometriche lorde della sezione TR.2-24

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| TR.2 - sez.31 / SEZ.TIPO 3 - PROPRIETÀ GEOMETRICHE LORDE | | | | | |
|--|--------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| SOLETTA NON FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | 17.312 | 6.298 | 16.682 |
| zG | [mm] | 1666 | 1078 | 638 | 1064 |
| A | [mm ²] | 121096 | 176227 | 267214 | 178193 |
| A n | [mm ²] | - | 3050885 | 1682822 | 2972587 |
| J | [mm ⁴] | 1.3793E+11 | 2.7216E+11 | 3.7313E+11 | 2.7543E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.237E+09 | -2.313E+09 | -3.188E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -1.966E+08 | -3.949E+08 | -2.010E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.2793E+07 | -2.5244E+08 | -5.8461E+08 | -2.5888E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.4311E+07 | -2.5966E+08 | -6.1344E+08 | -2.6640E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.5780E+08 | 1.8618E+08 | 1.9620E+08 | 1.8659E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.4766E+08 | 1.7884E+08 | 1.9020E+08 | 1.7930E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 |
| SOLETTA FESSURATA | | | | | |
| | | Solo acc. | L.T. (perm.) | B.T. (accid.) | L.T. (rit) |
| n | [-] | - | - | - | - |
| zG | [mm] | 1666 | 1619 | 1619 | 1619 |
| A | [mm ²] | 121096 | 124205 | 124205 | 124205 |
| A n | [mm ²] | - | - | - | - |
| J | [mm ⁴] | 1.3793E+11 | 1.4851E+11 | 1.4851E+11 | 1.4851E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | - | - | - |
| W arm,s | [mm ³] | - | -7.7116E+07 | -7.7116E+07 | -7.7116E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.2793E+07 | -9.1713E+07 | -9.1713E+07 | -9.1713E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -8.4311E+07 | -9.3444E+07 | -9.3444E+07 | -9.3444E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 1.5780E+08 | 1.6129E+08 | 1.6129E+08 | 1.6129E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.4766E+08 | 1.5142E+08 | 1.5142E+08 | 1.5142E+08 |
| A taglio | [mm ²] | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 |

Tabella 27 – Caratteristiche geometriche lorde della sezione TR.2-31

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

8.5 Elementi secondari dell'impalcato

Oltre alle travi principali e agli elementi ad esse direttamente correlati (irrigidimenti, pioli, saldature, ecc), l'impalcato metallico è costituito dai seguenti ulteriori elementi:

- Diaframmi interni ai due cassoncini posti ad interasse 2.70m (2.80m sul primo e sull'ultimo campo) e ulteriori diaframmi di collegamento tra i due cassoncini posti ad interasse 5.40m. Tali elementi sono costituiti da angolari doppi con sezione 90x8 per i diagonali e le briglie superiori e con sezione 90x10 per le briglie inferiori. Per maggiori dettagli si rimanda al capitolo 11.
- Controventi di torsione al livello inferiore nei due cassoncini, disposti a croce di S. Andrea con campi pari all'interasse dei traversi. Sul primo e sull'ultimo campo sono posti anche tra le due travi centrali. Tali elementi sono costituiti da angolari doppi con sezione 120x10. Per maggiori dettagli si rimanda al capitolo 11.
- Controventi di montaggio al livello superiore nei due cassoncini, disposti a croce di S. Andrea con campi pari all'interasse dei traversi. Sul primo e sull'ultimo campo sono posti anche tra le due travi centrali. Tali elementi sono costituiti da angolari singoli con sezione 90x8. Per maggiori dettagli si rimanda al capitolo 12.
- Diaframmi d'appoggio a sezione piena a "doppia T", con piattabande 500 mm x 20 mm e anima da 18mm. Per maggiori dettagli si rimanda al capitolo 13.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

9 VERIFICA DELLE TRAVI PRINCIPALI DI IMPALCATO

L'elenco delle combinazioni utilizzate per le verifiche delle travi è riportato al §A.1 della presente relazione. In totale sono state analizzate 132 combinazioni, che possono sintetizzarsi nel seguente modo:

- dalla n°1 alla n°16: SLU / tempo infinito / $1.35G1 + 1.5G2 + 1.2\epsilon2 + 1.45Qt \pm 0.9Q5 \pm 0.9Q7$;
- dalla n°17 alla n°32: SLU / tempo zero / $1.35G1 + 1.5G2 + 1.45Qt \pm 0.9Q5 \pm 0.9Q7$;
- dalla n°33 alla n°36: SLU / tempo infinito / $G1 + G2_ballast + 1.2\epsilon2 \pm 0.9Q5 \pm 1.5Q7$;
- dalla n°37 alla n°52: SLE-RARA / tempo infinito / $G1 + G2 + \epsilon2 + Qt \pm 0.6Q5 \pm 0.6Q7$;
- dalla n°53 alla n°68: SLE-RARA / tempo zero / $G1 + G2 + Qt \pm 0.6Q5 \pm 0.6Q7$;
- dalla n°69 alla n°72: SLE-RARA / tempo infinito / $G1 + G2_ballast + \epsilon2 \pm 0.6Q5 \pm Q7$;
- dalla n°73 alla n°88: SLE-RARA / tempo infinito / $G1 + G2 + \epsilon2 + Qt_gr4 \pm 0.6Q5 \pm Q7$;
- dalla n°89 alla n°104: SLE-RARA / tempo zero / $G1 + G2 + Qt_gr4 \pm 0.6Q5 \pm Q7$;
- dalla n°105 alla n°110: SLE-Q.P. / tempo infinito;
- dalla n°111 alla n°116: SLE-Q.P. / tempo zero;
- dalla n°117 alla n°124: RARA per verifiche a fatica – LM71 su binario pari;
- dalla n°125 alla n°132: RARA per verifiche a fatica – LM71 su binario dispari.

Per “G2” si intendono tutti i carichi permanenti non strutturali, compreso quello del ballast. Per “G2_ballast” si intende il solo carico del ballast. “Qt_gr4” indica il gruppo 4 delle azioni da traffico, dunque le combinazioni dalla n°73 alla n°104 sono state utilizzate per le verifiche a fessurazione.

Si riportano nel presente capitolo le seguenti verifiche:

- verifiche SLU:
 - verifica a presso/tenso-flessione;
 - verifica per instabilità a taglio dell'anima;
 - verifica di interazione taglio-momento;
 - verifica delle saldature di composizione;
 - verifica dei connettori trave-soletta;
 - verifica dell'armatura trasversale in soletta per azioni concentrate dei pioli;
- verifiche SLE:
 - verifica dello stato limite di limitazione delle tensioni;

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

- verifica dello stato limite di apertura delle fessure;
- verifica dei connettori trave-soletta.

9.1 Classificazione delle sezioni

Le sezioni trasversali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale C_θ definita come:

$$C_\theta = \theta_r / \theta_y - 1$$

dove θ_r e θ_y sono rispettivamente la curvatura corrispondente al raggiungimento della deformazione ultima e la curvatura corrispondente al raggiungimento della deformazione elastica.

Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

Classe 1: quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica, avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico, senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali, le sezioni con capacità rotazionale $C_\theta \geq 3$;

Classe 2: la sezione può sviluppare il proprio momento resistente elastico, ma ha una capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\theta \geq 1.5$;

Classe 3: sono quelle sezioni trasversali dove la fibra estrema compressa può raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce il raggiungimento del momento resistente plastico;

Classe 4: quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

La classe di una sezione è data dalla più sfavorevole tra le classi relative alle varie parti che compongono la sezione stessa.

La classe di ogni pannello dipende dalle proprietà geometriche che lo caratterizzano e dalla distribuzione delle tensioni normali attraverso il coefficiente ψ (Figura 56 per i pannelli d'anima e Figura 55 per le piattabande).

In accordo con quanto esposto al §C.4.2.3.1 della circolare delle NTC [1], ai fini della classificazione delle sezioni, i limiti per la classe 3 indicati nelle tabelle seguenti sono stati incrementati di un fattore pari a:

$$\bar{k} = \sqrt{\frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \sigma_{c,Ed}}}$$

dove $\sigma_{c,Ed}$ è la massima tensione di compressione sul pannello.

Le verifiche sono state condotte assumendo come classe di ogni pannello quella corrispondente al valore effettivo di ψ per la combinazione considerata.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

La piattabanda superiore è stata assunta di classe 1 in quanto vincolata alla soletta.

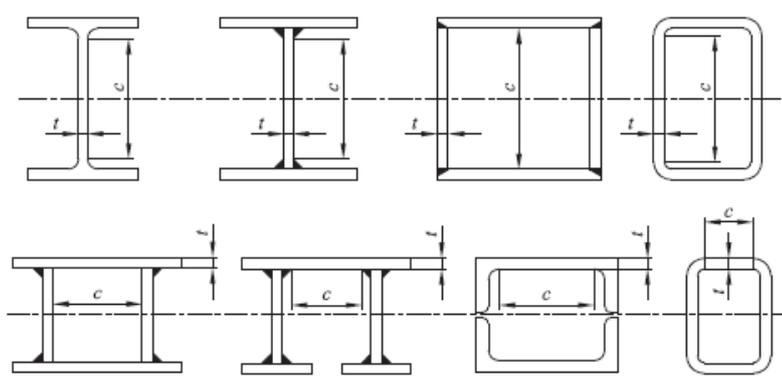
A favore di sicurezza, anche laddove la sezione fosse risultata di classe 1 o 2, le verifiche sono state condotte sempre attraverso l'approccio elastico.

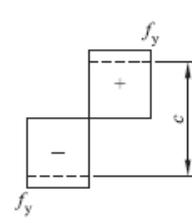
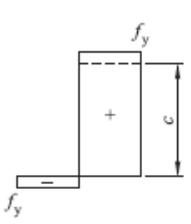
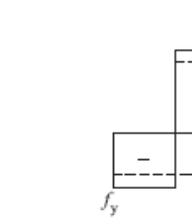
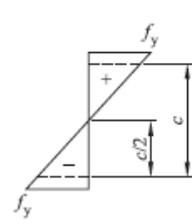
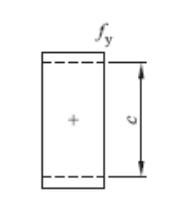
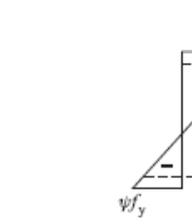
| Alcuni sporgenti | | | | | | |
|--------------------------------|---|---|---|-----------------|------|------|
| | | Sezioni laminare | | Sezioni saldate | | |
| Classe | Elemento soggetto a flessione | Elemento soggetto a flessione e compressione | | | | |
| | | Estremità compressa | | Estremità tesa | | |
| | Distribuzione delle tensioni negli elementi (compressione positiva) | | | | | |
| 1 | $dt \leq 9\varepsilon$ | $dt \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$ | $dt \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$ | | | |
| 2 | $dt \leq 10\varepsilon$ | $dt \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$ | $dt \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$ | | | |
| | Distribuzione delle tensioni negli elementi (compressione positiva) | | | | | |
| 3 | $dt \leq 14\varepsilon$ | $dt \leq 21 \varepsilon \sqrt{k_c}$ Per k_c vedere EN 1993-1-5 | | | | |
| $\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$ | f_y | 235 | 275 | 355 | 420 | 460 |
| | ε | 1,00 | 0,92 | 0,81 | 0,75 | 0,71 |

Figura 55 – Rapporti massimi larghezza spessore per elementi compressi esterni (UNI EN 1993-1-1)

| | | | | |
|--|------------------|-------------|----------------------------|---|
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |
|--|------------------|-------------|----------------------------|---|

Elementi compressi interni



| Classe | Elemento soggetto a flessione | Elemento soggetto a compressione | Elemento soggetto a flessione e compressione | | | |
|---|---|---|---|------|------|------|
| Distribuzione delle tensioni negli elementi (compressione positiva) |  |  |  | | | |
| 1 | $ct \leq 72\varepsilon$ | $ct \leq 33\varepsilon$ | quando $\alpha > 0,5$: $ct \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$: $ct \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$ | | | |
| 2 | $ct \leq 83\varepsilon$ | $ct \leq 38\varepsilon$ | quando $\alpha > 0,5$: $ct \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$: $ct \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$ | | | |
| Distribuzione delle tensioni negli elementi (compressione negativa) |  |  |  | | | |
| 3 | $ct \leq 124\varepsilon$ | $ct \leq 42\varepsilon$ | quando $\psi > -1$: $ct \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1$: $ct \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$ | | | |
| $\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$ | f_y | 235 | 275 | 355 | 420 | 460 |
| | ε | 1,00 | 0,92 | 0,81 | 0,75 | 0,71 |

*) $\psi \leq -1$ si applica quando la tensione di compressione $\sigma \leq f_y$ o in alternativa la deformazione di trazione $\varepsilon_t > f_y/E$.

Figura 56 – Rapporti massimi larghezza spessore per elementi compressi interni (UNI EN 1993-1-1)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

9.2 Instabilità locale. Metodo delle larghezze efficaci

Per tener conto degli effetti dell'instabilità locale sulla resistenza delle sezioni, si è fatto ricorso al "Metodo delle larghezze efficaci", indicato nella UNI EN 1993 1-5 [4].

I risultati delle verifiche riportate nel seguito tengono conto di una procedura iterativa atta a valutare la geometria efficace delle sezioni appartenenti alla classe 4.

In accordo con quanto indicato nelle UNI EN 1993-1-5 [4] e UNI-EN 1994-2 [5], la somma delle tensioni risultante dalle diverse fasi, e calcolata sulla sezione lorda, è stata utilizzata per calcolare la sezione efficace da utilizzare allo step successivo per il calcolo delle tensioni in ogni fase. L'iterazione si ripete fino a convergenza.

Si riporta di seguito quanto esposto nelle UNI EN 1993-1-5 [4] in merito al calcolo delle caratteristiche geometriche efficaci.

Per il calcolo delle proprietà efficaci di pannelli non irrigiditi vale quanto indicato in Figura 57, Figura 58 e Figura 59, dove si riporta il calcolo di "ρ" e "b_{eff}" per i pannelli d'anima (*internal compression element*) e per le piattabande (*outstand compression element*).

$$A_{c,eff} = \rho A_c$$

where ρ is the reduction factor for plate buckling.

(2) The reduction factor ρ may be taken as follows:

- internal compression elements:
 - $\rho = 1,0$ for $\bar{\lambda}_p \leq 0,673$
 - $\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0$ for $\bar{\lambda}_p > 0,673$, where $(3 + \psi) \geq 0$
- outstand compression elements:
 - $\rho = 1,0$ for $\bar{\lambda}_p \leq 0,748$
 - $\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0$ for $\bar{\lambda}_p > 0,748$

where $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}}$

Figura 57 – Stabilità di pannelli privi di irrigidimenti soggetti a compressione

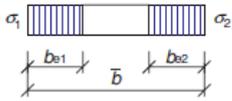
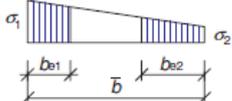
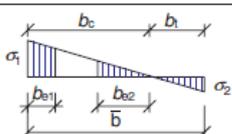
| Stress distribution (compression positive) | Effective ^p width b_{eff} | | | | | | | | |
|---|---|------|------------------------------------|------|---------------------------------|-----|------------------------|------|------------------------------------|
|  | $\psi = 1:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff} \quad b_{e2} = 0,5 b_{eff}$ | | | | | | | | |
|  | $1 > \psi > 0:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{eff} \quad b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$ | | | | | | | | |
|  | $\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff} \quad b_{e2} = 0,6 b_{eff}$ | | | | | | | | |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | | | | | | | | | |
| Buckling factor k_{ψ} | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">1</td> <td style="width: 25%;">1 > ψ > 0</td> <td style="width: 25%;">0</td> <td style="width: 25%;">0 > ψ > -1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4,0</td> <td style="text-align: center;">8,2 / (1,05 + ψ)</td> <td style="text-align: center;">7,81</td> <td style="text-align: center;">7,81 - 6,29ψ + 9,78ψ^2</td> </tr> </table> | 1 | 1 > ψ > 0 | 0 | 0 > ψ > -1 | 4,0 | 8,2 / (1,05 + ψ) | 7,81 | 7,81 - 6,29 ψ + 9,78 ψ^2 |
| 1 | 1 > ψ > 0 | 0 | 0 > ψ > -1 | | | | | | |
| 4,0 | 8,2 / (1,05 + ψ) | 7,81 | 7,81 - 6,29 ψ + 9,78 ψ^2 | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">-1</td> <td style="width: 25%;">-1 > ψ > -3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">23,9</td> <td style="text-align: center;">5,98 (1 - ψ)²</td> </tr> </table> | -1 | -1 > ψ > -3 | 23,9 | 5,98 (1 - ψ) ² | | | | |
| -1 | -1 > ψ > -3 | | | | | | | | |
| 23,9 | 5,98 (1 - ψ) ² | | | | | | | | |

Figura 58 – Larghezza efficace di pannelli compressi con entrambi i bordi longitudinali irrigiditi

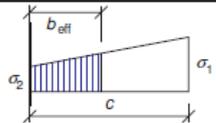
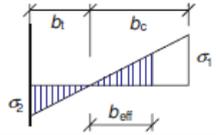
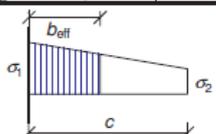
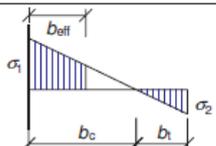
| Stress distribution (compression positive) | Effective ^p width b_{eff} | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------------------------------------|------|---------------------------|------|------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------|
|  | $1 > \psi > 0:$ $b_{eff} = \rho c$ | | | | | | | | | | |
|  | $\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$ | | | | | | | | | | |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | | | | | | | | | | | |
| Buckling factor k_{ψ} | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">1</td> <td style="width: 25%;">0</td> <td style="width: 25%;">-1</td> <td style="width: 25%;">1 \geq ψ \geq -3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,43</td> <td style="text-align: center;">0,57</td> <td style="text-align: center;">0,85</td> <td style="text-align: center;">0,57 - 0,21ψ + 0,07ψ^2</td> </tr> </table> | 1 | 0 | -1 | 1 \geq ψ \geq -3 | 0,43 | 0,57 | 0,85 | 0,57 - 0,21 ψ + 0,07 ψ^2 | | |
| 1 | 0 | -1 | 1 \geq ψ \geq -3 | | | | | | | | |
| 0,43 | 0,57 | 0,85 | 0,57 - 0,21 ψ + 0,07 ψ^2 | | | | | | | | |
|  | $1 > \psi > 0:$ $b_{eff} = \rho c$ | | | | | | | | | | |
|  | $\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$ | | | | | | | | | | |
| $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | | | | | | | | | | | |
| Buckling factor k_{ψ} | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">1</td> <td style="width: 25%;">1 > ψ > 0</td> <td style="width: 25%;">0</td> <td style="width: 25%;">0 > ψ > -1</td> <td style="width: 25%;">-1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,43</td> <td style="text-align: center;">0,578 / (ψ + 0,34)</td> <td style="text-align: center;">1,70</td> <td style="text-align: center;">1,7 - 5ψ + 17,1ψ^2</td> <td style="text-align: center;">23,8</td> </tr> </table> | 1 | 1 > ψ > 0 | 0 | 0 > ψ > -1 | -1 | 0,43 | 0,578 / (ψ + 0,34) | 1,70 | 1,7 - 5 ψ + 17,1 ψ^2 | 23,8 |
| 1 | 1 > ψ > 0 | 0 | 0 > ψ > -1 | -1 | | | | | | | |
| 0,43 | 0,578 / (ψ + 0,34) | 1,70 | 1,7 - 5 ψ + 17,1 ψ^2 | 23,8 | | | | | | | |

Figura 59 – Larghezza efficace di pannelli compressi con un solo bordo longitudinale irrigidito

Il coefficiente riduttivo ρ è legato agli effetti di instabilità locale del tipo “a piastra” e tiene già in conto delle imperfezioni e del comportamento post-critico del pannello. Tale valore è legato alla dimensione “b” ortogonale all’azione di compressione, alla distribuzione e all’entità delle tensioni su esso agenti e ai vincoli esterni del pannello. Tale valore deve essere poi corretto per tener conto del comportamento a colonna in fase post-critica (solitamente trascurabile per pannelli d’anima non irrigiditi).

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Nel calcolo di p fornito in normativa, e utilizzato nelle verifiche seguenti, si assume a priori che:

- la massima tensione di compressione è pari a f_{yk} (a favore di sicurezza);
- i pannelli sono vincolati con delle cerniere cilindriche (a favore di sicurezza).

Gli effetti dell'instabilità locale nei pannelli irrigiditi (nel caso in esame l'anima rientra in tale condizione) sono stati tenuti in conto applicando quando indicato in Figura 60 e Figura 61.

(3) The effective^p area of the compression zone of the stiffened plate should be taken as:

$$A_{c,eff} = \rho_c A_{c,eff,loc} + \sum b_{edge,eff} t \quad (4.5)$$

where $A_{c,eff,loc}$ is the effective^p section areas of all the stiffeners and subpanels that are fully or partially in the compression zone except the effective parts supported by an adjacent plate element with the width $b_{edge,eff}$, see example in Figure 4.4.

(4) The area $A_{c,eff,loc}$ should be obtained from:

$$A_{c,eff,loc} = A_{st,eff} + \sum_c \rho_{loc} b_{c,loc} t \quad (4.6)$$

where \sum_c applies to the part of the stiffened panel width that is in compression except the parts $b_{edge,eff}$, see Figure 4.4;

$A_{st,eff}$ is the sum of the effective^p sections according to 4.4 of all longitudinal stiffeners with gross area A_{st} located in the compression zone;

$b_{c,loc}$ is the width of the compressed part of each subpanel;

ρ_{loc} is the reduction factor from 4.4(2) for each subpanel.

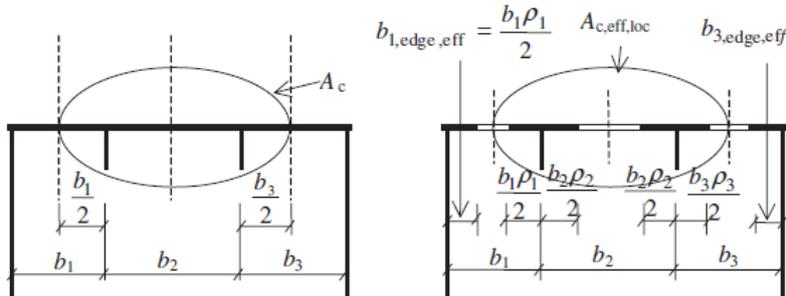
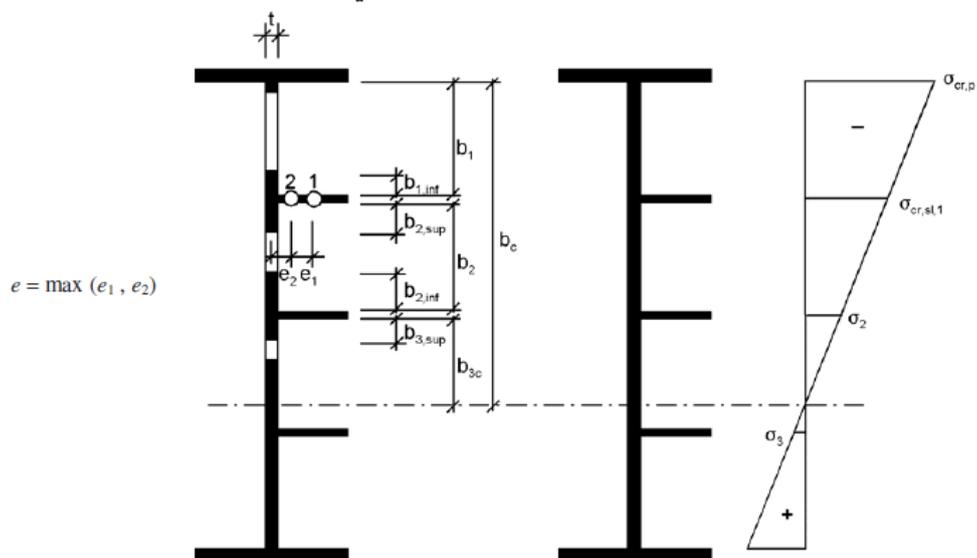
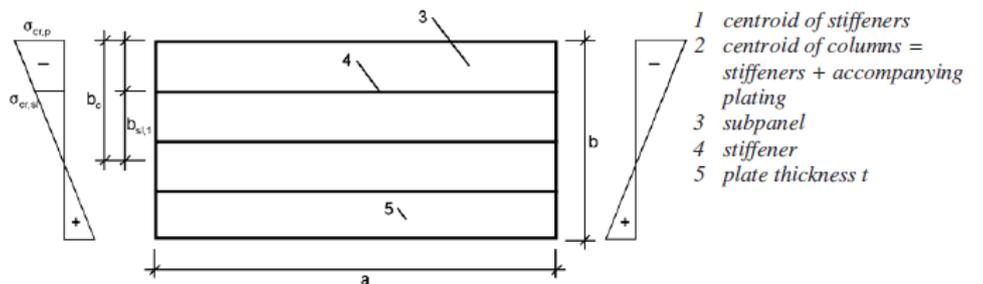


Figura 60 – Calcolo dell'area efficace per pannelli irrigiditi

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

a , b and t are as defined in Figure A.1.



| | width for gross area | width for effective area according to Table 4.1 | condition for ψ_i |
|-------------|---------------------------------|---|---|
| $b_{1,inf}$ | $\frac{3-\psi_1}{5-\psi_1} b_1$ | $\frac{3-\psi_1}{5-\psi_1} b_{1,eff}$ | $\psi_1 = \frac{\sigma_{cr,st,1}}{\sigma_{cr,p}} > 0$ |
| $b_{2,sup}$ | $\frac{2}{5-\psi_2} b_2$ | $\frac{2}{5-\psi_2} b_{2,eff}$ | $\psi_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr,st,1}} > 0$ |
| $b_{2,inf}$ | $\frac{3-\psi_2}{5-\psi_2} b_2$ | $\frac{3-\psi_2}{5-\psi_2} b_{2,eff}$ | $\psi_2 > 0$ |
| $b_{3,sup}$ | $0,4 b_{3c}$ | $0,4 b_{3c,eff}$ | $\psi_3 = \frac{\sigma_3}{\sigma_2} < 0$ |

Figura 61 – Calcolo della geometria efficace dei sotto-pannelli di anime irrigidite (Figura A.1 allegato A della UNI EN)

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Il parametro ρ_{loc} tiene conto di fenomeni di instabilità locale del singolo sotto-pannello e viene calcolato considerando quest'ultimo come un pannello non irrigidito.

Il parametro ρ_c considera invece possibili fenomeni di instabilità locale che interessano l'intero pannello irrigidito e si calcola come:

$$\rho_c = (\rho - \chi_c)\xi(2 - \xi) + \chi_c$$

dove ρ è il coefficiente riduttivo che tiene conto dell'instabilità di piastra, calcolato come indicato in Figura 57, assumendo:

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{\beta_{A,c} f_{yk}}{\sigma_{cr,p}}}$$

Con $\beta_{A,c} = A_{c,eff,loc}/A_c$

$\sigma_{cr,p}$ è la tensione critica di piastra, valutata come indicato nell'allegato A delle UNI EN 1993-1-5 [4]. Il calcolo varia a seconda del numero di irrigidimenti longitudinali presenti nel pannello.

χ_c è il coefficiente riduttivo che tiene conto del comportamento a colonna sul comportamento post-critico del pannello, il quale si calcola come indicato al §4.2.4.1.3.1 delle NTC [1]:

$$\chi_c = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_c^2}}$$

con $\phi = 0.5 [1 + \alpha(\bar{\lambda}_c - 0.2) + \bar{\lambda}_c^2]$, dove α si assume per pannelli non irrigiditi pari a 0.21 e per pannelli irrigiditi come indicato in Figura 62:

$$\alpha_e = \alpha + \frac{0,09}{i/e} \tag{4.12}$$

with $i = \sqrt{\frac{I_{st,1}}{A_{st,1}}}$

$e = \max(e_1, e_2)$ is the largest distance from the respective centroids of the plating and the one-sided stiffener (or of the centroids of either set of stiffeners when present on both sides) to the neutral axis of the effective column, see Figure A.1;

$\alpha = 0,34$ (curve b) for closed section stiffeners;
 $= 0,49$ (curve c) for open section stiffeners.

Figura 62 – Calcolo coefficiente α per pannelli irrigiditi

La snellezza adimensionale di colonna è pari a:

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{\beta_{A,c} f_{yk}}{\sigma_{cr,c}}}$$

dove, per pannello non irrigiditi, la tensione critica di colonna è pari a:

$$\sigma_{cr,c} = \frac{\pi^2 E t^2}{12 (1 - \nu^2) a^2}$$

e $\beta_{A,c} = 1$.

Mentre, per pannelli irrigiditi:

$$\sigma_{cr,c} = \frac{\pi^2 E J_{sl,1}}{A_{sl,1} a^2} \frac{b_c}{b_{sl,1}}$$

con "a" distanza tra gli irrigidimenti trasversali e $A_{sl,1}$ e $J_{sl,1}$ area e momento d'inerzia lordo dell'irrigidimento più vicino alla fibra esterna compressa. Il significato di b_c e $b_{sl,1}$ è indicato in Figura 61 (Fig. A1 UNI-EN 1993-1-5 [4]).

$$\beta_{A,c} = \frac{A_{sl,1,eff}}{A_{sl,1}}$$

dove $A_{sl,1}$ e $A_{sl,1,eff}$ sono rispettivamente l'area lorda e l'area efficace dell'irrigidimento più vicino alla fibra esterna compressa e delle parti di pannello adiacenti, come indicato in Figura 61.

ξ è un coefficiente pari a:

$$\xi = \frac{\sigma_{cr,p}}{\sigma_{cr,c}} - 1, \quad \text{con } 0 \leq \xi \leq 1$$

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

9.3 Shear Lag nelle piattabande

In accordo con quanto esposto al capitolo 3 dell'EC3-1-5 [4], l'effetto dello "Shear Lag" nelle piattabande è stato preso in conto applicando un eventuale coefficiente riduttivo alla larghezza b_0 delle piattabande.

La larghezza efficace assunta nei calcoli è pari a

$$b_{\text{eff}} = \beta b_0$$

per le verifiche SLE e per le verifiche a fatica; mentre si ricava dalla relazione

$$A_{\text{eff}} = \beta^k A_{c,\text{eff}} \geq \beta A_{c,\text{eff}}$$

per le verifiche SLU, dove $A_{c,\text{eff}}$ è l'area ridotta per tener conto dei fenomeni di instabilità locale.

Il calcolo di β e k è esposto nell'immagine e nella tabella seguenti.

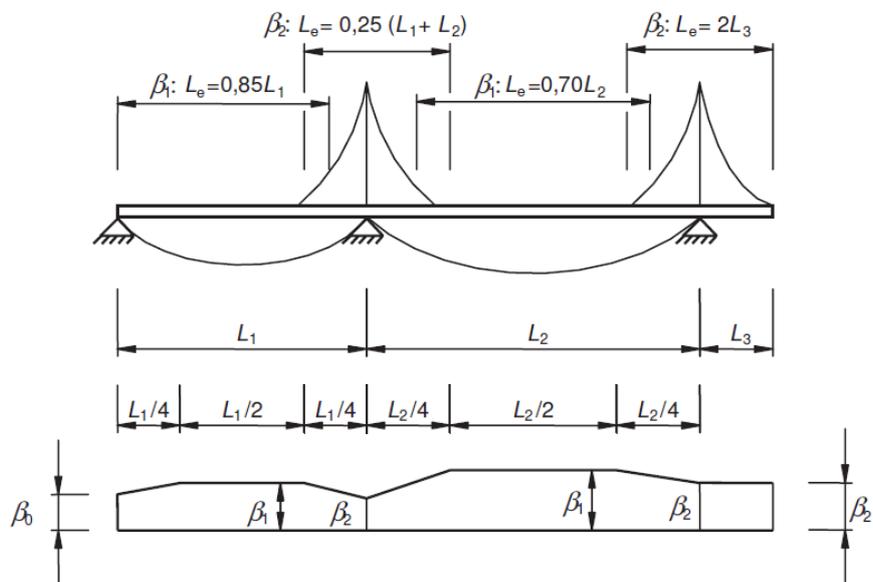


Figura 63 – Definizione delle luci equivalenti L_e per travi continue (UNI EN 1993-1-5)

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

| κ | Verification | β - value |
|---|-----------------|--|
| $\kappa \leq 0,02$ | | $\beta = 1,0$ |
| $0,02 < \kappa \leq 0,70$ | sagging bending | $\beta = \beta_1 = \frac{1}{1 + 6,4 \kappa^2}$ |
| | hogging bending | $\beta = \beta_2 = \frac{1}{1 + 6,0 \left(\kappa - \frac{1}{2500 \kappa} \right) + 1,6 \kappa^2}$ |
| $> 0,70$ | sagging bending | $\beta = \beta_1 = \frac{1}{5,9 \kappa}$ |
| | hogging bending | $\beta = \beta_2 = \frac{1}{8,6 \kappa}$ |
| all κ | end support | $\beta_0 = (0,55 + 0,025 / \kappa) \beta_1$, but $\beta_0 < \beta_1$ |
| all κ | Cantilever | $\beta = \beta_2$ at support and at the end |
| $\kappa = \alpha_0 b_0 / L_e$ with $\alpha_0 = \sqrt{1 + \frac{A_{s\ell}}{b_0 t}}$ in which $A_{s\ell}$ is the area of all longitudinal stiffeners within the width b_0 and other symbols are as defined in Figure 3.1 and Figure 3.2. | | |

Tabella 28 – Valori di β per il calcolo della b_{eff}

Nel caso dell'impalcato in progetto si ha:

$$L_e = 0.85 \cdot L = 0.85 \cdot 38\text{m} = 32.3\text{m}$$

$$k = 500\text{mm} / 32\,300\text{ mm} = 0.0155 \quad \text{per la piattabanda inferiore}$$

$$k = 375\text{mm} / 32\,300\text{ mm} = 0.0116 \quad \text{per la piattabanda superiore}$$

Poiché "k" è minore di 0.02, si può assumere che la larghezza efficace delle piattabande sia pari alla larghezza effettiva delle stesse.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

9.4 Verifiche sezionali SLU

Nei sotto-paragrafi seguenti si riportano degli accenni teorici e normativi sulle modalità di verifica seguite. Si descrivono inoltre le varie assunzioni fatte e si riporta una verifica ritenuta significativa in forma estesa.

A seguire, nell'ultimo sotto-paragrafo, vengono esposti i risultati in forma sintetica delle verifiche effettuate.

Nell'Allegato B , si riportano i tabulati di verifica e le verifiche estese delle sezioni più significative sotto le combinazioni di carico risultate più gravose.

9.4.1 Verifica SLU a presso/tenso-flessione

La verifica è stata condotta in accordo con quanto previsto dalla UNI EN 1993-1-1 [6] e 1993-1-5 [4].

Poiché le sezioni risultano essere prettamente in classe 3 e 4, le verifiche a presso/tenso-flessione sono state condotte tramite l'approccio elastico, applicando una riduzione delle caratteristiche di resistenza per tener conto dell'instabilità locale laddove la sezione risultasse essere in classe 4.

Si è tenuto conto dell'effetto Shear Lag nelle piattabande, valutando i coefficienti riduttivi ad esso associati, attraverso un approccio elasto-plastico. Come indicato già nel §9.3 della presente relazione, l'effetto dello Shear Lag è trascurabile.

Nel calcolo tensionale si è tenuto conto dell'eventuale eccentricità addizionale Δ tra il baricentro della sezione lorda e il baricentro della sezione efficace (per sezioni di classe 4). Nelle tabelle seguenti il momento flettente tiene già in conto del contributo $\Delta M = N \cdot \Delta$.

Le caratteristiche efficaci delle sezioni sono riportate nei tabulati estesi di verifica. Per sezioni di classe 3 le caratteristiche efficaci coincidono con le caratteristiche lorde.

La soletta è stata considerata fessurata per le combinazioni nelle quali le tensioni nella stessa (calcolate sulla sezione non fessurata) sono risultate essere di trazione.

La verifica è stata quindi condotta confrontando la massima tensione normale agente nel punto di interesse (anima, piattabande, soletta e armature) con il massimo valore tensionale ammesso dalla normativa.

Si riporta di seguito la verifica in forma estesa per la sezione e per la combinazione a cui corrisponde il massimo tasso di sfruttamento a presso-flessione delle travi.

| | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|-------|----------|--|------|----|----------------|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>10</td> <td>EI2CLVI0005006</td> <td>C</td> </tr> </table> | Progetto | Lotto | Codifica | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |
| Progetto | Lotto | Codifica | | | | | | | |
| IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C | | | | | | |

TR.1 - sez.24 - Combinazione n°1 (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -35 | -544 | -485 | 328 | -2190 | -5325 | 0 | 0 | -8250 |
| Med | [kNm] | 10142 | 14046 | 18785 | 301 | 1388 | 5615 | 0 | 0 | 50277 |
| Ved | [kN] | -242 | -383 | -449 | -20 | 0 | 1 | 0 | 0 | -1094 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE | | | |
|--|-------|-----------------|---|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | -14.7 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| σ sol,i | [Mpa] | -10.6 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|--|-----|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastoplastico: Aeff = beta^k * Ac,eff dove k = b_lorda / Le | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

| CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1) | | | | | |
|---|-------|----------|--------|--------|--|
| Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta. | | | | | |
| | | Anima | Pb sup | Pb inf | |
| σ sup | [MPa] | -229.1 | -235.0 | 276.3 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ inf | [Mpa] | 266.4 | -235.0 | 276.3 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ε | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.838 | Coefficiente pari a (235 / fyk)^0.5 |
| ψ | [-] | -1.163 | - | - | Rapporto σ max / σ min |
| k | [-] | 1.215 | - | - | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a (fyd / σc)^0.5 |
| c int / t | [-] | 140.0 | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t | [-] | - | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 | [-] | 142.9 | - | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. | [-] | 3 | 1 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione | [-] | 3 | | | Classe della sezione |

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING) | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E |
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1563 | 862 | 437 | 437 | 437 | 847 | 862 | 437 |
| A | [mm ²] | 121316 | 200504 | 331195 | 331195 | 331195 | 203328 | 200504 | 331195 |
| A n | [mm ²] | 1.21E+20 | 3.47E+06 | 2.09E+06 | 2.09E+06 | 2.09E+06 | 3.39E+06 | 3.47E+06 | 2.09E+06 |
| J | [mm ⁴] | 1.36E+11 | 2.88E+11 | 3.80E+11 | 3.80E+11 | 3.80E+11 | 2.91E+11 | 2.88E+11 | 3.80E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -4.02E+09 | -2.94E+09 | -2.94E+09 | -2.94E+09 | -3.96E+09 | -4.02E+09 | -2.94E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.46E+08 | -5.11E+08 | -5.11E+08 | -5.11E+08 | -2.52E+08 | -2.46E+08 | -5.11E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.69E+07 | -3.34E+08 | -8.70E+08 | -8.70E+08 | -8.70E+08 | -3.44E+08 | -3.34E+08 | -8.70E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.86E+07 | -3.46E+08 | -9.34E+08 | -9.34E+08 | -9.34E+08 | -3.56E+08 | -3.46E+08 | -9.34E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.38E+08 | 1.70E+08 | 1.80E+08 | 1.80E+08 | 1.80E+08 | 1.71E+08 | 1.70E+08 | 1.80E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.31E+08 | 1.65E+08 | 1.76E+08 | 1.76E+08 | 1.76E+08 | 1.66E+08 | 1.65E+08 | 1.76E+08 |
| Δ baricentro | [mm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| TENSIONI NORMALI - VERIFICA | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------|-------------|-------|-----|------|-------|-----|-----|--------|-------|------|--|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rd | η1 | |
| σ sol,s | [MPa] | 0.0 | -3.7 | -6.6 | 0.1 | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | -8.9 | 21.3 | 0.42 | |
| σ arm,s | [MPa] | 0.0 | -59.8 | -38.2 | 0.4 | -9.3 | -48.5 | 0.0 | 0.0 | -155.3 | 391.3 | 0.40 | |
| σ pb,s | [MPa] | -117.1 | -44.8 | -23.1 | 0.6 | -8.2 | -42.5 | 0.0 | 0.0 | -235.0 | 338.1 | 0.70 | |
| σ an,s | [MPa] | -114.8 | -43.3 | -21.6 | 0.7 | -8.1 | -42.0 | 0.0 | 0.0 | -229.1 | 338.1 | 0.68 | |
| σ an,i | [MPa] | 73.4 | 79.7 | 102.9 | 2.7 | 1.1 | 6.7 | 0.0 | 0.0 | 266.4 | 338.1 | 0.79 | |
| σ pb,i | [MPa] | 77.1 | 82.2 | 105.3 | 2.7 | 1.3 | 7.7 | 0.0 | 0.0 | 276.3 | 319.0 | 0.87 | |
| Tasso di sfruttamento η1 | | | | | | | | | | | | | |
| η1 | [-] | | 0.87 | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

9.4.2 Verifica SLU per instabilità a taglio dell'anima

In accordo con quanto indicato al §5.1 delle EN 1993-1-5 [4], la verifica per instabilità per taglio del pannello d'anima deve essere eseguita quando risulta:

$$h_w / t > 72 \varepsilon / \eta \quad \text{per pannelli non irrigiditi}$$

$$h_w / t > 30 \varepsilon (k_\tau) \quad \text{per pannelli irrigiditi}$$

dove $\varepsilon = 0.814$ per un acciaio S355 e η è stato assunto pari a 1.2 in accordo con quanto indicato sulla Circolare alle NTC [7].

La resistenza per instabilità al taglio è pari a:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

Dove $V_{bw,Rd}$ rappresenta il contributo offerto dall'anima, mentre $V_{bf,Rd}$ rappresenta il contributo offerto dalle flange in fase post critica.

Nei calcoli è stato trascurato il contributo offerto dalle flange in quanto si presume che quest'ultime siano già sottoposte a tensioni elevate per effetto dell'azione flettente.

Il contributo offerto dall'anima è calcolato come:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

dove χ_w è calcolato come indicato nella tabella seguente.

| | Rigid end post | Non-rigid end post |
|---|----------------------------------|--------------------------|
| $\bar{\lambda}_w < 0,83 / \eta$ | η | η |
| $0,83 / \eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$ | $0,83 / \bar{\lambda}_w$ | $0,83 / \bar{\lambda}_w$ |
| $\bar{\lambda}_w \geq 1,08$ | $1,37 / (0,7 + \bar{\lambda}_w)$ | $0,83 / \bar{\lambda}_w$ |

Tabella 29 – Valori del coefficiente χ_w

Per la distinzione tra “rigid end post” e “non-rigid end post” si faccia riferimento UNI-EN 1993-1-5 [4].

Nel caso in esame si ricade nella condizione di “non-rigid end post”.

La snellezza adimensionale è pari a:

$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}}$$

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Dove τ_{cr} è la tensione tangenziale critica pari a:

$$\tau_{cr} = k_{\tau} \sigma_E$$

Il calcolo della snellezza adimensionale va esteso non solo al pannello intero ma anche, laddove presenti irrigidimenti, a tutti i sotto-pannelli. Il valore assunto sarà il minore tra tutti quelli calcolati.

Per il calcolo di k_{τ} si veda l'allegato A della UNI-EN 1993-1-5 [4].

Si riporta di seguito la verifica in forma estesa per la sezione e per la combinazione a cui corrisponde il massimo tasso di sfruttamento a taglio delle travi.

TR.2 - sez.3 - Combinazione n°4 (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -12 | 49 | -1469 | -134 | -1555 | -3819 | 0 | 0 | -6939 |
| Med | [kNm] | -40 | 29 | -3599 | -330 | 840 | 3575 | 0 | 0 | 1222 |
| Ved | [kN] | -1069 | -1301 | -2645 | -50 | -2 | -206 | 0 | 0 | -5273 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU A TAGLIO | | | | | | |
|---|-------|------------|------|-------|--|--|
| Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima | | | | | | |
| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | | |
| bw | [mm] | 2545 | 531 | 2014 | Altezza pannello d'anima | |
| t | [mm] | 20 | 20 | 20 | Spessore pannello d'anima | |
| a | [mm] | 2800 | 2800 | 2800 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi | |
| η | [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 | |
| bw / t | [-] | 127.3 | 26.6 | 100.7 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima | |
| kt | [-] | 12.45 | 5.48 | 7.41 | Coefficiente di imbozzamento a taglio | |
| Lim. Verifica | [-] | 74.2 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica | |
| Nec. Verifica | [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? | |
| σE | [Mpa] | 11.7 | - | 18.7 | Tensione critica Euleriana | |
| τcr | [Mpa] | 146.0 | - | 138.7 | Tensione tangenziale critica | |
| λw | [-] | 1.185 | - | 1.216 | Snellezza adimensionale | |
| end post | [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio | |
| Xw | [mm] | 0.700 | | | Coefficiente di instabilità a taglio | |
| Vbw,Rd | [kN] | 6642 | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio | |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande
A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

| Verifica a taglio | | | |
|--------------------------|------|-------------|--|
| Ved | [kN] | -5273 | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd | [kN] | 6642 | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd | [kN] | 9936 | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 |
| Tasso di sfruttamento η3 | | | |
| η3 | [-] | 0.79 | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

9.4.3 Verifica SLU di interazione taglio-momento

Secondo quanto indicato al capitolo 7 delle UNI EN 1993-1-5 [4], e assumendo come indicato al paragrafo precedente di non considerare il contributo delle flange nella resistenza a taglio, l'influenza dell'azione tagliante sulla resistenza a presso/tenso-flessione, deve essere tenuta in conto solo nei casi in cui, allo stesso tempo:

- il taglio sollecitante V_{Ed} risulta essere maggiore del 50% della resistenza di progetto a taglio dell'anima $V_{bw,Rd}$, la quale tiene in conto dei fenomeni di instabilità a taglio;
- il momento flettente di progetto M_{Ed} risulta maggiore del momento resistente delle solo flange $M_{f,Rd}$.

Quando tale situazione si presenta, deve essere verificato che:

$$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) (2\bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1,0 \quad \text{for } \bar{\eta}_1 \geq \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}$$

Dove:

$$\bar{\eta}_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}}$$

$$\bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$$

Nel calcolo esposto in seguito, per semplicità e a favore di sicurezza, è stato considerato il momento resistente elastico piuttosto che quello plastico $M_{pl,Rd}$.

La verifica secondo la determinazione della tensione ideale di Von Mises non è obbligatoria ed è da considerarsi troppo conservativa per le verifiche allo SLU in quanto esclude la parziale redistribuzione plastica che è invece consentita nella progettazione SLU (Nota al § 6.2.1 della UNI EN 1993-1-1 [6]).

Si riporta di seguito a titolo esemplificativo la verifica di interazione taglio momento per le sezioni e per le combinazioni a cui corrispondono il massimo tasso di sfruttamento a taglio e il massimo tasso di sfruttamento a presso-flessione esposte nei due paragrafi precedenti.

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

TR.1 - sez.24 - Combinazione n°1 (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -35 | -544 | -485 | 328 | -2190 | -5325 | 0 | 0 | -8250 |
| Med | [kNm] | 10142 | 14046 | 18785 | 301 | 1388 | 5615 | 0 | 0 | 50277 |
| Ved | [kN] | -242 | -383 | -449 | -20 | 0 | 1 | 0 | 0 | -1094 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = Med/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$. | | | | | | | | | | | |
| Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$ | | | | | | | | | | | |
| Mf,Rd | [kNm] | 19474 | | | | | | | | | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Mel,Rd | [kNm] | 58059 | | | | | | | | | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd | [-] | 2.58 | | | | | | | | | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η3* | [-] | 0.20 | | | | | | | | | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. | [-] | NO | | | | | | | | | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η1* | [-] | 0.87 | | | | | | | | | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |
| Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η VM | | | | | | | | | | | |
| η VM | [-] | 0.87 | | | | | | | | | |

TR.2 - sez.3 - Combinazione n°4 (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -12 | 49 | -1469 | -134 | -1555 | -3819 | 0 | 0 | -6939 |
| Med | [kNm] | -40 | 29 | -3599 | -330 | 840 | 3575 | 0 | 0 | 1222 |
| Ved | [kN] | -1069 | -1301 | -2645 | -50 | -2 | -206 | 0 | 0 | -5273 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = Med/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$. | | | | | | | | | | | |
| Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$ | | | | | | | | | | | |
| Mf,Rd | [kNm] | 16308 | | | | | | | | | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Mel,Rd | [kNm] | 8218 | | | | | | | | | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd | [-] | 0.07 | | | | | | | | | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η3* | [-] | 0.79 | | | | | | | | | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. | [-] | NO | | | | | | | | | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η1* | [-] | 0.15 | | | | | | | | | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |
| Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η VM | | | | | | | | | | | |
| η VM | [-] | 0.79 | | | | | | | | | |

In entrambi i casi, e in generale anche sull'intero impalcato, non è necessario eseguire la verifica di interazione taglio momento.

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

9.4.4 Verifica SLU delle saldature di composizione

Le saldature di composizione sono del tipo a cordone d'angolo per la piattabanda inferiore (ad eccezione delle zone in prossimità degli appoggi dove sono a completa penetrazione) e a parziale penetrazione per la piattabanda superiore.

Le saldature a parziale penetrazione rispettano i requisiti indicati nelle UNI EN 1993-1-8 [8] per i quali possono essere considerate a completo ripristino della resistenza. Non è dunque necessaria la verifica di tali elementi.

Le verifiche delle saldature a cordone d'angolo sono state condotte in accordo col §4.2.8.2 delle NTC [1].

La resistenza di quest'ultime è stata calcolata considerando la sezione di gola ribaltata. In tal caso la verifica si effettua controllando che sia soddisfatta la condizione:

$$\tau_{\parallel} < \beta_1 f_{yk}$$

dove τ_{\parallel} è la tensione tangenziale parallela alla sezione di gola ribaltata, $\beta=0.7$ per acciaio S355 e $f_{yk}=355$ MPa.

Deve risultare dunque:

$$\tau_{\parallel} < 248.5 \text{ MPa}$$

La valutazione delle sollecitazioni agenti sulle saldature è stata condotta attraverso un approccio elastico, quindi attraverso la formulazione di Jourawsky.

Le caratteristiche inerziali delle varie sezioni sono le stesse assunte per le verifiche SLU della trave. In particolare si tiene quindi conto dell'instabilità locale, dell'effetto shear-lag e della fessurazione della soletta.

Si riporta di seguito la verifica in forma estesa per la sezione e per la combinazione a cui corrisponde il massimo tasso di sfruttamento nei cordoni delle saldature di composizione inferiori.

TR.2 - sez.3 - Combinazione n°12 (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -12 | 49 | -1469 | -134 | 1555 | -3819 | 0 | 0 | -3829 |
| Med | [kNm] | -40 | 30 | -3615 | -331 | -823 | 3511 | 0 | 0 | -797 |
| Ved | [kN] | -1069 | -1301 | -2645 | -50 | 2 | -206 | 0 | 0 | -5270 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | -4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | | |
|---------|-------|-----------------|---|
| σ sol,s | [Mpa] | -0.6 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| σ sol,i | [Mpa] | -1.3 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta \cdot k \cdot A_c$, eff dove $k = b_{lorda} / L_e$

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|----------|-----|---------|---------|---------|---------|
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β*k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1)

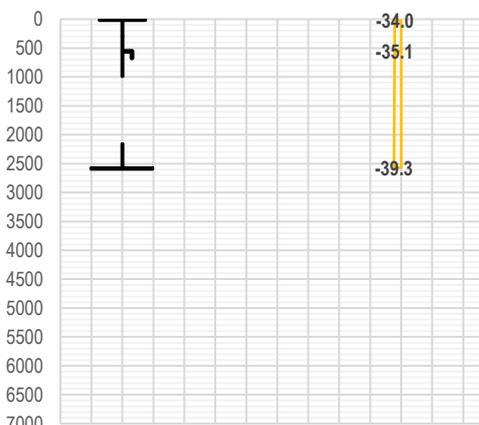
Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | | | | | | | |
|--------------------|--|-------|----------------|-------------------|---|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | ALTA SORVEGLIANZA |  | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | | | | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | | | | C |

| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|--------------------|----------|--------|--------|---|
| σ sup [MPa] | -30.7 | -30.7 | -27.5 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ inf [Mpa] | -27.5 | -30.7 | -27.5 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ϵ [-] | 0.814 | 0.814 | 0.814 | Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$ |
| ψ [-] | 0.897 | - | 1.000 | Rapporto σ max / σ min |
| k [-] | 3.320 | - | 3.508 | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$ |
| c int / t [-] | 127.3 | 14.6 | 16.3 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t [-] | - | 14.6 | 16.3 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 [-] | 117.4 | - | 40.0 | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. [-] | 4 | 1 | 3 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione [-] | 4 | | | Classe della sezione |

INSTABILITÀ LOCALE DEI SOTTOPANNELLI D'ANIMA. CALCOLO DELLE PORZIONI EFFICACI

| Pannello | ID | 1 | 2 | |
|---------------------|------|--------------|--------------|--|
| t | [mm] | 20 | 20 | |
| a | [mm] | 2800 | 2800 | |
| b | [mm] | 531 | 2014 | |
| z sup | [mm] | 25 | 556 | |
| z inf | [mm] | 556 | 2570 | |
| σ sup [MPa] | | -34.0 | -35.1 | |
| σ inf [MPa] | | -35.1 | -39.3 | |
| ψ [-] | | 0.969 | 0.895 | |
| $\kappa\alpha$ [-] | | 4.061 | 4.216 | |
| σ cr,p [MPa] | | 1093.5 | 78.9 | |
| λ_p [-] | | 0.570 | 2.122 | |
| ρ loc [-] | | 1.000 | 0.424 | |
| σ cr,c [MPa] | | 9.7 | 9.7 | |
| λ_c [-] | | 6.055 | 6.055 | |
| Φ [-] | | 19.445 | 19.445 | |
| χ_c [-] | | 0.026 | 0.026 | |
| ξ [-] | | 1.000 | 1.000 | |
| ρ_c loc [-] | | 1.000 | 0.424 | |
| bt | [mm] | 0 | 0 | |
| bc,sup | [mm] | 268 | 1033 | |
| bc,inf | [mm] | 263 | 981 | |
| bc,eff,sup | [mm] | 268 | 437 | |
| bc,eff,inf | [mm] | 263 | 416 | |
| h foro | [mm] | 0 | 1161 | |
| z foro | [mm] | 293 | 1574 | |



INSTABILITÀ DEL PANNELLO D'ANIMA IRRIGIDITO

Calcolo della tensione critica di piastra e del coefficiente di instabilità a piastra del pannello irrigidito

| Irrig. $\sigma < 0$ | ID | 1 |
|-------------------------|----------|--------------|
| A sl [mm ²] | | 29381 |
| J sl [mm ⁴] | 50871310 | |
| b1 [mm] | | 531 |
| b2 [mm] | | 2014 |
| a c [mm] | | 5630 |
| σ cr,p,sl [MPa] | | 485.5 |
| σ cr,p [MPa] | | 542.5 |
| σ cr,p,min [MPa] | | 542.5 |
| β A,c [-] | | 0.595 |
| λ_p [-] | | 0.624 |
| ψ [-] | | 0.867 |
| ρ [-] | | 1.000 |

Calcolo della tensione critica di colonna e del coefficiente di instabilità a colonna del pannello irrigidito

| Irrig. σ_{max} | ID | 1 |
|------------------------|----|--------------|
| σ cr,c,sl [MPa] | | 457.7 |
| σ cr,c [MPa] | | 511.5 |
| α_e [-] | | 0.715 |
| λ_c [-] | | 0.643 |
| Φ [-] | | 0.865 |
| χ_c [-] | | 0.693 |

Influenza dell'instabilità a colonna sul comportamento post-critico. Interazione tra instabilità di piastra e di colonna

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

ξ [-] 0.061
 ρc [-] **0.729**

| INSTABILITÀ LOCALE DELLE PIATTABANDE | | | | | | |
|--------------------------------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | |
| t | [mm] | 25 | 25 | 30 | 30 | Spessore piattabanda |
| b | [mm] | 365 | 365 | 490 | 490 | Larghezza piattabanda |
| λp | [-] | - | - | - | - | Snellezza adimensionale per $\Psi=1$ |
| ρ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente riduttivo per instabilità locale |

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING) | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E |
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1415 | 709 | 334 | 334 | 334 | 696 | 709 | 334 |
| A | [mm ²] | 75153 | 132701 | 223689 | 223689 | 223689 | 134667 | 132701 | 223689 |
| A n | [mm ²] | 7.52E+19 | 2.30E+06 | 1.41E+06 | 1.41E+06 | 1.41E+06 | 2.25E+06 | 2.30E+06 | 1.41E+06 |
| J | [mm ⁴] | 1.02E+11 | 1.89E+11 | 2.36E+11 | 2.36E+11 | 2.36E+11 | 1.91E+11 | 1.89E+11 | 2.36E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.01E+09 | -2.09E+09 | -2.09E+09 | -2.09E+09 | -2.96E+09 | -3.01E+09 | -2.09E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -1.86E+08 | -3.68E+08 | -3.68E+08 | -3.68E+08 | -1.90E+08 | -1.86E+08 | -3.68E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.22E+07 | -2.67E+08 | -7.07E+08 | -7.07E+08 | -7.07E+08 | -2.74E+08 | -2.67E+08 | -7.07E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -7.35E+07 | -2.76E+08 | -7.64E+08 | -7.64E+08 | -7.64E+08 | -2.84E+08 | -2.76E+08 | -7.64E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 8.85E+07 | 1.02E+08 | 1.05E+08 | 1.05E+08 | 1.05E+08 | 1.02E+08 | 1.02E+08 | 1.05E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 8.63E+07 | 1.00E+08 | 1.04E+08 | 1.04E+08 | 1.04E+08 | 1.00E+08 | 1.00E+08 | 1.04E+08 |
| Δ baricentro | [mm] | 0 | -123 | -120 | -120 | -120 | -124 | -123 | -120 |

| VERIFICA DELLE SALDATURE ANIMA-PIATTABANDE | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------|-----------|--|------|------|--------------|--------------|------|--------|-------|----------|
| CARATTERISTICHE DELLE SALDATURE | | | | | | | | | | | | |
| | | sald, sup | sald, inf | | | | | | | | | |
| a | [mm] | - | 7.0 | Altezza della sezione di gola | | | | | | | | |
| $\beta 1$ | [-] | - | 0.70 | Coefficiente definito in Tab.4.2.XIX NTC2008 | | | | | | | | |
| τ_{rd} | [MPa] | - | 248.5 | Tensione tangenziale massima per la verifica | | | | | | | | |
| TENSIONI DI TAGLIO (DA FORMULAZIONE DI JOURAWSKY E BREDT) - VERIFICHE | | | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | Ed | Rd | $\eta 1$ |
| Jy / Sy* an,s | [mm] | 3888 | 2860 | 2702 | 2702 | 2702 | 2853 | 2860 | 2702 | | | |
| Jy / Sy* an,i | [mm] | 2912 | 3360 | 3492 | 3492 | 3492 | 3365 | 3360 | 3492 | | | |
| Ω Bredt | [mm ²] | - | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| Ved | [kN] | -1069 | -1301 | -2645 | -50 | 2 | -206 | 0 | 0 | -5270 | | |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| q an,s | [N/mm] | -275 | -455 | -979 | -19 | 1 | -72 | 0 | 0 | -1799 | | |
| q an,i | [N/mm] | -367 | -387 | -757 | -14 | 1 | -61 | 0 | 0 | -1587 | | |
| $\tau //$ sald,s | [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| $\tau //$ sald,i | [MPa] | -26.2 | -27.7 | -54.1 | -1.0 | 0.0 | -4.4 | 0.0 | 0.0 | -113.4 | 248.5 | 0.46 |
| Tasso di sfruttamento delle saldature | | | | | | | | | | | | |
| η sald | [-] | 0.46 | | | | | | | | | | |

9.4.5 Verifica SLU dei connettori trave-soletta

Le verifiche dei connettori sono state effettuate secondo quanto prescritto al paragrafo §4.3.4.3.1 delle NTC [1]. È stato verificato il completo ripristino della resistenza, in accordo a quanto richiesto nel MDP RFI [2].

Sono stati disposti su ciascuna piattabanda 3 pioli $\Phi 22$ a passo 20cm, fatta eccezione per i primi 4 metri a partire dagli appoggi, per i quali sono stati disposti 6 pioli $\Phi 22$ a passo 20cm.

La resistenza di calcolo a taglio dei connettori è stata assunta pari al minore dei seguenti valori:

$$P_{Rd,a} = 0.8 f_{tk} (\pi d^2/4) / \gamma_V \quad (\text{resistenza a taglio del gambo del piolo})$$

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

$$P_{Rd,c} = 0.29 \alpha d^2 \sqrt{(f_{ck} E_{cm})} / \gamma_V \quad (\text{resistenza a schiacciamento del calcestruzzo})$$

Dove:

| | |
|-------------------------------|--|
| $\gamma_V = 1.25$ | fattore parziale di sicurezza |
| $f_{tk} = 450 \text{ MPa}$ | resistenza a rottura dell'acciaio del piolo |
| $f_{ck} = 32 \text{ MPa}$ | resistenza cilindrica del calcestruzzo della soletta |
| $d = 22 \text{ mm}$ | diametro del piolo |
| $h_{sc} = 190 \text{ mm}$ | altezza del piolo esclusa la saldatura |
| $\alpha = 0.2 (h_{sc}/d + 1)$ | per $3 \leq h_{sc} / d \leq 4$ |
| $\alpha = 1.0$ | per $h_{sc} / d > 4$ |

Si ottiene dunque:

$$P_{Rd,a} = 109.5 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,c} = 116.0 \text{ kN}$$

In definitiva risulta essere:

$$P_{Rd} = 109.5 \text{ kN}$$

La portata di progetto dei connettori è dunque pari a:

$$Q_{Rd} = 1642.5 \text{ kN/m} \quad \text{lungo sviluppo travi, fatta eccezione per le zone d'appoggio;}$$

$$Q_{Rd} = 3284.3 \text{ kN/m} \quad \text{per le zone d'appoggio (primi 4m da asse appoggio).}$$

Verifica con approccio elastico:

Con tale metodo la forza di scorrimento agente sui connettori è stata valutata attraverso la teoria elastica.

La forza di scorrimento è data da:

$$Q_{Ed} = V_{Ed} S / J \quad (\text{formulazione di Jourawsky})$$

In cui V_{Ed} è il taglio di progetto derivante dal modello globale, S e J sono rispettivamente il momento statico della soletta rispetto al baricentro e il momento d'inerzia della sezione mista, entrambi calcolati, a favore di sicurezza, assumendo, in accordo con le UNI EN 1994-2, soletta non fessurata (anche laddove tensioni in soletta risultassero di trazione).

Agli estremi della soletta si è tenuto conto delle azioni concentrate dovute agli effetti del delta termico tra trave e soletta (pari a 5°C) e del ritiro primario. Tale azione, in accordo con quanto indicato nella UNI EN 1994-2 è stata distribuita su una lunghezza pari alla larghezza efficace della soletta corrispondente ad ogni trave.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

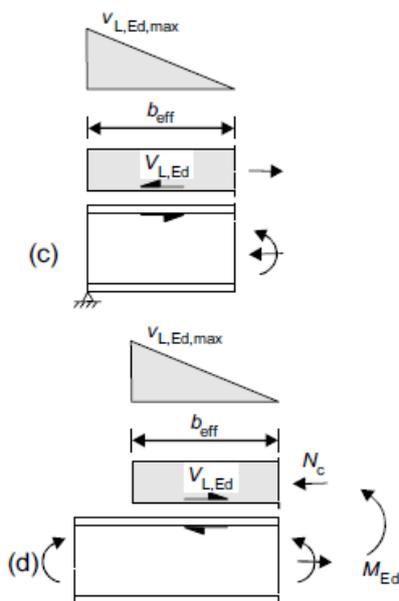


Figura 64 – Azioni concentrate dovute alle deformazioni differenziali tra trave e soletta (UNI EN 1994-2 [5])

Le verifiche SLU dei pioli si intendono soddisfatte se:

$$Q_{Ed} < Q_{Rd}$$

Si riportano di seguito le verifiche della sezione nella zona con 6 pioli passo 20cm a massimo tasso di sfruttamento e della sezione nella zona con 3 pioli passo 20cm a massimo tasso di sfruttamento. Tale condizione si ha nella trave n°1.

TR.1 - sez.1 - Combinazione n°33 (Tempo infinito)

VERIFICA SLU A SCORRIMENTO DEI PIOLI

IPOTESI DI CALCOLO

In accordo con quanto indicato nelle UNI EN 1994-2, laddove la soletta risulta fessurata, questa si considera comunque come non fessurata.

In tale circostanza, baricentro e inerzia, sono stati calcolati aggiungendo alle proprietà efficaci il contributo della soletta.

Per il calcolo delle proprietà efficaci si rimanda alla verifica SLU-pressoflessione della sezione per la presente combinazione di carichi.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE (EFFICACI SE SEZIONE DI CLASSE 4)

| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E |
|---------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1415 | 703 | 328 | 328 | 328 | 690 | 703 | 328 |
| J | [mm ⁴] | 1.08E+11 | 2.29E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.31E+11 | 2.29E+11 | 2.93E+11 |
| S* | [mm ³] | 0.00E+00 | 7.34E+07 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 7.48E+07 | 7.34E+07 | 1.12E+08 |
| Ω Bredt | [mm ²] | - | - | - | - | - | - | - | - |

SCORRIMENTO LEGATO AL TAGLIO VERTICALE

| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed |
|-------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| V _{ed} | [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T _{ed} | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q _{ed,1} | [kN/m] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

SCORRIMENTO LEGATO A EFFETTO PRIMARIO DI RITIRO E VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE TRAVE-SOLETTA

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|---|--|--|--|--|--|--|--|
| N _{ed,rit} | [kN] | 4548 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto dell'azione di ritiro | | | | | | | |
| N _{ed,dt} | [kN] | 3617 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto della termica differenziale | | | | | | | |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|--------------------------------------|--------|-------------|--|
| L diff | [m] | 3.83 | Lunghezza di diffusione dell'azione (Ldiff = 3/4*Beff) |
| q ed,2 | [kN/m] | 2131.2 | Scorrimento legato alle azioni concentrate |
| SCORRIMENTO TOTALE - VERIFICA | | | |
| q ed,tot | [kN/m] | 2131.2 | Scorrimento totale qed,1+qed,2 di progetto |
| q rd | [kN/m] | 3284.3 | Scorrimento resistente di progetto |
| Tasso di sfruttamento η dei pioli | | | |
| η pioli | [-] | 0.65 | |

TR.1 - sez.8 - Combinazione n°28 (Tempo zero)

| | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| VERIFICA SLU A SCORRIMENTO DEI PIOLI | | | | | | | | | | |
| IPOTESI DI CALCOLO | | | | | | | | | | |
| In accordo con quanto indicato nelle UNI EN 1994-2, laddove la soletta risulta fessurata, questa si considera comunque come non fessurata. | | | | | | | | | | |
| In tale circostanza, baricentro e inerzia, sono stati calcolati aggiungendo alle proprietà efficaci il contributo della soletta. | | | | | | | | | | |
| Per il calcolo delle proprietà efficaci si rimanda alla verifica SLU-pessoflessione della sezione per la presente combinazione di carichi. | | | | | | | | | | |
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE (EFFICACI SE SEZIONE DI CLASSE 4) | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | |
| n | [-] | 1E+15 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | |
| zG | [mm] | 1415 | 329 | 329 | 329 | 329 | 329 | 329 | 329 | |
| J | [mm ⁴] | 1.08E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | |
| S* | [mm ³] | 0.00E+00 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | |
| Ω Bredt | [mm ²] | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SCORRIMENTO LEGATO AL TAGLIO VERTICALE | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed |
| Ved | [kN] | -898 | -1289 | -1759 | -50 | -1 | 0 | 0 | 0 | -3997 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q ed,1 | [kN/m] | 0.0 | -493.1 | -673.1 | -18.9 | -0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1185.6 |
| SCORRIMENTO LEGATO A EFFETTO PRIMARIO DI RITIRO E VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE TRAVE-SOLETTA | | | | | | | | | | |
| Ned,rit | [kN] | 0 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto dell'azione di ritiro | | | | | | | |
| Ned,dt | [kN] | 0 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto della termica differenziale | | | | | | | |
| L diff | [m] | - | Lunghezza di diffusione dell'azione (Ldiff = 3/4*Beff) | | | | | | | |
| q ed,2 | [kN/m] | 0.0 | Scorrimento legato alle azioni concentrate | | | | | | | |
| SCORRIMENTO TOTALE - VERIFICA | | | | | | | | | | |
| q ed,tot | [kN/m] | -1185.6 | Scorrimento totale qed,1+qed,2 di progetto | | | | | | | |
| q rd | [kN/m] | 1642.2 | Scorrimento resistente di progetto | | | | | | | |
| Tasso di sfruttamento η dei pioli | | | | | | | | | | |
| η pioli | [-] | 0.72 | | | | | | | | |

Verifica per completo ripristino

La verifica è stata condotta calcolando la forza di compressione massima in soletta in corrispondenza della sezione di mezzeria per la combinazione corrispondente a η massimo. Tale forza è pari a:

$$N = N_{arm} + N_{sol}$$

Tale forza, incrementata per $1/\eta_1$, con η_1 massimo tasso di sfruttamento a pressoflessione, deve essere assorbita dai pioli posti nell'intervallo tra la sezione d'appoggio e la sezione in campata.

Si riporta di seguito lo svolgimento della verifica per la trave n°1 (più critica). Il calcolo della tensione in soletta e del tasso di sfruttamento per la sezione di mezzeria è riportato in Allegato B.

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

TR.1 - Combinazione n°1 (Tempo infinito)

Geometria e materiale della soletta nella sezione di mezzeria

| | | | |
|---------------|--------|-----------------|--|
| h_{sol} | 327.5 | mm | Spessore soletta (esclusa predalla) |
| B_{sol} | 3950 | mm | Larghezza efficace soletta |
| $A_{arm,sup}$ | 2232.5 | mm ² | Area armatura superiore |
| $A_{arm,inf}$ | 2232.5 | mm ² | Area armatura inferiore |
| $c_{f,sup}$ | 71.0 | mm | Copriferro armatura superiore |
| $c_{f,inf}$ | 42.0 | mm | Copriferro armatura inferiore |
| f_{ck} | 32.0 | MPa | Resistenza caratteristica del calcestruzzo |
| E_{cm} | 33346 | MPa | Modulo elastico del calcestruzzo |

Sollecitazioni agenti nella sezione di mezzeria

| | | | |
|----------------------|---------|-----|--|
| y_n | 1672.7 | mm | Distanza da asse neutro a estradosso soletta |
| $\sigma_{cls,sup}$ | -9.2 | MPa | Tensione sul lembo superiore della soletta |
| $\sigma_{cls,inf}$ | -7.4 | MPa | Tensione sul lembo inferiore della soletta (esclusa predalla) |
| $\sigma_{cls,media}$ | -8.30 | MPa | Tensione media sul calcestruzzo della soletta |
| $\sigma_{arm,sup}$ | -159.60 | MPa | Tensione sulle armature superiori |
| $\sigma_{arm,inf}$ | -138.23 | MPa | Tensione sulle armature inferiori |
| $N_{cls,media}$ | -10736 | kN | Azione assiale: contributo del calcestruzzo |
| N_{arm} | -665 | kN | Azione assiale: contributo delle armature |
| N_{tot} | -11401 | kN | Azione assiale totale in soletta |
| L | 19000 | mm | Distanza tra punto di momento nullo e punto di momento massimo |
| η_1 | 0.81 | - | Massimo tasso di sfruttamento |

Caratteristiche della connessione a taglio

| | | | |
|-------------|-----|----|--|
| d_{piolo} | 22 | mm | Diametro dei pioli |
| h_{sc} | 190 | mm | Altezza dei pioli (esclusa la saldatura) |
| n | 345 | - | Numero di pioli totali in L |

Verifica a completo ripristino

| | | | |
|-----------------|-------|----|--|
| $P_{Rd,a}$ | 109.5 | kN | Resistenza a taglio del singolo piolo per rottura lato acciaio |
| $P_{Rd,c}$ | 116.0 | kN | Resistenza a taglio del singolo piolo per rottura lato calcestruzzo |
| P_{Rd} | 109.5 | kN | Resistenza a taglio del singolo pioli ($\min(P_{Rd,a}; P_{Rd,c})$) |
| F_{Rd} | 37770 | kN | Resistenza dell'insieme dei pioli presenti sulla lunghezza "L" |
| F_{ed} | 14076 | kN | Azione agente sulla lunghezza "L" incrementata di $1/\eta$ |
| F_{ed}/F_{Rd} | 0.37 | - | Verifica |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

9.4.6 Verifica SLU dell'armatura trasversale in soletta

Al fine di evitare rotture fragili nel calcestruzzo della soletta per effetto degli sforzi di taglio che si concentrano in prossimità dei pioli, è necessario che tali azioni vengano assorbite da un'adeguata armatura trasversale.

La verifica è stata condotta in accordo con quanto indicato al §6.2.4 delle UNI EN 1992-1-1 [3]:

L'armatura trasversale per unità di lunghezza A_{sf}/s_f può essere determinata come segue:

$$(A_{sf}f_{yd}/s_f) \geq v_{Ed} h_f / \cot \theta_f \quad (6.21)$$

Per prevenire la rottura dei puntoni compressi nella piattabanda, si raccomanda di soddisfare la seguente condizione:

$$v_{Ed} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f \quad (6.22)$$

L'intervallo di valori ammesso per $\cot \theta_f$ da adottare in uno Stato può essere reperito nella sua appendice nazionale. In assenza di calcoli più rigorosi, i valori raccomandati sono:

1,0 $\leq \cot \theta_f \leq 2,0$ per piattabande compresse ($45^\circ \geq \theta_f \geq 26,5^\circ$)
 1,0 $\leq \cot \theta_f \leq 1,25$ per piattabande tese ($45^\circ \geq \theta_f \geq 38,6^\circ$)

Figura 65 – Calcolo armatura trasversale in accordo col §6.2.4 delle UNI-EN 1992-1-1

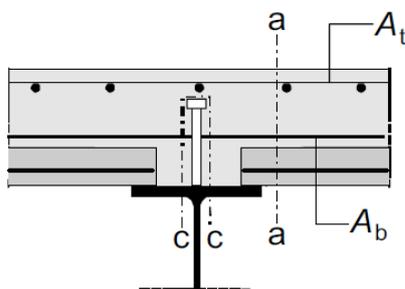


Figura 66 – Piani di potenziale rottura nella soletta

Con v_{Ed} si indica la tensione agente sulla sezione di potenziale rottura di dimensione h_f .

Coerentemente a quanto fatto per le travi e i pioli, la sollecitazione di scorrimento sulla sezione "a-a" (Figura 66) è stata calcolata sulla base della teoria elastica:

$$v_{Ed} = q_{Ed} / 2h_f$$

dove con q_{Ed} si indica lo scorrimento di progetto con il quale sono stati calcolati i pioli (Figura 67).

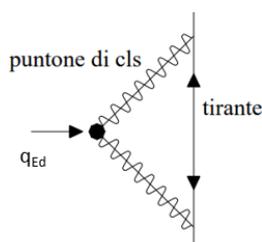


Figura 67 – Schema di calcolo per la valutazione delle sollecitazioni agenti sull'armatura trasversale

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

L'armatura trasversale per unità di lunghezza deve soddisfare la relazione:

$$A_{sf} / s_f > q_{Ed} / (2 \cot \theta_f \cdot f_{yd})$$

Nelle verifiche si è tenuto conto dell'armatura trasversale inferiore e solo del 20% dell'armatura superiore. Quest'ultima si considera, a favore di sicurezza e in funzione dei tassi di sfruttamento delle armature riportati al capitolo 18, impegnata per l'80% per effetto del momento flettente negativo dovuto agli effetti locali.

L'armatura inferiore in corrispondenza dei pioli delle travi è costituita da 1+1Φ16/20cm.

L'armatura superiore è costituita da 1Φ20/20cm.

Si riporta di seguito la verifica risultata più gravosa.

TR.2 - sez.3 - Combinazione n°28 (Tempo zero)

| VERIFICA SLU A SCORRIMENTO DEI PIOLI | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| IPOTESI DI CALCOLO | | | | | | | | | | |
| In accordo con quanto indicato nelle UNI EN 1994-2, laddove la soletta risulta fessurata, questa si considera comunque come non fessurata. | | | | | | | | | | |
| In tale circostanza, baricentro e inerzia, sono stati calcolati aggiungendo alle proprietà efficaci il contributo della soletta. | | | | | | | | | | |
| Per il calcolo delle proprietà efficaci si rimanda alla verifica SLU-pressoflessione della sezione per la presente combinazione di carichi. | | | | | | | | | | |
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE (EFFICACI SE SEZIONE DI CLASSE 4) | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | |
| n | [-] | 1E+15 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | |
| zG | [mm] | 1415 | 454 | 454 | 454 | 454 | 454 | 454 | 454 | |
| J | [mm ⁴] | 1.08E+11 | 2.71E+11 | 2.71E+11 | 2.71E+11 | 2.71E+11 | 2.71E+11 | 2.71E+11 | 2.71E+11 | |
| S* | [mm ³] | 0.00E+00 | 9.91E+07 | 9.91E+07 | 9.91E+07 | 9.91E+07 | 9.91E+07 | 9.91E+07 | 9.91E+07 | |
| Ω Bredt | [mm ²] | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SCORRIMENTO LEGATO AL TAGLIO VERTICALE | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed |
| Ved | [kN] | -1069 | -1301 | -2645 | -50 | 2 | 0 | 0 | 0 | -5064 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q ed,1 | [kN/m] | 0.0 | -475.5 | -966.7 | -18.3 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1459.9 |
| SCORRIMENTO LEGATO A EFFETTO PRIMARIO DI RITIRO E VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE TRAVE-SOLETTA | | | | | | | | | | |
| Ned,rit | [kN] | 0 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto dell'azione di ritiro | | | | | | | |
| Ned,dt | [kN] | -1558 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto della termica differenziale | | | | | | | |
| L diff | [m] | 2.75 | Lunghezza di diffusione dell'azione (Ldiff = Beff) | | | | | | | |
| q ed,2 | [kN/m] | -566.5 | Scorrimento legato alle azioni concentrate | | | | | | | |
| SCORRIMENTO TOTALE - VERIFICA | | | | | | | | | | |
| q ed,tot | [kN/m] | -2026.3 | Scorrimento totale qed,1+qed,2 di progetto | | | | | | | |
| q rd | [kN/m] | 3284.3 | Scorrimento resistente di progetto | | | | | | | |
| Tasso di sfruttamento η dei pioli | | | | | | | | | | |
| η pioli | [-] | 0.62 | | | | | | | | |
| VERIFICA PER AZIONI CONCENTRATE IN SOLETTA IN CORRISPONDENZA DEI PIOLI | | | | | | | | | | |
| Parametri per il calcolo dello scorrimento sulla sezione di potenziale rottura a-a | | | | | | | | | | |
| q,ed,tot | [kN/m] | -2026.3 | Scorrimento sollecitante di progetto | | | | | | | |
| σ pb,s | [MPa] | 52.1 | Tensione agente sulla piattabanda superiore | | | | | | | |
| cotg(θf) | [-] | 1.25 | Cotg dell'angolo del puntone di cls: 1<cotgθ≤2 per flangia compressa; 1<cotgθ≤1.25 per flangia tesa | | | | | | | |
| Verifica dell'armatura trasversale | | | | | | | | | | |
| (Asf / sf)min | [mm ² /m] | 2067 | Armatura trasversale per unità di lunghezza minima | | | | | | | |
| Asf / sf | [mm ² /m] | 2324 | Armatura trasversale per unità di lunghezza presente | | | | | | | |
| η arm | [-] | 0.89 | Tasso di sfruttamento SLU dell'armatura | | | | | | | |
| Verifica a schiacciamento del puntone compresso | | | | | | | | | | |
| hf | [°] | 377.5 | Altezza della soletta (inclusa predalla) | | | | | | | |
| v rd,c | [MPa] | 5.2 | Resistenza a scorrimento per rottura del puntone compresso | | | | | | | |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|--------------------|--------------|---------------------|---|
| v ed η cls | [MPa] [-] | -2.7 0.52 | Tensione di scorrimento Tasso di sfruttamento SLU del calcestruzzo |
|--------------------|--------------|---------------------|---|

9.4.7 Risultati delle verifiche sezionali SLU

Le verifiche SLU delle travi di impalcato e degli elementi ad esse correlati, sono state effettuate per tutte le combinazioni esposte nel §A.1 della presente relazione.

I risultati si riportano come andamento del tasso di sfruttamento η lungo lo sviluppo dell'impalcato. La verifica si intende soddisfatta quando $\eta \leq 1$.

Nei grafici seguenti si riportano delle linee di colore nero laddove si hanno le pile.

Le verifiche estese e i risultati in forma tabulare sono riportati in Allegato B .

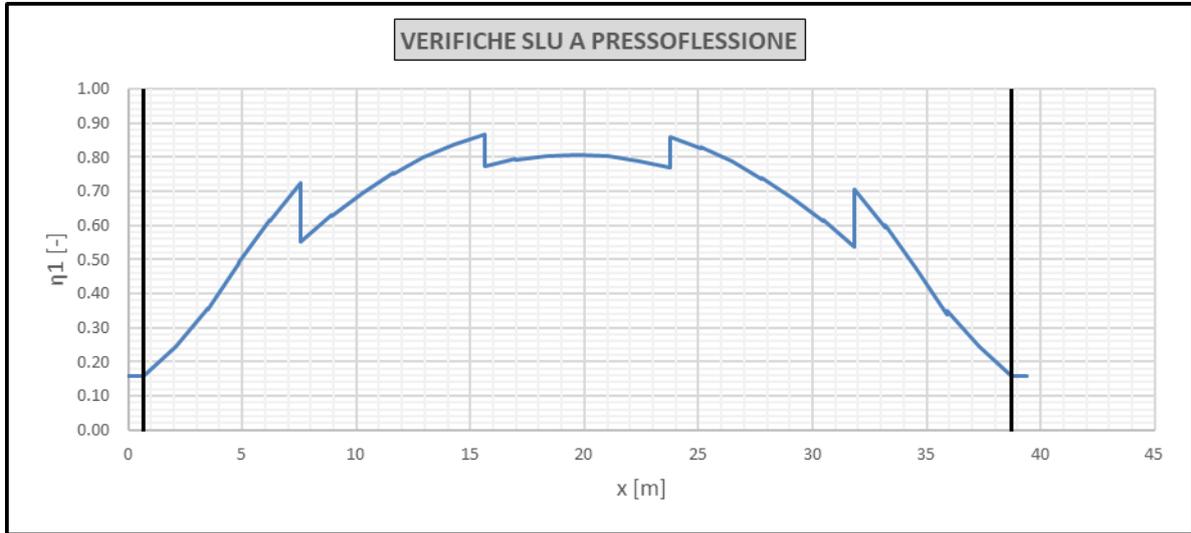


Figura 68 – Trave n°1. Verifiche SLU a presso/tenso-flessione

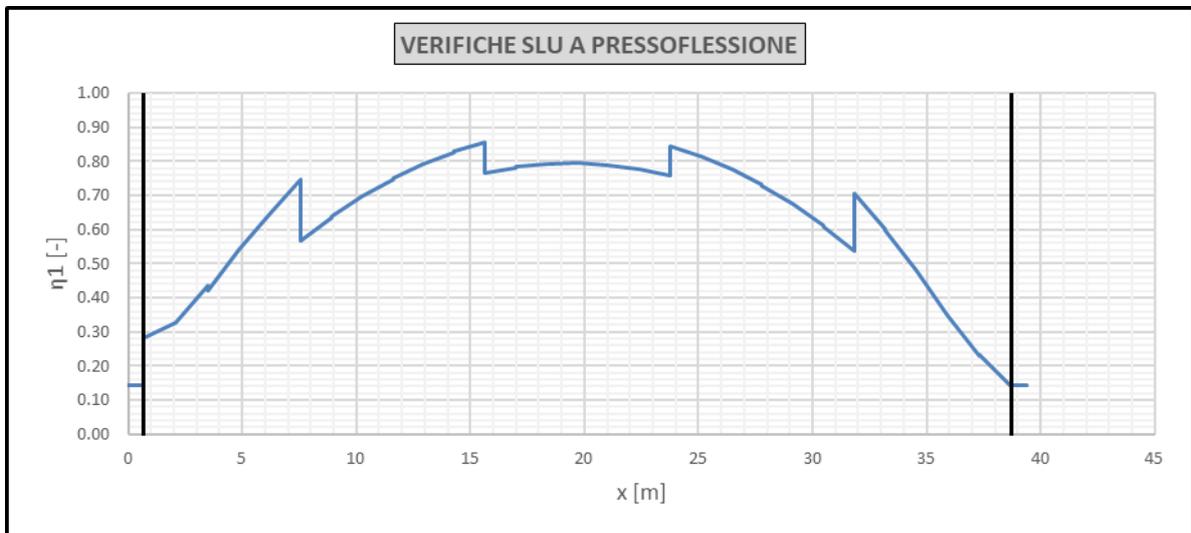


Figura 69 – Trave n°2. Verifiche SLU a presso/tenso-flessione

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

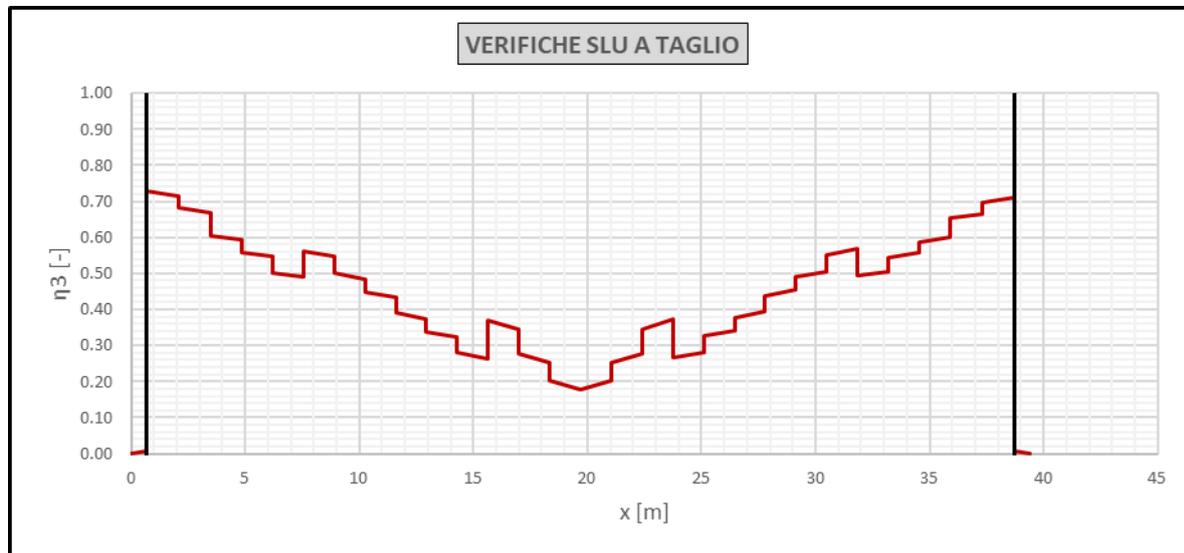


Figura 70 – Trave n°1. Verifiche SLU per instabilità a taglio dell'anima

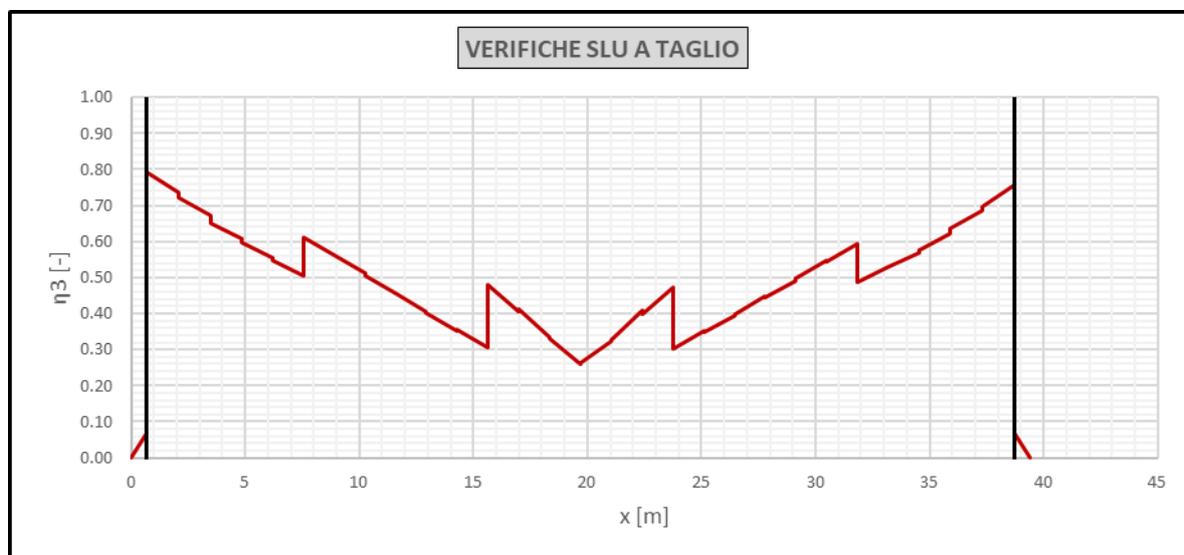


Figura 71 – Trave n°2. Verifiche SLU per instabilità a taglio dell'anima

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

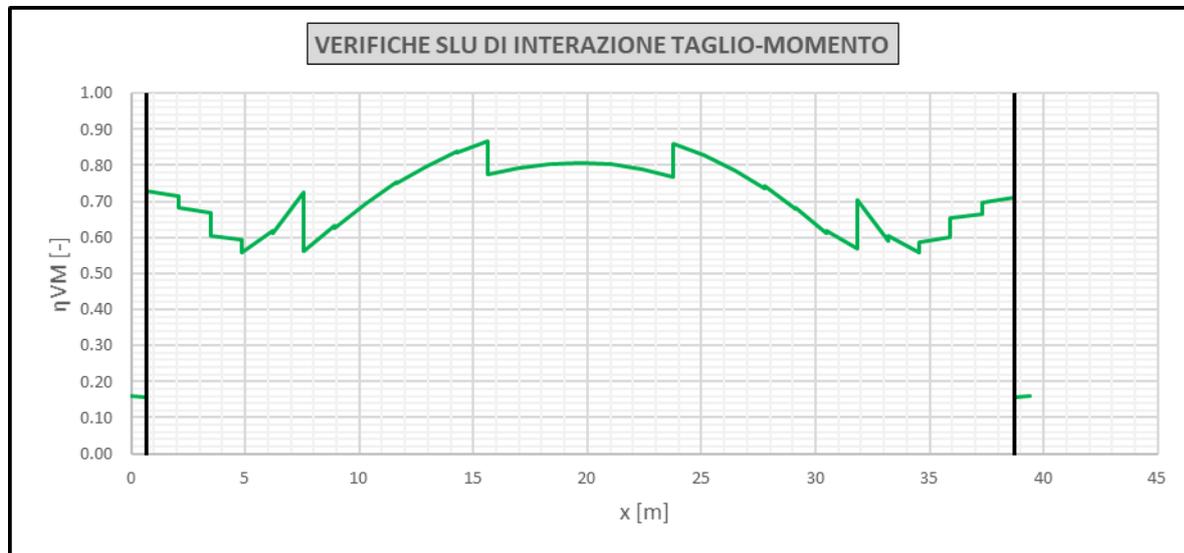


Figura 72 – Trave n°1. Verifiche SLU di interazione taglio-momento

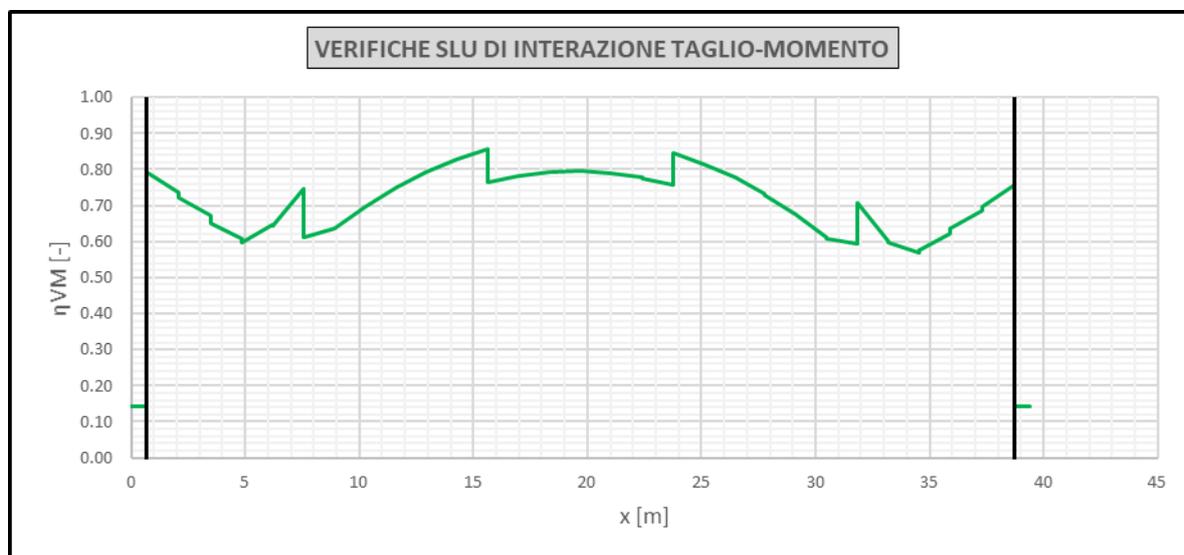


Figura 73 – Trave n°2. Verifiche SLU di interazione taglio-momento

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

10

EI2CLVI0005006

C

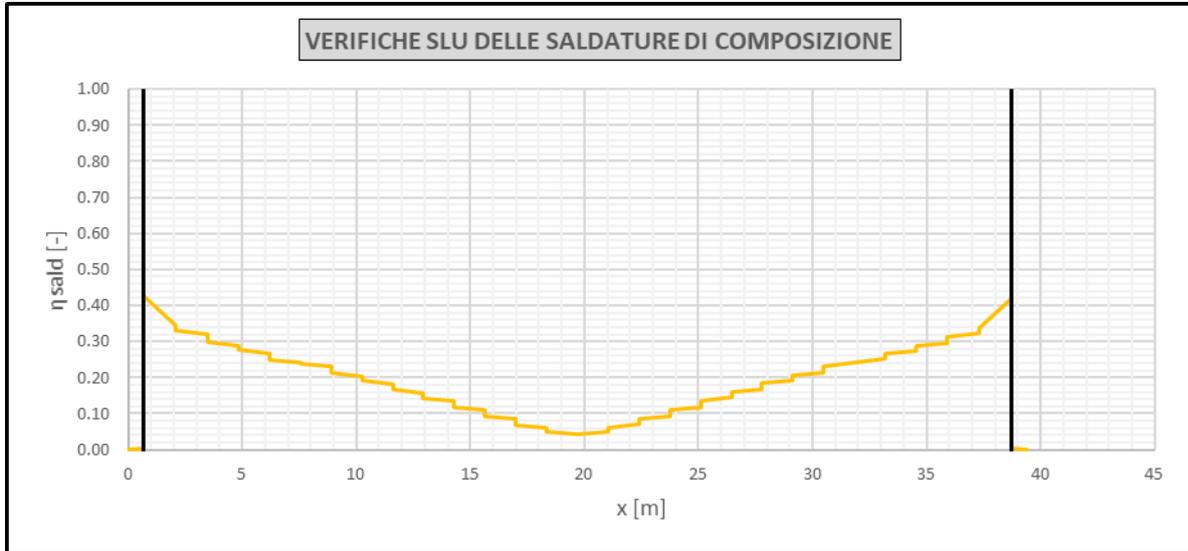


Figura 74 – Trave n°1. Verifiche SLU delle saldature anima-piattabanda inferiore (cordone d'angolo)

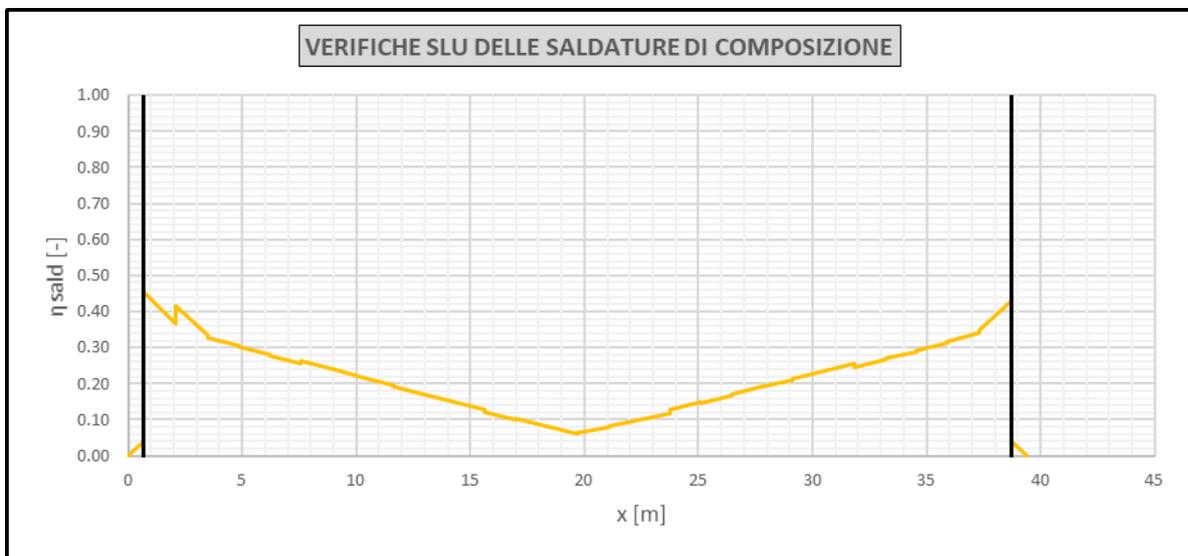


Figura 75 – Trave n°2. Verifiche SLU delle saldature anima-piattabanda inferiore (cordone d'angolo)



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

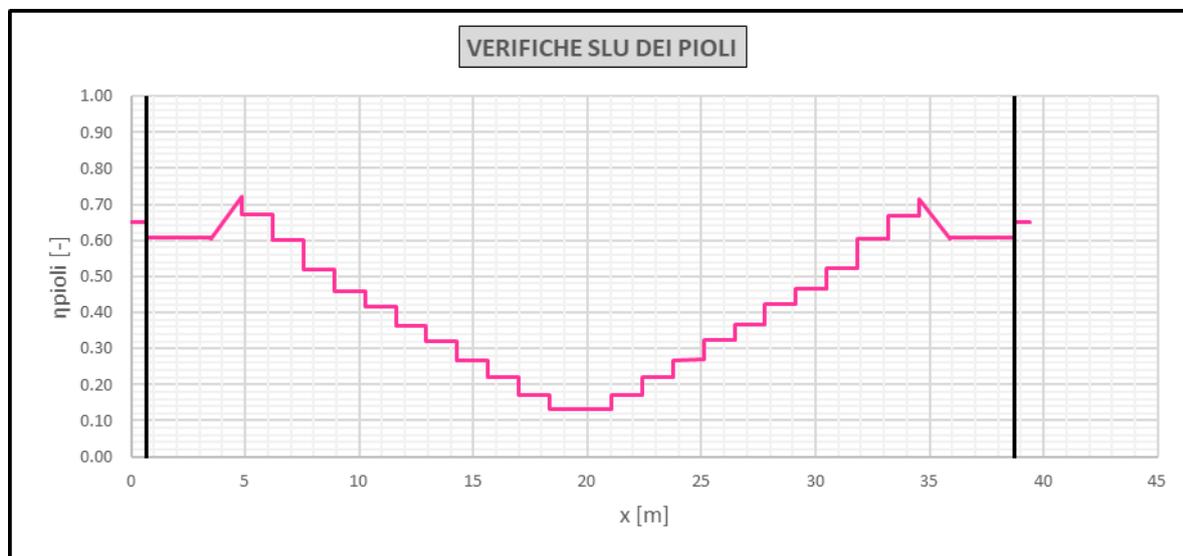


Figura 76 – Trave n°1. Verifiche SLU dei connettori trave-soletta

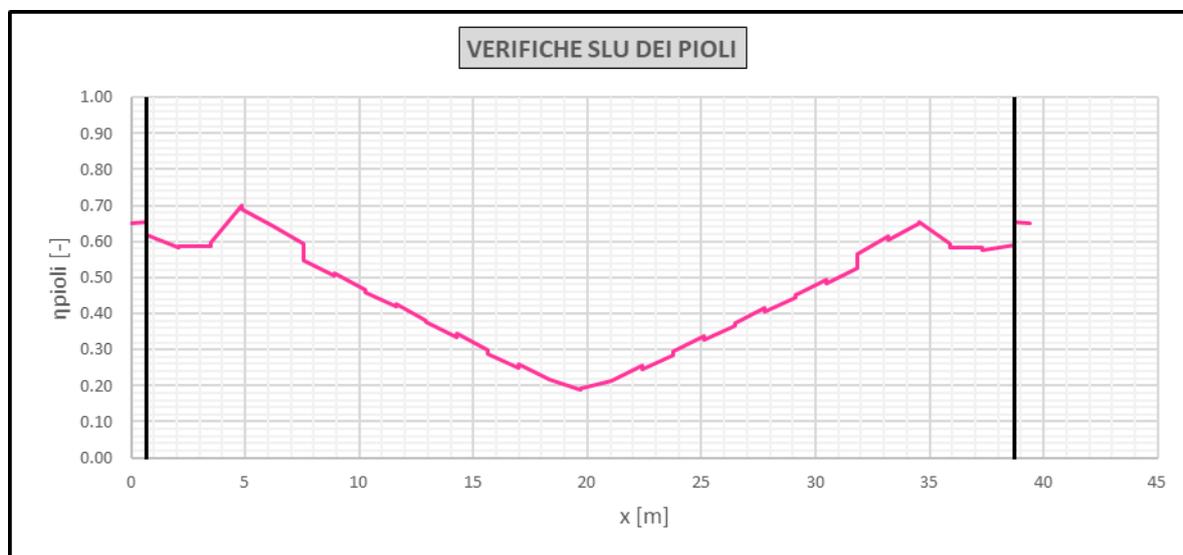


Figura 77 – Trave n°2. Verifiche SLU dei connettori trave-soletta

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

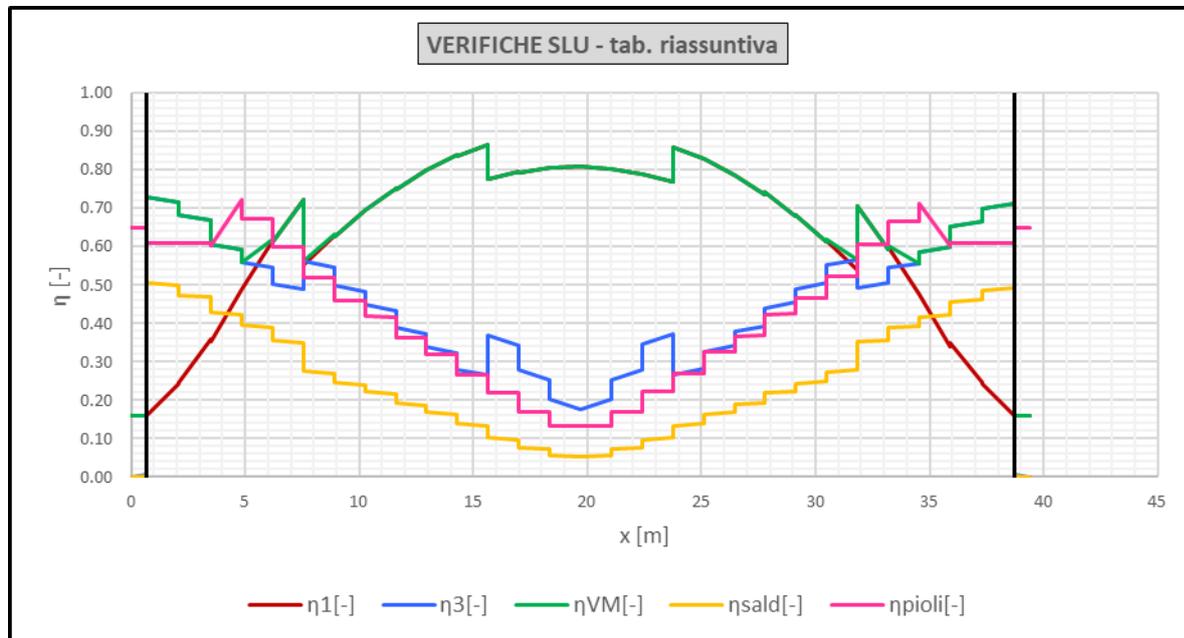


Figura 78 – Trave n°1. Grafico riassuntivo delle verifiche SLU

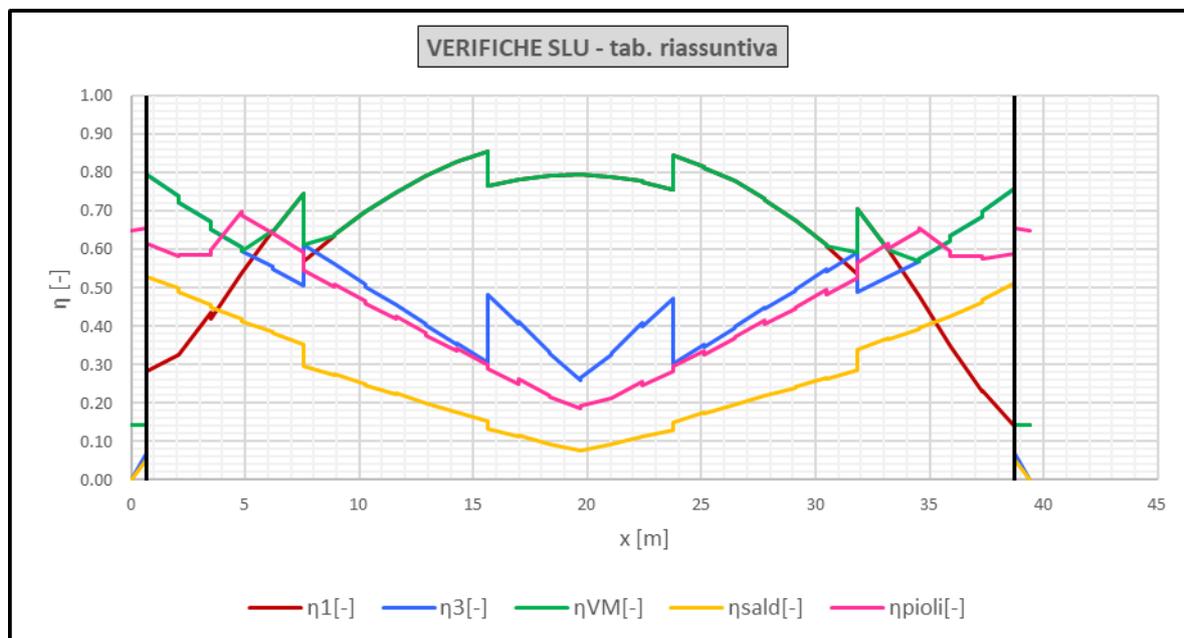


Figura 79 – Trave n°2. Grafico riassuntivo delle verifiche SLU

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

9.5 Verifiche sezionali SLE

Nei sotto-paragrafi seguenti si riportano degli accenni teorici e normativi sulle modalità di verifica seguite. Si descrivono inoltre le varie assunzioni fatte e si riporta la verifica risultata più gravosa in forma estesa.

A seguire, nell'ultimo sotto-paragrafo, vengono esposti i risultati in forma sintetica delle verifiche effettuate.

Nell'Allegato C si riportano i tabulati di verifica.

9.5.1 Verifica dello stato limite di limitazione delle tensioni

In accordo con quanto indicato nel MDP RFI [2], sono stati verificati i seguenti limiti tensionali per SLE:

- $\sigma_s < 0.75f_{yk}$ con σ_s massima tensione di trazione nelle armature per combinazione "RARA";
- $\sigma_c < 0.55f_{ck}$ con σ_c massima tensione di compressione nel cls per combinazione "RARA";
- $\sigma_c < 0.40f_{ck}$ con σ_c massima tensione di compressione nel cls per combinazione "QUASI PERM".

Per l'acciaio da carpenteria si è controllato semplicemente che la tensione ideale secondo Von Mises risultasse minore di f_{yk} .

Nelle verifiche si è trascurato l'effetto dell'instabilità locale e, dunque, sono state considerate le caratteristiche geometriche lorde delle sezioni. Si è invece tenuto conto dell'effetto shear-lag nelle piattabande, il quale è stato valutato tramite un approccio elastico (fenomeno risultato comunque trascurabile).

Si riportano di seguito le verifiche corrispondenti alla massima tensione di compressione sul calcestruzzo per combinazione rara e quasi permanente e la massima tensione di trazione e compressione nell'acciaio delle armature per combinazione rara.

TR.2 - sez.31 - Combinazione n°57 (Tempo zero)
RARA-Condizione massime tensioni su calcestruzzo

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE-CARATTERISTICA SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|---|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | 14 | 347 | 970 | -60 | -1067 | 0 | 0 | 0 | 205 |
| Med | [kNm] | 7816 | 8694 | 12052 | -44 | 892 | 0 | 0 | 0 | 29409 |
| Ved | [kN] | 10 | 36 | -29 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 3.00E-05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICHE SLE TENSIONALI E DI FESSURAZIONE DELLA SOLETTA | | | |
|--|-------|-----------------|---|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | -9.2 | Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| σ sol,i | [Mpa] | -6.2 | Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|---|-----|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastico: $A_{eff} = \beta * A_{c,eff}$ | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

β^k [-] - - - - -

INSTABILITÀ LOCALE

Si trascurano gli effetti dell'instabilità locale per uno stato tensionale corrispondente a combinazioni di esercizio

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE LORDE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| n [-] | 1E+15 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 |
| zG [mm] | 1666 | 638 | 638 | 638 | 638 | 638 | 638 | 638 |
| A [mm ²] | 121096 | 267214 | 267214 | 267214 | 267214 | 267214 | 267214 | 267214 |
| An [mm ²] | 1.21E+20 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 |
| J [mm ⁴] | 1.38E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 |
| W sol,s [mm ³] | - | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 |
| W arm,s [mm ³] | - | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 |
| W pb,s [mm ³] | -8.28E+07 | -5.85E+08 | -5.85E+08 | -5.85E+08 | -5.85E+08 | -5.85E+08 | -5.85E+08 | -5.85E+08 |
| W an,s [mm ³] | -8.43E+07 | -6.13E+08 | -6.13E+08 | -6.13E+08 | -6.13E+08 | -6.13E+08 | -6.13E+08 | -6.13E+08 |
| W an,i [mm ³] | 1.58E+08 | 1.96E+08 | 1.96E+08 | 1.96E+08 | 1.96E+08 | 1.96E+08 | 1.96E+08 | 1.96E+08 |
| W pb,i [mm ³] | 1.48E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 |
| Av [mm] | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 |

VERIFICA TENSIONALE SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | Ed | Rk | Ed/Ek |
|------------------------|-------|-------|-------|------|------|--------------|--------------|-----|--------|-------|-------|
| σ pb,s [MPa] | -94.3 | -13.6 | -17.0 | -0.1 | -5.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -130.5 | 355.0 | 0.37 |
| σ an,s [MPa] | -92.6 | -12.9 | -16.0 | -0.2 | -5.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -127.1 | 355.0 | 0.36 |
| σ an,i [MPa] | 49.6 | 45.6 | 65.1 | -0.4 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 160.4 | 355.0 | 0.45 |
| σ pb,i [MPa] | 53.0 | 47.0 | 67.0 | -0.5 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 167.3 | 335.0 | 0.50 |
| τ ,an [MPa] | 0.3 | 1.0 | -0.8 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 355.0 | 0.00 |
| σ id an,s [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 127.1 | 355.0 | 0.45 |
| σ id an,i [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 160.4 | 355.0 | 0.45 |

Tasso di sfruttamento SLE

$\eta_{1,sle}$ [-] **0.50**

VERIFICA TENSIONALE IN SOLETTA

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|-------------|-------|----|
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | -3.6 | -4.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -8.2 | 17.6 | SI |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | -20.7 | -26.9 | -0.1 | -6.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -54.0 | 337.5 | SI |

TR.2 - sez.31 - Combinazione n°41 (Tempo infinito)

RARA-Condizione massime tensioni di compressione su armature

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE-CARATTERISTICA SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | TOT |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|-------|
| Ned [kN] | 14 | 347 | 970 | -60 | -1067 | -3329 | 0 | 0 | -3125 |
| Med [kNm] | 7816 | 8694 | 12052 | -44 | 892 | 4505 | 0 | 0 | 33915 |
| Ved [kN] | 10 | 36 | -29 | 3 | 0 | -3 | 0 | 0 | 18 |
| Ted [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ sol [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 3.00E-05 | 2.88E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICHE SLE TENSIONALI E DI FESSURAZIONE DELLA SOLETTA

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse se tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

σ sol,s [Mpa] -10.8 Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata

σ sol,i [Mpa] -8.1 Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata

Soletta [-] **Non Fess** Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastico: $A_{eff} = \beta * A_{c,eff}$

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|---------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| β [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k [-] | - | - | - | - | - |

INSTABILITÀ LOCALE

Si trascurano gli effetti dell'instabilità locale per uno stato tensionale corrispondente a combinazioni di esercizio

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE LORDE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E |
|--|----|----|----|----|----|--------------|--------------|---|
|--|----|----|----|----|----|--------------|--------------|---|



| | | | |
|----------|-------|----------------|---|
| Progetto | Lotto | Codifica | |
| IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | | | | |
|---------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1666 | 1078 | 638 | 638 | 638 | 1064 | 1078 | 638 |
| A | [mm ²] | 121096 | 176227 | 267214 | 267214 | 267214 | 178193 | 176227 | 267214 |
| A n | [mm ²] | 1.21E+20 | 3.05E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 2.97E+06 | 3.05E+06 | 1.68E+06 |
| J | [mm ⁴] | 1.38E+11 | 2.72E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 2.75E+11 | 2.72E+11 | 3.73E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.24E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -3.19E+09 | -3.24E+09 | -2.31E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -1.97E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -2.01E+08 | -1.97E+08 | -3.95E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.28E+07 | -2.52E+08 | -5.85E+08 | -5.85E+08 | -5.85E+08 | -2.59E+08 | -2.52E+08 | -5.85E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.43E+07 | -2.60E+08 | -6.13E+08 | -6.13E+08 | -6.13E+08 | -2.66E+08 | -2.60E+08 | -6.13E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.58E+08 | 1.86E+08 | 1.96E+08 | 1.96E+08 | 1.96E+08 | 1.87E+08 | 1.86E+08 | 1.96E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.48E+08 | 1.79E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.79E+08 | 1.79E+08 | 1.90E+08 |
| Av | [mm] | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 |

VERIFICA TENSIONALE SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rk | Ed/Ek |
|-----------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-----|-----|--------|-------|-------|
| σ pb,s [MPa] | -94.3 | -32.5 | -17.0 | -0.1 | -5.5 | -36.1 | 0.0 | 0.0 | -185.5 | 355.0 | 0.52 |
| σ an,s [MPa] | -92.6 | -31.5 | -16.0 | -0.2 | -5.4 | -35.6 | 0.0 | 0.0 | -181.3 | 355.0 | 0.51 |
| σ an,i [MPa] | 49.6 | 48.7 | 65.1 | -0.4 | 0.6 | 5.5 | 0.0 | 0.0 | 168.9 | 355.0 | 0.48 |
| σ pb,i [MPa] | 53.0 | 50.6 | 67.0 | -0.5 | 0.7 | 6.4 | 0.0 | 0.0 | 177.3 | 335.0 | 0.53 |
| τ an [MPa] | 0.3 | 1.0 | -0.8 | 0.1 | 0.0 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 355.0 | 0.00 |
| σ id an,s [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 181.3 | 355.0 | 0.48 |
| σ id an,i [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 168.9 | 355.0 | 0.48 |

Tasso di sfruttamento SLE

η_{1,sle} [-] **0.53**

VERIFICA TENSIONALE IN SOLETTA

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-------|-------|------|------|-------|-----|-----|--------|-------|----|
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | -2.6 | -4.6 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | -6.1 | 17.6 | SI |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | -42.3 | -26.9 | -0.1 | -6.2 | -41.1 | 0.0 | 0.0 | -116.6 | 337.5 | SI |

TR.2 - sez.3 - Combinazione n°62 (Tempo zero)

RARA-Condizione massime tensioni di trazione su armature

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE-CARATTERISTICA SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-------|
| Ned [kN] | -9 | 33 | -1843 | -89 | 1037 | 0 | 0 | 0 | -872 |
| Med [kNm] | -30 | 16 | -4298 | -210 | -673 | 0 | 0 | 0 | -5195 |
| Ved [kN] | -792 | -867 | -1186 | -33 | 1 | 0 | 0 | 0 | -2878 |
| Ted [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | -3.00E-05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICHE SLE TENSIONALI E DI FESSURAZIONE DELLA SOLETTA

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse se tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | |
|---------------|-------------|---|
| σ sol,s [Mpa] | 2.0 | Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| σ sol,i [Mpa] | 1.0 | Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| Soletta [-] | Fess | Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastico: A_{eff} = beta * A_{c,eff}

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|-----------------|-----|---------|---------|---------|---------|
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β ^{^k} | [-] | - | - | - | - |

INSTABILITÀ LOCALE

Si trascurano gli effetti dell'instabilità locale per uno stato tensionale corrispondente a combinazioni di esercizio

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE LORDE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E |
|---------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| n | [-] | 1E+15 |
| zG | [mm] | 1415 | 1333 | 1333 | 1333 | 1333 | 1333 | 1333 |
| A | [mm ²] | 103106 | 108632 | 108632 | 108632 | 108632 | 108632 | 108632 |
| A n | [mm ²] | 1.03E+20 | 1.09E+20 | 1.09E+20 | 1.09E+20 | 1.09E+20 | 1.09E+20 | 1.09E+20 |
| J | [mm ⁴] | 1.08E+11 | 1.22E+11 | 1.22E+11 | 1.22E+11 | 1.22E+11 | 1.22E+11 | 1.22E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -7.15E+22 | -7.15E+22 | -7.15E+22 | -7.15E+22 | -7.15E+22 | -7.15E+22 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -7.46E+07 | -7.46E+07 | -7.46E+07 | -7.46E+07 | -7.46E+07 | -7.46E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.67E+07 | -9.17E+07 | -9.17E+07 | -9.17E+07 | -9.17E+07 | -9.17E+07 | -9.17E+07 |

| | | | | | | | |
|--------------------|--|-------|----------------|-------------------|---|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | ALTA SORVEGLIANZA |  | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | | | | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | | | C | |

| | | | | | | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| W an,s [mm3] | -7.81E+07 | -9.35E+07 |
| W an,i [mm3] | 9.39E+07 | 9.88E+07 |
| W pb,i [mm3] | 9.15E+07 | 9.64E+07 |
| Av [mm] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |

VERIFICA TENSIONALE SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rk | Ed/Ek |
|-----------------|-------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| σ pb,s [MPa] | 0.3 | 0.1 | 29.9 | 1.5 | 16.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 48.7 | 355.0 | 0.14 |
| σ an,s [MPa] | 0.3 | 0.1 | 29.0 | 1.4 | 16.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 47.6 | 355.0 | 0.13 |
| σ an,i [MPa] | -0.4 | 0.5 | -60.5 | -3.0 | 2.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -60.6 | 355.0 | 0.17 |
| σ pb,i [MPa] | -0.4 | 0.5 | -61.5 | -3.0 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -61.9 | 355.0 | 0.17 |
| τ an [MPa] | -15.6 | -17.0 | -23.3 | -0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -56.5 | 355.0 | 0.16 |
| σ id an,s [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 108.9 | 355.0 | 0.32 |
| σ id an,i [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 115.2 | 355.0 | 0.32 |

Tasso di sfruttamento SLE

| | |
|------------|------|
| η1,sle [-] | 0.32 |
|------------|------|

VERIFICA TENSIONALE IN SOLETTA

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|----|
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 17.6 | SI |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | 0.1 | 40.7 | 2.0 | 18.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 61.3 | 337.5 | SI |

TR.2 - sez.31 - Combinazione n°115 (Tempo zero)

QUASI PERM -Condizione massime tensioni su calcestruzzo

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE-QUASI PERMANENTE SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| Ned [kN] | 14 | 347 | 0 | -50 | -889 | 0 | 0 | 0 | -578 |
| Med [kNm] | 7816 | 8694 | 0 | -37 | 743 | 0 | 0 | 0 | 17216 |
| Ved [kN] | 10 | 36 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 |
| Ted [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 2.50E-05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICHE SLE TENSIONALI E DI FESSURAZIONE DELLA SOLETTA

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse se tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | |
|---------------|-----------------|---|
| σ sol,s [Mpa] | -4.4 | Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| σ sol,i [Mpa] | -3.1 | Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| Soletta [-] | Non Fess | Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastico: Aeff = beta * Ac,eff

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|----------|-------|---------|---------|---------|---------|
| β [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k [-] | - | - | - | - | - |

INSTABILITÀ LOCALE

Si trascurano gli effetti dell'instabilità locale per uno stato tensionale corrispondente a combinazioni di esercizio

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE LORDE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| n [-] | 1E+15 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 |
| zG [mm] | 1666 | 638 | 638 | 638 | 638 | 638 | 638 | 638 |
| A [mm2] | 121096 | 267214 | 267214 | 267214 | 267214 | 267214 | 267214 | 267214 |
| A n [mm2] | 1.21E+20 | 1.68E+06 |
| J [mm4] | 1.38E+11 | 3.73E+11 |
| W sol,s [mm3] | - | -2.31E+09 |
| W arm,s [mm3] | - | -3.95E+08 |
| W pb,s [mm3] | -8.28E+07 | -5.85E+08 |
| W an,s [mm3] | -8.43E+07 | -6.13E+08 |
| W an,i [mm3] | 1.58E+08 | 1.96E+08 |
| W pb,i [mm3] | 1.48E+08 | 1.90E+08 |
| Av [mm] | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 | 35140 |

VERIFICA TENSIONALE SULLA TRAVE

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rk | Ed/Ek |
|--------------------------------|-------|-------|-----|------|------|-----|-----|-----|--------|-------|-------|
| σ pb,s [MPa] | -94.3 | -13.6 | 0.0 | -0.1 | -4.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -112.6 | 355.0 | 0.32 |
| σ an,s [MPa] | -92.6 | -12.9 | 0.0 | -0.1 | -4.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -110.1 | 355.0 | 0.31 |
| σ an,i [MPa] | 49.6 | 45.6 | 0.0 | -0.4 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 95.3 | 355.0 | 0.27 |
| σ pb,i [MPa] | 53.0 | 47.0 | 0.0 | -0.4 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.3 | 335.0 | 0.30 |
| τ an [MPa] | 0.3 | 1.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 355.0 | 0.00 |
| σ id an,s [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 110.2 | 355.0 | 0.27 |
| σ id an,i [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 95.4 | 355.0 | 0.27 |
| Tasso di sfruttamento SLE | | | | | | | | | | | |
| η1,sle [-] | 0.31 | | | | | | | | | | |
| VERIFICA TENSIONALE IN SOLETTA | | | | | | | | | | | |
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | -3.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -3.6 | 12.8 | SI |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | -20.7 | 0.0 | -0.1 | -5.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -26.0 | - | - |

9.5.2 Verifica dello stato limite di apertura delle fessure

In accordo con quanto esposto al §4.1.2.2.4 delle NTC [1] e con le integrazioni previste al 2.5.1.8.3.2.4 del MDP RFI [2], è stato verificato lo “stato limite di apertura delle fessure” nella soletta, per effetto delle azioni globali (quindi fessure con sviluppo ortogonale alla direzione longitudinale dell’impalcato).

Essendo l’impalcato una trave appoggiata, tali verifiche risultano chiaramente secondarie. Per completezza dei risultati, se ne riportano comunque i contenuti di seguito.

Nelle verifiche si è trascurato l’effetto dell’instabilità locale e, dunque, sono state considerate le caratteristiche geometriche lorde delle sezioni. Si è invece tenuto conto dell’effetto shear-lag nelle piattabande, il quale è stato valutato tramite un approccio elastico (fenomeno risultato comunque trascurabile).

Il calcolo è stato condotto attraverso il metodo diretto esposto nella Circolare alle NTC [7].

La soletta è catalogabile all’interno della classe di esposizione **XC3**. Le condizioni ambientali si considerano dunque di tipo “**ordinarie**” (Tabella 30). Le armature in soletta sono classificabili come “poco sensibili”.

| Condizioni ambientali | Classe di esposizione |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 |

Tabella 30 – Descrizione delle condizioni ambientali (Tab.4.1.III NTC [1])

Per tali condizioni la limitazione sulla fessurazione si traduce in:

$$w_k \leq w_2 = 0.30\text{mm} \quad \text{per combinazione rara (MDP-RFI [2] §2.5.1.8.3.2.4)}$$

dove w_k è la dimensione caratteristica della fessura calcolata.

Nelle zone di soletta sottostanti il ballast, considerabili come non ispezionabili, deve valere invece:

$$w_k \leq w_1 = 0.20\text{mm} \quad \text{per combinazione rara (MDP-RFI [2] §2.5.1.8.3.2.4)}$$

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Si riporta di seguito la verifica per sezione e la combinazione cui corrisponde la massima ampiezza di apertura di fessure ottenuta.

Nota: nei primi due metri a partire dagli appoggi l'armatura longitudinale è costituita da $\Phi 16/200$.

TR.2 - sez.3 - Combinazione n°98 (Tempo zero)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE-RARA (GR.4) SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -9 | 33 | -1119 | -89 | 1728 | 0 | 0 | 0 | 544 |
| Med | [kNm] | -30 | 16 | -2609 | -210 | -1122 | 0 | 0 | 0 | -3955 |
| Ved | [kN] | -792 | -867 | -716 | -33 | 2 | 0 | 0 | 0 | -2407 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | -5.00E-05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICHE SLE TENSIONALI E DI FESSURAZIONE DELLA SOLETTA | | | |
|--|-------|-------------|---|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse se tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | 2.3 | Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| σ sol,i | [Mpa] | 1.5 | Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| Soletta | [-] | Fess | Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|--|-----|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastico: Aeff = beta * Ac,eff | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k | [-] | - | - | - | - |

INSTABILITÀ LOCALE
Si trascurano gli effetti dell'instabilità locale per uno stato tensionale corrispondente a combinazioni di esercizio

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE LORDE | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | |
| n | [-] | 1E+15 |
| zG | [mm] | 1415 | 1333 | 1333 | 1333 | 1333 | 1333 | 1333 | 1333 | 1333 |
| A | [mm ²] | 103106 | 108632 | 108632 | 108632 | 108632 | 108632 | 108632 | 108632 | 108632 |
| A n | [mm ²] | 1.03E+20 | 1.09E+20 |
| J | [mm ⁴] | 1.08E+11 | 1.22E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -7.15E+22 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -7.46E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -7.67E+07 | -9.17E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -7.81E+07 | -9.35E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 9.39E+07 | 9.88E+07 |
| W pb,i | [mm ³] | 9.15E+07 | 9.64E+07 |
| Av | [mm] | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 | 50900 |

| VERIFICA PER STATO LIMITE DI FESSURAZIONE | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|-------|
| ρ eff,s | [-] | 0.006 | Rapporto tra area di armatura superiore e area di calcestruzzo efficace ad essa corrispondente | | | | | | | | | |
| ρ eff,i | [-] | 0.010 | Rapporto tra area di armatura inferiore e area di calcestruzzo efficace ad essa corrispondente | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rk | Ed/Ek |
| kt | [-] | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | | | |
| n | [-] | 1E+15 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | | | |
| σ arm,s | [MPa] | 0.0 | 0.1 | 24.7 | 2.0 | 30.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| σ arm,i | [MPa] | 0.0 | 0.1 | 20.1 | 1.6 | 29.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| ε sm,s | [-] | 0.00E+00 | 2.58E-07 | 7.06E-05 | 5.71E-06 | 8.84E-05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.65E-04 | | |
| ε sm,i | [-] | 0.00E+00 | 3.37E-07 | 5.75E-05 | 4.65E-06 | 8.28E-05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.45E-04 | | |
| Δ sm,s | [mm] | 617.8 | Distanza media tra le fessure - armatura superiore | | | | | | | | | |
| Δ sm,i | [mm] | 447.1 | Distanza media tra le fessure - armatura inferiore | | | | | | | | | |
| w k,s | [mm] | 0.17 | Ampiezza caratteristica delle fessure - armatura superiore | | | | | | | | | |
| w k,i | [mm] | 0.11 | Ampiezza caratteristica delle fessure - armatura inferiore | | | | | | | | | |
| w lim | [mm] | 0.20 | Limite consentito di apertura delle fessure per lo stato limite considerato | | | | | | | | | |
| Ver. SI/NO? | [-] | SI | Verifica soddisfatta? | | | | | | | | | |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

9.5.3 Verifica SLE dei connettori trave-soletta

In accordo con quanto indicato al §C.4.3.4.3.3 della Circolare alle NTC [7], le verifiche SLE dei pioli si intendono soddisfatte se:

$$Q_{Ed} < 0.6 Q_{Rd}$$

Dove Q_{Ed} è calcolato assumendo la combinazione caratteristica delle azioni, attraverso un approccio elastico (Jourawsky).

Per il calcolo di Q_{Rd} si faccia riferimento al §9.4.5 della presente relazione di calcolo.

Si riportano di seguito le verifiche della sezione nella zona con 6 pioli passo 20cm a massimo tasso di sfruttamento e della sezione nella zona con 3 pioli passo 20cm a massimo tasso di sfruttamento. Tale condizione si ha nella trave n°1.

TR.1 - sez.1 - Combinazione n°69 (Tempo infinito)

| VERIFICA SLE A SCORRIMENTO DEI PIOLI | | | | | | | | | | |
|---|--------|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|
| IPOTESI DI CALCOLO | | | | | | | | | | |
| In accordo con quanto indicato nelle UNI EN 1994-2, laddove la soletta risulta fessurata, questa si considera comunque come non fessurata. | | | | | | | | | | |
| In tale circostanza, baricentro e inerzia, sono stati calcolati aggiungendo alle proprietà efficaci il contributo della soletta. | | | | | | | | | | |
| Per il calcolo delle proprietà efficaci si rimanda alla verifica SLU-pressoflessione della sezione per la presente combinazione di carichi. | | | | | | | | | | |
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE (EFFICACI SE SEZIONE DI CLASSE 4) | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | |
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 | |
| zG | [mm] | 1415 | 703 | 328 | 328 | 328 | 690 | 703 | 328 | |
| J | [mm4] | 1.08E+11 | 2.29E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.31E+11 | 2.29E+11 | 2.93E+11 | |
| S* | [mm3] | 0.00E+00 | 7.34E+07 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 7.48E+07 | 7.34E+07 | 1.12E+08 | |
| Ω Bredt | [mm2] | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SCORRIMENTO LEGATO AL TAGLIO VERTICALE | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed |
| Ved | [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q ed,1 | [kN/m] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| SCORRIMENTO LEGATO A EFFETTO PRIMARIO DI RITIRO E VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE TRAVE-SOLETTA | | | | | | | | | | |
| Ned,rit | [kN] | 4548 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto dell'azione di ritiro | | | | | | | |
| Ned,dt | [kN] | 2411 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto della termica differenziale | | | | | | | |
| L diff | [m] | 3.83 | Lunghezza di diffusione dell'azione (Ldiff = Beff) | | | | | | | |
| q ed,2 | [kN/m] | 1816.5 | Scorrimento legato alle azioni concentrate | | | | | | | |
| SCORRIMENTO TOTALE - VERIFICA | | | | | | | | | | |
| q ed,tot | [kN/m] | 1816.5 | Scorrimento totale qed,1+qed,2 di progetto | | | | | | | |
| q rd | [kN/m] | 3284.3 | Scorrimento resistente di progetto | | | | | | | |
| Tasso di sfruttamento η dei pioli (deve essere minore di 0.60) | | | | | | | | | | |
| η pioli | [-] | 0.55 | | | | | | | | |

TR.1 - sez.8 - Combinazione n°64 (Tempo zero)

| VERIFICA SLE A SCORRIMENTO DEI PIOLI | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| IPOTESI DI CALCOLO | | | | | | | | | |
| In accordo con quanto indicato nelle UNI EN 1994-2, laddove la soletta risulta fessurata, questa si considera comunque come non fessurata. | | | | | | | | | |
| In tale circostanza, baricentro e inerzia, sono stati calcolati aggiungendo alle proprietà efficaci il contributo della soletta. | | | | | | | | | |
| Per il calcolo delle proprietà efficaci si rimanda alla verifica SLU-pressoflessione della sezione per la presente combinazione di carichi. | | | | | | | | | |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE (EFFICACI SE SEZIONE DI CLASSE 4) | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | |
| n | [-] | 1E+15 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | |
| zG | [mm] | 1415 | 329 | 329 | 329 | 329 | 329 | 329 | 329 | |
| J | [mm ⁴] | 1.08E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | |
| S* | [mm ³] | 0.00E+00 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | 1.12E+08 | |
| Ω Bredt | [mm ²] | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SCORRIMENTO LEGATO AL TAGLIO VERTICALE | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed |
| Ved | [kN] | -665 | -859 | -1213 | -33 | -1 | 0 | 0 | 0 | -2772 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q ed,1 | [kN/m] | 0.0 | -328.7 | -464.2 | -12.6 | -0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -805.9 |
| SCORRIMENTO LEGATO A EFFETTO PRIMARIO DI RITIRO E VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE TRAVE-SOLETTA | | | | | | | | | | |
| Ned,rit | [kN] | 0 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto dell'azione di ritiro | | | | | | | |
| Ned,dt | [kN] | 0 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto della termica differenziale | | | | | | | |
| L diff | [m] | - | Lunghezza di diffusione dell'azione (Ldiff = Beff) | | | | | | | |
| q ed,2 | [kN/m] | 0.0 | Scorrimento legato alle azioni concentrate | | | | | | | |
| SCORRIMENTO TOTALE - VERIFICA | | | | | | | | | | |
| q ed,tot | [kN/m] | -805.9 | Scorrimento totale qed,1+qed,2 di progetto | | | | | | | |
| q rd | [kN/m] | 1642.2 | Scorrimento resistente di progetto | | | | | | | |
| Tasso di sfruttamento η dei pioli (deve essere minore di 0.60) | | | | | | | | | | |
| η pioli | [-] | 0.49 | | | | | | | | |

9.5.4 Risultati delle verifiche sezionali SLE

Le verifiche SLE delle travi di impalcato e degli elementi ad esse correlati, sono state effettuate per tutte le combinazioni esposte nel §A.1 della presente relazione.

Nei grafici seguenti si riportano delle linee di colore nero laddove si hanno le pile.

I risultati in forma tabulare sono riportati nell'Allegato C .

Per le armature si fa riferimento all'allineamento superiore, in quanto maggiormente sollecitato.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

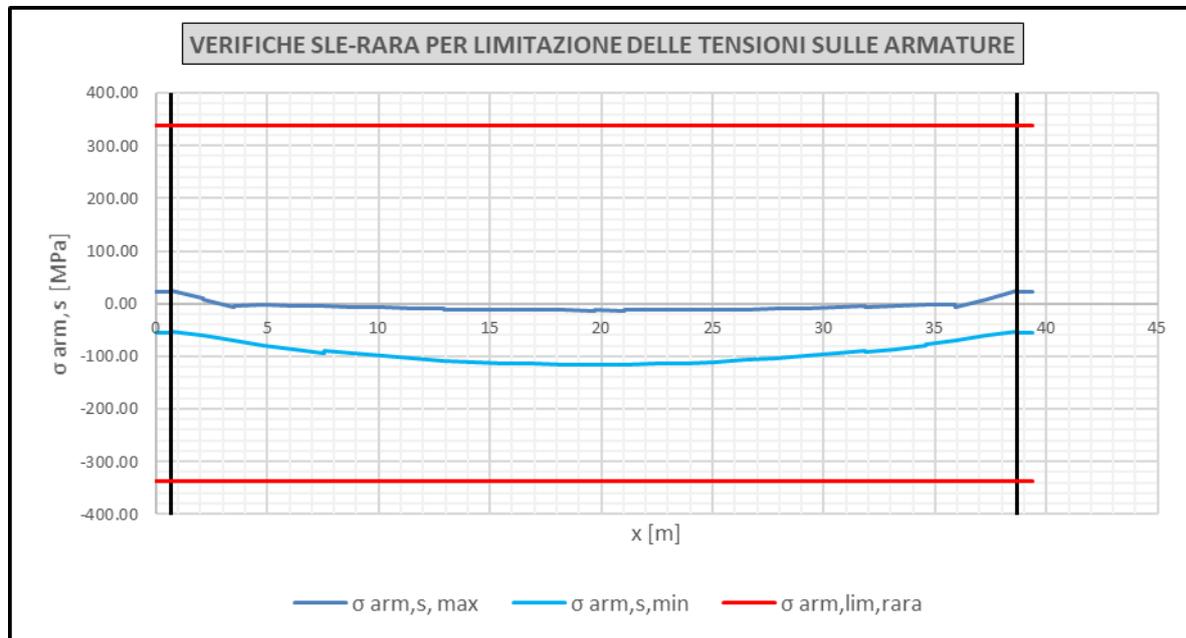


Figura 80 – Trave n°1. Verifiche SLE per limitazione delle tensioni nelle armature (Comb. Rara)

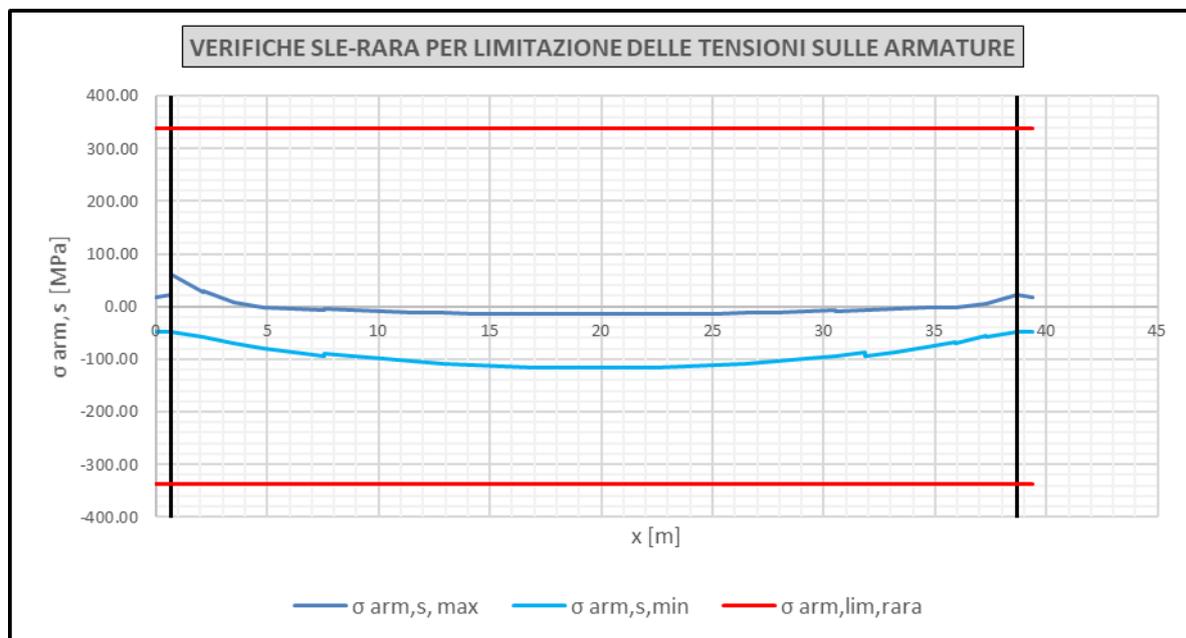


Figura 81 – Trave n°2. Verifiche SLE per limitazione delle tensioni nelle armature (Comb. Rara)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

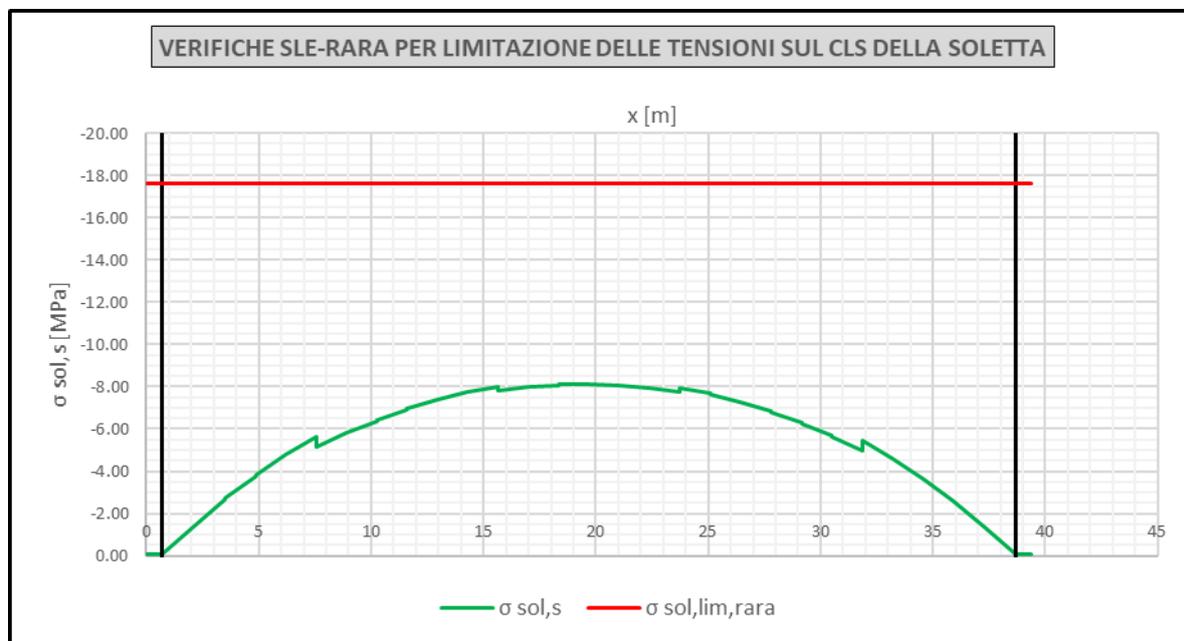


Figura 82 – Trave n°1. Verifiche SLE per limitazione delle tensioni nel calcestruzzo della soletta (Comb. Rara)

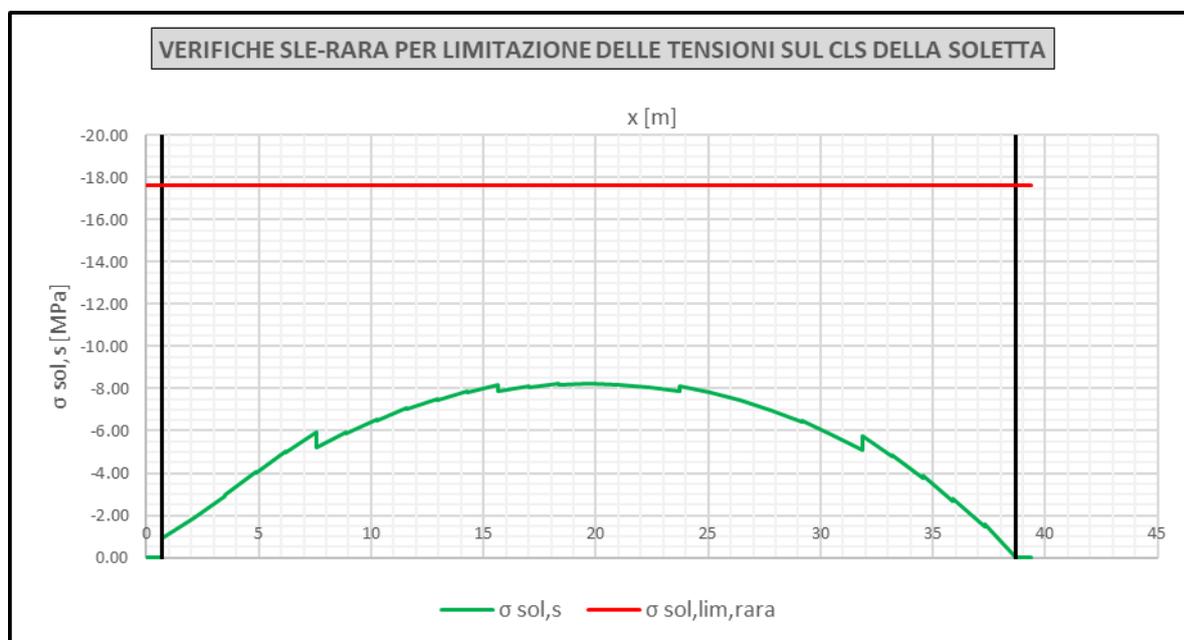


Figura 83 – Trave n°2. Verifiche SLE per limitazione delle tensioni nel calcestruzzo della soletta (Comb. Rara)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

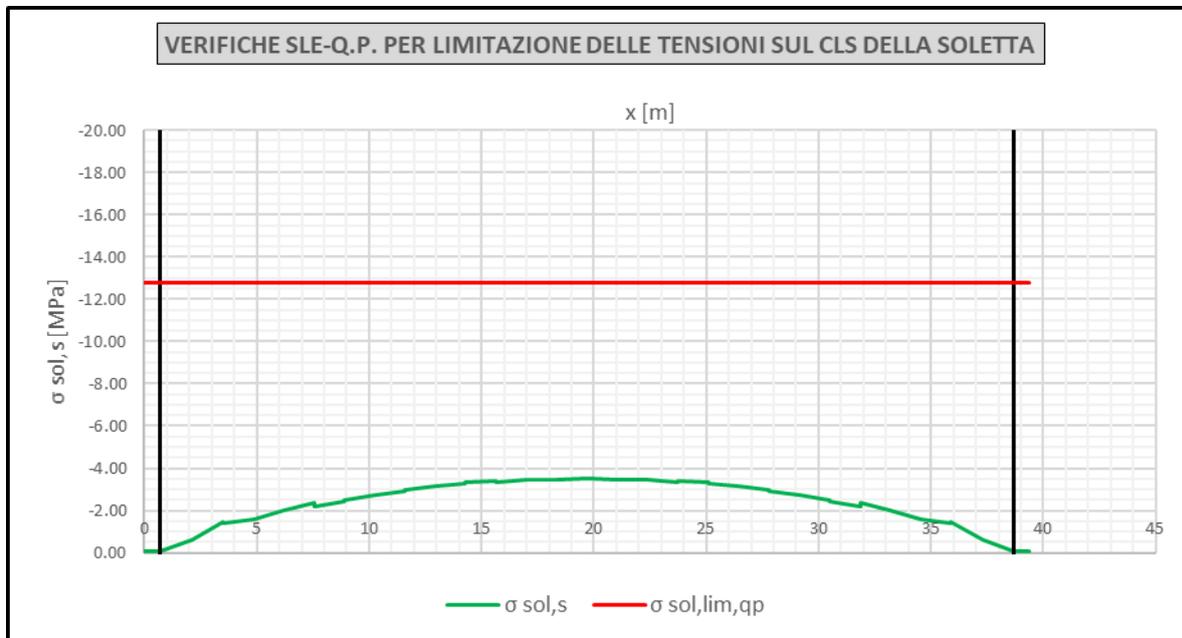


Figura 84 – Trave n°1. Verifiche SLE per limitazione delle tensioni nel calcestruzzo della soletta (Comb. Quasi permanente)

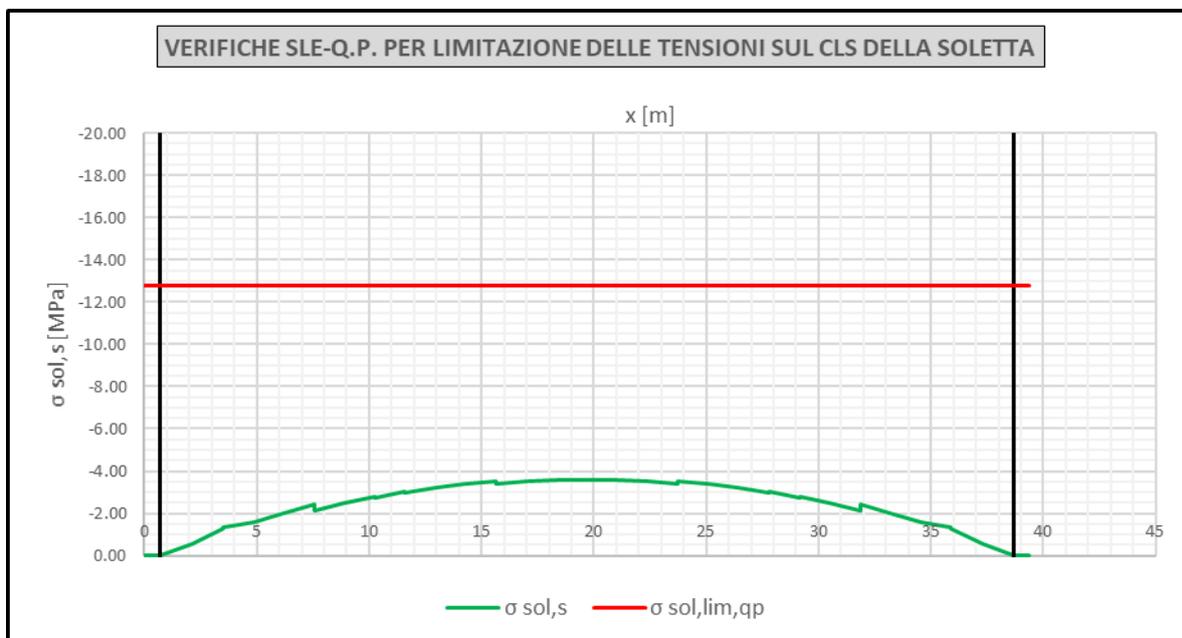


Figura 85 – Trave n°2. Verifiche SLE per limitazione delle tensioni nel calcestruzzo della soletta (Comb. Quasi permanente)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

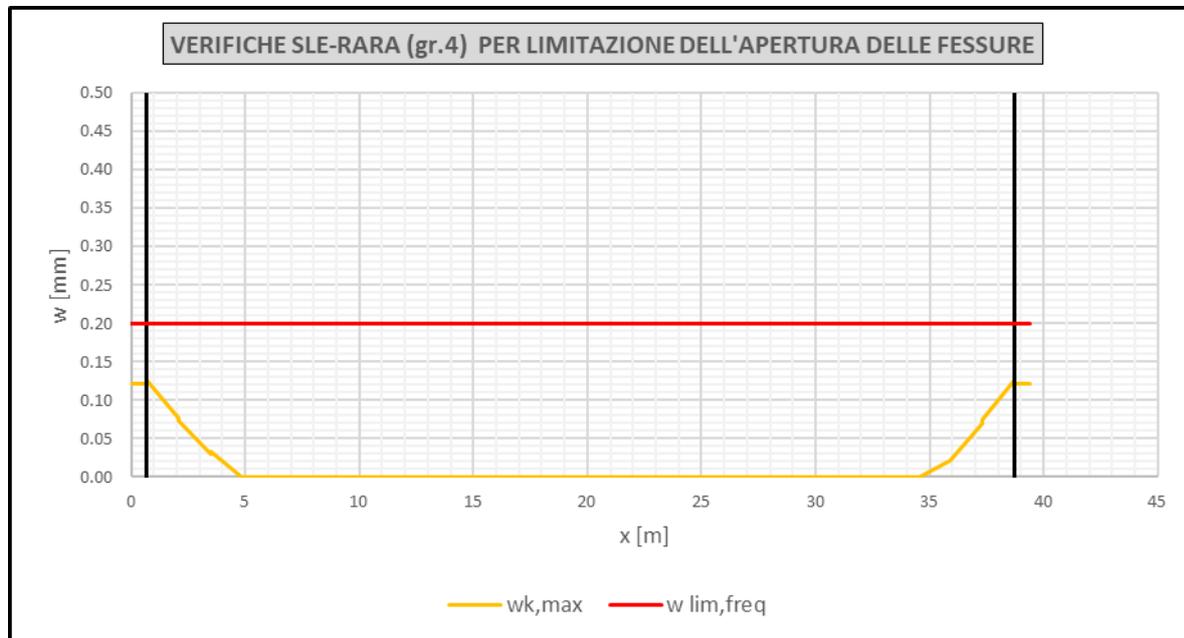


Figura 86 – Trave n°1. Verifiche SLE di apertura delle fessure (Comb.rara - traffico in gruppo4)

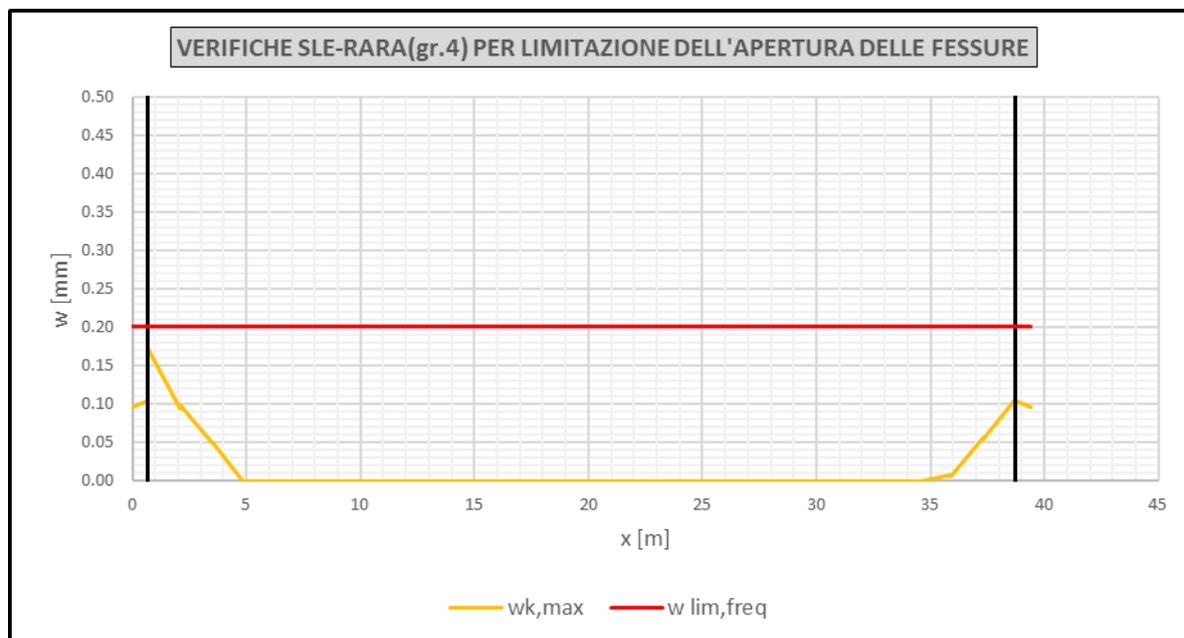


Figura 87 – Trave n°2. Verifiche SLE di apertura delle fessure (Comb. Rara – traffico in gruppo 4)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

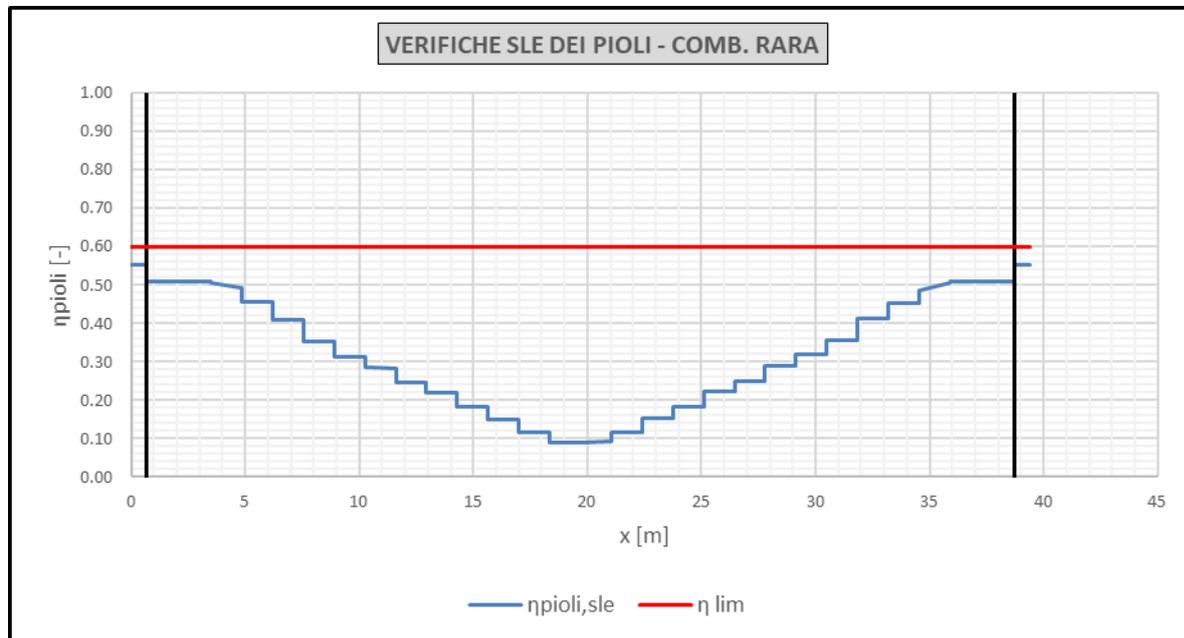


Figura 88 – Trave n°1. Verifiche SLE dei connettori trave-soletta (comb. Rara)

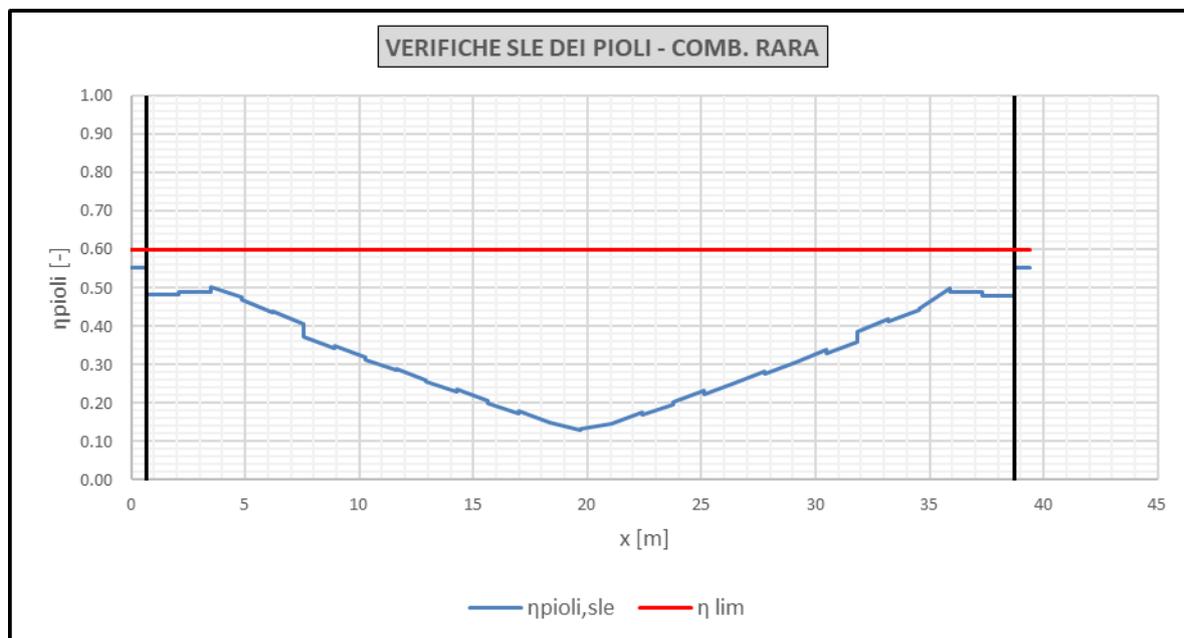


Figura 89 – Trave n°2. Verifiche SLE dei connettori trave-soletta (comb. Rara)

| | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

9.6 Verifiche a fatica

Nelle verifiche si è trascurato l'effetto dell'instabilità locale e si è invece tenuto conto dell'effetto shear-lag (risultato comunque trascurabile) nelle piattabande, il quale è stato valutato tramite un approccio elastico (coefficiente β).

Nei sotto-paragrafi seguenti si riportano degli accenni teorici e normativi sulle modalità di verifica seguite.

A seguire, nell'ultimo sotto-paragrafo, vengono esposti i risultati in forma sintetica delle verifiche effettuate.

Nell'Allegato D si riportano i tabulati di verifica.

9.6.1 Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica

In accordo col §2.7.1.1.4 del MDP-RFI [2], la struttura è da considerarsi come “sensibile alla rottura per fatica”. Inoltre, per le travi di impalcato e gli elementi di connessione quali le saldature anima-piattabanda e i connettori a piolo trave-soletta, si assumono “conseguenza significative alla rottura”. In accordo con la Tabella 31, si è dunque assunto $\gamma_{Mf}=1.35$.

| | Conseguenze della rottura | |
|--|---------------------------|---------------------------|
| | Conseguenze moderate | Conseguenze significative |
| Strutture poco sensibili alla rottura per fatica | $\gamma_{Mf} = 1,00$ | $\gamma_{Mf} = 1,15$ |
| Strutture sensibili alla rottura per fatica | $\gamma_{Mf} = 1,15$ | $\gamma_{Mf} = 1,35$ |

Tabella 31 – Coefficienti di sicurezza da assumere per le verifiche a fatica (Tab.4.2.XI NTC2008)

9.6.2 Classe dei dettagli

I dettagli considerati nelle verifiche sono indicati nelle figure seguenti.

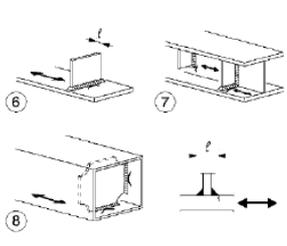
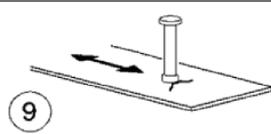
| | | | |
|------------------|---|--|---|
| 80 (a) 71 (b) |  | <p>Attacchi trasversali</p> <p>6) Saldati a una piastra</p> <p>7) Nervature verticali saldate a un profilo o a una trave composta</p> <p>8) Diagrammi di travi a cassone composte, saldati all'anima o alla piattabanda</p> <p>(a) $l \leq 50$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

Figura 90 – Dettaglio 80 per attacchi e irrigiditori saldati ($\Delta\sigma$)

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| Classe del dettaglio | Dettaglio costruttivo | Descrizione | Requisiti |
|----------------------|---|---|--|
| 100 |   | 6) e 7) Prodotti laminati e estrusi (come quelli di tabella C4.2.XVI.a) soggetti a tensioni tangenziali | $\Delta\tau$ calcolati con $\Delta\tau = \frac{\Delta V \cdot S(t)}{I \cdot t}$ |

Figura 91 – Dettaglio 100 per pannelli d'anima ($\Delta\tau$)

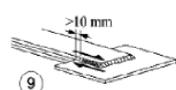
| Classe del dettaglio | Dettaglio costruttivo | Descrizione | Requisiti |
|----------------------|---|--|---|
| 80 |   | 8) Cordoni d'angolo continui soggetti a sforzi di sconnesione, quali quelli di composizione tra anima e piattabanda in travi composte saldate 9) Giunzioni a sovrapposizione a cordoni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

Figura 92 – Dettaglio 80 saldature direttamente sollecitate ($\Delta\tau$)

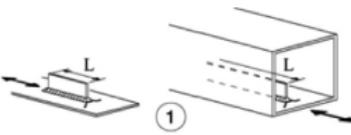
| Classe del dettaglio | Dettaglio costruttivo | Descrizione | Requisiti |
|--------------------------------------|---|--|---|
| 80 (a) 71 (b) 63 (c) 56 (d) |  | Attacchi saldati longitudinali 1) La classe del dettaglio dipende dalla lunghezza dell'attacco (a) $L \leq 50$ mm (b) $50 < L \leq 80$ mm (c)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

Figura 93 – Dettaglio 56 sull'anima in corrispondenza della saldatura dall'irrigidimento longitudinale ($\Delta\sigma$)

Per i pioli sollecitati da azioni tangenziali, in accordo con quanto indicato al §C4.2.4.1.4.5 della Circolare alle NTC [7], si è assunta una classe di dettaglio 90.

La verifica in corrispondenza della saldatura dell'irrigidimento longitudinale è stata omessa, in quanto, le escursioni di tensioni sulla parte superiore dell'anima sono trascurabili.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Si riportano nella tabella seguente le escursioni limite sui diversi dettagli in verifica.

| VERIFICHE A FATICA | |
|---|------------|
| ESCURSIONI LIMITE SUI DETTAGLI | |
| Dettaglio 80 per σ su piattabande e anima | |
| $\Delta\sigma$ c | [MPa] 80 |
| $\Delta\sigma$ d | [MPa] - |
| $\Delta\sigma$ c / γ Mf | [MPa] 59.3 |
| Dettaglio 100 per τ anima | |
| $\Delta\tau$ c | [MPa] 100 |
| $\Delta\tau$ d | [MPa] - |
| $\Delta\sigma$ c / γ Mf | [MPa] 74.1 |
| Dettaglio 80 per τ su saldature | |
| $\Delta\tau$ c | [MPa] 80 |
| $\Delta\tau$ d | [MPa] - |
| $\Delta\sigma$ c / γ Mf | [MPa] 59.3 |
| Dettaglio 90 per τ su pioli | |
| $\Delta\tau$ c | [MPa] 90 |
| $\Delta\tau$ d | [MPa] - |
| $\Delta\sigma$ c / γ Mf | [MPa] 66.7 |
| $\Delta\sigma$ c : resistenza a fatica per $N=2*10^6$ cicli | |
| $\Delta\sigma$ d : limite di fatica ad ampiezza costante | |

Tabella 32 – Escursioni limite nei dettagli per le verifiche a fatica

9.6.3 Influenza dello spessore

In accordo con quanto indicato al §2.7.1.2.6 del MDP [2], nella valutazione della resistenza a fatica si è tenuto conto dello spessore del metallo base nel quale può innescarsi una potenziale lesione.

Poiché, per quanto riguarda le piattabande si ha uno spessore variabile tra i conci tra un minimo di 25mm a un massimo di 30mm per la piattabanda superiore, e tra un minimo di 30mm e un massimo di 60mm per la piattabanda inferiore, è stato necessario abbattere la classe dei dettagli attraverso la seguente formula:

$$\Delta\sigma_{c,red} = k_s \cdot \Delta\sigma_c$$

dove:

$$k_s = \sqrt[4]{\frac{25}{t}} \leq 1.$$

con “t” spessore dell’elemento in mm.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Il dettaglio 80 per elementi soggetti a tensioni assiali con irrigiditori trasversali su essi saldati, è stato dunque abbattuto nel seguente modo:

$$\Delta\sigma_c = 80\text{MPa} \cdot 0.803 = 64.3 \text{ MPa}$$

avendo assunto, a favore di sicurezza, uno spessore della piattabanda inferiore pari a 60mm su tutto lo sviluppo delle travi (in realtà tale situazione è presente nel solo concio centrale).

9.6.4 Verifica a danneggiamento

Per la struttura in progetto sono state eseguite delle verifiche a danneggiamento.

In particolare, si è fatto ricorso al metodo dei coefficienti λ , esposto nella UNI-EN 1993-1-9 [9] e, più nel dettaglio per i ponti, nella UNI EN 1993-2 [10]. Tale approccio è indicato anche nel §2.7.1.2 del MDP [2].

Il metodo λ può essere sintetizzato nei seguenti punti:

- si calcola la massima variazione di tensione prodotta dal modello di carico LM71, opportunamente incrementato coi i coefficienti Φ e α , nel modello di calcolo:

$$\Delta\sigma_{71} = |\sigma_{71,\max} - \sigma_{71,\min}|$$

- sulla base del volume di traffico, delle linee di influenza degli elementi strutturali, della vita utile dell'opera e della probabilità di incrocio di due treni in impalcato a doppio binario, si definisce uno spettro di tensione equivalente, ad ampiezza costante, in grado di produrre in 2×10^6 cicli lo stesso danneggiamento prodotto dallo spettro di progetto. Tale ampiezza è pari a:

$$\Delta\sigma_{E,d} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \Delta\sigma_{71} = \lambda \Delta\sigma_{71} \leq \lambda_{\max} \Delta\sigma_{71}$$

- si confronta quindi l'ampiezza di tensione equivalente di progetto $\Delta\sigma_{E,d}$, con la classe del dettaglio opportunamente ridotta tramite il coefficiente di sicurezza γ_{Mf} :

$$\Delta\sigma_{E,d} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$$

Quanto indicato vale chiaramente anche in termini di tensioni tangenziali.

Calcolo dei coefficienti di danneggiamento λ

Il coefficiente λ_1 dipende dalla linea di influenza nella sezione considerata ed è stato calcolato come indicato in Tabella 33, dove L è la lunghezza di influenza per gli elementi verificati, pari a **38m**.

Si ha dunque:

$$\lambda_1 = 0.64$$

Il coefficiente λ_2 dipende dal volume di traffico che caratterizza la linea, come indicato in Tabella 34.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

In mancanza di specifiche indicazioni sul traffico, in accordo con quanto indicato al §2.7.1.2.2 del MDP RFI [2], si è assunto un traffico annuo pari a $25 \cdot 10^6$ t/anno/binario. Per cui si ha:

$$\lambda_2 = 1.00$$

Il coefficiente λ_3 dipende dalla vita utile dell'opera, come indicato in Tabella 35. Poiché la vita utile è pari a 100 anni si ha:

$$\lambda_3 = 1.00$$

| L [m] | λ_1 |
|-------|-------------|
| 0,5 | 1,60 |
| 1,0 | 1,60 |
| 1,5 | 1,60 |
| 2,0 | 1,46 |
| 2,5 | 1,38 |
| 3,0 | 1,35 |
| 3,5 | 1,17 |
| 4,0 | 1,07 |
| 4,5 | 1,02 |
| 5,0 | 1,03 |
| 6,0 | 1,03 |
| 7,0 | 0,97 |
| 8,0 | 0,92 |
| 9,0 | 0,88 |
| 10,0 | 0,85 |
| 12,5 | 0,82 |
| 15,0 | 0,76 |
| 17,5 | 0,70 |
| 20,0 | 0,67 |
| 25,0 | 0,66 |
| 30,0 | 0,65 |
| 35,0 | 0,64 |
| 40,0 | 0,64 |
| 45,0 | 0,64 |
| 50,0 | 0,63 |
| 60,0 | 0,63 |
| 70,0 | 0,62 |
| 80,0 | 0,61 |
| 90,0 | 0,61 |
| 100,0 | 0,60 |

Tabella 33 – Tabella la valutazione del coefficiente λ_1

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Traffico annuo [10 ⁶ t/ binario] | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 |
| λ_2 | 0,72 | 0,83 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 1,04 | 1,07 | 1,10 | 1,15 |

Tabella 34 – Tabella la valutazione del coefficiente λ_2

| | | | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vita utile a fatica [anni] | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 |
| λ_3 | 0,87 | 0,90 | 0,93 | 0,96 | 0,98 | 1,00 | 1,04 |

Tabella 35 – Tabella la valutazione del coefficiente λ_3

Il coefficiente λ_4 tiene conto della possibilità di incrocio di due treni e si calcola come:

$$\lambda_4 = \sqrt[5]{n + [1 - n] \cdot [a^5 + (1 - a)^5]}$$

dove

$$a = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}}$$

In cui:

$\Delta\sigma_1$ è l'intervallo di tensione nella sezione da verificare ottenuta con il modello di carico su un solo binario;

$\Delta\sigma_{1+2}$ è l'intervallo di tensione nella stessa sezione ottenuta con il modello di carico su due binari qualsiasi;

n è uguale alla percentuale dei treni che si incrociano sul ponte, la quale è stata assunta, in accordo con quanto indicato da FERROVIE (§2.7.1.2.4 del MDP RFI [2]) pari al 33,3%.

Per i valori di λ_4 si rimanda ai tabulati di verifica riportate nell'Allegato D .

Il coefficiente λ_{\max} è invece pari a:

$$\lambda_{\max} = 1.40$$

9.6.5 Verifica a danneggiamento dei pioli

Per le verifiche a fatica dei pioli secondo il metodo λ vale quanto indicato al precedente paragrafo, fatta eccezione per il calcolo dei coefficienti correttivi λ .

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Per il calcolo di tali coefficienti si ricorre alle UNI EN 1994-2 [5]. In particolare si indica che per il calcolo di $\lambda_{v,2}$, $\lambda_{v,3}$ e $\lambda_{v,4}$ valgono le formule indicate nell'annesso NN delle UNI EN 1992-2 [11], utilizzando esponenti **k=8**. Tali formule, se k=5, portano alle tabelle del paragrafo precedente.

$$\lambda_{s,2} = k_2 \sqrt[3]{\frac{Vol}{25 \cdot 10^6}} \quad \lambda_{s,3} = k_2 \sqrt[3]{\frac{N \text{ Years}}{100}}$$

$$\lambda_{s,4} = \sqrt[3]{n + (1-n) \cdot s_1^{k_2} + (1-n) \cdot s_2^{k_2}}$$

$$s_1 = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_{1+2}} \quad s_2 = \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta\sigma_{1+2}}$$

Per il calcolo di $\lambda_{v,1}$ si fa riferimento all'immagine seguente:

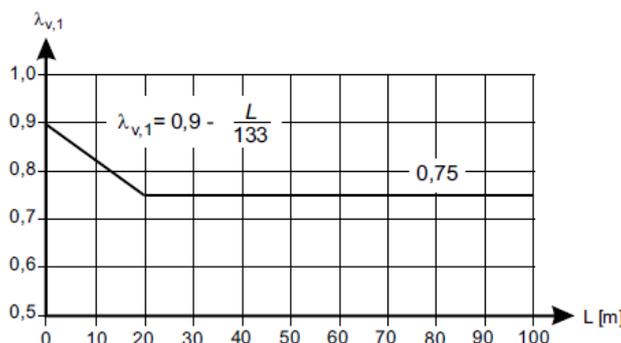


Figura 94 – Grafico per la valutazione del coefficiente $\lambda_{v,1}$

In definitiva si ha:

$$\lambda_1 = 0.75; \lambda_2 = 1.00; \lambda_3 = 1.00; \lambda_{\max} = 1.40$$

per i valori di $\lambda_{v,4}$ si rimanda ai tabulati di verifica riportate nell'Allegato D .

9.6.6 Risultati delle verifiche a fatica

Di seguito si riportano i risultati in forma grafica delle verifiche a fatica effettuate. I risultati in forma tabellare sono riportati in Allegato D .

Nei grafici si riportano delle linee di colore nero laddove si hanno le pile.

I risultati si riportano come confronto tra le variazioni di tensione massime $\Delta\sigma_{ed}$ e $\Delta\tau_{ed}$ e le variazioni ammissibili dal dettaglio $\Delta\sigma_c/\gamma_{Mf}$ e $\Delta\tau_c/\gamma_{Mf}$.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Le verifiche a fatica per tensioni assiali di anima e piattabande riferite al dettaglio 80, andrebbero svolte solo in prossimità delle sezioni dove vi è presente un irrigidimento trasversale saldato. Poiché si ha un irrigidimento ogni 2.70m, per semplicità, e a favore di sicurezza, le verifiche sono state estese ad ogni sezione delle travi.

La tensione tangenziale sull'anima è stata valutata come $\tau_m = V_{ed}/A_{taglio}$.

Si ribadisce che nel grafico relativo alle tensioni assiali su anima e piattabande, si è assunto un valore del coefficiente riduttivo k_s pari a **0.803** (corrispondente a pannelli di spessore 60mm).

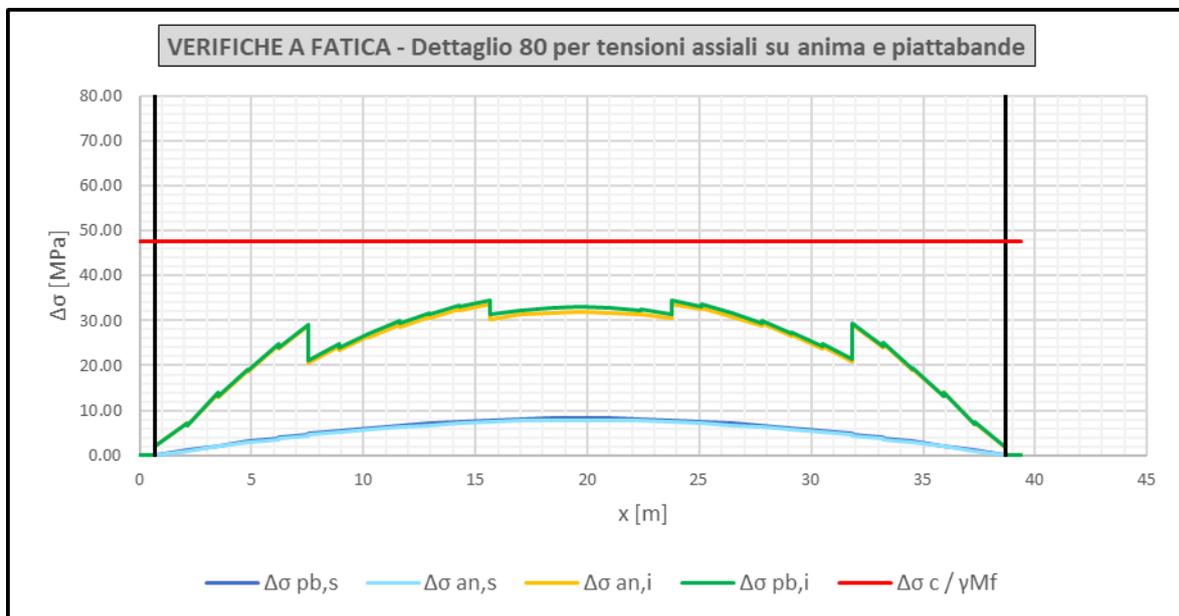


Figura 95 – Trave n°1. Verifiche a fatica dei pannelli d'anima e delle piattabande per tensioni assiali

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

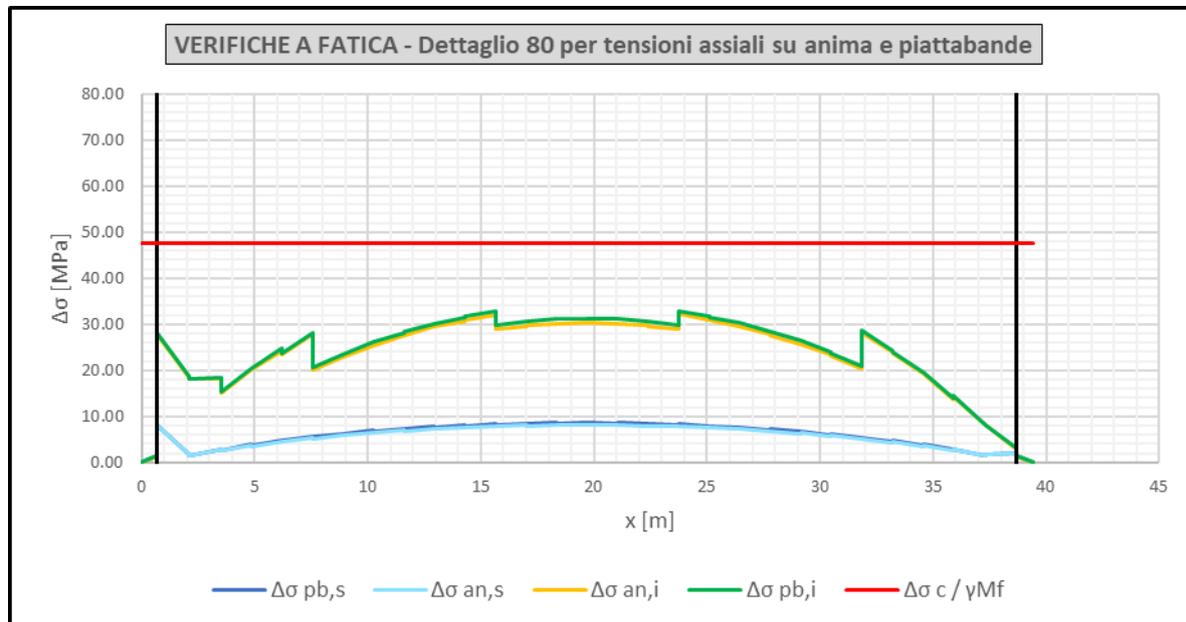


Figura 96 – Trave n°2. Verifiche a fatica dei pannelli d'anima e delle piattabande per tensioni assiali

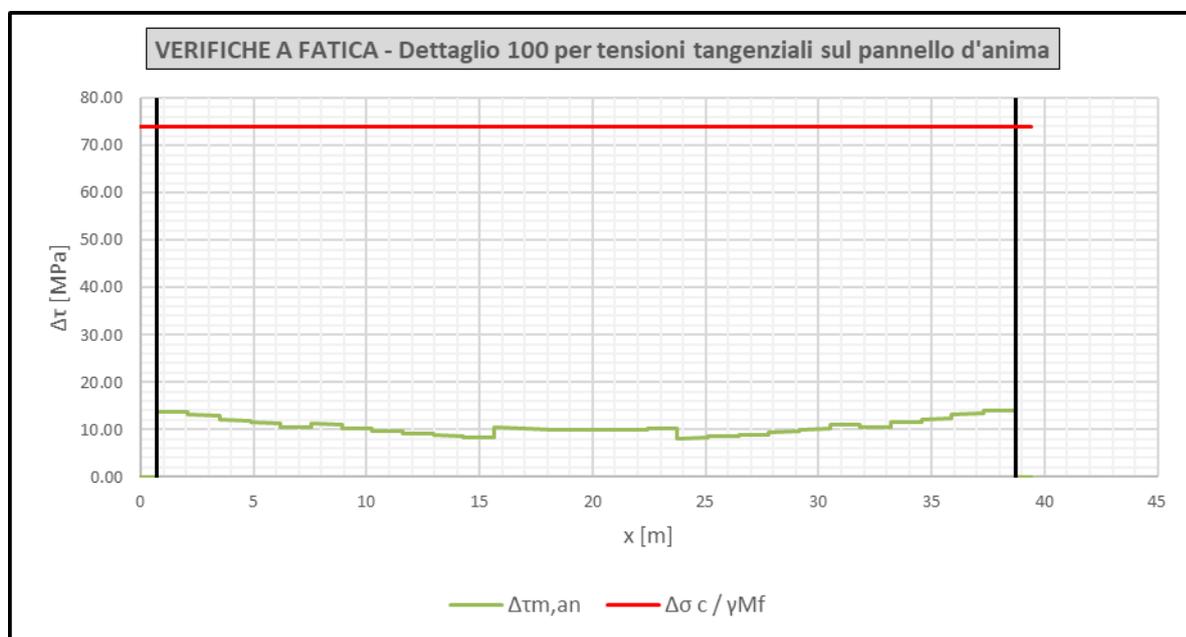


Figura 97 – Trave n°1. Verifiche a fatica dei pannelli d'anima per tensioni tangenziali

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

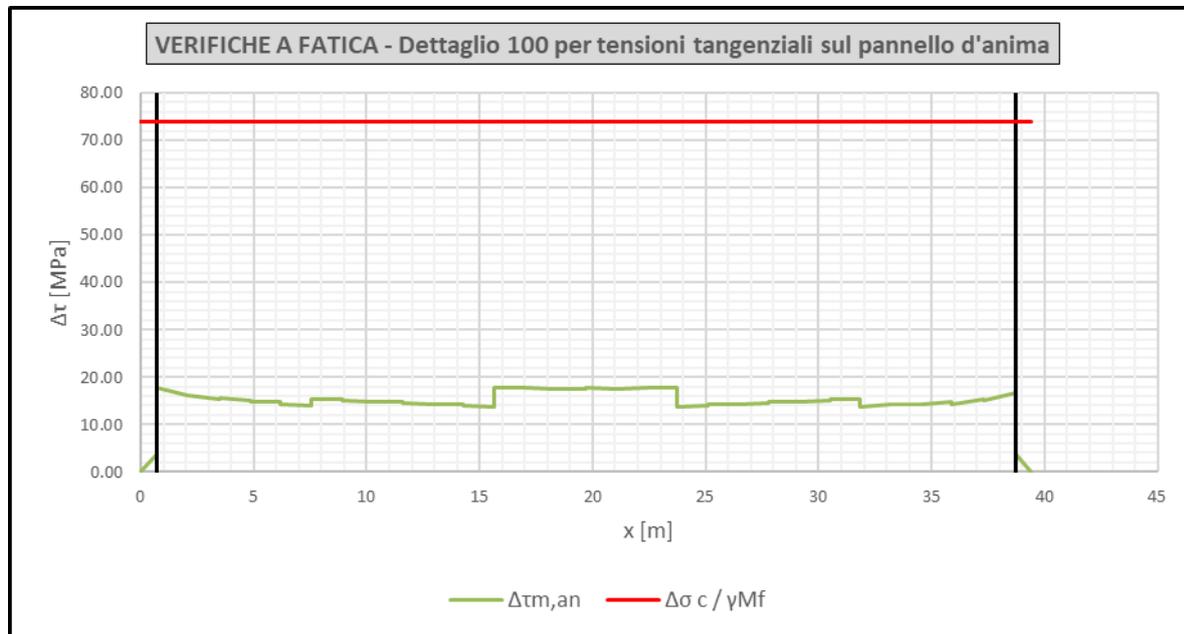


Figura 98 – Trave n°2. Verifiche a fatica dei pannelli d'anima per tensioni tangenziali

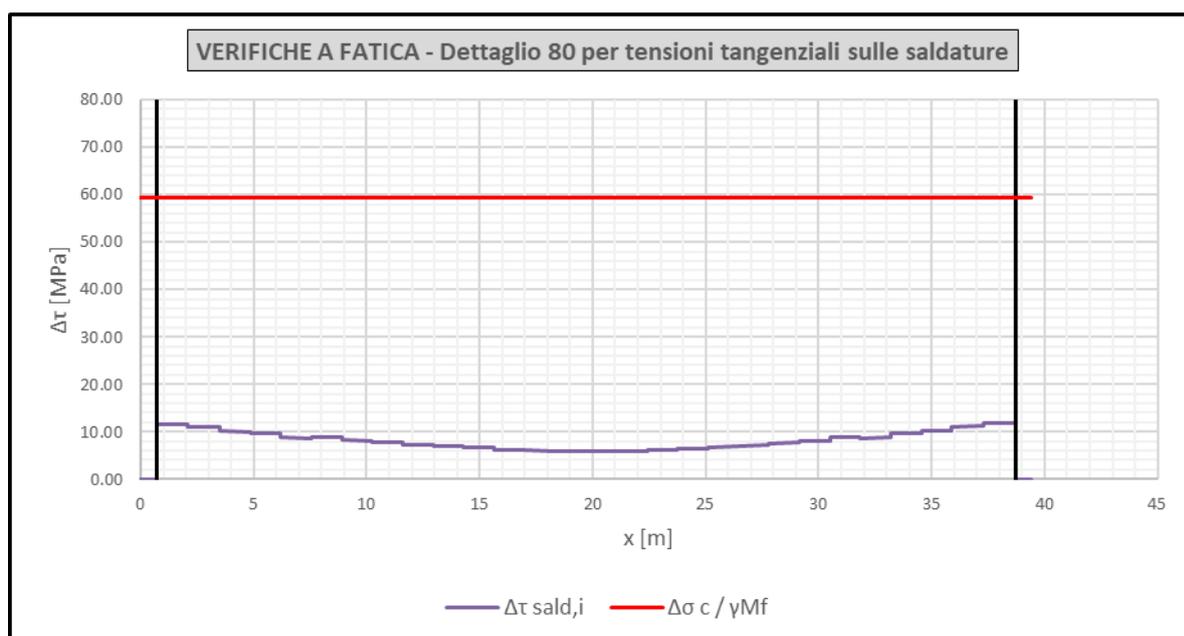


Figura 99 – Trave n°1. Verifiche a fatica delle saldature anima-piattabande inferiore per tensioni tangenziali

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

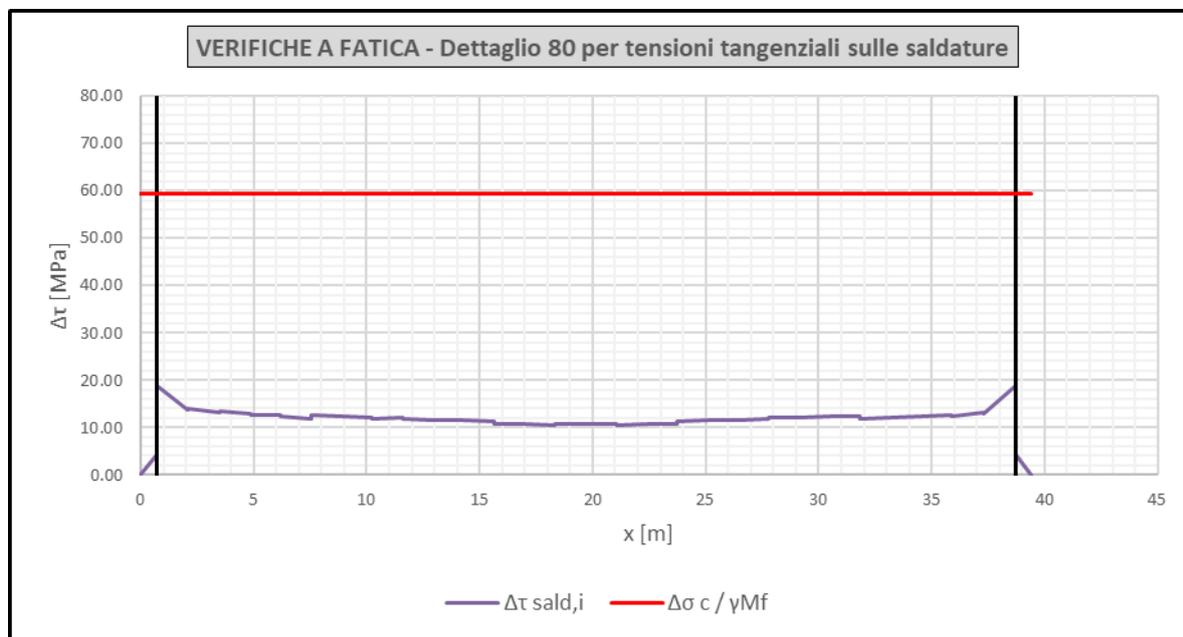


Figura 100 – Trave n°2. Verifiche a fatica delle saldature anima-piattabande inferiore per tensioni tangenziali

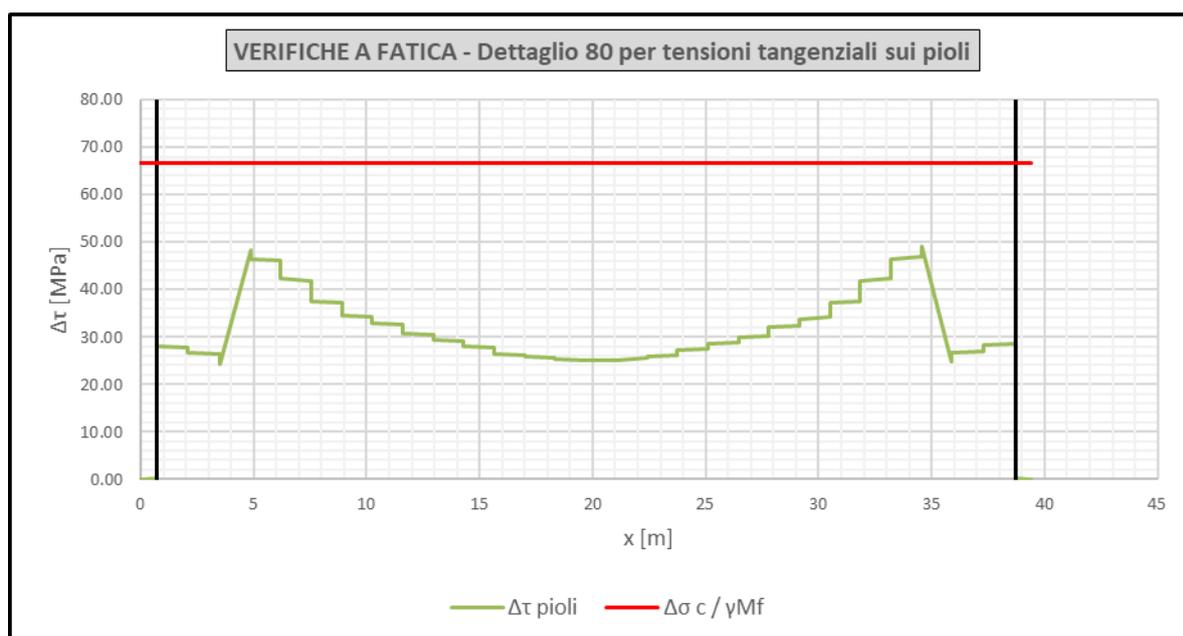


Figura 101 – Trave n°1. Verifiche a fatica dei connettori a piolo per tensioni tangenziali

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

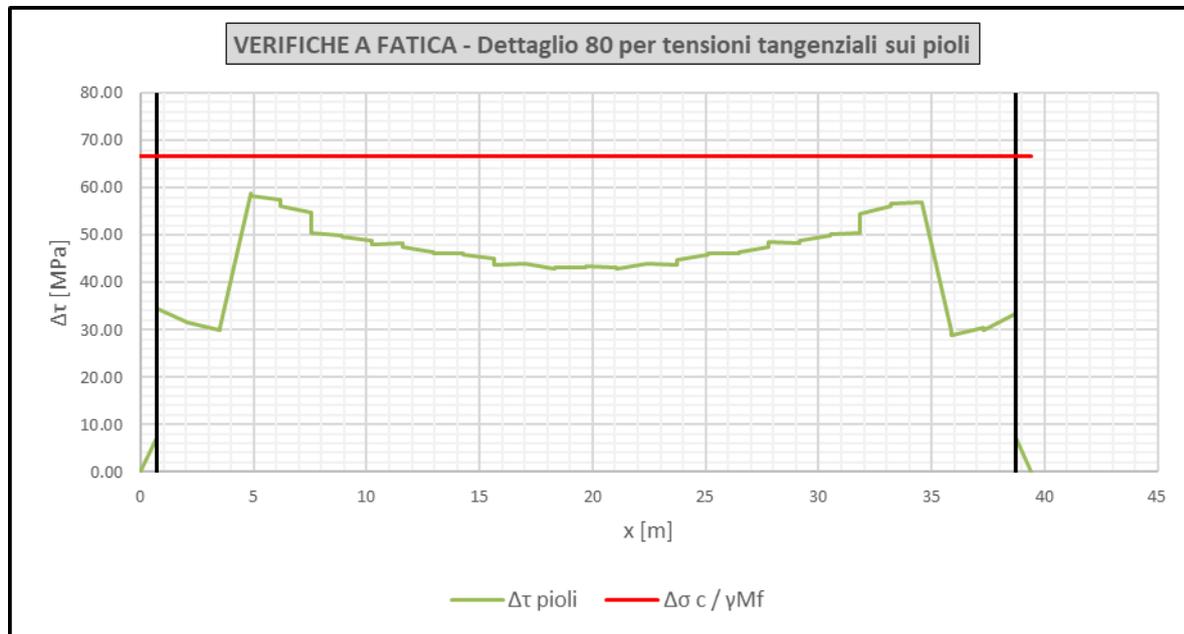


Figura 102 – Trave n°2. Verifiche a fatica dei connettori a piolo per tensioni tangenziali

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

9.7 Riepilogo dei risultati delle verifiche delle travi

Relativamente alle travi e ai pioli, nella tabella seguente si riportano:

- i valori massimi dei tassi di sfruttamento per le verifiche SLU;
- le massime tensioni in soletta, il valore massimo dell'apertura delle fessure e il massimo tasso di sfruttamento dei pioli per le verifiche SLE;
- le massime escursioni di tensione per effetto dei carichi da traffico (fatica).

Tra parentesi si riportano i massimi valori ammissibili.

| STATO LIMITE | TIPOLOGIA DI VERIFICA | ESITO VERIFICHE |
|--------------------|--|---|
| SLU | Presso/tenso-flessione | $\eta = 0.87$ |
| SLU | Taglio | $\eta = 0.79$ |
| SLU | Interazione taglio-momento | $\eta = 0.87$ |
| SLU | Saldatura di composizione inferiore | $\eta = 0.46$ |
| SLU | Connettori trave soletta | $\eta = 0.72$ |
| SLU | Armatura trasversale (azioni concentrate nei pioli) | $\eta = 0.89$ |
| SLE-RARA | Tensione di trazione massima nelle armature in soletta | $\sigma = 61.3 \text{ MPa}$ (337.5 MPa) |
| SLE-RARA | Tensione di compressione massima nel calcestruzzo | $\sigma = 8.2 \text{ MPa}$ (17.6 MPa) |
| SLE-QP | Tensione di compressione massima nel calcestruzzo | $\sigma = 3.6 \text{ MPa}$ (12.8 MPa) |
| SLE-RARA (gr.4) | Apertura delle fessure | $w = 0.17 \text{ mm}$ (0.20 mm) |
| SLE-RARA | Connettori trave soletta | $\eta = 0.55$ (0.60) |
| FATICA | Dettaglio 80 per tensioni assiali su anima e piattabande | $\Delta \sigma = 33.0 \text{ MPa}$ (47.6 MPa) |
| FATICA | Dettaglio 100 per tensioni tangenziali sull'anima | $\Delta \tau = 17.9 \text{ MPa}$ (74.1 MPa) |
| FATICA | Dettaglio 80 per tensioni tangenziali sulla saldatura | $\Delta \tau = 18.4 \text{ MPa}$ (59.3 MPa) |
| FATICA | Dettaglio 90 per tensioni tangenziali sui pioli | $\Delta \tau = 58.7 \text{ MPa}$ (66.7 MPa) |

Tabella 36 – Riepilogo dei risultati delle verifiche delle travi

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

10 VERIFICA DEGLI IRRIGIDIMENTI D'ANIMA

In tale capitolo si riportano le verifiche degli irrigidimenti longitudinali e trasversali d'anima.

Per gli irrigidimenti in prossimità delle zone di appoggio si rimanda al capitolo 17.

Le verifiche sono state condotte in accordo con le indicazioni riportate nella UNI EN 1993-1-5 [4].

Le combinazioni di carico analizzate sono le stesse utilizzate per le travi (§A.1).

10.1 Verifica degli irrigidimenti longitudinali

Le verifiche degli irrigidimenti longitudinali consistono in un check nei confronti dell'instabilità torsionale. In particolare, deve essere prevenuta la possibilità di fenomeni di tale tipo.

Tale verifica risulta soddisfatta se:

$$\sigma_{cr} \geq \vartheta f_{yk}$$

dove $\vartheta = 6$ per irrigidimenti ad "L" o a "T" oppure $\vartheta = 2$ per irrigidimenti ad "I", mentre la tensione critica per instabilità torsionale è pari a:

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{J_p} \left(\frac{\pi^2 E J_w}{L^2} + G J_t \right)$$

se si considera l'irrigidimento come un elemento isolato; oppure con:

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{I_p} \left(\frac{\pi^2 E I_w}{l^2} + G I_t + \frac{c_\theta l^2}{\pi^2} \right) \quad \text{for } l < l_{cr}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{I_p} \left(2\sqrt{c_\theta E I_w} + G I_t \right) \quad \text{for } l > l_{cr}$$

dove:

$$l_{cr} = \pi \sqrt[4]{\frac{E I_w}{c_\theta}}$$

se si tiene conto anche del contributo dell'anima, la quale si comporta come un supporto continuo di rigidità torsionale C_ϑ pari a:

$$c_\vartheta = \frac{E \cdot t^3 (b_1 + b_2)}{4 \cdot b_1 \cdot b_2}$$

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

con b_1 e b_2 come indicato in Figura 103.

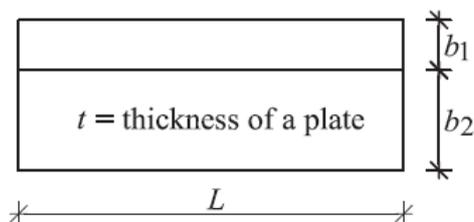


Figura 103 – Lunghezze b_1 e b_2 per il calcolo della tensione critica

J_p , J_w e J_t sono rispettivamente l'inerzia polare, l'inerzia torsionale alla DSV e l'inerzia per ingobbamento (Warping Effect). "L" è la lunghezza libera di inflessione dell'elemento, G ed E sono i moduli dell'acciaio.

Per gli irrigidimenti longitudinali "L" è pari al passo tra gli irrigidimenti trasversali d'anima, che è pari a 2800mm per il primo e l'ultimo campo e 2700mm per i restanti.

Nel caso in esame si ha un solo irrigidimento longitudinale d'anima corrente su tutto lo sviluppo delle travi, caratterizzato da una sezione trasversale ad "L" di dimensioni pari a 150mmx150mmx12mm.

Si riporta di seguito la verifica degli irrigidimenti longitudinali d'anima nel concio di mezzeria (anima 14mm, condizione più gravosa).

| VERIFICA PER INSTABILITÀ TORSIONALE DEGLI IRRIGIDIMENTI LONGITUDINALI | | | |
|---|--------------------|-----------|--|
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL SOLO IRRIGIDIMENTO (no Beff) | | | |
| Irrigidim. | ID | 1 | |
| J t | [mm ⁴] | 1.659E+05 | Inerzia Torsionale De Vaint Venant |
| J p | [mm ⁴] | 5.982E+07 | Inerzia Polare |
| J w | [mm ⁴] | 2.799E+11 | Inerzia settoriale (Warping effect) |
| a | [mm] | 2700 | Lunghezza dell'elemento (interasse irrigidimenti trasversali) |
| CALCOLO DELLA TENSIONE CRITICA E VERIFICA | | | |
| $\sigma_{cr,tors,1}$ | [MPa] | 1553 | Tensione critica dell'elemento isolato |
| b1 | [mm] | 526 | Vedere Figura 103 |
| b2 | [mm] | 1984 | Vedere Figura 103 |
| c ϑ | [N] | 346489 | Rigidità torsionale associata al vincolo offerto dall'anima |
| $\sigma_{cr,tors,2}$ | [MPa] | 4995 | Tensione critica dell'elemento vincolato su supporto continuo di molle |
| θ_{fy} | [MPa] | 2130 | Valore minimo per la tensione critica |
| Verifica | | | |
| $\theta_{fy} / \sigma_{cr}$ | [-] | 0.43 | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

10.2 Verifica degli irrigidimenti trasversali

La verifica nei confronti dell'instabilità torsionale è richiesta anche per gli irrigidimenti trasversali d'anima. In questo caso si è assunta una lunghezza libera di inflessione pari all'altezza dell'anima.

La rigidezza torsionale offerta dall'anima è stata calcolata in questo caso come:

$$c_{\theta} = \frac{E \cdot t^3}{3 \cdot b}$$

dove b è pari all'interasse tra gli irrigidimenti trasversali.

Inoltre, sempre per gli irrigidimenti trasversali, si è verificato che quest'ultimi possano essere considerati effettivamente come rigidi, così da poter trascurare la possibilità di avere instabilità di tipo locale che inglobino proprio tali irrigidimenti. L'assenza di tale condizione porterebbe all'impossibilità di ricorrere ai metodi semplificati per le verifiche a pressoflessione e a taglio indicate nelle UNI EN 1993-1-5 [4] ed utilizzate per le verifiche dell'impalcato in progetto.

La verifica effettuata consiste nel seguente confronto:

$$I_{st} \geq \frac{1.5h_w^3 t^3}{a^2} \quad \text{for } \alpha = \frac{a}{h_w} < \sqrt{2}$$

$$I_{st} \geq 0.75h_w t^3 \quad \text{for } \alpha = \frac{a}{h_w} \geq \sqrt{2}$$

Dove "t", "a" ed "h_w" sono le dimensioni del pannello d'anima soggetto ad instabilità locale, J_{st} è l'inerzia dell'irrigidimento rispetto all'asse principale all'anima.

La terza ed ultima verifica per gli irrigidimenti trasversali riguarda un controllo sulle tensioni assiali e sulle deformazioni fuori piano indotte nello stesso pannello dai tre seguenti effetti:

- azioni assiali **N_{st,ten}** prodotte dall'entrata in campo post critico del pannello d'anima nei confronti dell'instabilità a taglio ($V_{ed} > V_{cr,el}$):

$$N_{st,ten} = V_{Ed} - \frac{1}{\lambda_w^2} t \cdot h_w \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

- forze di deviazione **N_{st,Ed}** prodotte dalla tendenza ad instabilizzarsi dei pannelli d'anima;

$$\Delta N_{st,Ed} = \frac{\sigma_m h_w^2}{\pi^2}$$

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{cr,c}}{\sigma_{cr,p}} \frac{N_{Ed}}{b} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)$$

Dove $\sigma_{cr,c}/\sigma_{cr,p}$ è il rapporto tra la tensione critica di colonna e la tensione critica di piastra del pannello d'anima. Le dimensioni b , a_1 e a_2 sono riportata nella figura seguente.

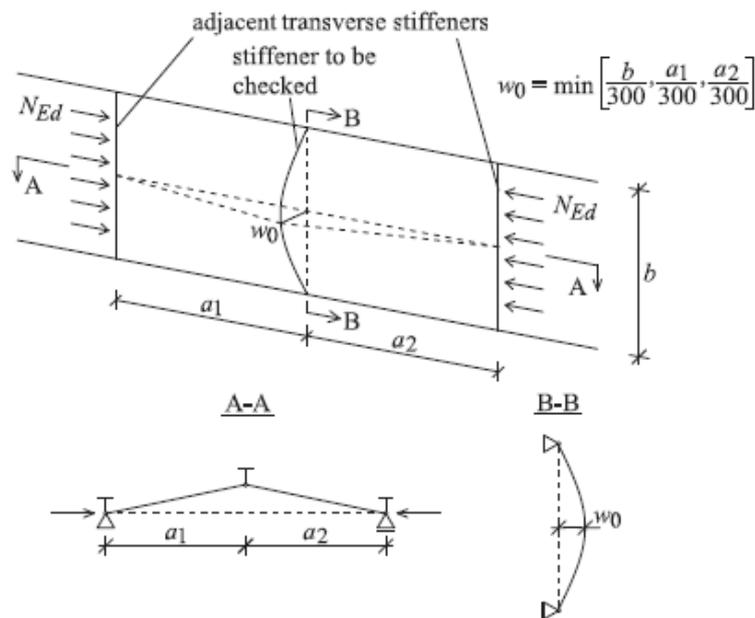


Figura 104 – Modello per il calcolo degli effetti della tendenza all'instabilità del pannello d'anima sull'irrigidimento trasversale

- eventuali azioni concentrate $N_{st,ex}$.

La verifica è stata condotta in accordo con le UNI EN 1993-1-5, e consiste nel controllo delle seguenti disuguaglianze:

$$\sigma_{max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad w \leq \frac{b}{300}$$

Poiché si ricade nel caso di irrigidimenti trasversali "single-sided" (da un solo lato dell'anima), il calcolo è stato eseguito come riportato nella figura seguente:

| | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

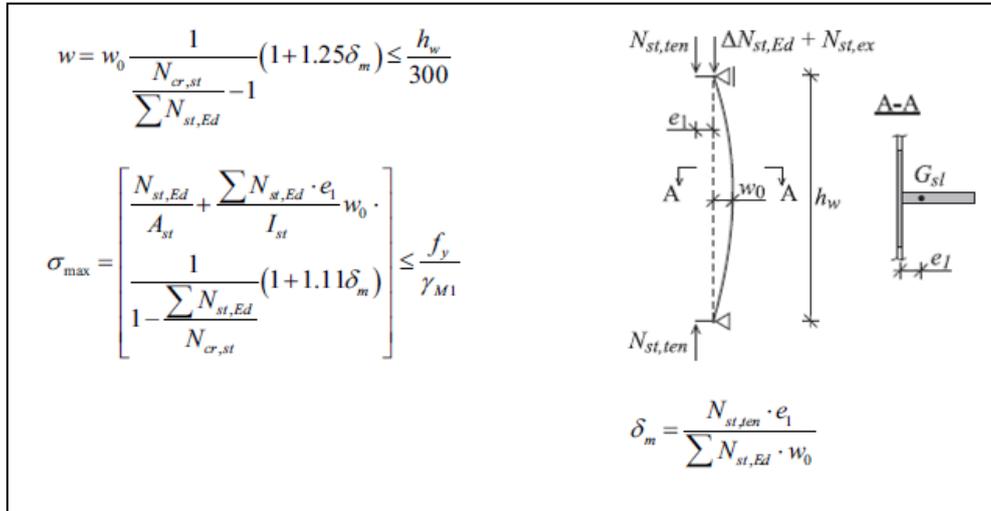


Figura 105 - Calcolo della tensione e della deformazione di un irrigidimento trasversale "single sided"

Gli irrigidimenti trasversali presenti hanno una larghezza pari a 310mm e uno spessore di 30mm.

Si riportano le tre verifiche indicate in precedenza per l'irrigidimento di mezzeria (concio 3) della trave 1. Si riporta inoltre la verifica nei confronti dell'inerzia minima del concio 1 (massimo spessore d'anima pari a 20mm, condizione più gravosa).

TR.1 - sez.31 (sez. tipo 3) - Combinazione n°1

VERIFICA SLU IN RESISTENZA E RIGIDENZA DEGLI IRRIGIDIMENTI TRASVERSALI

CALCOLO DELLA FORZA ASSIALE DOVUTA AL COMPORTAMENTO POST CRITICO A TAGLIO

| | | | |
|---------------------|-------|-------|---|
| V ed | [kN] | 222 | Taglio agente in corrispondenza della sezione posta a 0.5 h _w dall'irrigidimento |
| λ _w | [-] | 1.571 | Snellezza pannello d'anima per instabilità a taglio |
| N _{st,ten} | [kN] | 0 | Quota parte del taglio portata dal traliccio interno (sforzo normale sull'irrigidimento) |

CALCOLO DELLA FORZA EQUIVALENTE ALL'EFFETTO DELLO SBANDAMENTO LATERALE DEL PANNELLO D'ANIMA

| | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|--|
| N ed | [kN] | 1446 | Forza di compressione massima nei pannelli adiacenti. Assunta come Ac,eff*fyd/2 |
| σ _{cr,c} / σ _{cr,p} | [-] | 1.0 | Rapporto tra tensione critica di colonna e di piastra del pannello d'anima. Limitato tra 0.5 e 1.0 |
| σ _{c,max} | [MPa] | 249.8 | Massima compressione sui pannelli d'anima adiacenti |
| σ _m | [MPa] | 0.417 | Vedere EN 1993-1-5:2006 §9.2.1(5) |
| ΔN _{st,ten} | [kN] | 266 | Azione assiale equivalente all'effetto dello sbandamento laterale del pannello d'anima |

CARATTERISTICHE DELL'IRRIGIDIMENTO E VERIFICA DEI DI TENSIONI E SPOSTAMENTO

| | | | |
|-----------------|---------------------|------------|--|
| Tipo | [-] | I- singolo | Tipologia dell'irrigidimento |
| A _{st} | [mm ²] | 14504 | Area dell'irrigidimento (comprensivo di Beff) |
| J _{st} | [mm ⁴] | 1.62E+08 | Inerzia dell'irrigidimento rispetto asse parallelo all'anima (comprensivo di Beff) |
| N _{cr} | [kN] | 53339 | Carico critico di Eulero |
| e | [mm] | 103.9 | Massima distanza tra il baricentro dell'irrigidimento e il punto estremo |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|--------------|-------|-------|--|
| w 0 | [mm] | 8.37 | Imperfezione iniziale |
| w | [mm] | 0.04 | Massimo spostamento laterale SLU |
| σ max | [Mpa] | 1.4 | Massima tensione normale SLU |
| w lim | [mm] | 8.37 | Limite per lo spostamento laterale SLU |
| σ lim | [Mpa] | 322.7 | Limite tensione normale SLU |
| η st | [-] | 0.01 | |

REQUISITI MINIMI PER IRRIGIDIMENTI RIGIDI PER INSTABILITÀ A TAGLIO

VERIFICA IN TERMINI DI INERZIA FUORI PIANO DELL'ANIMA

| | | | |
|-----------|--------------------|----------|--|
| J st | [mm ⁴] | 1.62E+08 | Inerzia dell'irrigidimento (comprensivo di Beff) |
| J st,min | [mm ⁴] | 8.93E+06 | Inerzia minima |
| Verifiche | [-] | SI | |

VERIFICA PER INSTABILITÀ TORSIONALE

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL SOLO IRRIGIDIMENTO (no Beff)

| | | | |
|-----|--------------------|-----------|---|
| J t | [mm ⁴] | 2.790E+06 | Inerzia Torsionale De Vaint Venant |
| J p | [mm ⁴] | 2.986E+08 | Inerzia Polare |
| J w | [mm ⁴] | 0.000E+00 | Inerzia settoriale (Warping effect) |
| L | [mm] | 2510 | Lunghezza dell'elemento (altezza anima) |

CALCOLO DELLA TENSIONE CRITICA E

VERIFICA

| | | | |
|---------------------------|--------|-------|--|
| σ cr,tors,1 | [MPa] | 755 | Tensione critica dell'elemento isolato |
| a1 | [mm] | 2700 | Distanza da irrigidimento trasversale precedente |
| a2 | [mm] | 2700 | Distanza da irrigidimento trasversale successivo |
| c θ | [Nm/m] | 71141 | Rigidezza torsionale associata al vincolo offerto dall'anima |
| σ cr,tors,2 | [MPa] | 755 | Tensione critica dell'elemento vincolato su supporto continuo di molle |
| θ fy | [MPa] | 710 | Valore minimo per la tensione critica |
| Verifica | | | |
| σ cr > θ fy | [-] | SI | |

TR.1 – sez. tipo 1

REQUISITI MINIMI PER IRRIGIDIMENTI RIGIDI PER INSTABILITÀ A TAGLIO

VERIFICA IN TERMINI DI INERZIA FUORI-PIANO DELL'ANIMA

| | | | |
|-----------|--------------------|----------|--|
| J st | [mm ⁴] | 2.08E+08 | Inerzia dell'irrigidimento (comprensivo di Beff) |
| J st,min | [mm ⁴] | 2.52E+07 | Inerzia minima |
| Verifiche | [-] | SI | |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

11 VERIFICA DEI CONTROVENTI INFERIORI E DEI DIAFRAMMI

L'elenco delle combinazioni utilizzate per le verifiche delle aste dei diaframmi e dei controventi inferiori è riportato al §A.2 della presente relazione. In totale sono state analizzate 132 combinazioni, che possono sintetizzarsi nel seguente modo:

- dalla n°1 alla n°16: SLU / tempo infinito / $1.35G1 + 1.5G2 + 1.2\epsilon2 + 1.45Qt \pm 0.9Q5 \pm 0.9Q7$;
- dalla n°17 alla n°32: SLU / t. infinito / $1.35G1 + 1.5G2 + 1.2\epsilon2 + 1.45Qt_{frq} \pm 0.9Q5 \pm 1.5Q7$;
- dalla n°33 alla n°48: SLU / tempo infinito / $G1 + G2_{ballast} + 1.2\epsilon2 + 1.45Qt \pm 0.9Q5 \pm 0.9Q7$;
- dalla n°49 alla n°64: SLU / t. infinito / $G1 + G2_{ballast} + 1.2\epsilon2 + 1.45Qt_{frq} \pm 0.9Q5 \pm 1.5Q7$;
- dalla n°65 alla n°80: SLU / tempo zero / $1.35G1 + 1.5G2 + 1.45Qt \pm 0.9Q5 \pm 0.9Q7$;
- dalla n°81 alla n°96: SLU / tempo zero / $1.35G1 + 1.5G2 + 1.45Qt_{frq} \pm 0.9Q5 \pm 1.5Q7$;
- dalla n°97 alla n°112: SLU / tempo zero / $G1 + G2_{ballast} + 1.45Qt \pm 0.9Q5 \pm 0.9Q7$;
- dalla n°113 alla n°128: SLU / tempo zero / $G1 + G2_{ballast} + 1.45Qt_{frq} \pm 0.9Q5 \pm 1.5Q7$;
- dalla n°129 alla n°130 RARA per verifiche a fatica – LM71 su binario pari;
- dalla n°131 alla n°132 RARA per verifiche a fatica – LM71 su binario dispari.

Per “G2” si intendono tutti i carichi permanenti non strutturali, compreso quello del ballast. Per “G2_ballast” si intende il solo carico del ballast. Per “Qt_frq” si indica il valore frequente delle azioni da traffico.

11.1 Criteri di verifica

Si riporta una breve descrizione dei criteri adottati per le verifiche SLU e a fatica dei profili angolari e delle unioni costituenti i diaframmi e i controventi inferiori.

Verifiche SLU

La verifica degli angolari è stata svolta secondo quanto previsto dalle NTC [1] ai paragrafi §4.2.4.1.2, per la verifica a trazione per SLU, e §4.2.4.1.3.1, per la verifica a compressione per SLU. Nelle figure seguenti si riportano degli estratti della stessa normativa.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Trazione

L'azione assiale di calcolo N_{Ed} deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad (4.2.6)$$

dove la resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd}$ di membrature con sezioni indebolite da fori per collegamenti bullonati o chiodati deve essere assunta pari al minore dei valori seguenti:

a) la resistenza plastica della sezione lorda, A ,

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad (4.2.7)$$

b) la resistenza a rottura della sezione netta, A_{net} , in corrispondenza dei fori per i collegamenti

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} \quad (4.2.8)$$

Figura 106 – Procedimento per il calcolo della resistenza di aste tese secondo le NTC

4.2.4.1.3.1 Aste compresse

La verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa. Deve essere

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1, \quad (4.2.42)$$

dove

N_{Ed} è l'azione di compressione di calcolo,
 $N_{b,Rd}$ è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa, data da

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3,} \quad (4.2.43)$$

e da

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 4.} \quad (4.2.44)$$

I coefficienti χ dipendono dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato; essi si desumono, in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$, dalla seguente formula

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0 \quad (4.2.45)$$

dove $\Phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$, α è il fattore di imperfezione, ricavato dalla Tab 4.2.VI, e la snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$ è pari a

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3, e a} \quad (4.2.46)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \quad \text{per le sezioni di classe 4.} \quad (4.2.47)$$

Figura 107 – Procedimento per il calcolo della resistenza di aste compresse secondo le NTC

| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

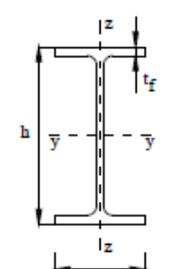
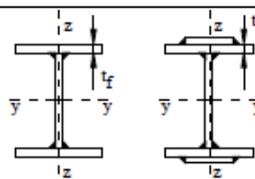
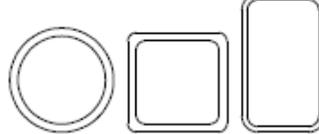
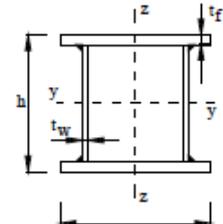
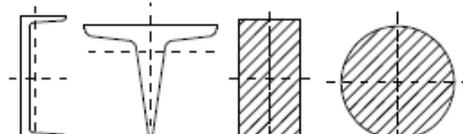
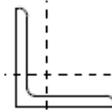
| Sezione trasversale | Limiti | Inflexione intorno all'asse | Curva di instabilità | | |
|--|--|-----------------------------|---|----------------|----------------------------------|
| | | | S235, S275, S355, S420 | S460 | |
| Sezioni laminate  | $h/b > 1,2$ | y-y z-z | $t_f \leq 40 \text{ mm}$ | a b | a ₀ a ₀ |
| | | | $40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$ | b c | a a |
| | $h/b \leq 1,2$ | y-y z-z | $t_f \leq 100 \text{ mm}$ | b c | a a |
| | | | $t_f > 100 \text{ mm}$ | d d | c c |
| Sezioni ad I saldate  | $t_f \leq 40 \text{ mm}$ | y-y z-z | b c | b c | |
| | $t_f > 40 \text{ mm}$ | y-y z-z | c d | c d | |
| Sezioni cave  | Sezione formata "a caldo" | qualunque | a | a ₀ | |
| | Sezione formata "a freddo" | qualunque | c | c | |
| Sezioni scatolari saldate  | In generale | qualunque | b | b | |
| | saldature "spesse": $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$; $h/t_w < 30$ | qualunque | c | c | |
| Sezioni piene, ad U e T  | | qualunque | c | c | |
| Sezioni ad L  | | qualunque | b | b | |
| Curva di instabilità | a ₀ | a | b | c | d |
| Fattore di imperfezione α | 0,13 | 0,21 | 0,34 | 0,49 | 0,76 |

Figura 108 – Curve d'instabilità per varie tipologie di sezioni e classi d'acciaio, per elementi compressi (NTC)

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Tanto i traversi quanto i controventi sono formati da profili ad L accoppiati attraverso imbottiture, come indicato in Figura 109.

Il calcolo della snellezza adimensionale di tali elementi composti, e quindi del carico critico, è stato eseguito nel seguente modo:

- nel piano di inflessione nel quale il profilo non si comporta come un profilo composto, il carico critico è dato dalla somma dei carichi critici dei due singoli profili (piano 3-3 per il tipo B; piano 2-2 per il tipo C; piano N-N per il tipo D)
- nel piano di inflessione nel quale il profilo si comporta come un profilo composto (piani 2-2 e 3-3 per il tipo A; piano 2-2 per il tipo B; piano 3-3 per il tipo C; piani M-M, 2-2 e 3-3 per il tipo D), si assume una snellezza equivalente, la quale tiene conto del grado di collaborazione tra i due profili:

$$\lambda_{eq} = (\lambda^2 + \lambda_1^2)^{0.5}$$

dove:

λ è la snellezza dei due angolari pensati come unico elemento;

λ_1 è la snellezza locale del singolo angolare calcolata rispetto al suo asse debole (con inerzia J_{min}) e con luce di calcolo pari alla distanza tra le imbottiture presenti.

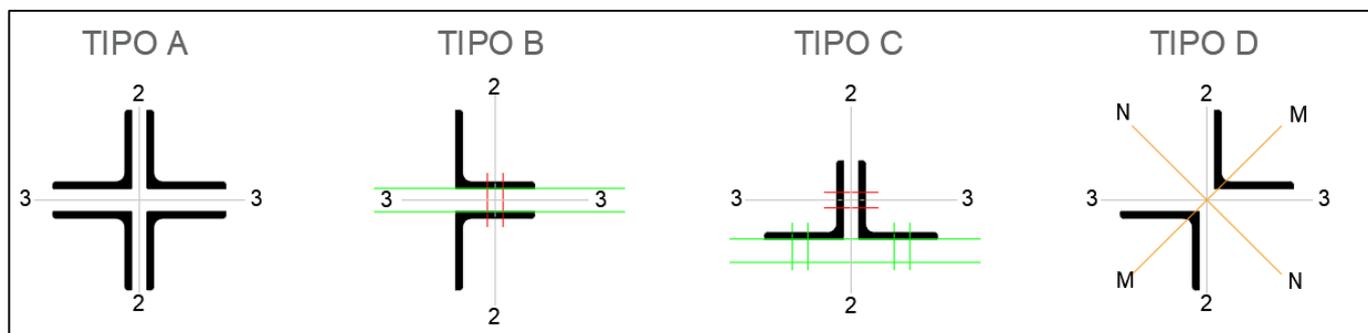


Figura 109 – Tipologie di angolari composti

Nell'immagine precedente è indicata in colore verde la piastra su cui sono collegati gli angolari: per maggior chiarezza il tipo B rappresenta la situazione delle briglie dei diaframmi, con asse 3-3 coincidente con l'asse verticale; il tipo C rappresenta invece i controventi inferiori.

I diagonali dei traversi, che sono del tipo "a farfalla", rientrano nella tipologia D.

Per la verifica a trazione, in accordo con quanto indicato al §3.10.3 delle UNI EN 1993-1-8 [8], si è tenuto conto dell'effetto dell'eccentricità del collegamento rispetto all'asse baricentrico del profilo. La resistenza a rottura in area netta è dunque stata calcolata come:

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

$$\text{con 1 bullone } N_{u,Rd} = \frac{2,0(e_2 - 0,5d_0)tf_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{con 2 bulloni } N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{con 3 o pi\`u bulloni } N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$$

piuttosto che come indicato in Figura 106.

Verifica dei collegamenti

Le verifiche dei collegamenti sono state eseguite in accordo con le NTC [1] e con le UNI EN 1993-1-8 [8].

Per la valutazione delle azioni taglianti sui bulloni si è tenuto conto del momento parassita provocato dall'eccentricità tra asse profilo e asse bullonatura (solo per tipo B in Figura 109).

Come prescritto al §2.5.2.3.6.1 del MDP RFI [2], i bulloni sono stati dimensionati in base al massimo sforzo trasmissibile dagli elementi collegati.

In accordo con quanto indicato al 2.5.2.3.6.2 del MDP RFI [2], la resistenza a taglio dei bulloni è stata abbattuta del 15%.

I bulloni sono della classe 10.9. In accordo a quanto indicato nel MDP RFI [2] le verifiche sono state condotte assumendo una classe 8.8.

Verifiche a fatica

Le verifiche a fatica sono state condotte attraverso il metodo dei coefficienti λ , metodo consentito della normativa [1] e descritto al §2.7.1.2 del MDP [2]. Per maggiori dettagli sulla procedura del metodo e sulle assunzioni fatte si rimanda al §9.6 del presente documento.

Anche per i diaframmi e per i controventi si è assunto un coefficiente di sicurezza pari a $\gamma_{Mf}=1.35$.

Di seguito si riportano i valori dei parametri lambda ottenuti:

- $\lambda_1=0.64$ per i controventi (lunghezza di influenza pari a 38m),
 $\lambda_1=0.84$ per i vari elementi dei diaframmi (lunghezza di influenza pari a 10.8m);
- $\lambda_2=1.00$ (traffico annuo = 25 mln/anno);
- $\lambda_3=1.00$ (vita nominale = 100 anni);
- $\lambda_4=1.00$ se considero la massima escursione tensionale nelle condizioni di un solo binario carico,

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

$\lambda_4 < 1.00$ se considero la massima escursione tensionale nelle condizioni di due binari carichi.

La classe dei dettagli verificati è riportata nelle figure seguenti:

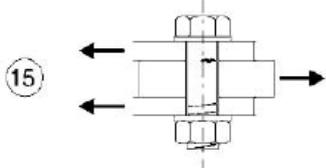
| Classe del dettaglio | Dettaglio costruttivo | Descrizione | Requisiti |
|----------------------|---|---|--|
| 100 |  | 15) Bulloni sollecitati a taglio su uno o due piani non interessanti la parte filettata. - Bulloni calibrati - Bulloni normali di grado 5.6, 8.8 e 10.9 e assenza di inversioni di carico | $\Delta\tau$ calcolati in riferimento all'area del gambo |

Figura 110 – Dettaglio 80 per bulloni sollecitati a taglio ($\Delta\tau$)

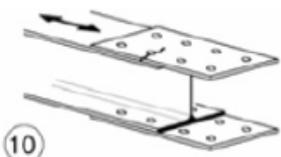
| | | | |
|----|---|---|--|
| 90 |  | 9) Giunti bullonati con coprigiunti doppi e bulloni calibrati o bulloni non precaricati iniettati | $\Delta\sigma$ riferiti alla sezione netta |
| |  | 10) Giunti bullonati con coprigiunti singoli e bulloni AR precaricati o bulloni precaricati iniettati | $\Delta\sigma$ riferiti alla sezione lorda |
| |  | 11) Elementi strutturali forati soggetti a forza normale e momento flettente | $\Delta\sigma$ riferiti alla sezione netta |

Figura 111 – Dettaglio 80 per elementi forati in giunti bullonati ($\Delta\sigma$)

11.2 Verifica dei controventi inferiori di torsione

I controventi inferiori di torsione hanno schema a croce di S. Andrea e sono costituiti da profili 2L 120x10 accoppiati, collegati con bulloni M24 classe 10.9.

Si riporta la verifica dell'asta di controvento inferiore maggiormente sollecitata a compressione. Per un quadro completo sulle verifiche si rimanda all'Allegato E della presente relazione.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

CV-INF Elemento 565

| SOLLECITAZIONI | | | | | | | | | | |
|----------------|------|----|----|------|-----|----|----|----|---|------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Tot |
| Nmax(SLU) | [kN] | 27 | 15 | 377 | 68 | 8 | 6 | 0 | 0 | 502 |
| Nmin (SLU) | [kN] | 20 | 19 | -455 | -73 | -8 | 0 | 0 | 0 | -497 |
| Nmax (SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |
| Nmin (SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |

DATI DI INPUT

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI

| | | | |
|---|--------------------|---------------------|---|
| Materiale del profilo e delle piastra di collegamento | | | |
| fyk | [Mpa] | 355 | Resistenza caratteristica a snervamento |
| ftk | [Mpa] | 510 | Resistenza caratteristica a rottura |
| Caratteristiche del profilo angolare | | | |
| L2 | [mm] | 3854 | Luce libera di inflessione nel piano 2-2 |
| L3 | [mm] | 1927 | Luce libera di inflessione nel piano 3-3 |
| Tipo | [-] | L 120 x 120 x 10 | Designazione profili utilizzati |
| t | [mm] | 10 | Spessore profilo |
| b | [mm] | 120 | Dimensione flange |
| A | [mm ²] | 2318 | Area profilo |
| e x | [mm] | 33.1 | Posizione del baricentro |
| J x | [mm ⁴] | 3.13E+06 | Inerzia rispetto asse "x" |
| J min | [mm ⁴] | 1.28E+06 | Inerzia rispetto asse principale "n" (minima) |
| J max | [mm ²] | 4.98E+06 | Inerzia rispetto asse principale "m" (massima) |
| Caratteristiche del profilo composto | | | |
| Tipologia | [-] | C | Disposizione dei profili: tipologia di profilo composto |
| s | [mm] | 964 | Passo imbottiture |
| ti,2 | [mm] | 25 | Spessore piastra di distanziamento parallela al piano 2-2 |
| ti,3 | [mm] | 25 | Spessore piastra di distanziamento parallela al piano 3-3 |
| Caratteristiche della bullonatura | | | |
| Classe | [-] | 8.8 | Classe bulloni |
| n | [-] | 8 | Numero bulloni totali (su entrambi gli angolari) |
| n file | [-] | 1 | Numero file di bulloni sul singolo angolare |
| φb | [mm] | M24 | Diametro bulloni |
| Ares,nom | [mm ²] | 452 | Area resistente nominale del singolo bullone |
| Ares | [mm ²] | 353 | Area resistente nella zona filettata del singolo bullone |
| d0 | [mm] | 24.5 | Diametro del foro |
| e1 | [mm] | 45 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione del carico applicato |
| e2 | [mm] | 60 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione ortogonale al carico |
| p1 | [mm] | 65 | Interasse bulloni nella direzione di applicazione del carico |
| p2 | [mm] | | Interasse bulloni nella direzione ortogonale al carico |
| Caratteristiche della piastra di collegamento | | | |
| tp | [mm] | 25 | Spessore piastra |

COMPORTEMENTO RICHIESTO PER LA CONNESSIONE

| | | | |
|---------|------|--------------------|--|
| SLU | [-] | A TAGLIO | Comportamento richiesto al collegamento per SLU |
| SLE | [-] | - | Comportamento richiesto al collegamento per SLE |
| Rid.15% | [-] | SI | Se unioni a taglio: riduzione del 15% sui limiti di resistenza come indicato nel MDP RFI |
| P.T. | [-] | Zona non filet. | Se unioni a taglio: zona interessata dalle azioni taglianti |
| μ | [-] | 0.30 | Se unioni ad attrito: coefficiente di attrito tra le piastre |
| Fp,cd | [kN] | 180 | Se unioni ad attrito: forza di precarico del bullone |

VERIFICHE

VERIFICA PER INSTABILITÀ DEL PROFILO COMPOSTO

Snellezza locale (associata al singolo profilo compreso tra due imbottiture)

| | | | |
|---------|------|------|--|
| Ncr,loc | [kN] | 2864 | Carico critico singolo profilo: $N_{cr,loc} = \pi^2 E J_{min} / s^2$ |
| λad loc | [-] | 0.54 | Snellezza adimensionale del singolo profilo per instabilità locale |

| | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|-------|----------|--|------|----|----------------|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0005006</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> </table> | Progetto | Lotto | Codifica | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |
| Progetto | Lotto | Codifica | | | | | | | |
| IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C | | | | | | |

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|--------------|--|------|------|--|
| λ loc | [-] | 23.11 | Snellezza del singolo profilo per instabilità locale. | | | |
| λ min | [-] | 50.00 | Massima snellezza consentita per evitare insterazione tra instabilità locale e globale | | | |
| Piano inflessione | | 2-2 | 3-3 | N-N | M-M | |
| A | [mm ²] | 4636 | 4636 | 4636 | 4636 | Area profilo composto |
| J _{id} | [mm ⁴] | 6.26E+06 | 1.59E+07 | - | - | Inerzia ideale del profilo composto |
| i _{id} | [mm] | 36.7 | 58.6 | - | - | Raggio giratore di inerzia ideale del profilo composto |
| L | [mm] | 3854 | 1927 | 3854 | 3854 | Lunghezza libera di inflessione (si assume L _{max} , a fav di sicurezza, nei piani N-N e M-M) |
| N _{cr, id} | [kN] | 873 | 8874 | - | - | Carico critico ideale del profilo composto |
| $\lambda_{ad, id}$ | [-] | 1.37 | 0.43 | - | - | Snellezza adimensionale ideale del profilo composto |
| $\lambda_{ad, eq}$ | [-] | 1.37 | 0.69 | - | - | Snellezza adimensionale equivalente del profilo composto |
| α | [-] | 0.34 | 0.49 | - | - | Coefficiente legato alla curva di instabilità (Tab. 4.2.VIII NTC2008) |
| Φ | [-] | 1.64 | 0.86 | - | - | Coefficiente da §4.2.4.1.3.1 NTC2008 |
| X | [-] | 0.393 | 0.732 | - | - | Coefficiente di instabilità del profilo composto |
| N _{b, rd} | [kN] | 589 | 1096 | - | - | Resistenza per instabilità del profilo composto |
| Verifica per instabilità | | | | | | |
| N _{b, rd} | [kN] | 589 | Resistenza a compressione | | | |
| η | [-] | 0.85 | Tasso di sfruttamento a compressione | | | |

| | | | | | | |
|---------------------|--------------------|-------------|--|--|--|--|
| VERIFICA A TRAZIONE | | | | | | |
| N _{pl, rd} | [kN] | 1567 | Resistenza plastica a trazione della sezione lorda | | | |
| A netta | [mm ²] | 4146 | Area depurata dei fori | | | |
| β | [-] | 0.51 | Coefficiente riduttivo della resistenza a trazione per angolari collegati su un solo lato (funzione del numero e del passo dei bulloni) | | | |
| N _{u, Rd} | [kN] | 866 | Resistenza a rottura della sezione netta in corrispondenza dei fori (UNI-EN-1993-1-8 §3.10.3) | | | |
| N _{t, rd} | [kN] | 866 | Minore tra N _{pl, rd} e N _{u, Rd} | | | |
| η | [-] | 0.58 | Tasso di sfruttamento a trazione | | | |

| | | | | | | |
|---|-------|-------------|--|--|--|--|
| VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SLU | | | | | | |
| Massimo taglio agente sul singolo bullone | | | | | | |
| F ed (Ned) | [kN] | 63 | Forza trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale | | | |
| F ed (Med) | [kN] | 0 | Forza trasmessa dal singolo bullone: contributo dato del momento parassita | | | |
| F ed | [kN] | 63 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone | | | |
| Verifica per rottura a taglio del bullone | | | | | | |
| n piani taglio | [-] | 1 | Numeri di piani di taglio resistenti del bullone | | | |
| Fed | [kN] | 63 | Taglio agente sul singolo bullone | | | |
| F _{v, rd} | [kN] | 148 | Resistenza del singolo bullone (singolo piano di taglio) | | | |
| η | [-] | 0.42 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone | | | |

| | | | | | | |
|---|-------|-------------|---|--|--|--|
| Verifica per rifollamento della piastra di collegamento | | | | | | |
| t | [mm] | 25 | Spessore dell'elemento | | | |
| α est | [-] | 0.61 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato | | | |
| α int | [-] | 0.63 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato | | | |
| k | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato | | | |
| F _{b, rd, est} | [kN] | 318 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni di bordo nella direzione del carico applicato | | | |
| F _{b, rd, int} | [kN] | 330 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni interni nella direzione del carico applicato | | | |
| Fed | [kN] | 63 | Sollecitazione di progetto | | | |
| η | [-] | 0.20 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento | | | |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|------|---|--|--|--|
| Verifica per rifollamento del profilo | | | | | | |
| t | [mm] | 10 | Spessore dell'elemento | | | |
| α est | [-] | 0.61 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato | | | |
| α int | [-] | 0.63 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato | | | |
| k | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato | | | |
| F _{b, rd, est} | [kN] | 127 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni di bordo nella direzione del carico applicato | | | |
| F _{b, rd, int} | [kN] | 132 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni interni nella direzione del carico applicato | | | |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|--|--------------------|-------------|--|
| Fed | [kN] | 63 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.49 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |
| Verifica per tranciamento a blocco nel profilo (block tearing) | | | |
| n,1 | [-] | 4 | Numero di bulloni per ogni fila di ogni profilo |
| Ant | [mm ²] | 477.5 | Area netta soggetta a trazione (carico eccentrico) |
| Anv | [mm ²] | 1542.5 | Area netta soggetta a taglio |
| Ved,1 | [kN] | 251 | Azione sul collegamento del singolo profilo |
| Veff,rd | [kN] | 422 | Resistenza per tranciamento a blocco (carico eccentrico) |
| η | [-] | 0.60 | Tasso di sfruttamento per rottura per block tearing |

VERIFICA SLU A COMPLETO RIPRISTINO DEI BULLONI

I bulloni devono essere calcolati per poter assorbire la massima sollecitazione che possono trasmettere i profili

| | | | |
|----------|------|-------------|---|
| Frd,prof | [kN] | 866 | Massimo tra la resistenza a trazione in area netta e la resistenza per instabilità a compressione |
| Frd,bull | [kN] | 1181 | Resistenza per rottura a taglio dei bulloni complessiva (Ned / η) |
| η | [-] | 0.73 | Tasso di sfruttamento nei confronti del completo ripristino del bullone |

VERIFICA A FATICA (danneggiamento / ferroviario)

| | | | | | |
|--|------------|-------------|-------|-------|--|
| Vn | [anni] | 100 | | | Vita nominale dell'opera |
| Trf/annuo | [mln/anno] | 25 | | | Numero passaggio convogli annuo per binario |
| L infl | [m] | 38.0 | | | Lunghezza di influenza dell'elemento |
| n | [-] | 0.33 | | | Possibilità di incrocio di due convogli (da MDP RFI) |
| $\Delta\sigma_c$ | [MPa] | 90 | | | Classe dettaglio profili |
| $\Delta\tau_c$ | [MPa] | 100 | | | Classe dettaglio bulloni |
| γ_{Mf} | [kN] | 1.35 | | | Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica |
| Binario | | Pari | Disp. | p+d | |
| Nmax,71 | [kN] | 3 | 174 | 178 | Massimi sforzi normali nel profilo per carico LM71 |
| Nmin,71 | [kN] | -185 | -46 | -232 | Minimi sforzi normali nel profilo per carico LM71 |
| $\Delta\sigma$,prof,71 | [MPa] | 40.8 | 51.9 | 92.8 | Massime escursioni di tensione assiale nel profilo per LM71 |
| $\Delta\tau$,bull,71(N) | [MPa] | 52.2 | 60.9 | 113.1 | Massime escursioni di tensione tangenziale nei bulloni per LM71 (contributo N) |
| $\Delta\tau$,bull,71(M) | [MPa] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Massime escursioni di tensione tangenziale nei bulloni per LM71 (contr. M parassita) |
| λ_1 | [-] | 0.640 | 0.640 | 0.640 | Coefficiente λ_1 |
| λ_2 | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente λ_2 |
| λ_3 | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente λ_3 |
| λ_4 ,prof | [-] | 1.000 | 1.000 | 0.823 | Coefficiente λ_4 relativo alle tensioni assiali sul profilo |
| λ_4 ,bull | [-] | 1.000 | 1.000 | 0.822 | Coefficiente λ_4 relativo alle tensioni tangenziali sui bulloni |
| λ_{max} | [-] | 1.400 | 1.400 | 1.400 | Coefficiente λ_{max} |
| $\Delta\sigma$,prof,ed | [MPa] | 26.1 | 33.2 | 48.9 | Massime escursioni di progetto di tensione assiale nel profilo |
| $\Delta\tau$,bull,ed | [MPa] | 33.4 | 38.9 | 59.4 | Massime escursioni di progetto di tensione tangenziale nei bulloni |
| Verifica a fatica del profilo ($\Delta\sigma$) | | | | | |
| $\Delta\sigma$,prof,ed | [MPa] | 48.9 | | | Escursione massima di progetto |
| $\Delta\tau_c / \gamma_{Mf}$ | [MPa] | 66.7 | | | Massima escursione ammissibile |
| η | [-] | 0.73 | | | Tasso di sfruttamento |
| Verifica a fatica dei bulloni ($\Delta\tau$) | | | | | |
| $\Delta\tau$,bull,ed | [MPa] | 59.4 | | | Escursione massima di progetto |
| $\Delta\tau_c / \gamma_{Mf}$ | [MPa] | 74.1 | | | Massima escursione ammissibile |
| η | [-] | 0.80 | | | Tasso di sfruttamento |

L'elemento verificato è indicato in rosso nella seguente immagine estratta dal modello di calcolo.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

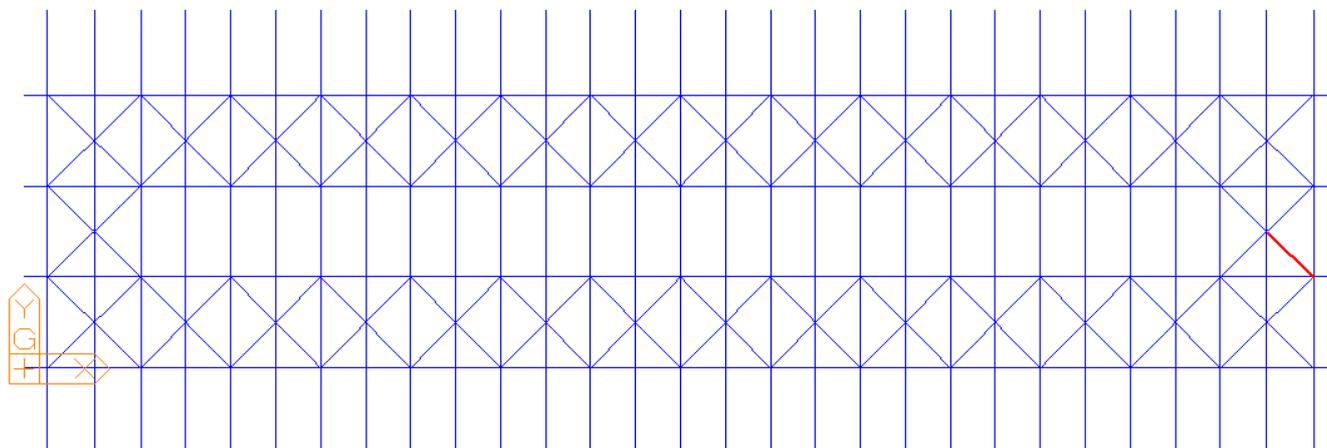


Figura 112 – Asta del controvento inferiore maggiormente sollecitata – elemento 565

11.3 Verifica dei diagonali

Le aste diagonali dei diaframmi sono costituite da profili 2L 90x8 a farfalla, collegati con bulloni M20 classe 10.9.

Si riporta la verifica dell'asta diagonale maggiormente sollecitata a compressione. Per un quadro completo sulle verifiche si rimanda all'Allegato E della presente relazione.

TR-DG Elemento 636

| SOLLECITAZIONI | | | | | | | | | | |
|----------------|------|----|-----|------|----|-----|-----|----|---|------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Tot |
| Nmax(SLU) | [kN] | 16 | -22 | 14 | 5 | 67 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| Nmin(SLU) | [kN] | 12 | -21 | -152 | -3 | -40 | -44 | 0 | 0 | -248 |
| Nmax(SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |
| Nmin(SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |

| DATI DI INPUT | | | |
|---|--------------------|---------------|--|
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI | | | |
| Materiale del profilo e delle piastra di collegamento | | | |
| fyk | [Mpa] | 355 | Resistenza caratteristica a snervamento |
| ftk | [Mpa] | 510 | Resistenza caratteristica a rottura |
| Caratteristiche del profilo angolare | | | |
| L2 | [mm] | 3785 | Luce libera di inflessione nel piano 2-2 |
| L3 | [mm] | 1892 | Luce libera di inflessione nel piano 3-3 |
| Tipo | [-] | L 90 x 90 x 8 | Designazione profili utilizzati |
| t | [mm] | 8 | Spessore profilo |
| b | [mm] | 90 | Dimensione flange |
| A | [mm ²] | 1389 | Area profilo |
| e x | [mm] | 25.0 | Posizione del baricentro |
| J x | [mm ⁴] | 1.04E+06 | Inerzia rispetto asse "x" |
| J min | [mm ⁴] | 4.29E+05 | Inerzia rispetto asse principale "n" (minima) |
| J max | [mm ²] | 1.66E+06 | Inerzia rispetto asse principale "m" (massima) |
| Caratteristiche del profilo composto | | | |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|--|--------------------|-----------------|---|
| Tipologia | [-] | D | Disposizione dei profili: tipologia di profilo composto |
| s | [mm] | 946 | Passo imbottiture |
| ti,2 | [mm] | 20 | Spessore piastra di distanziamento parallela al piano 2-2 |
| ti,3 | [mm] | 30 | Spessore piastra di distanziamento parallela al piano 3-3 |
| Caratteristiche della bullonatura | | | |
| Classe | [-] | 8.8 | Classe bulloni |
| n | [-] | 6 | Numero bulloni totali (su entrambi gli angolari) |
| n file | [-] | 1 | Numero file di bulloni sul singolo angolare |
| φb | [mm] | M20 | Diametro bulloni |
| Ares,nom | [mm ²] | 314 | Area resistente nominale del singolo bullone |
| Ares | [mm ²] | 245 | Area resistente nella zona filettata del singolo bullone |
| d0 | [mm] | 20.3 | Diametro del foro |
| e1 | [mm] | 35 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione del carico applicato |
| e2 | [mm] | 45 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione ortogonale al carico |
| p1 | [mm] | 55 | Interasse bulloni nella direzione di applicazione del carico |
| p2 | [mm] | | Interasse bulloni nella direzione ortogonale al carico |
| Caratteristiche della piastra di collegamento | | | |
| tp | [mm] | 30 | Spessore piastra |
| COMPORTAMENTO RICHIESTO PER LA CONNESSIONE | | | |
| SLU | [-] | A TAGLIO | Comportamento richiesto al collegamento per SLU |
| SLE | [-] | - | Comportamento richiesto al collegamento per SLE |
| Rid.15% | [-] | SI | Se unioni a taglio: riduzione del 15% sui limiti di resistenza come indicato nel MDP RFI |
| P.T. | [-] | Zona non filet. | Se unioni a taglio: zona interessata dalle azioni taglianti |
| μ | [-] | 0.30 | Se unioni ad attrito: coefficiente di attrito tra le piastre |
| Fp,cd | [kN] | 125 | Se unioni ad attrito: forza di precarico del bullone |

VERIFICHE

| | | | | | | |
|---|--------------------|--------------|--|--------------|--------------|---|
| VERIFICA PER INSTABILITÀ DEL PROFILO COMPOSTO | | | | | | |
| <i>Snellezza locale (associata al singolo profilo compreso tra due imbottiture)</i> | | | | | | |
| Ncr,loc | [kN] | 992 | Carico critico singolo profilo: $N_{cr,loc} = \pi^2 E J_{min} / s^2$ | | | |
| λad,loc | [-] | 0.70 | Snellezza adimensionale del singolo profilo per instabilità locale | | | |
| λ,loc | [-] | 30.39 | Snellezza del singolo profilo per instabilità locale. | | | |
| λ, min | [-] | 50.00 | Massima snellezza consentita per evitare insterazione tra instabilità locale e globale | | | |
| Piano inflessione | | 2-2 | 3-3 | N-N | M-M | |
| A | [mm ²] | 2778 | 2778 | 2778 | 2778 | Area profilo composto |
| J,id | [mm ⁴] | 6.53E+06 | 5.49E+06 | 8.67E+06 | 3.32E+06 | Inerzia ideale del profilo composto |
| i,id | [mm] | 48.5 | 44.5 | 55.9 | 34.6 | Raggio giratore di inerzia ideale del profilo composto |
| L | [mm] | 3785 | 1892 | 3785 | 3785 | Lunghezza libera di inflessione (si assume Lmax, a fav di sicurezza, nei piani N-N e M-M) |
| Ncr,id | [kN] | 945 | 3179 | 1254 | 480 | Carico critico ideale del profilo composto |
| λad,id | [-] | 1.02 | 0.56 | 0.89 | 1.43 | Snellezza adimensionale ideale del profilo composto |
| λad,eq | [-] | 1.24 | 0.90 | 1.13 | 1.43 | Snellezza adimensionale equivalente del profilo composto |
| α | [-] | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.34 | Coefficiente legato alla curva di instabilità (Tab. 4.2.VIII NTC2008) |
| Φ | [-] | 1.53 | 1.07 | 1.37 | 1.74 | Coefficiente da §4.2.4.1.3.1 NTC2008 |
| X | [-] | 0.415 | 0.601 | 0.467 | 0.368 | Coefficiente di instabilità del profilo composto |
| Nb,rd | [kN] | 372 | 539 | 419 | 330 | Resistenza per instabilità del profilo composto |
| Verifica per instabilità | | | | | | |
| Nb,rd | [kN] | 330 | Resistenza a compressione | | | |
| η | [-] | 0.75 | Tasso di sfruttamento a compressione | | | |

| | | | |
|----------------------------|--------------------|------|---|
| VERIFICA A TRAZIONE | | | |
| Npl,rd | [kN] | 939 | Resistenza plastica a trazione della sezione lorda |
| A netta | [mm ²] | 2453 | Area depurata dei fori |
| β | [-] | 0.52 | Coefficiente riduttivo della resistenza a trazione per angolari collegati su un solo lato (funzione del numero e del passo dei bulloni) |
| Nu,Rd | [kN] | 517 | Resistenza a rottura della sezione netta in corrispondenza dei fori (UNI-EN-1993-1-8 §3.10.3) |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | |
|--------|------|-------------|----------------------------------|
| Nt,rd | [kN] | 517 | Minore tra Npl,rd e Nu,Rd |
| η | [-] | 0.16 | Tasso di sfruttamento a trazione |

VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SLU

Massimo taglio agente sul singolo bullone

| | | | |
|------------|------|----|--|
| F ed (Ned) | [kN] | 41 | Forza trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F ed (Med) | [kN] | 0 | Forza trasmessa dal singolo bullone: contributo dato del momento parassita |
| F ed | [kN] | 41 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |

Verifica per rottura a taglio del bullone

| | | | |
|----------------|------|-------------|--|
| n piani taglio | [-] | 1 | Numeri di piani di taglio resistenti del bullone |
| Fed | [kN] | 41 | Taglio agente sul singolo bullone |
| Fv,rd | [kN] | 103 | Resistenza del singolo bullone (singolo piano di taglio) |
| η | [-] | 0.40 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |

Verifica per rifollamento della piastra di collegamento

| | | | |
|--------------|------|-------------|---|
| t | [mm] | 30 | Spessore dell'elemento |
| α est | [-] | 0.57 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.65 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| Fb,rd,est | [kN] | 299 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni di bordo nella direzione del carico applicato |
| Fb,rd,int | [kN] | 340 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni interni nella direzione del carico applicato |
| Fed | [kN] | 41 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.14 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |

Verifica per rifollamento del profilo

| | | | |
|--------------|------|-------------|---|
| t | [mm] | 8 | Spessore dell'elemento |
| α est | [-] | 0.57 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.65 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| Fb,rd,est | [kN] | 80 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni di bordo nella direzione del carico applicato |
| Fb,rd,int | [kN] | 91 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni interni nella direzione del carico applicato |
| Fed | [kN] | 41 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.52 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |

Verifica per tranciamento a blocco nel profilo (block tearing)

| | | | |
|---------|--------------------|-------------|--|
| n,1 | [-] | 3 | Numero di bulloni per ogni fila di ogni profilo |
| Ant | [mm ²] | 278.8 | Area netta soggetta a trazione (carico eccentrico) |
| Anv | [mm ²] | 754 | Area netta soggetta a taglio |
| Ved,1 | [kN] | 40 | Azione sul collegamento del singolo profilo |
| Veff,rd | [kN] | 222 | Resistenza per tranciamento a blocco (carico eccentrico) |
| η | [-] | 0.18 | Tasso di sfruttamento per rottura per block tearing |

VERIFICA SLU A COMPLETO RIPRISTINO DEI BULLONI

I bulloni devono essere calcolati per poter assorbire la massima sollecitazione che possono trasmettere i profili

| | | | |
|----------|------|-------------|---|
| Frd,prof | [kN] | 517 | Massimo tra la resistenza a trazione in area netta e la resistenza per instabilità a compressione |
| Frd,bull | [kN] | 615 | Resistenza per rottura a taglio dei bulloni complessiva (Ned / η) |
| η | [-] | 0.84 | Tasso di sfruttamento nei confronti del completo ripristino del bullone |

VERIFICA A FATICA (danneggiamento / ferroviario)

| | | | | |
|------------------|------------|-------|--|--|
| Vn | [anni] | 100 | Vita nominale dell'opera | |
| Trf/annuo | [mln/anno] | 25 | Numero passaggio convogli annuo per binario | |
| L infl | [m] | 10.8 | Lunghezza di influenza dell'elemento | |
| n | [-] | 0.33 | Possibilità di incrocio di due convogli (da MDP RFI) | |
| $\Delta\sigma$ c | [MPa] | 90 | Classe dettaglio profili | |
| $\Delta\tau$ c | [MPa] | 100 | Classe dettaglio bulloni | |
| γ Mf | [kN] | 1.35 | Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica | |
| Binario | Pari | Disp. | p+d | |
| Nmax,71 | [kN] | 0 | 4 5 | Massimi sforzi normali nel profilo per carico LM71 |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|--|
| Nmin,71 | [kN] | -72 | -21 | -93 | Minimi sforzi normali nel profilo per carico LM71 |
| $\Delta\sigma$,prof,71 | [MPa] | 25.9 | 9.3 | 35.3 | Massime escursioni di tensione assiale nel profilo per LM71 |
| $\Delta\tau$,bull,71(N) | [MPa] | 38.2 | 13.5 | 51.6 | Massime escursioni di tensione tangenziale nei bulloni per LM71 (contributo N) |
| $\Delta\tau$,bull,71(M) | [MPa] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Massime escursioni di tensione tangenziale nei bulloni per LM71 (contr. M parassita) |
| λ_1 | [-] | 0.840 | 0.840 | 0.840 | Coefficiente λ_1 |
| λ_2 | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente λ_2 |
| λ_3 | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente λ_3 |
| λ_4 ,prof | [-] | 1.000 | 1.000 | 0.862 | Coefficiente λ_4 relativo alle tensioni assiali sul profilo |
| λ_4 ,bull | [-] | 1.000 | 1.000 | 0.863 | Coefficiente λ_4 relativo alle tensioni tangenziali sui bulloni |
| λ_{max} | [-] | 1.400 | 1.400 | 1.400 | Coefficiente λ_{max} |
| $\Delta\sigma$,prof,ed | [MPa] | 21.8 | 7.8 | 25.5 | Massime escursioni di progetto di tensione assiale nel profilo |
| $\Delta\tau$,bull,ed | [MPa] | 32.1 | 11.3 | 37.5 | Massime escursioni di progetto di tensione tangenziale nei bulloni |
| Verifica a fatica del profilo ($\Delta\sigma$) | | | | | |
| $\Delta\sigma$,prof,ed | [MPa] | 25.5 | | | Escursione massima di progetto |
| $\Delta\tau$ c / γ Mf | [MPa] | 66.7 | | | Massima escursione ammissibile |
| η | [-] | 0.38 | | | Tasso di sfruttamento |
| Verifica a fatica dei bulloni ($\Delta\tau$) | | | | | |
| $\Delta\tau$,bull,ed | [MPa] | 37.5 | | | Escursione massima di progetto |
| $\Delta\tau$ c / γ Mf | [MPa] | 74.1 | | | Massima escursione ammissibile |
| η | [-] | 0.51 | | | Tasso di sfruttamento |

L'elemento verificato è indicato in rosso nella seguente immagine estratta dal modello di calcolo.

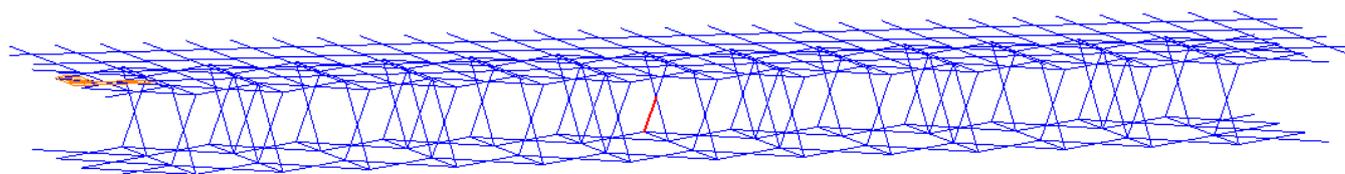


Figura 113 – Diagonale del diaframma maggiormente sollecitata – elemento 636

11.4 Verifica delle briglie superiori

Le briglie superiori dei diaframmi sono costituite da profili 2L 90x8 accoppiati, collegati con bulloni M20 classe 10.9.

Si riporta la verifica della briglia superiore maggiormente sollecitata a compressione. Per un quadro completo sulle verifiche si rimanda all'Allegato E della presente relazione.

| | |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  |
| | Progetto Lotto Codifica IN17 10 EI2CLVI0005006 C |

TR-BS Elemento 715

| SOLLECITAZIONI | | | | | | | | | | |
|----------------|------|----|----|----|----|-----|------|----|---|------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Tot |
| Nmax (SLU) | [kN] | 6 | 1 | 5 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| Nmin (SLU) | [kN] | 8 | -4 | -6 | 0 | -22 | -167 | 0 | 0 | -191 |
| Nmax (SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |
| Nmin (SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |

| DATI DI INPUT | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI | | | | | | | | | | |
| Materiale del profilo e delle piastra di collegamento | | | | | | | | | | |
| fyk | [Mpa] | 355 | Resistenza caratteristica a snervamento | | | | | | | |
| ftk | [Mpa] | 510 | Resistenza caratteristica a rottura | | | | | | | |
| Caratteristiche del profilo angolare | | | | | | | | | | |
| L2 | [mm] | 2750 | Luce libera di inflessione nel piano 2-2 | | | | | | | |
| L3 | [mm] | 2750 | Luce libera di inflessione nel piano 3-3 | | | | | | | |
| Tipo | [-] | L 90 x 90 x 8 | Designazione profili utilizzati | | | | | | | |
| t | [mm] | 8 | Spessore profilo | | | | | | | |
| b | [mm] | 90 | Dimensione flange | | | | | | | |
| A | [mm ²] | 1389 | Area profilo | | | | | | | |
| e x | [mm] | 25.0 | Posizione del baricentro | | | | | | | |
| J x | [mm ⁴] | 1.04E+0 6 | Inerzia rispetto asse "x" | | | | | | | |
| J min | [mm ⁴] | 4.29E+0 5 | Inerzia rispetto asse principale "n" (minima) | | | | | | | |
| J max | [mm ²] | 1.66E+0 6 | Inerzia rispetto asse principale "m" (massima) | | | | | | | |
| Caratteristiche del profilo composto | | | | | | | | | | |
| Tipologia | [-] | B | Disposizione dei profili: tipologia di profilo composto | | | | | | | |
| s | [mm] | 688 | Passo imbottiture | | | | | | | |
| ti,2 | [mm] | 30 | Spessore piastra di distanziamento parallela al piano 2-2 | | | | | | | |
| ti,3 | [mm] | 30 | Spessore piastra di distanziamento parallela al piano 3-3 | | | | | | | |
| Caratteristiche della bullonatura | | | | | | | | | | |
| Classe | [-] | 8.8 | Classe bulloni | | | | | | | |
| n | [-] | 3 | Numero bulloni totali (su entrambi gli angolari) | | | | | | | |
| n file | [-] | 1 | Numero file di bulloni sul singolo angolare | | | | | | | |
| φb | [mm] | M20 | Diametro bulloni | | | | | | | |
| Ares,nom | [mm ²] | 314 | Area resistente nominale del singolo bullone | | | | | | | |
| Ares | [mm ²] | 245 | Area resistente nella zona filettata del singolo bullone | | | | | | | |
| d0 | [mm] | 20.3 | Diametro del foro | | | | | | | |
| e1 | [mm] | 35 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione del carico applicato | | | | | | | |
| e2 | [mm] | 45 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione ortogonale al carico | | | | | | | |
| p1 | [mm] | 55 | Interasse bulloni nella direzione di applicazione del carico | | | | | | | |
| p2 | [mm] | | Interasse bulloni nella direzione ortogonale al carico | | | | | | | |
| Caratteristiche della piastra di collegamento | | | | | | | | | | |
| tp | [mm] | 30 | Spessore piastra | | | | | | | |
| COMPORTAMENTO RICHIESTO PER LA CONNESSIONE | | | | | | | | | | |
| SLU | [-] | A TAGLIO | Comportamento richiesto al collegamento per SLU | | | | | | | |
| SLE | [-] | - | Comportamento richiesto al collegamento per SLE | | | | | | | |
| Rid.15% | [-] | SI | Se unioni a taglio: riduzione del 15% sui limiti di resistenza come indicato nel MDP RFI | | | | | | | |
| P.T. | [-] | Zona non filet. | Se unioni a taglio: zona interessata dalle azioni taglienti | | | | | | | |
| μ | [-] | 0.30 | Se unioni ad attrito: coefficiente di attrito tra le piastre | | | | | | | |
| Fp,cd | [kN] | 125 | Se unioni ad attrito: forza di precarico del bullone | | | | | | | |

| | |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  |
| | Progetto Lotto Codifica IN17 10 EI2CLVI0005006 C |

| VERIFICHE | | | | | | |
|---|--------------------|--------------|---|------|------|--|
| VERIFICA PER INSTABILITÀ DEL PROFILO COMPOSTO | | | | | | |
| <i>Snellezza locale (associata al singolo profilo compreso tra due imbottiture)</i> | | | | | | |
| Ncr,loc | [kN] | 1880 | Carico critico singolo profilo: $N_{cr,loc} = \pi^2 E J_{min} / s^2$ | | | |
| $\lambda_{ad,loc}$ | [-] | 0.51 | Snellezza adimensionale del singolo profilo per instabilità locale | | | |
| λ_{loc} | [-] | 22.08 | Snellezza del singolo profilo per instabilità locale. | | | |
| λ_{min} | [-] | 50.00 | Massima snellezza consentita per evitare insterazione tra instabilità locale e globale | | | |
| Piano inflessione | | 2-2 | 3-3 | N-N | M-M | |
| A | [mm ²] | 2778 | 2778 | 2778 | 2778 | Area profilo composto |
| J _{id} | [mm ⁴] | 6.53E+0 | 2.09E+0 | - | - | Inerzia ideale del profilo composto |
| i _{id} | [mm] | 6 | 6 | - | - | Raggio giratore di inerzia ideale del profilo composto |
| i _{id} | [mm] | 48.5 | 27.4 | - | - | Raggio giratore di inerzia ideale del profilo composto |
| L | [mm] | 2750 | 2750 | 2750 | 2750 | Lunghezza libera di inflessione (si assume L _{max} , a fav di sicurezza, nei piani N-N e M-M) |
| Ncr _{id} | [kN] | 1790 | 572 | - | - | Carico critico ideale del profilo composto |
| $\lambda_{ad,id}$ | [-] | 0.74 | 1.31 | - | - | Snellezza adimensionale ideale del profilo composto |
| $\lambda_{ad,eq}$ | [-] | 0.90 | 1.31 | - | - | Snellezza adimensionale equivalente del profilo composto |
| α | [-] | 0.49 | 0.34 | - | - | Coefficiente legato alla curva di instabilità (Tab. 4.2.VIII NTC2008) |
| Φ | [-] | 1.08 | 1.55 | - | - | Coefficiente da §4.2.4.1.3.1 NTC2008 |
| X | [-] | 0.599 | 0.421 | - | - | Coefficiente di instabilità del profilo composto |
| Nb _{rd} | [kN] | 537 | 377 | - | - | Resistenza per instabilità del profilo composto |
| Verifica per instabilità | | | | | | |
| Nb _{rd} | [kN] | 377 | Resistenza a compressione | | | |
| η | [-] | 0.51 | Tasso di sfruttamento a compressione | | | |
| VERIFICA A TRAZIONE | | | | | | |
| Np _{l,rd} | [kN] | 939 | Resistenza plastica a trazione della sezione lorda | | | |
| A netta | [mm ²] | 2453 | Area depurata dei fori | | | |
| β | [-] | 0.52 | Coefficiente riduttivo della resistenza a trazione per angolari collegati su un solo lato (funzione del numero e del passo dei bulloni) | | | |
| Nu _{Rd} | [kN] | 517 | Resistenza a rottura della sezione netta in corrispondenza dei fori (UNI-EN-1993-1-8 §3.10.3) | | | |
| Nt _{rd} | [kN] | 517 | Minore tra Np _{l,rd} e Nu _{Rd} | | | |
| η | [-] | 0.07 | Tasso di sfruttamento a trazione | | | |
| VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SLU | | | | | | |
| Massimo taglio agente sul singolo bullone | | | | | | |
| F ed (Ned) | [kN] | 64 | Forza trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale | | | |
| F ed (Med) | [kN] | 35 | Forza trasmessa dal singolo bullone: contributo dato del momento parassita | | | |
| F ed | [kN] | 73 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone | | | |
| Verifica per rottura a taglio del bullone | | | | | | |
| n piani taglio | [-] | 2 | Numeri di piani di taglio resistenti del bullone | | | |
| Fed | [kN] | 36 | Taglio agente sul singolo bullone | | | |
| Fv _{rd} | [kN] | 103 | Resistenza del singolo bullone (singolo piano di taglio) | | | |
| η | [-] | 0.35 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone | | | |
| Verifica per rifollamento della piastra di collegamento | | | | | | |
| t | [mm] | 30 | Spessore dell'elemento | | | |
| α_{est} | [-] | 0.57 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato | | | |
| α_{int} | [-] | 0.65 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato | | | |
| k | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato | | | |
| Fb _{rd,est} | [kN] | 299 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni di bordo nella direzione del carico applicato | | | |
| Fb _{rd,int} | [kN] | 340 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni interni nella direzione del carico applicato | | | |
| Fed | [kN] | 73 | Sollecitazione di progetto | | | |
| η | [-] | 0.24 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento | | | |
| Verifica per rifollamento del profilo | | | | | | |
| t | [mm] | 8 | Spessore dell'elemento | | | |
| α_{est} | [-] | 0.57 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato | | | |
| α_{int} | [-] | 0.65 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato | | | |
| k | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato | | | |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | | | |
|---|--------------------|-------------|---|-------|--|
| Fb,rd,est | [kN] | 80 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni di bordo nella direzione del carico applicato | | |
| Fb,rd,int | [kN] | 91 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni interni nella direzione del carico applicato | | |
| Fed | [kN] | 36 | Sollecitazione di progetto | | |
| η | [-] | 0.46 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento | | |
| Verifica per tranciamento a blocco nel profilo (block tearing) | | | | | |
| n,1 | [-] | 3 | Numero di bulloni per ogni fila di ogni profilo | | |
| Ant | [mm ²] | 278.8 | Area netta soggetta a trazione (carico eccentrico) | | |
| Anv | [mm ²] | 754 | Area netta soggetta a taglio | | |
| Ved,1 | [kN] | 17 | Azione sul collegamento del singolo profilo | | |
| Veff,rd | [kN] | 222 | Resistenza per tranciamento a blocco (carico eccentrico) | | |
| η | [-] | 0.08 | Tasso di sfruttamento per rottura per block tearing | | |
| VERIFICA SLU A COMPLETO RIPRISTINO DEI BULLONI | | | | | |
| I bulloni devono essere calcolati per poter assorbire la massima sollecitazione che possono trasmettere i profili | | | | | |
| Frd,prof | [kN] | 517 | Massimo tra la resistenza a trazione in area netta e la resistenza per instabilità a compressione | | |
| Frd,bull | [kN] | 540 | Resistenza per rottura a taglio dei bulloni complessiva (Ned / η) | | |
| η | [-] | 0.96 | Tasso di sfruttamento nei confronti del completo ripristino del bullone | | |
| VERIFICA A FATICA (danneggiamento / ferroviario) | | | | | |
| Vn | [anni] | 100 | Vita nominale dell'opera | | |
| Trf/annuo | [mln/anno] | 25 | Numero passaggio convogli annuo per binario | | |
| L infl | [m] | 10.8 | Lunghezza di influenza dell'elemento | | |
| n | [-] | 0.33 | Possibilità di incrocio di due convogli (da MDP RFI) | | |
| $\Delta\sigma$ c | [MPa] | 90 | Classe dettaglio profili | | |
| $\Delta\tau$ c | [MPa] | 100 | Classe dettaglio bulloni | | |
| γ Mf | [kN] | 1.35 | Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica | | |
| Binario | | Pari | Disp. | p+d | |
| Nmax,71 | [kN] | 2 | 2 | 5 | Massimi sforzi normali nel profilo per carico LM71 |
| Nmin,71 | [kN] | -3 | -3 | -6 | Minimi sforzi normali nel profilo per carico LM71 |
| $\Delta\sigma$,prof,71 | [MPa] | 2.2 | 2.0 | 4.2 | Massime escursioni di tensione assiale nel profilo per LM71 |
| $\Delta\tau$,bull,71(N) | [MPa] | 3.1 | 2.8 | 5.9 | Massime escursioni di tensione tangenziale nei bulloni per LM71 (contributo N) |
| $\Delta\tau$,bull,71(M) | [MPa] | 0.6 | 0.5 | 1.1 | Massime escursioni di tensione tangenziale nei bulloni per LM71 (contr. M parassita) |
| λ 1 | [-] | 0.840 | 0.840 | 0.840 | Coefficiente λ 1 |
| λ 2 | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente λ 2 |
| λ 3 | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente λ 3 |
| λ 4,prof | [-] | 1.000 | 1.000 | 0.821 | Coefficiente λ 4 relativo alle tensioni assiali sul profilo |
| λ 4,bull | [-] | 1.000 | 1.000 | 0.821 | Coefficiente λ 4 relativo alle tensioni tangenziali sui bulloni |
| λ max | [-] | 1.400 | 1.400 | 1.400 | Coefficiente λ max |
| $\Delta\sigma$,prof,ed | [MPa] | 1.9 | 1.7 | 2.9 | Massime escursioni di progetto di tensione assiale nel profilo |
| $\Delta\tau$,bull,ed | [MPa] | 3.1 | 2.8 | 4.8 | Massime escursioni di progetto di tensione tangenziale nei bulloni |
| Verifica a fatica del profilo ($\Delta\sigma$) | | | | | |
| $\Delta\sigma$,prof,ed | [MPa] | 2.9 | Escursione massima di progetto | | |
| $\Delta\tau$ c / γ Mf | [MPa] | 66.7 | Massima escursione ammissibile | | |
| η | [-] | 0.04 | Tasso di sfruttamento | | |
| Verifica a fatica dei bulloni ($\Delta\tau$) | | | | | |
| $\Delta\tau$,bull,ed | [MPa] | 4.8 | Escursione massima di progetto | | |
| $\Delta\tau$ c / γ Mf | [MPa] | 74.1 | Massima escursione ammissibile | | |
| η | [-] | 0.06 | Tasso di sfruttamento | | |

L'elemento verificato è indicato in rosso nella seguente immagine estratta dal modello di calcolo.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

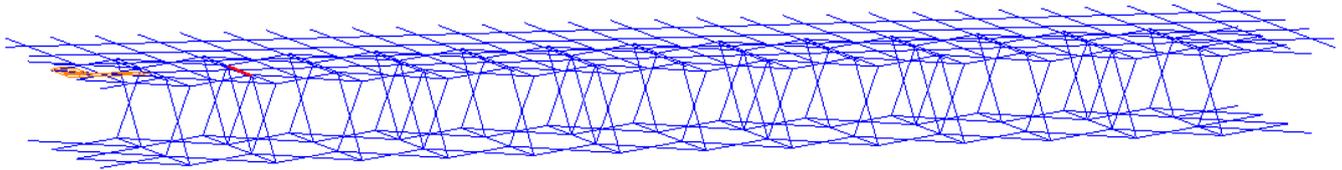


Figura 114 – Briglia superiore maggiormente sollecitata – elemento 715

11.5 Verifica delle briglie inferiori

Le briglie inferiori dei diaframmi sono costituite da profili 2L 90x10 accoppiati, collegati con bulloni M20 classe 10.9. Si riporta la verifica della briglia inferiore maggiormente sollecitata a compressione. Per un quadro completo sulle verifiche si rimanda all'Allegato E della presente relazione.

TR-BI Elemento 765

| SOLLECITAZIONI | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|----|-----|----|----|---|------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Tot |
| Nmax (SLU) | [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nmin (SLU) | [kN] | -107 | -141 | -120 | -1 | -15 | 0 | 0 | 0 | -384 |
| Nmax (SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |
| Nmin (SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |

| DATI DI INPUT | | | |
|---|--------------------|-------------------|---|
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI | | | |
| Materiale del profilo e delle piastra di collegamento | | | |
| fyk | [Mpa] | 355 | Resistenza caratteristica a snervamento |
| ftk | [Mpa] | 510 | Resistenza caratteristica a rottura |
| Caratteristiche del profilo angolare | | | |
| L2 | [mm] | 2750 | Luce libera di inflessione nel piano 2-2 |
| L3 | [mm] | 2750 | Luce libera di inflessione nel piano 3-3 |
| Tipo | [-] | L 90 x 90 x 10 | Designazione profili utilizzati |
| t | [mm] | 10 | Spessore profilo |
| b | [mm] | 90 | Dimensione flange |
| A | [mm ²] | 1710 | Area profilo |
| e x | [mm] | 25.8 | Posizione del baricentro |
| J x | [mm ⁴] | 1.27E+06 | Inerzia rispetto asse "x" |
| J min | [mm ⁴] | 5.26E+05 | Inerzia rispetto asse principale "n" (minima) |
| J max | [mm ⁴] | 2.01E+06 | Inerzia rispetto asse principale "m" (massima) |
| Caratteristiche del profilo composto | | | |
| Tipologia | [-] | B | Disposizione dei profili: tipologia di profilo composto |
| s | [mm] | 688 | Passo imbottiture |
| ti,2 | [mm] | 30 | Spessore piastra di distanziamento parallela al piano 2-2 |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|--|--------------------|------|---|
| ti,3 | [mm] | 30 | Spessore piastra di distanziamento parallela al piano 3-3 |
| Caratteristiche della bullonatura | | | |
| Classe | [-] | 8.8 | Classe bulloni |
| n | [-] | 4 | Numero bulloni totali (su entrambi gli angolari) |
| n file | [-] | 1 | Numero file di bulloni sul singolo angolare |
| φb | [mm] | M20 | Diametro bulloni |
| Ares,nom | [mm ²] | 314 | Area resistente nominale del singolo bullone |
| Ares | [mm ²] | 245 | Area resistente nella zona filettata del singolo bullone |
| d0 | [mm] | 20.3 | Diametro del foro |
| e1 | [mm] | 50 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione del carico applicato |
| e2 | [mm] | 45 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione ortogonale al carico |
| p1 | [mm] | 75 | Interasse bulloni nella direzione di applicazione del carico |
| p2 | [mm] | | Interasse bulloni nella direzione ortogonale al carico |

| | | | |
|--|------|----|------------------|
| Caratteristiche della piastra di collegamento | | | |
| tp | [mm] | 30 | Spessore piastra |

| | | | |
|---|------|--------------------|--|
| COMPORTAMENTO RICHIESTO PER LA CONNESSIONE | | | |
| SLU | [-] | A TAGLIO | Comportamento richiesto al collegamento per SLU |
| SLE | [-] | - | Comportamento richiesto al collegamento per SLE |
| Rid.15% | [-] | SI | Se unioni a taglio: riduzione del 15% sui limiti di resistenza come indicato nel MDP RFI |
| P.T. | [-] | Zona non filet. | Se unioni a taglio: zona interessata dalle azioni taglienti |
| μ | [-] | 0.30 | Se unioni ad attrito: coefficiente di attrito tra le piastre |
| Fp,cd | [kN] | 125 | Se unioni ad attrito: forza di precarico del bullone |

VERIFICHE

VERIFICA PER INSTABILITÀ DEL PROFILO COMPOSTO

Snellezza locale (associata al singolo profilo compreso tra due imbottiture)

| | | | |
|---------------------|------|-------|--|
| Ncr,loc | [kN] | 2307 | Carico critico singolo profilo: $Ncr,loc = \pi^2 E J_{min} / s^2$ |
| λ _{ad,loc} | [-] | 0.51 | Snellezza adimensionale del singolo profilo per instabilità locale |
| λ _{loc} | [-] | 22.12 | Snellezza del singolo profilo per instabilità locale. |
| λ _{min} | [-] | 50.00 | Massima snellezza consentita per evitare insterazione tra instabilità locale e globale |

| | | | | | | |
|---------------------|--------------------|---------|---------|------|------|--|
| Piano inflessione | | 2-2 | 3-3 | N-N | M-M | |
| A | [mm ²] | 3420 | 3420 | 3420 | 3420 | Area profilo composto |
| J _{id} | [mm ⁴] | 8.23E+0 | 2.54E+0 | - | - | Inerzia ideale del profilo composto |
| | | 6 | 6 | | | |
| i _{id} | [mm] | 49.1 | 27.3 | - | - | Raggio giratore di inerzia ideale del profilo composto |
| L | [mm] | 2750 | 2750 | 2750 | 2750 | Lunghezza libera di inflessione (si assume L _{max} , a fav di sicurezza, nei piani N-N e M-M) |
| Ncr _{id} | [kN] | 2256 | 696 | - | - | Carico critico ideale del profilo composto |
| λ _{ad, id} | [-] | 0.73 | 1.32 | - | - | Snellezza adimensionale ideale del profilo composto |
| λ _{ad,eq} | [-] | 0.90 | 1.32 | - | - | Snellezza adimensionale equivalente del profilo composto |
| α | [-] | 0.49 | 0.34 | - | - | Coefficiente legato alla curva di instabilità (Tab. 4.2.VIII NTC2008) |
| Φ | [-] | 1.07 | 1.56 | - | - | Coefficiente da §4.2.4.1.3.1 NTC2008 |
| X | [-] | 0.603 | 0.417 | - | - | Coefficiente di instabilità del profilo composto |
| Nb _{rd} | [kN] | 665 | 460 | - | - | Resistenza per instabilità del profilo composto |

| | | |
|--------------------------|------|--------------------------------------|
| Verifica per instabilità | | |
| Nb _{rd} | [kN] | 460 |
| η | [-] | 0.83 |
| | | Resistenza a compressione |
| | | Tasso di sfruttamento a compressione |

VERIFICA A TRAZIONE

| | | | |
|--------------------|--------------------|------|---|
| Np _{l,rd} | [kN] | 1156 | Resistenza plastica a trazione della sezione lorda |
| A _{netta} | [mm ²] | 3014 | Area depurata dei fori |
| β | [-] | 0.60 | Coefficiente riduttivo della resistenza a trazione per angolari collegati su un solo lato (funzione del numero e del passo dei bulloni) |
| Nu _{Rd} | [kN] | 732 | Resistenza a rottura della sezione netta in corrispondenza dei fori (UNI-EN-1993-1-8 §3.10.3) |
| Nt _{rd} | [kN] | 732 | Minore tra Np _{l,rd} e Nu _{Rd} |
| η | [-] | 0.00 | Tasso di sfruttamento a trazione |

| | |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  |
| | Progetto Lotto Codifica IN17 10 EI2CLVI0005006 C |

VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SLU

Massimo taglio agente sul singolo bullone

| | | | |
|------------|------|-----|--|
| F ed (Ned) | [kN] | 96 | Forza trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F ed (Med) | [kN] | 30 | Forza trasmessa dal singolo bullone: contributo dato del momento parassita |
| F ed | [kN] | 101 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |

Verifica per rottura a taglio del bullone

| | | | |
|----------------|------|-------------|--|
| n piani taglio | [-] | 2 | Numeri di piani di taglio resistenti del bullone |
| Fed | [kN] | 50 | Taglio agente sul singolo bullone |
| Fv,rd | [kN] | 103 | Resistenza del singolo bullone (singolo piano di taglio) |
| η | [-] | 0.49 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |

Verifica per rifollamento della piastra di collegamento

| | | | |
|--------------|------|-------------|---|
| t | [mm] | 30 | Spessore dell'elemento |
| α est | [-] | 0.82 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.98 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| Fb,rd,est | [kN] | 427 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni di bordo nella direzione del carico applicato |
| Fb,rd,int | [kN] | 511 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni interni nella direzione del carico applicato |
| Fed | [kN] | 101 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.24 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |

Verifica per rifollamento del profilo

| | | | |
|--------------|------|-------------|---|
| t | [mm] | 10 | Spessore dell'elemento |
| α est | [-] | 0.82 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.98 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| Fb,rd,est | [kN] | 142 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni di bordo nella direzione del carico applicato |
| Fb,rd,int | [kN] | 170 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni interni nella direzione del carico applicato |
| Fed | [kN] | 50 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.35 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |

Verifica per tranciamento a blocco nel profilo (block tearing)

| | | | |
|---------|--------------------|-------------|--|
| n,1 | [-] | 4 | Numero di bulloni per ogni fila di ogni profilo |
| Ant | [mm ²] | 348.5 | Area netta soggetta a trazione (carico eccentrico) |
| Anv | [mm ²] | 2039.5 | Area netta soggetta a taglio |
| Ved,1 | [kN] | 0 | Azione sul collegamento del singolo profilo |
| Veff,rd | [kN] | 459 | Resistenza per tranciamento a blocco (carico eccentrico) |
| η | [-] | 0.00 | Tasso di sfruttamento per rottura per block tearing |

VERIFICA SLU A COMPLETO RIPRISTINO DEI BULLONI

I bulloni devono essere calcolati per poter assorbire la massima sollecitazione che possono trasmettere i profili

| | | | |
|----------|------|-------------|---|
| Frd,prof | [kN] | 732 | Massimo tra la resistenza a trazione in area netta e la resistenza per instabilità a compressione |
| Frd,bull | [kN] | 784 | Resistenza per rottura a taglio dei bulloni complessiva (Ned / η) |
| η | [-] | 0.93 | Tasso di sfruttamento nei confronti del completo ripristino del bullone |

VERIFICA A FATICA (danneggiamento / ferroviario)

| | | | |
|------------------|------------|------|--|
| Vn | [anni] | 100 | Vita nominale dell'opera |
| Trf/annuo | [mln/anno] | 25 | Numero passaggio convogli annuo per binario |
| L infl | [m] | 10.8 | Lunghezza di influenza dell'elemento |
| n | [-] | 0.33 | Possibilità di incrocio di due convogli (da MDP RFI) |
| $\Delta\sigma$ c | [MPa] | 90 | Classe dettaglio profili |
| $\Delta\tau$ c | [MPa] | 100 | Classe dettaglio bulloni |
| γ Mf | [kN] | 1.35 | Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica |

| Binario | Pari | Disp. | p+d | | |
|-------------------------|-------|-------|------|------|---|
| Nmax,71 | [kN] | 1 | 33 | 34 | Massimi sforzi normali nel profilo per carico LM71 |
| Nmin,71 | [kN] | -45 | -26 | -71 | Minimi sforzi normali nel profilo per carico LM71 |
| $\Delta\sigma$,prof,71 | [MPa] | 13.3 | 18.7 | 32.1 | Massime escursioni di tensione assiale nel profilo per LM71 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|--|
| $\Delta\tau_{\text{bull},71(N)}$ | [MPa] | 18.1 | 23.7 | 41.8 | Massime escursioni di tensione tangenziale nei bulloni per LM71 (contributo N) |
| $\Delta\tau_{\text{bull},71(M)}$ | [MPa] | 1.4 | 1.8 | 3.2 | Massime escursioni di tensione tangenziale nei bulloni per LM71 (contr. M parassita) |
| λ_1 | [-] | 0.840 | 0.840 | 0.840 | Coefficiente λ_1 |
| λ_2 | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente λ_2 |
| λ_3 | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente λ_3 |
| λ_4, prof | [-] | 1.000 | 1.000 | 0.826 | Coefficiente λ_4 relativo alle tensioni assiali sul profilo |
| λ_4, bull | [-] | 1.000 | 1.000 | 0.824 | Coefficiente λ_4 relativo alle tensioni tangenziali sui bulloni |
| λ_{max} | [-] | 1.400 | 1.400 | 1.400 | Coefficiente λ_{max} |
| $\Delta\sigma_{\text{prof}, \text{ed}}$ | [MPa] | 11.2 | 15.7 | 22.3 | Massime escursioni di progetto di tensione assiale nel profilo |
| $\Delta\tau_{\text{bull}, \text{ed}}$ | [MPa] | 16.4 | 21.4 | 31.2 | Massime escursioni di progetto di tensione tangenziale nei bulloni |
| Verifica a fatica del profilo ($\Delta\sigma$) | | | | | |
| $\Delta\sigma_{\text{prof}, \text{ed}}$ | [MPa] | 22.3 | | | Escursione massima di progetto |
| $\Delta\tau_c / \gamma_{\text{Mf}}$ | [MPa] | 66.7 | | | Massima escursione ammissibile |
| η | [-] | 0.33 | | | Tasso di sfruttamento |
| Verifica a fatica dei bulloni ($\Delta\tau$) | | | | | |
| $\Delta\tau_{\text{bull}, \text{ed}}$ | [MPa] | 31.2 | | | Escursione massima di progetto |
| $\Delta\tau_c / \gamma_{\text{Mf}}$ | [MPa] | 74.1 | | | Massima escursione ammissibile |
| η | [-] | 0.42 | | | Tasso di sfruttamento |

L'elemento verificato è indicato in rosso nella seguente immagine estratta dal modello di calcolo.

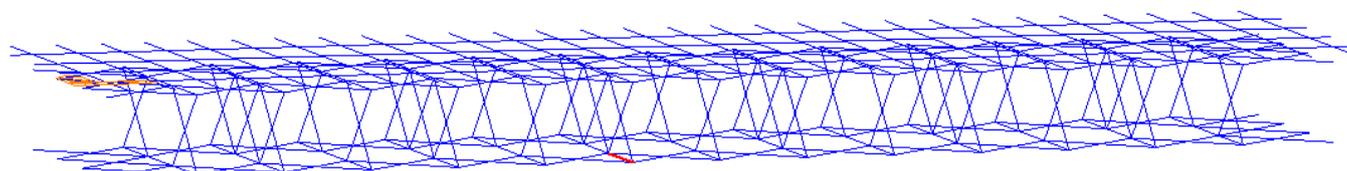


Figura 115 – Briglia inferiore maggiormente sollecitata – elemento 765

11.6 Verifica delle saldature tra piastra di collegamento e anima della trave

La verifica delle saldature tra l'anima della trave e le piastra su cui sono collegati i profili dei diaframmi, è stata condotta assumendo come azioni di progetto le massime agenti sui profili dei diaframmi.

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

VERIFICA DELLE SALDATURE TRA TRAVE E PIATTO DI COLLEGAMENTO DELLE ASTE DEI DIAFRAMMI – Piatto inferiore

Caratteristiche geometriche

| | | | |
|-----------|-------|------|---|
| L cord,pb | [mm] | 267 | Lunghezza dei cordoni di saldatura tra pannello e pb sup |
| L cord,an | [mm] | 621 | Lunghezza dei cordoni di saldatura tra pannello e anima sup |
| a cord,pb | [mm] | 11.0 | Sezione di gola dei cordoni di saldatura |
| a cord,an | [mm] | 7.0 | Sezione di gola dei cordoni di saldatura |
| α | [°] | 49.9 | Angolo di inclinazione del diagonale rispetto all'anima |

Verifica SLU

| | | | |
|--------|------|-----|---|
| F brg | [kN] | 191 | Azione trasmessa dalla briglia (SLU) |
| F diag | [kN] | 248 | Azione trasmessa dall'asta diagonale (SLU) |
| Fh | [kN] | 381 | Componente orizzontale della risultante delle forze |
| Fv | [kN] | 160 | Componente verticale della risultante delle forze |

Verifica della saldatura sulla piattabanda

| | | | |
|------------------|-------|-------|--|
| $\tau//$ | [Mpa] | 64.8 | Tensione agente sulla saldatura |
| $\beta_1 f_{yk}$ | [MPa] | 248.5 | Tensione di resistenza della saldatura |
| η | [-] | 0.26 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura sull'anima

| | | | |
|------------------|-------|-------|--|
| $\tau//$ | [Mpa] | 18.4 | Tensione agente sulla saldatura |
| $\beta_1 f_{yk}$ | [MPa] | 248.5 | Tensione di resistenza della saldatura |
| η | [-] | 0.07 | Tasso di sfruttamento |

Verifica a fatica (danneggiamento)

| | | | |
|-----------------|------|----|---|
| ΔF brg | [kN] | 8 | Azione trasmessa dalla briglia (LM71 fatica) |
| ΔF diag | [kN] | 92 | Azione trasmessa dall'asta diagonale (LM71 fatica) |
| Fh | [kN] | 78 | Componente orizzontale della risultante delle forze |
| Fv | [kN] | 59 | Componente verticale della risultante delle forze |

Verifica della saldatura sulla piattabanda

| | | | |
|--------------|-------|------|---|
| $\tau//$ | [Mpa] | 13.3 | Tensione agente sulla saldatura |
| λ | [-] | 0.84 | Coefficiente λ |
| γM_f | [-] | 1.35 | Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica |
| classe | [MPa] | 80 | Classe del dettaglio |
| η_{fat} | [-] | 0.19 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura sull'anima

| | | | |
|--------------|-------|------|---|
| $\tau//$ | [Mpa] | 6.8 | Tensione agente sulla saldatura |
| λ | [-] | 0.84 | Coefficiente λ |
| γM_f | [-] | 1.35 | Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica |
| classe | [MPa] | 80 | Classe del dettaglio |
| η_{fat} | [-] | 0.10 | Tasso di sfruttamento |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

VERIFICA DELLE SALDATURE TRA TRAVE E PIATTO DI COLLEGAMENTO DELLE ASTE DEI DIAFRAMMI – Piatto superiore

Caratteristiche geometriche

| | | | |
|-----------|-------|------|---|
| L cord,pb | [mm] | 392 | Lunghezza dei cordoni di saldatura tra pannello e pb sup |
| L cord,an | [mm] | 480 | Lunghezza dei cordoni di saldatura tra pannello e anima sup |
| a cord,pb | [mm] | 11.0 | Sezione di gola dei cordoni di saldatura |
| a cord,an | [mm] | 7.0 | Sezione di gola dei cordoni di saldatura |
| α | [°] | 49.9 | Angolo di inclinazione del diagonale rispetto all'anima |

Verifica SLU

| | | | |
|--------|------|-----|---|
| F brg | [kN] | 384 | Azione trasmessa dalla briglia (SLU) |
| F diag | [kN] | 248 | Azione trasmessa dall'asta diagonale (SLU) |
| Fh | [kN] | 574 | Componente orizzontale della risultante delle forze |
| Fv | [kN] | 160 | Componente verticale della risultante delle forze |

Verifica della saldatura sulla piattabanda

| | | | |
|------------------|-------|-------|--|
| $\tau//$ | [Mpa] | 66.5 | Tensione agente sulla saldatura |
| $\beta_1 f_{yk}$ | [MPa] | 248.5 | Tensione di resistenza della saldatura |
| η | [-] | 0.27 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura sull'anima

| | | | |
|------------------|-------|-------|--|
| $\tau//$ | [Mpa] | 23.8 | Tensione agente sulla saldatura |
| $\beta_1 f_{yk}$ | [MPa] | 248.5 | Tensione di resistenza della saldatura |
| η | [-] | 0.10 | Tasso di sfruttamento |

Verifica a fatica (danneggiamento)

| | | | |
|-----------------|------|-----|---|
| ΔF brg | [kN] | 83 | Azione trasmessa dalla briglia (LM71 fatica) |
| ΔF diag | [kN] | 92 | Azione trasmessa dall'asta diagonale (LM71 fatica) |
| Fh | [kN] | 153 | Componente orizzontale della risultante delle forze |
| Fv | [kN] | 59 | Componente verticale della risultante delle forze |

Verifica della saldatura sulla piattabanda

| | | | |
|--------------|-------|------|---|
| $\tau//$ | [Mpa] | 17.8 | Tensione agente sulla saldatura |
| λ | [-] | 0.84 | Coefficiente λ |
| γM_f | [-] | 1.35 | Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica |
| classe | [MPa] | 80 | Classe del dettaglio |
| η_{fat} | [-] | 0.25 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura sull'anima

| | | | |
|--------------|-------|------|---|
| $\tau//$ | [Mpa] | 8.8 | Tensione agente sulla saldatura |
| λ | [-] | 0.84 | Coefficiente λ |
| γM_f | [-] | 1.35 | Coefficiente di sicurezza per le verifiche a fatica |
| classe | [MPa] | 80 | Classe del dettaglio |
| η_{fat} | [-] | 0.13 | Tasso di sfruttamento |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

11.7 Riepilogo dei tassi di sfruttamento delle aste

Nella tabella seguente si riportano i valori massimi dei tassi di sfruttamento relativi alle aste componenti i diaframmi e i controventi inferiori.

| | Instabilità | Trazione | Taglio bulloni | Rifollamento | Strappo | Ripristino bull. | Fatica profilo | Fatica bulloni |
|--------|-------------|----------|----------------|--------------|---------|------------------|----------------|----------------|
| TR-DG | 0.75 | 0.38 | 0.40 | 0.52 | 0.45 | 0.84 | 0.50 | 0.62 |
| TR-BS | 0.51 | 0.22 | 0.35 | 0.46 | 0.26 | 0.96 | 0.06 | 0.08 |
| TR-BI | 0.83 | 0.36 | 0.49 | 0.35 | 0.29 | 0.93 | 0.51 | 0.61 |
| CV-INF | 0.85 | 0.70 | 0.51 | 0.59 | 0.72 | 0.73 | 0.73 | 0.80 |

Tabella 37- Tassi di sfruttamento delle aste dei diaframmi e dei controventi inferiori

Per maggiori dettagli si rimanda all'Allegato E .

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

12 VERIFICA DEI CONTROVENTI SUPERIORI DI MONTAGGIO

I controventi superiori svolgono la loro funzione fin tanto che la soletta non diventa collaborante. Fino a quel punto tali elementi hanno il compito di:

- sostenere le azioni trasversali che si esplicano durante il montaggio (vento in fase di montaggio, indicato come Q5_m);
- garantire la stabilità della piattabanda superiore compressa.

Sono previsti controventi superiori con schema a croce di S. Andrea. Le aste sono composte da profili ad L 90x8 collegati alle piattabande superiori delle travi attraverso bulloni M20 classe 10.9.

12.1 Analisi per azione del vento

Si considera l'azione del vento con periodo di ritorno 10 anni (§5.6) agente sull'impalcato nella fase in cui i due cassoncini non sono ancora stati resi collaboranti.

Si assume che i controventi compressi si possano instabilizzare e che l'intero carico sia contrastato, a favore di sicurezza, dei soli controventi tesi. Per lo stesso motivo non si considera la compressione causata da flessione per peso proprio, la quale sarà assorbita dalle piattabande superiori.

Nel modello, dunque, sono stati eliminati tutti quegli elementi di controvento che, dopo una prima analisi, sono risultati compressi (da Figura 116 a Figura 117).

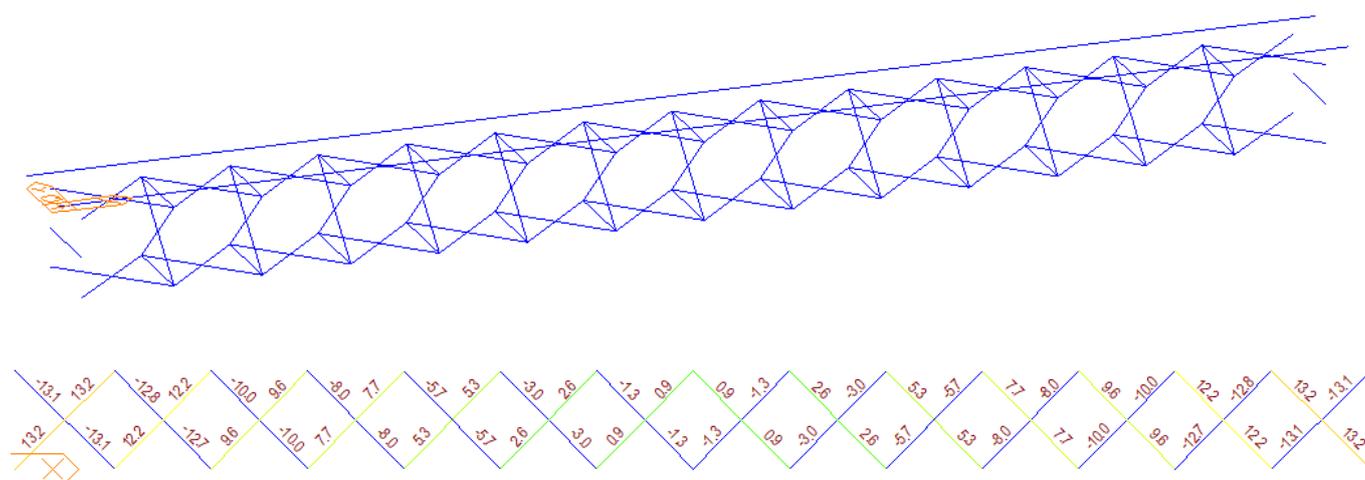


Figura 116 – Sforzi normali sui controventi per azione da vento [kN]. Analisi con controventi tesi e compressi.
 $N_{max}=13.2kN$; $N_{min}=-13.1kN$

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

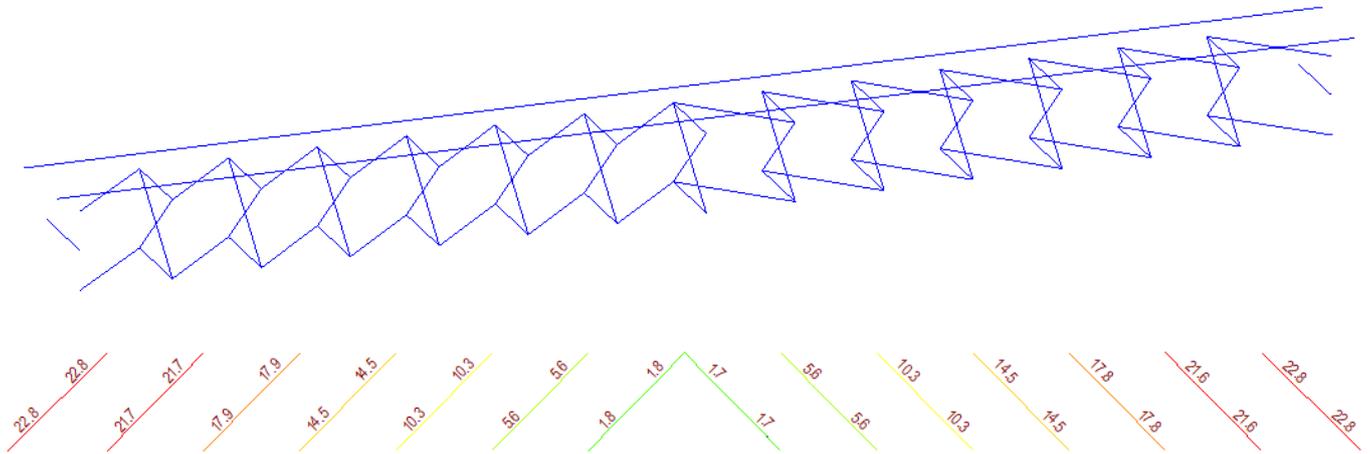


Figura 117 – Sforzi normali sui controventi per azione da vento [kN]. Analisi con soli controventi tesi. $N_{max}=22.8kN$

Nell'immagine seguente sono invece riportati gli spostamenti orizzontali causati dall'azione del vento.

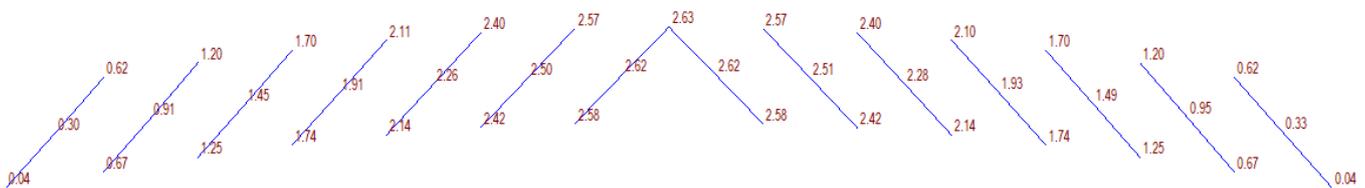


Figura 118 – Spostamenti orizzontali per azione da vento [mm]. Analisi con soli controventi tesi. $f_{max}=2.63mm$

12.2 Effetto dell'instabilità della piattabanda superiore

Per la presenza di imperfezioni iniziali nella piattabanda superiore compressa si innescano delle sollecitazioni nei controventi superiori.

Tali imperfezioni possono essere ricondotte ad azioni equivalenti uniformemente distribuite sulla piattabanda e agenti trasversalmente all'asse delle travi. Tale approccio è regolamentato negli Eurocodici e nella Circolare alle NTC [7].

Il carico equivalente è pari a:

$$q_d = \frac{8(e_0 + \delta_q) N_{Ed}}{L^2}$$

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

dove δ_q è la freccia massima del sistema di controvento dovuta a q_d e ai carichi esterni (vento); N_{Ed} è la forza normale di compressione agente nella piattabanda superiore; mentre e_0 rappresenta la deformazione iniziale legata alle imperfezioni, uguale a:

$$e_0 = \alpha_m \cdot \frac{L}{500}$$

dove L è la luce della travata ed α_m dipende dal numero m di elementi controventati, in questo caso pari a 2 (le due travi del singolo cassoncino):

$$\alpha_m = \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$$

Nella figura seguente è riportato lo schema di calcolo adottato.

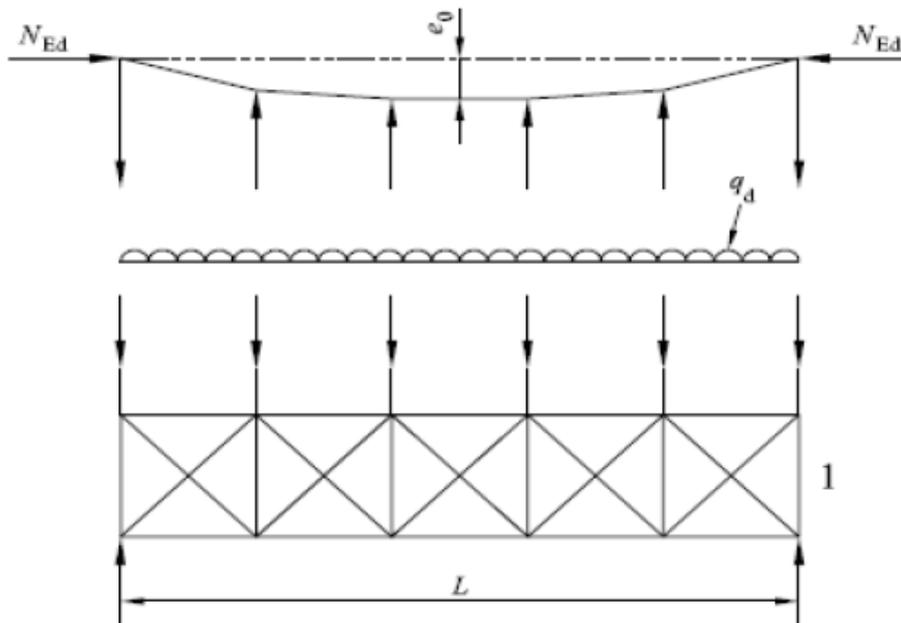


Figura 119 – Forze equivalenti in sistemi di controvento

Poiché q_d dipende dal carico applicato, è stato necessario implementare una procedura iterativa.

L'azione di compressione agente sulla piattabanda superiore è stata valutata a partita dal modello globale (Figura 28), ed è stata assunta pari alla massima sollecitazione presente in mezzeria (a favore di sicurezza) causata dai carichi g_1 corrispondenti al peso proprio di acciaio e soletta:

$$\text{Med} = 1.35 \cdot 7870.1 \text{ kNm} = 10624.6 \text{ kN} \quad (\text{fattorizzato con } \gamma=1.35)$$

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

Di seguito si riporta il calcolo della tensione agente sulla piattabanda superiore:

TR.1 - sez.31 - Comb. 1.35*g1 (fase varo) (Tempo zero)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Med | [kNm] | 10625 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10625 |
| Ved | [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE | | | |
|--|-------|-----------------|---|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | 0.0 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| σ sol,i | [Mpa] | 0.0 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|--|-----|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastoplastico: Aeff = beta^k * Ac,eff dove k = b lorda / Le | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

| CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1) | | | | | |
|---|-------|----------|--------|--------|--|
| Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta. | | | | | |
| | | Anima | Pb sup | Pb inf | |
| σ sup | [MPa] | -126.0 | -128.3 | 72.0 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ inf | [Mpa] | 67.3 | -128.3 | 72.0 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ε | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.814 | Coefficiente pari a (235 / fyk)^0.5 |
| ψ | [-] | -0.534 | 1.000 | - | Rapporto σ max / σ min |
| k | [-] | 1.638 | 1.623 | - | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a (fyd / σc)^0.5 |
| c int / t | [-] | 179.3 | 12.2 | 16.3 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t | [-] | - | 12.2 | 16.3 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 | [-] | 113.4 | 18.5 | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. | [-] | 4 | 3 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione | [-] | 4 | | | Classe della sezione |

| INSTABILITA' LOCALE DEI SOTTOPANNELLI D'ANIMA. CALCOLO DELLE PORZIONI EFFICACI | | | |
|--|-------|--------------|--------------|
| Pannello | ID | 1 | 2 |
| t | [mm] | 14 | 14 |
| a | [mm] | 2800 | 2800 |
| b | [mm] | 526 | 1984 |
| z sup | [mm] | 30 | 556 |
| z inf | [mm] | 556 | 2540 |
| σ sup | [MPa] | -135.6 | -93.5 |
| σ inf | [MPa] | -93.5 | 65.6 |
| ψ | [-] | 0.689 | -0.702 |
| kσ | [-] | 4.715 | 17.052 |
| σ cr,p | [MPa] | 634.0 | 161.2 |
| λp | [-] | 0.749 | 1.485 |
| ρ loc | [-] | 0.974 | 0.616 |
| σ cr,c | [MPa] | 4.7 | 4.7 |
| λc | [-] | 8.650 | 8.650 |
| Φ | [-] | 38.795 | 38.795 |
| χc | [-] | 0.013 | 0.013 |
| ξ | [-] | 1.000 | 1.000 |
| ρc loc | [-] | 0.974 | 0.616 |
| bt | [mm] | 0 | 819 |
| bc,sup | [mm] | 244 | 466 |
| bc,inf | [mm] | 282 | 699 |
| bc,eff,sup | [mm] | 238 | 287 |
| bc,eff,inf | [mm] | 275 | 431 |
| h foro | [mm] | 14 | 448 |



| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

z foro [mm] 275 1067

INSTABILITÀ DEL PANNELLO D'ANIMA IRRIGIDITO

Calcolo della tensione critica di piastra e del coefficiente di instabilità a piastra del pannello irrigidito

| | | |
|---------------------------|----|---------------|
| Irrig. $\sigma < 0$ | ID | 1 |
| A sl [mm ²] | | 13930 |
| J sl [mm ⁴] | | 42075972 |
| b1 [mm] | | 526 |
| b2 [mm] | | 1984 |
| a c [mm] | | 6954 |
| $\sigma_{cr,p,sl}$ [MPa] | | 819.3 |
| $\sigma_{cr,p}$ [MPa] | | 1189.1 |
| $\sigma_{cr,p,min}$ [MPa] | | 1189.1 |
| $\beta_{A,c}$ [-] | | 0.813 |
| λ_p [-] | | 0.493 |
| ψ [-] | | -0.484 |
| ρ [-] | | 1.000 |

Calcolo della tensione critica di colonna e del coefficiente di instabilità a colonna del pannello irrigidito

| | | |
|--------------------------|----|---------------|
| Irrig. σ_{max} | ID | 1 |
| $\sigma_{cr,c,sl}$ [MPa] | | 798.5 |
| $\sigma_{cr,c}$ [MPa] | | 1158.9 |
| α_e [-] | | 0.632 |
| λ_c [-] | | 0.499 |
| Φ [-] | | 0.719 |
| χ_c [-] | | 0.809 |

Influenza dell'instabilità a colonna sul comportamento post-critico. Interazione tra instabilità di piastra e di colonna

| | | |
|--------------|--|--------------|
| ξ [-] | | 0.026 |
| ρ_c [-] | | 0.819 |

INSTABILITÀ LOCALE DELLE PIATTABANDE

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | |
|-----------------|----|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| t [mm] | | 30 | 30 | 60 | 60 | Spessore piattabanda |
| b [mm] | | 365 | 365 | 490 | 490 | Larghezza piattabanda |
| λ_p [-] | | - | - | - | - | Snellezza adimensionale per $\Psi=1$ |
| ρ [-] | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente riduttivo per instabilità locale |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| n [-] | - | - | - | - | - | - | - | - |
| zG [mm] | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 | 1725 |
| A [mm ²] | 112583 | 112583 | 112583 | 112583 | 112583 | 112583 | 112583 | 112583 |
| A n [mm ²] | - | - | - | - | - | - | - | - |
| J [mm ⁴] | 1.32E+11 | 1.32E+11 | 1.32E+11 | 1.32E+11 | 1.32E+11 | 1.32E+11 | 1.32E+11 | 1.32E+11 |
| W sol,s [mm ³] | - | - | - | - | - | - | - | - |
| W arm,s [mm ³] | - | - | - | - | - | - | - | - |
| W pb,s [mm ³] | -7.67E+07 | -7.67E+07 | -7.67E+07 | -7.67E+07 | -7.67E+07 | -7.67E+07 | -7.67E+07 | -7.67E+07 |
| W an,s [mm ³] | -7.81E+07 | -7.81E+07 | -7.81E+07 | -7.81E+07 | -7.81E+07 | -7.81E+07 | -7.81E+07 | -7.81E+07 |
| W an,i [mm ³] | 1.62E+08 | 1.62E+08 | 1.62E+08 | 1.62E+08 | 1.62E+08 | 1.62E+08 | 1.62E+08 | 1.62E+08 |
| W pb,i [mm ³] | 1.51E+08 | 1.51E+08 | 1.51E+08 | 1.51E+08 | 1.51E+08 | 1.51E+08 | 1.51E+08 | 1.51E+08 |
| Δ baricentro [mm] | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 |

TENSIONI NORMALI - VERIFICA

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | Ed | Rd | η_1 |
|------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|-----|---------------|-------|----------|
| $\sigma_{sol,s}$ [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| $\sigma_{arm,s}$ [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| $\sigma_{pb,s}$ [MPa] | -138.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -138.5 | 338.1 | 0.41 |
| $\sigma_{an,s}$ [MPa] | -136.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -136.1 | 338.1 | 0.40 |
| $\sigma_{an,i}$ [MPa] | 65.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 65.4 | 338.1 | 0.19 |
| $\sigma_{pb,i}$ [MPa] | 70.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 70.3 | 338.1 | 0.21 |

La massima tensione di compressione sulla piattabanda superiore è pari a **138.5MPa**. dunque si ha:

$$N_{ed} = 3116.3 \text{ kN}$$

La freccia orizzontale causata dal vento è invece stata valutata dal modello descritto al §12.1, ed è pari a:

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

$$\delta_q(\text{vento}) = 1.50 \cdot 2.63 \text{ mm} = 3.95\text{mm} \quad (\text{fattorizzata con } \gamma=1.50)$$

L'azione del vento quando i due cassoncini non sono ancora collegati e la compressione nella piattabanda per effetto del carico del getto non sono chiaramente contemporanee. Tale assunzione è stata fatta per semplicità ed è consentita in quanto a favore di sicurezza.

Si riporta di seguito il risultato del calcolo iterativo effettuato ai fini della valutazione del carico equivalente agli effetti dell'instabilità e delle imperfezioni.

| CALCOLO DEL CARICO EQUIVALENTE ALLE IMPERFEZIONI INIZIALI | | | |
|---|-------------|-------------|--|
| L | 38 | m | Luce della travata |
| m | 2 | - | Numero di travi collegate |
| αm | 0.8660 | | Coefficiente che tiene conto del numero di travi collegate |
| e_0 | 0.0658 | m | Imperfezione iniziale |
| $\delta q(\text{vento})$ | 0.0039 | m | Freccia laterale per azione del vento ($\gamma Q=1.5$) |
| $\delta q(\text{instab.})$ | 0.0020 | m | Freccia laterale per carico q equivalente alle imperfezioni |
| Ned | 3116.3 | kN | Azione assiale sulla piattabanda superiore ($\gamma G=1.35$) |
| q | 1.24 | kN/m | Carico equivalente alle imperfezioni iniziali |

Si riportano nell'immagine seguente le sollecitazioni di progetto SLU agenti sui controventi per effetto della combinazione dei carichi da vento con l'azione causata dalla tendenza ad instabilizzarsi della piattabanda superiore compressa.

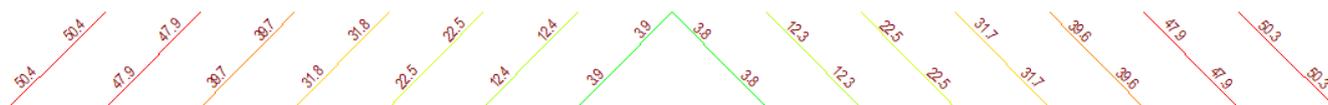


Figura 120 – Sforzi normali sui controventi per combinazione 1.35G1+1.50Qvento [kN]. $N_{max}=50.4 \text{ kN}$

12.3 Verifica dei controventi superiori

Il massimo sforzo normale di progetto è pari a:

$$N_{Ed} = 50.4 \text{ kN}$$

| | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

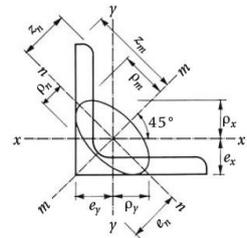
Si riporta di seguito la verifica per la condizione di massima trazione presente negli angolari.

| SOLLECITAZIONI | | | | | | | | | | |
|----------------|------|----|----|----|------|----|----|----|---|-----|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Tot |
| Nmax (SLU) | [kN] | 0 | 0 | 0 | 50.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| Nmin (SLU) | [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nmax (SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |
| Nmin (SLE) | [kN] | | | | | | | | | 0 |

DATI DI INPUT

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI

| | | | |
|---|--------------------|---------------|---|
| Materiale del profilo e delle piastra di collegamento | | | |
| fyk | [Mpa] | 355 | Resistenza caratteristica a snervamento |
| ftk | [Mpa] | 510 | Resistenza caratteristica a rottura |
| Caratteristiche del profilo angolare | | | |
| L fp | [mm] | 3925 | Lunghezza libera per inflessione fuori piano |
| L loc | [mm] | 3925 | Lunghezza libera per inflessione rispetto piano debole |
| Tipo | [-] | L 90 x 90 x 8 | Designazione profili utilizzati |
| t | [mm] | 8 | Spessore profilo |
| b | [mm] | 90 | Dimensione flange |
| A | [mm ²] | 1389 | Area profilo |
| e x | [mm] | 25.0 | Posizione del baricentro |
| J x | [mm ⁴] | 1.044E+06 | Inerzia rispetto asse "x" |
| J min | [mm ⁴] | 4.287E+05 | Inerzia rispetto asse principale "n" (minima) |
| J max | [mm ⁴] | 1.659E+06 | Inerzia rispetto asse principale "m" (massima) |
| Caratteristiche della bullonatura | | | |
| Classe | [-] | 8.8 | Classe bulloni |
| n | [-] | 3 | Numero bulloni totali |
| n file | [-] | 1 | Numero file di bulloni |
| φb | [mm] | M20 | Diametro bulloni |
| Ares,nom | [mm ²] | 314 | Area resistente nominale del singolo bullone |
| Ares | [mm ²] | 245 | Area resistente nella zona filettata del singolo bullone |
| d0 | [mm] | 20.3 | Diametro del foro |
| e1 | [mm] | 45 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione del carico applicato |
| e2 | [mm] | 45 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione ortogonale al carico |
| p1 | [mm] | 60 | Interasse bulloni nella direzione di applicazione del carico |
| p2 | [mm] | | Interasse bulloni nella direzione ortogonale al carico |
| Caratteristiche della piastra di collegamento | | | |
| tp | [mm] | 20 | Spessore piastra |



COMPORAMENTO RICHIESTO PER LA CONNESSIONE

| | | | |
|---------|------|-----------------|---|
| SLU | [-] | A TAGLIO | Comportamento richiesto al collegamento per SLU |
| SLE | [-] | - | Comportamento richiesto al collegamento per SLE |
| Rid.15% | [-] | SI | Per unioni a taglio: riduzione del 15% sui limiti di resistenza come indicato nel MDP RFI |
| P.T. | [-] | Zona non filet. | Per unioni a taglio: zona interessata dalle azioni taglienti |
| μ | [-] | 0.30 | Per unioni ad attrito: Coefficiente di attrito tra le piastre |
| Fp,cd | [kN] | 125 | Per unioni ad attrito: forza di precarico del bullone |

VERIFICHE

VERIFICA PER INSTABILITÀ DEL PROFILO COMPRESSO

| | | | |
|---------|------|--------|--|
| Ncr,fp | [kN] | 140 | Carico critico per inflessione fuori piano: $N_{cr,fp} = \pi^2 E J_x / L_{fp}^2$ |
| Ncr,loc | [kN] | 58 | Carico critico per inflessione rispetto piano debole: $N_{cr,loc} = \pi^2 E J_{min} / L_{loc}^2$ |
| Ncr | [kN] | 58 | Carico critico (minimo). |
| λad | [-] | 2.92 | Snellezza adimensionale del profilo. |
| λ | [-] | 126.05 | Snellezza del profilo. |
| α | [-] | 0.34 | Coefficiente legato alla curva di instabilità (Tab. 4.2.VIII NTC2008) |
| Φ | [-] | 5.24 | Coefficiente da §4.2.4.1.3.1 NTC2008 |
| X | [-] | 0.10 | Coefficiente di instabilità del profilo composto |
| Nb,rd | [kN] | 47 | Resistenza per instabilità del profilo composto |
| η | [-] | 0.00 | Tasso di sfruttamento a compressione |

VERIFICA A TRAZIONE

| | | | |
|---|--|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | C |

| | | | |
|---------|------|-------------|---|
| Npl,rd | [kN] | 470 | Resistenza plastica a trazione della sezione lorda |
| A netta | [mm] | 1226.6 | Area depurata dei fori |
| β | [-] | 0.54 | Coefficiente riduttivo per angolari collegati su un solo lato |
| Nu,Rd | [kN] | 268 | Resistenza a rottura della sezione netta in corrispondenza dei fori (UNI-EN-1993-1-8 §3.10.3) |
| Nt,rd | [kN] | 268 | Minore tra Npl,rd e Nu,Rd |
| η | [-] | 0.19 | Tasso di sfruttamento a trazione |

VERIFICA DEL COLLEGAMENTO SLU

Massimo taglio agente sul singolo bullone

| | | | |
|-----------|------|----|--|
| Fed (Ned) | [kN] | 17 | Taglio di progetto sul singolo bullone dato dallo sforzo assiale sull'angolare |
| Fed (Med) | [kN] | 8 | Taglio di progetto sul singolo bullone dato del momento parassita |
| Fed | [kN] | 19 | Taglio di progetto risultante sul singolo bullone |

Verifica per rottura a taglio del bullone

| | | | |
|----------------|------|-------------|--|
| n piani taglio | [-] | 1 | Numeri di piani di taglio se la connessione fosse "a taglio" |
| Fv,rd | [kN] | 103 | Resistenza del singolo bullone |
| η | [-] | 0.18 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |

Verifica per rifollamento

| | | | |
|--------------|------|-------------|---|
| t min | [mm] | 8 | Minimo tra lo spessore dell'angolare e della piastra di collegamento |
| α est | [-] | 0.74 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.74 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| Fv,rd,est | [kN] | 103 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni di bordo nella direzione del carico applicato |
| Fv,rd,int | [kN] | 102 | Resistenza a rifollamento in prossimità dei bulloni interni nella direzione del carico applicato |
| η | [-] | 0.16 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |

Verifica per tranciamento a blocco (block tearing)

| | | | |
|---------|--------------------|-------------|--|
| Ant | [mm ²] | 278.8 | Area netta soggetta a trazione (carico eccentrico) |
| Anv | [mm ²] | 914 | Area netta soggetta a taglio |
| Ved | [kN] | 50 | Azione sul collegamento del singolo profilo |
| Veff,rd | [kN] | 248 | Resistenza per tranciamento a blocco (carico eccentrico) |
| η | [-] | 0.20 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |

VERIFICA SLU A COMPLETO RIPRISTINO DEI BULLONI

I bulloni devono essere calcolati per poter assorbire la massima sollecitazione che possono trasmettere i profili

| | | | |
|----------|------|-------------|---|
| Frd,prof | [kN] | 268 | Massimo tra la resistenza a trazione in area netta e la resistenza per instabilità a compressione |
| Frd,bull | [kN] | 275 | Resistenza per rottura a taglio dei bulloni complessiva (Ned / η) |
| η | [-] | 0.98 | Tasso di sfruttamento nei confronti del completo ripristino del bullone |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

13 VERIFICHE DEL DIAFRAMMA DI APPOGGIO

Il diaframma di appoggio svolge le seguenti funzioni:

- Costituisce un “incastro torsionale” per le travate e dunque riporta agli appoggi le azioni torcenti, generate soprattutto dai carichi verticali eccentrici, nella forma di azioni assiali;
- ripartisce sugli appoggi le azioni orizzontali (vento, sisma, centrifuga, serpeggio);
- costituisce il punto di incastro dei martinetti di sollevamento.

Nel presente capitolo si riportano le verifiche più significative del diaframma di appoggio e del collegamento bullonato che lo caratterizza.

Ulteriori verifiche sono riportate in Allegato F .

Nella modellazione e nelle verifiche si è assunta una larghezza collaborante pari **0.88m**, calcolata in accordo a quanto indicato nelle NTC [1].

13.1 Sollecitazioni sul diaframma di appoggio

Di seguito si riportano delle immagini estratte dai vari modelli descritti al capitolo 7, nelle quali sono rappresentati i grafici delle caratteristiche della sollecitazione relative ai due diaframmi di appoggio.

L'elemento a sinistra corrisponde al traverso “lato fisso”, viceversa l'elemento a destra corrisponde al traverso “lato mobile”.

Si riportano i casi di carico più significati.

Da un rapido confronto risulta che la condizione di stato limite ultimo più gravosa è quella corrispondente all'azione sismica trasversale. Per tale combinazione si generano inoltre delle sollecitazioni sul traverso del tipo M_z e V_y (Figura 121), delle quali si è tenuto conto in sede di verifica.

In Figura 121 sono riportate le convenzioni di segno adottate nel modello di calcolo. Le frecce indicano la direzione positiva della corrispondente sollecitazione.

L'asse X locale degli elementi dei traversi è diretto concorde all'asse Y globale, mentre l'asse Z locale è diretto verso l'alto. In Figura 122 e in Figura 123 si riporta rispettivamente la numerazione degli elementi e l'orientamento degli assi locali.

| | | | | |
|--|--|------------------------|---------------------------------------|----------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | | | |
| | <p>Progetto</p> <p>IN17</p> | <p>Lotto</p> <p>10</p> | <p>Codifica</p> <p>EI2CLVI0005006</p> | <p>C</p> |

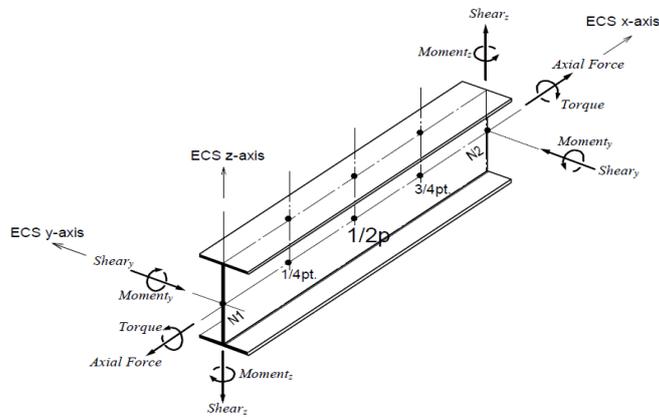


Figura 121 – Convenzioni di segno delle caratteristiche della sollecitazione. $N1=i$ e $N2=j$



Figura 122 – Numerazione degli elementi dei diaframmi di appoggio nel modello



Figura 123 – Assi locali degli elementi dei diaframmi di appoggio nel modello

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

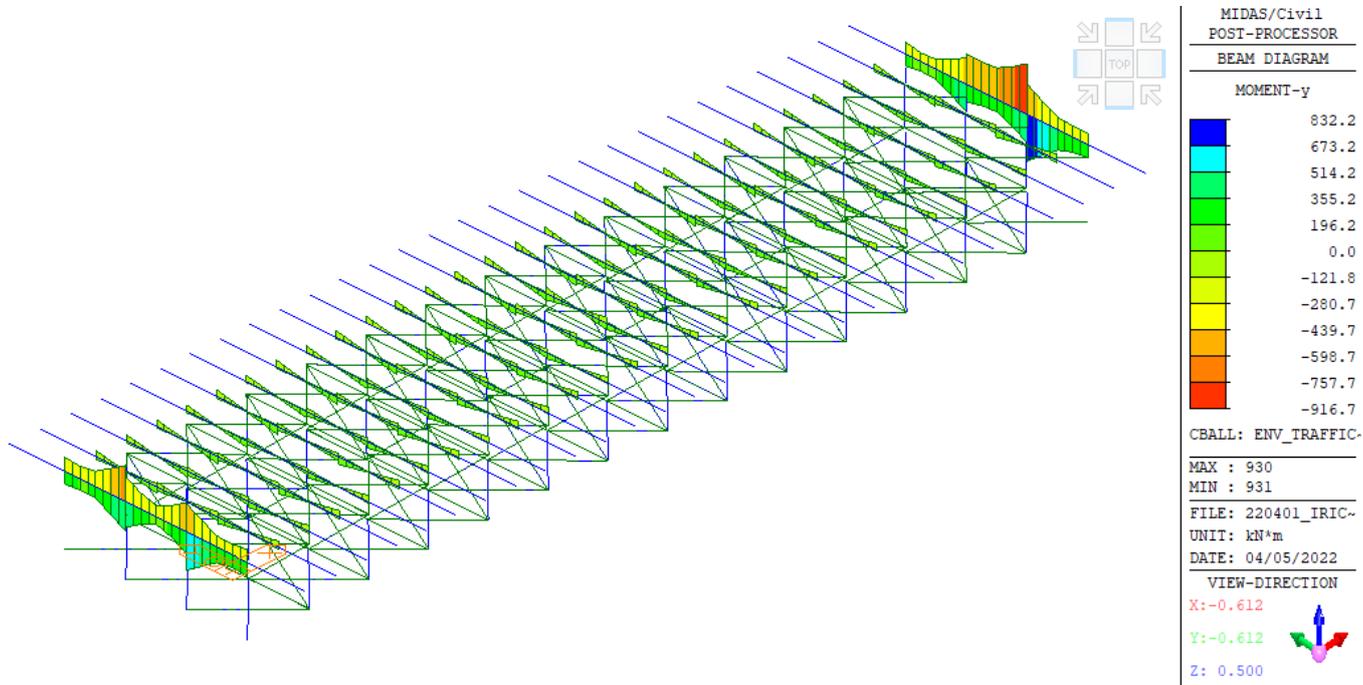


Figura 124 – Involuppo dei gruppi di carico da traffico – Momento flettente M_y sui traversi di appoggio

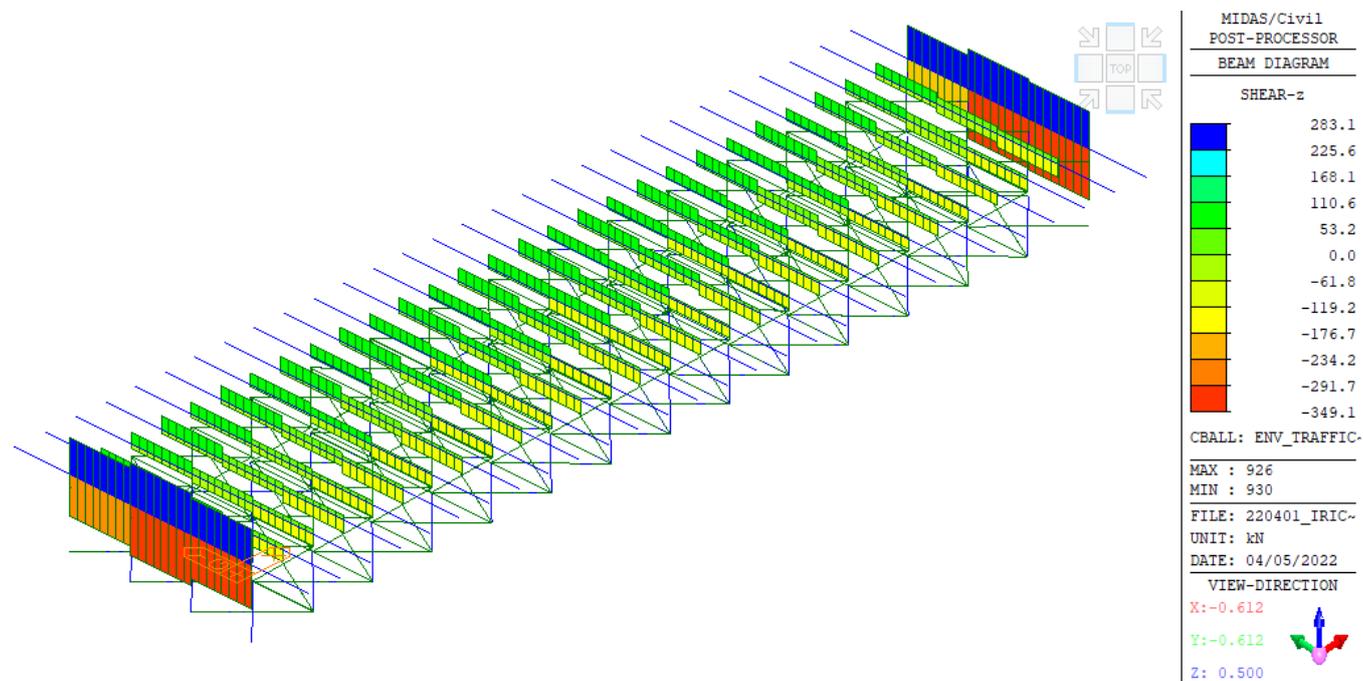


Figura 125 – Involuppo dei gruppi di carico da traffico – Taglio V_z sui traversi di appoggio

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

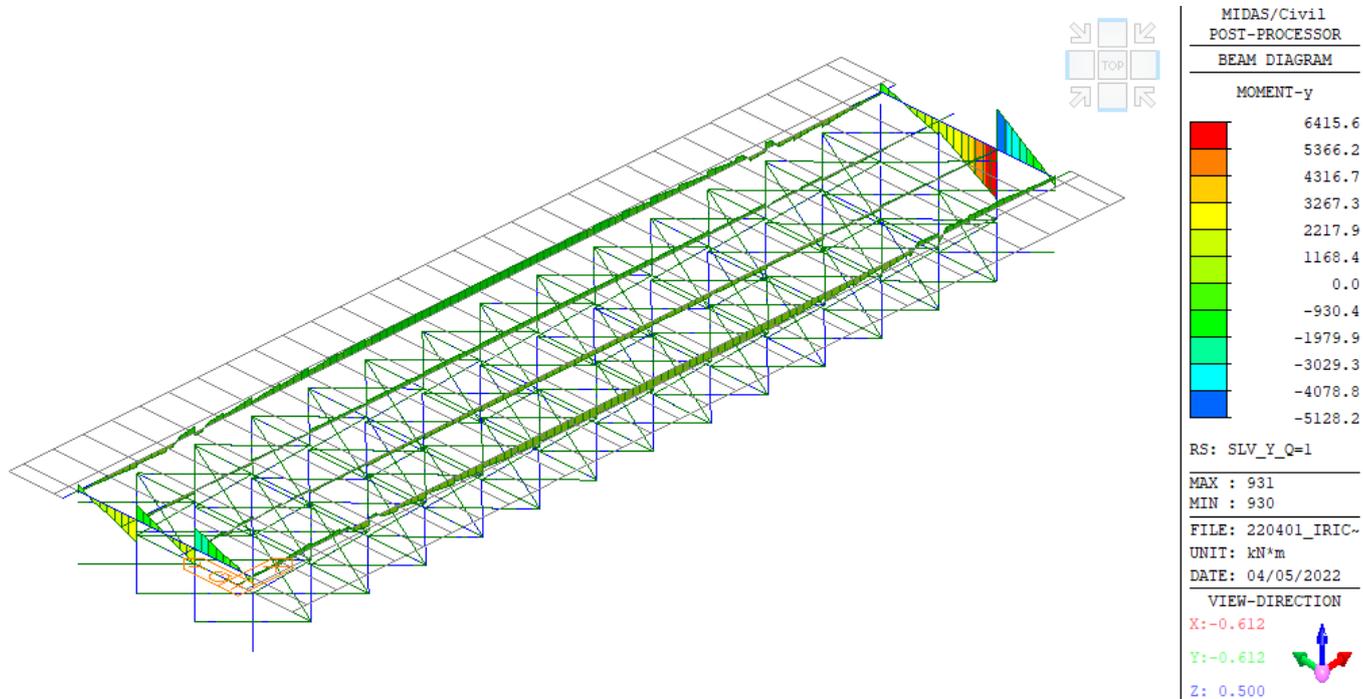


Figura 126 – Sisma trasversale SLV $\xi=5\%$ – Momento flettente M_y sui traversi di appoggio

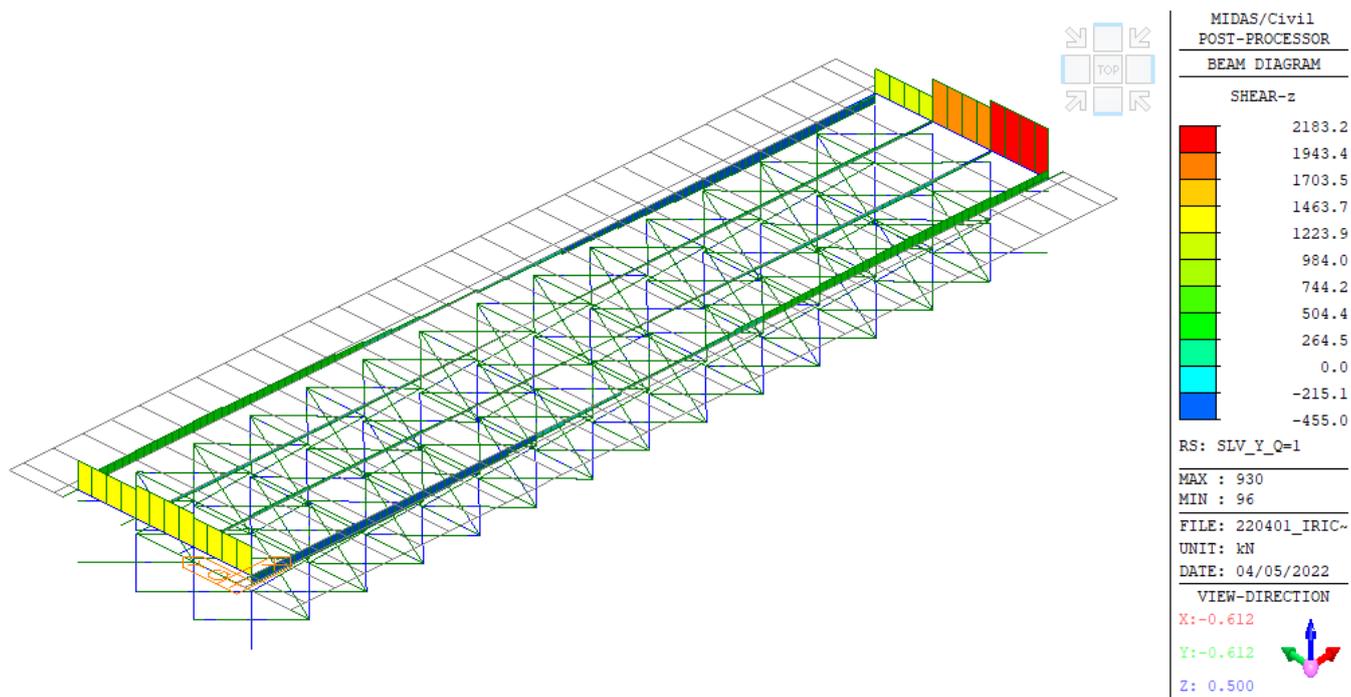


Figura 127 – Sisma trasversale SLV $\xi=5\%$ – Taglio V_z sui traversi di appoggio

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

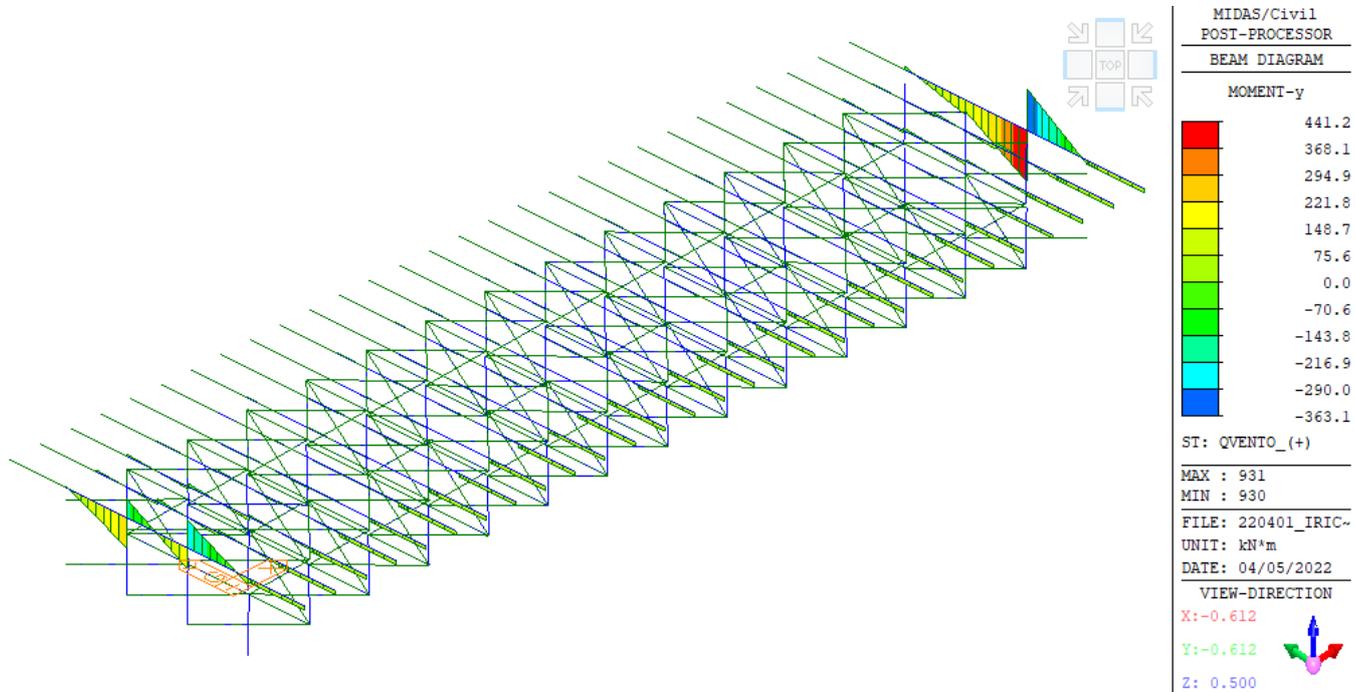


Figura 128 – Vento (+) – Momento flettente M_y sui traversi di appoggio

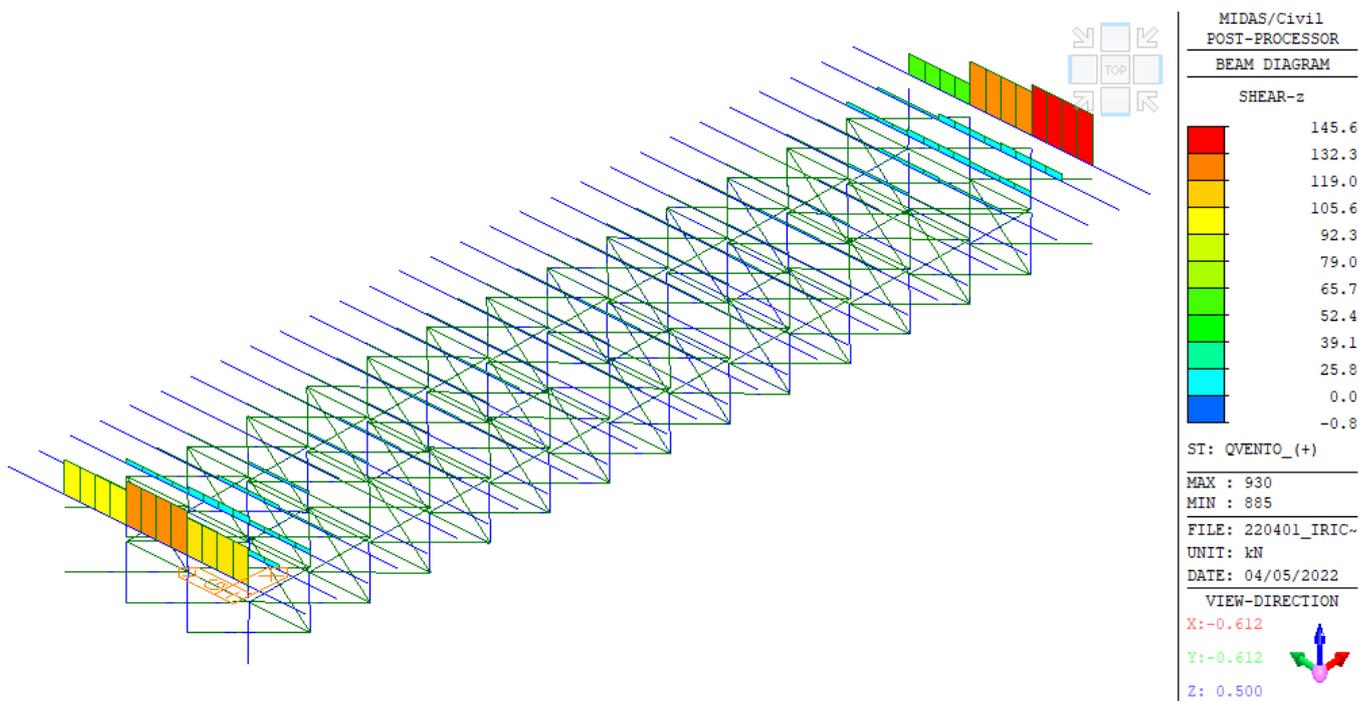


Figura 129 – Vento (+) – Taglio V_z sui traversi di appoggio

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

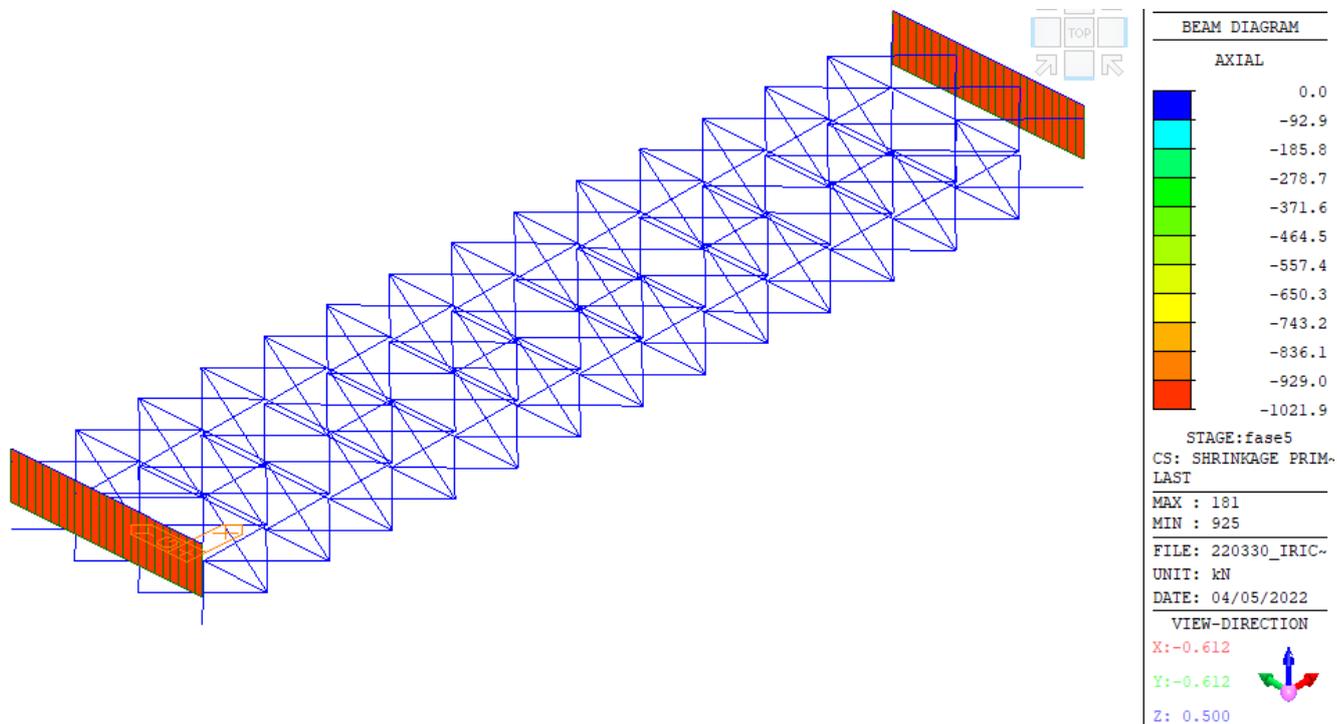


Figura 130 – Ritiro trasversale. Effetto isostatico (primario) – Sforzo normale N sui traversi di appoggio

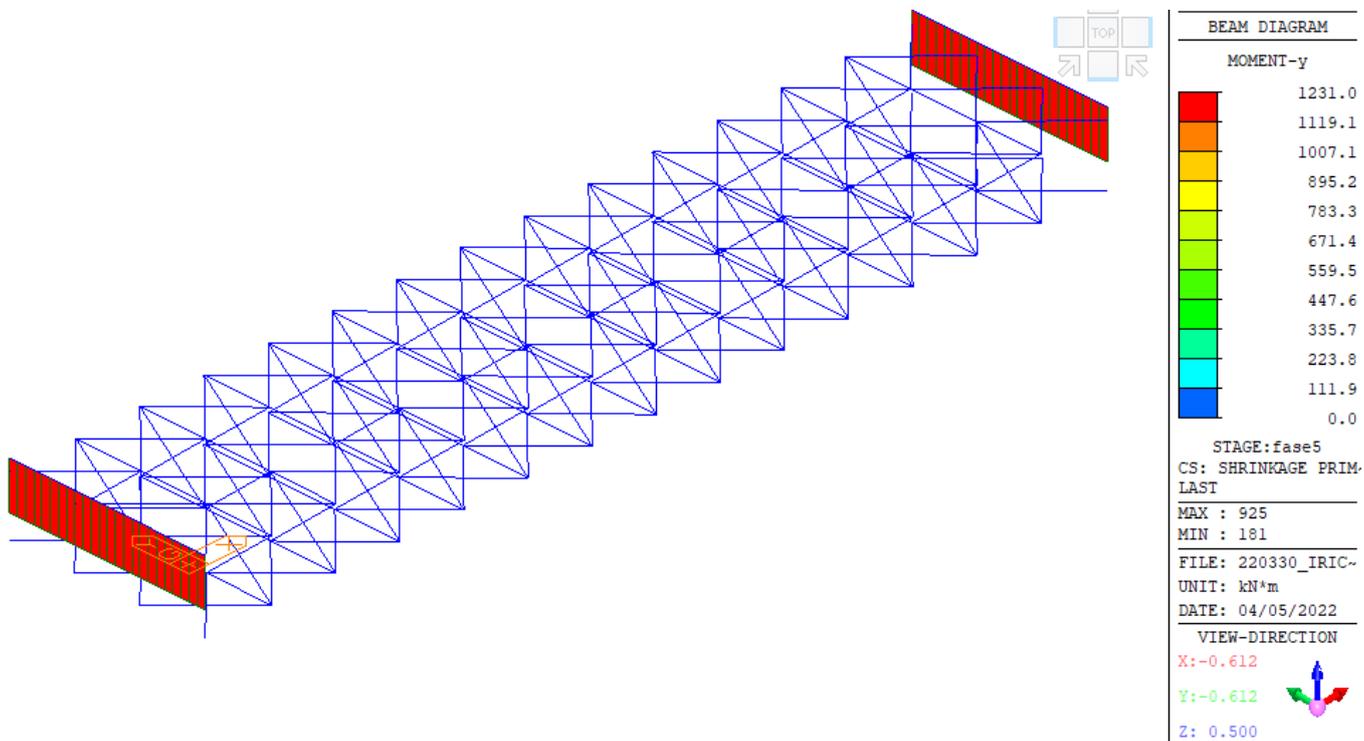


Figura 131 – Ritiro trasversale. Effetto isostatico (primario) – Momento flettente M_y sui traversi di appoggio

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

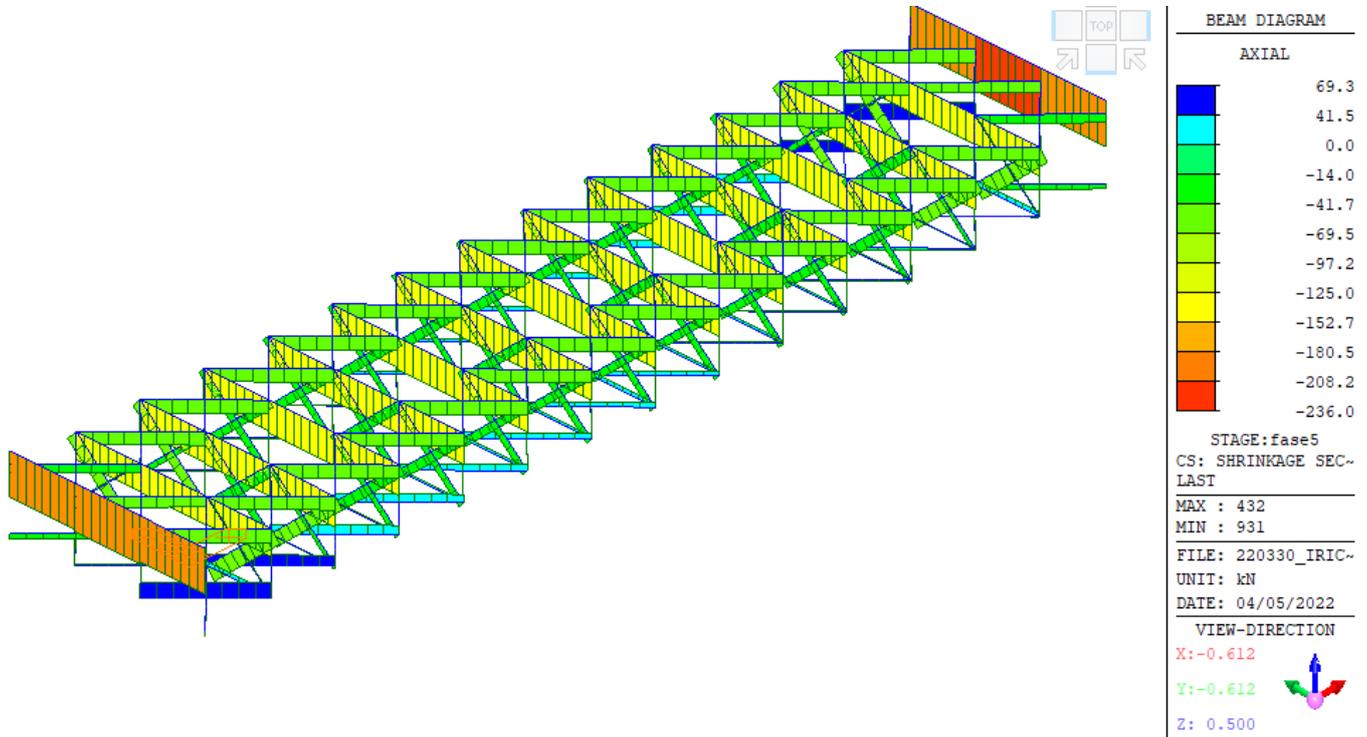


Figura 132 – Ritiro trasversale. Effetto iperstatico (secondario) – Sforzo normale N sui traversi di appoggio

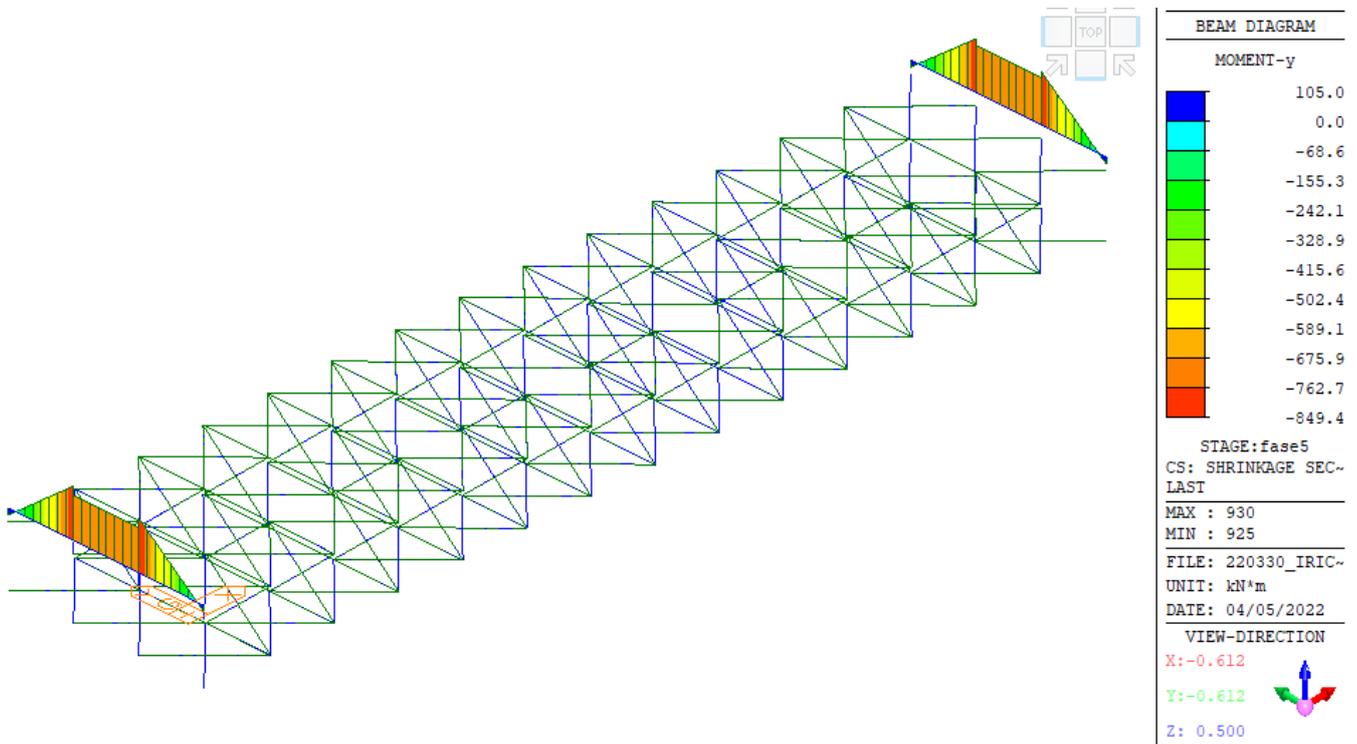


Figura 133 – Ritiro trasversale. Effetto iperstatico (secondario) – Momento flettente M_y sui traversi di appoggio

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

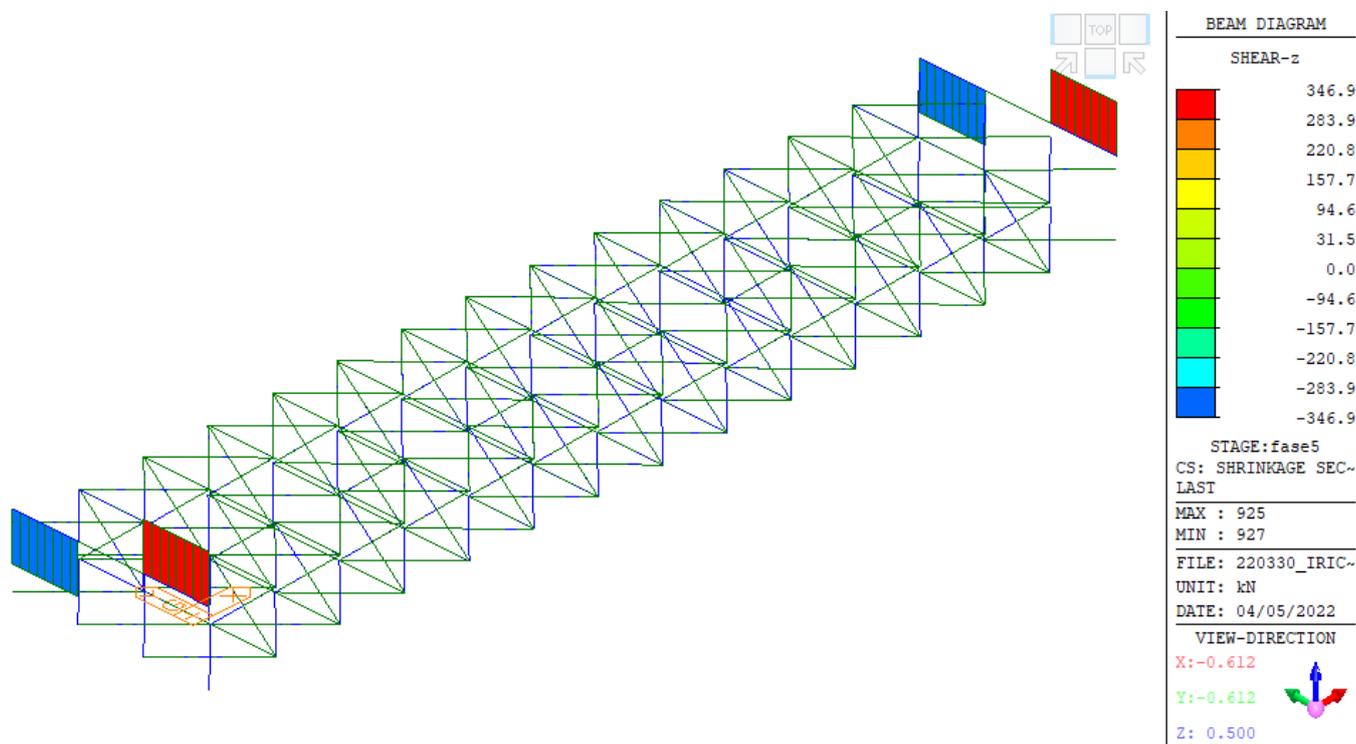


Figura 134 – Ritiro trasversale. Effetto iperstatico (secondario) – Taglio Vz sui traversi di appoggio

Nelle verifiche riportate di seguito sono state assunte come sollecitazioni quelle corrispondenti alle sezioni di attacco con le travi (sollecitazioni massime da modello).

Tale assunzione è certamente a favore di sicurezze in quanto i giunti tra irrigidimento trasversale e traverso si trovano ad una distanza pari a 520mm dall'asse delle travi.

13.1.1 Condizione di sollevamento

Il sollevamento dell'impalcato, ai fini di manutenzione degli apparecchi di appoggio e della sostituzione degli stessi, avviene nelle condizioni di chiusura dell'esercizio.

Vengono disposti una coppia di martinetti per lato di appoggio nella configurazione indicata in Figura 135.

Per il calcolo delle sollecitazioni nelle condizioni di sollevamento è stato realizzato un apposito modello locale costituito da un elemento trave, rappresentativo del traverso, vincolato con delle cerniere in corrispondenza dei martinetti.

Le forze applicate in tale modello locale sono le reazioni derivanti dal modello di carico globale per la condizione di carico SLU $1.35 \cdot G1 + 1.5 \cdot G2 + 1.5 \cdot G2_{ballast}$.

Si riportano le sollecitazioni su entrambi i traversi di appoggio

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

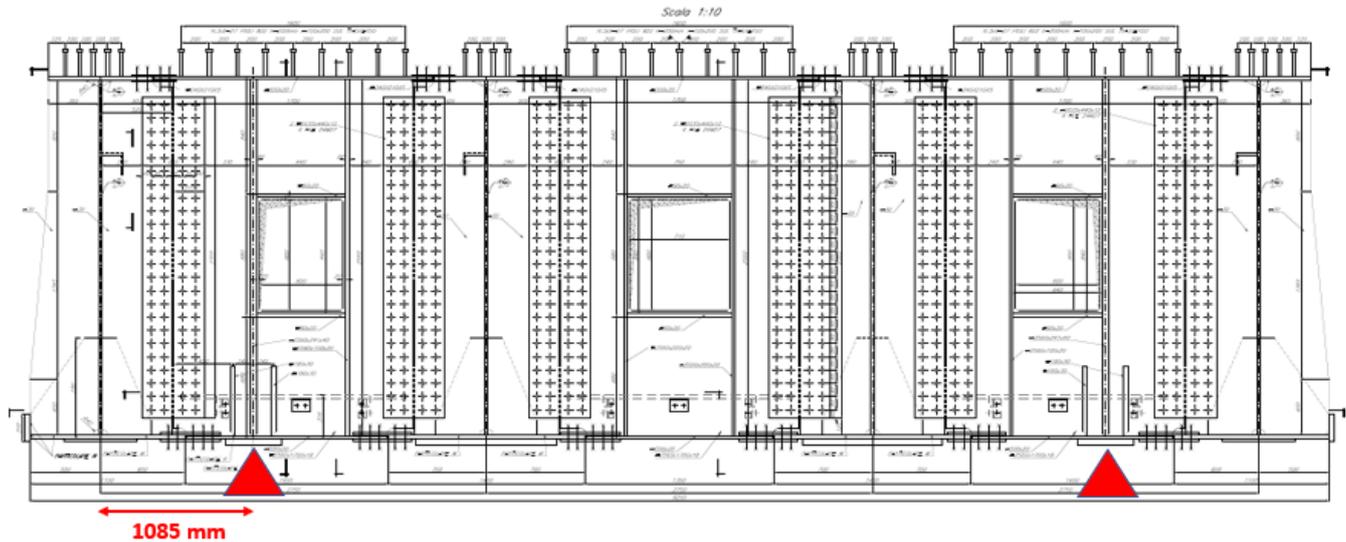


Figura 135 – Schema per il sollevamento dei martinetti

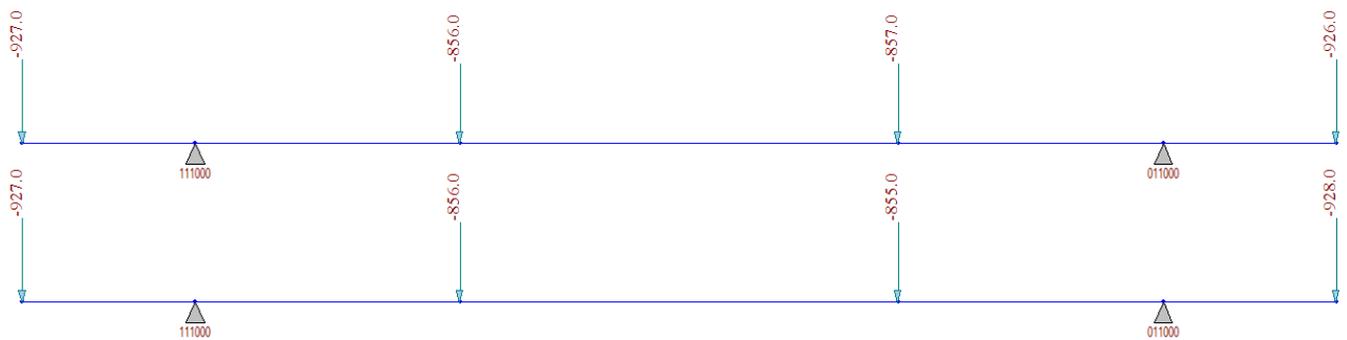


Figura 136 – Modello di calcolo con forze applicate G1

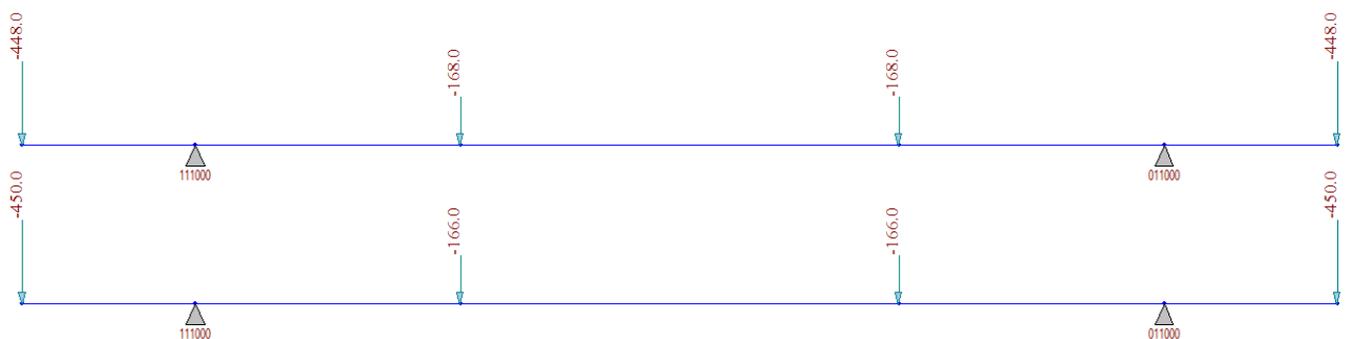


Figura 137 – Modello di calcolo con forze applicate G2

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

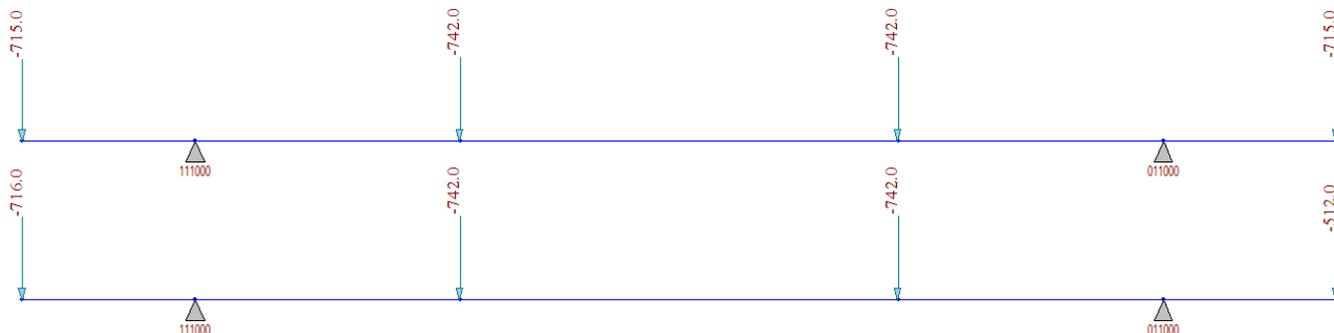


Figura 138 - Modello di calcolo con forze applicate G2_Ballast

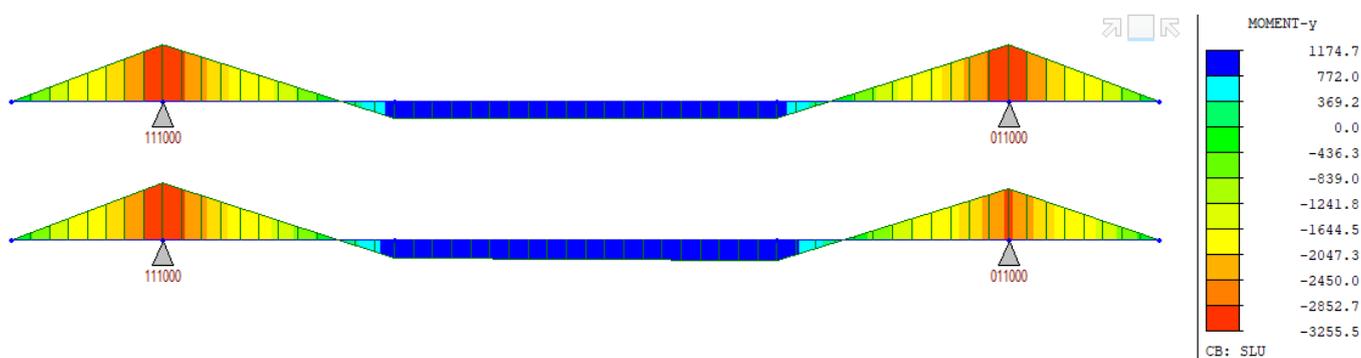


Figura 139 – Condizione di Sollevamento - Momento flettente

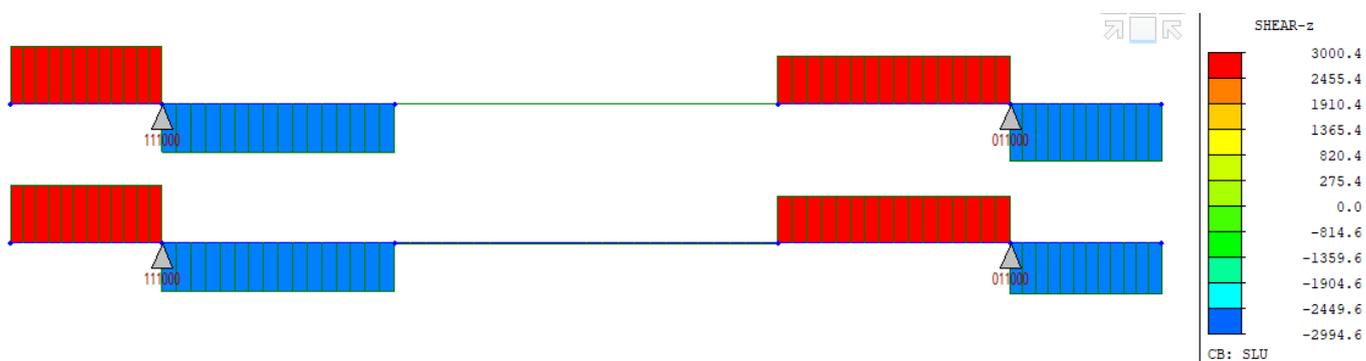


Figura 140 – Condizione di Sollevamento - Taglio verticale

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

13.2 Verifiche sezionali SLU

Si riportano le verifiche SLU del diaframma di appoggio per le combinazioni più gravose (combinazione sismica con sisma principale in direzione trasversale).

Per maggiori indicazioni sulle modalità di verifica si rimanda al capitolo §0 della presente relazione.

13.2.1 Verifica della sezione a "doppio T"

Nel calcolo delle caratteristiche inerziali sono state trascurate le armature presenti in soletta, le quali, a favore di sicurezza, si considerano impegnate per effetti locali.

Si riportano le verifiche a pressoflessione, a taglio e di interazione taglio-momento per la combinazione di carico e per la sezione a cui corrisponde il massimo tasso di sfruttamento (in termini di verifica di interazione taglio-momento, la quale ingloba le due verifiche a taglio e a presso-flessione).

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -19 | -147 | -44 | 0 | -8 | 0 | 0 | -2679 | -2895 |
| Med | [kNm] | -36 | -105 | -190 | 0 | -15 | 0 | 0 | -6842 | -6740 |
| Ved | [kN] | -24 | -37 | -60 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1860 | -1982 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | - |

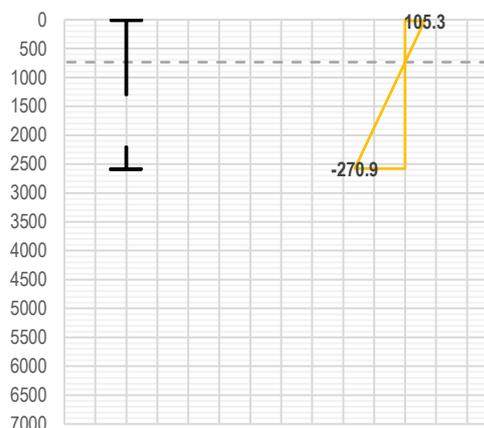
| VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE | | | | | |
|--|-------|-------------|---|---------|---------|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse se tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | 5.5 | Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata | | |
| σ sol,i | [Mpa] | 2.5 | Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata | | |
| Soletta | [-] | Fess | Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata | | |
| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
| Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta \cdot k \cdot A_c$, eff dove $k = b_{lorda} / L_e$ | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 0.479 | 0.479 | 0.479 | 0.479 |
| β^k | [-] | 0.879 | 0.879 | 0.879 | 0.879 |

| CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2018-§4.2.3.1) | | | | | |
|---|-------|----------|--------|--------|---|
| Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta. | | | | | |
| | | Anima | Pb sup | Pb inf | |
| σ sup | [MPa] | 113.1 | 115.5 | -206.5 | Tensione al lembo superiore del pannello |
| σ inf | [Mpa] | -204.0 | 115.5 | -206.5 | Tensione al lembo inferiore del pannello |
| ε | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.814 | Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$ |
| ψ | [-] | -0.554 | - | 1.000 | Rapporto σ max / σ min |
| k | [-] | 1.287 | - | 1.280 | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$ |
| c int / t | [-] | 142.2 | 12.1 | 12.1 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t | [-] | - | 12.1 | 12.1 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 | [-] | 90.3 | - | 14.6 | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. | [-] | 4 | 1 | 3 | Classe del pannello |
| Classe sezione | [-] | 4 | | | Classe della sezione |

| INSTABILITA' LOCALE DEL PANNELLO D'ANIMA. CALCOLO DELLE PORZIONI EFFICACI | | |
|---|------|------|
| Pannello | ID | 1 |
| t | [mm] | 18 |
| a | [mm] | 2750 |
| b | [mm] | 2560 |
| z sup | [mm] | 20 |

| | | | | |
|--|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  IRICAV2 | |  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | |
|------------|-------|--------------|
| z inf | [mm] | 2580 |
| σ sup | [MPa] | 105.3 |
| σ inf | [MPa] | -270.9 |
| ψ | [-] | -0.389 |
| kσ | [-] | 11.733 |
| σ cr,p | [MPa] | 110.1 |
| λp | [-] | 1.797 |
| ρ loc | [-] | 0.512 |
| σ cr,c | [MPa] | 8.1 |
| λc | [-] | 6.607 |
| Φ | [-] | 23.001 |
| χc | [-] | 0.022 |
| ξ | [-] | 1.000 |
| ρc loc | [-] | 0.512 |
| bt | [mm] | 717 |
| bc,sup | [mm] | 1106 |
| bc,inf | [mm] | 737 |
| bc,eff,sup | [mm] | 566 |
| bc,eff,inf | [mm] | 378 |
| h foro | [mm] | 900 |
| z foro | [mm] | 1753 |



INSTABILITÀ DEL PANNELLO D'ANIMA IRRIGIDITO

Calcolo della tensione critica di piastra e del coefficiente di instabilità a piastra del pannello irrigidito

| | |
|--------------|--------------------|
| Irrig. σ < 0 | ID |
| A sl | [mm ²] |
| J sl | [mm ⁴] |
| b1 | [mm] |
| b2 | [mm] |
| a c | [mm] |
| σ cr,p,sl | [MPa] |
| σ cr,p | [MPa] |
| σ cr,p,min | [MPa] |
| β A,c | [-] |
| λp | [-] |
| ψ | [-] |
| ρ | [-] |

Calcolo della tensione critica di colonna e del coefficiente di instabilità a colonna del pannello irrigidito

| | |
|--------------|-------|
| Irrig. σ max | ID |
| σ cr,c,sl | [MPa] |
| σ cr,c | [MPa] |
| α e | [-] |
| λc | [-] |
| Φ | [-] |
| χc | [-] |

Influenza dell'instabilità a colonna sul comportamento post-critico. Interazione tra instabilità di piastra e di colonna

| | |
|-----|-----|
| ξ | [-] |
| ρ c | [-] |

INSTABILITÀ LOCALE DELLE PIATTABANDE

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | |
|----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| t | [mm] | 20 | 20 | 20 | 20 | Spessore piattabanda |
| b | [mm] | 241 | 241 | 241 | 241 | Larghezza piattabanda |
| λp | [-] | - | - | - | - | Snellezza adimensionale per ψ=1 |
| ρ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente riduttivo per instabilità locale |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E |
|---------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| n | [-] | 1E+15 |
| zG | [mm] | 1146 | 1146 | 1146 | 1146 | 1146 | 1146 | 1146 |
| A | [mm ²] | 47469 | 47469 | 47469 | 47469 | 47469 | 47469 | 47469 |
| A n | [mm ²] | 4.75E+19 |
| J | [mm ⁴] | 4.89E+10 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.21E+22 | -3.21E+22 | -3.21E+22 | -3.21E+22 | -3.21E+22 | -3.21E+22 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -3.33E+07 | -3.33E+07 | -3.33E+07 | -3.33E+07 | -3.33E+07 | -3.33E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -4.27E+07 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--|--|--|-------------------|-------|----------------|--|---|--|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |  | | | |
| | | | | | Progetto | Lotto | Codifica | | | | | |
| | | | | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | | C | | | |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| W an,s [mm3] | -4.34E+07 |
| W an,i [mm3] | 3.41E+07 |
| W pb,i [mm3] | 3.36E+07 |
| Δ baricentro [mm] | -154 | -154 | -154 | -154 | -154 | -154 | -154 | -154 | -154 |

| TENSIONI NORMALI - VERIFICA | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|------|------|-----|------|-----|-----|--------|--------|-------|------|--|
| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rd | η1 | |
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 21.3 | 0.00 | |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | 0.1 | 4.8 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 149.1 | 154.2 | 391.3 | 0.39 | |
| σ pb,s [MPa] | 0.5 | -0.6 | 3.5 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 103.9 | 107.5 | 338.1 | 0.32 | |
| σ an,s [MPa] | 0.4 | -0.7 | 3.5 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 101.1 | 104.5 | 338.1 | 0.31 | |
| σ an,i [MPa] | -1.5 | -6.2 | -6.5 | 0.0 | -0.6 | 0.0 | 0.0 | -257.2 | -271.9 | 338.1 | 0.80 | |
| σ pb,i [MPa] | -1.5 | -6.2 | -6.6 | 0.0 | -0.6 | 0.0 | 0.0 | -260.0 | -274.8 | 338.1 | 0.81 | |
| Tasso di sfruttamento η1 | | | | | | | | | | | | |
| η1 [-] | 0.81 | | | | | | | | | | | |

| VERIFICA SLU A TAGLIO | | |
|---|----|--|
| Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima | | |
| Pannello | ID | INTERO |
| bw [mm] | | 2560 |
| t [mm] | | 18 |
| a [mm] | | 2750 |
| η [-] | | 1.20 |
| bw / t [-] | | 142.2 |
| kt [-] | | 8.81 |
| Lim. Verifica [-] | | 48.8 |
| Nec. Verifica [-] | | SI |
| σE [Mpa] | | 9.4 |
| τcr [Mpa] | | 82.6 |
| λw [-] | | 1.575 |
| end post [-] | | Non rigidi |
| Xw [mm] | | 0.527 |
| Vbw,Rd [kN] | | 4524 |
| | | Altezza pannello d'anima |
| | | Spessore pannello d'anima |
| | | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| | | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2019 |
| | | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| | | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| | | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| | | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| | | Tensione critica Euleriana |
| | | Tensione tangenziale critica |
| | | Snellezza adimensionale |
| | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

| Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande | | |
|--|-------------|--|
| A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande | | |
| Verifica a taglio | | |
| Ved [kN] | | -1982 |
| Vb,rd [kN] | | 4524 |
| Vc,rd [kN] | | 8995 |
| | | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| | | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| | | Resistenza a taglio NTC2018 §4.2.4.1.2.4 |
| Tasso di sfruttamento η3 | | |
| η3 [-] | 0.44 | |

| VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO | | |
|--|-------------|---|
| A favore di sicurezza al posto di Mpl,Rd è stato considerato Mel,Rd = Med/η1, per cui η1* = η1 . | | |
| Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, η3* = η3 | | |
| Mf,Rd [kNm] | | -8723 |
| Mel,Rd [kNm] | | -8291 |
| Med / Mf,Rd [-] | | 0.77 |
| η3* [-] | | 0.44 |
| Nec. Interaz. [-] | | NO |
| η1* [-] | | 0.81 |
| | | Momento resistente dato dalle sole flange |
| | | Momento resistente elastico della sezione |
| | | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| | | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| | | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| | | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |
| Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η VM | | |
| η VM [-] | 0.81 | |

Dai risultati emerge che la massima tensione sull'acciaio è pari a:

$$\sigma = 274.8 \text{ MPa}$$

L'azione sismica trasversale genera inoltre delle azioni del tipo Mz (flessione nel piano debole del traverso) e Vy (taglio parallelo alle piattabande) di entità pari a:

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

$$V_y = 26.0 \text{ kN}$$

$$M_z = 39.0 \text{ kN}$$

calcolate rispettivamente nella sezione di massimo taglio V_y e nella sezione di massimo momento M_z . Tali sollecitazioni generano delle tensioni pari a:

$$\sigma = \pm 23.4 \text{ MPa} \quad \text{sui lembi estremi delle piattabande}$$

$$\tau = 1.3 \text{ MPa} \quad \text{sulle piattabande}$$

Si ha dunque una tensione massima uguale a:

$$\sigma = 298.2 \text{ MPa} \quad (\eta_1=0.88)$$

13.2.2 Verifica SLU delle saldature di composizione

Si riportano le verifiche SLU delle saldature di composizione per la combinazione a taglio massimo.

Diaframma Appoggio - Comb.SLV-Vmax (elem. 930-J) (Tempo infinito)

| VERIFICA DELLE SALDATURE ANIMA-PIATTABANDE | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------|-----------|--|------|------|--------------|--------------|------|------|-------|----------|
| CARATTERISTICHE DELLE SALDATURE | | | | | | | | | | | | |
| | | sald, sup | sald, inf | | | | | | | | | |
| a | [mm] | 7.0 | 7.0 | Altezza della sezione di gola | | | | | | | | |
| β_1 | [-] | 0.70 | 0.70 | Coefficiente definito in Tab.4.2.XIX NTC2018 | | | | | | | | |
| τ_{rd} | [MPa] | 248.5 | 248.5 | Tensione tangenziale massima per la verifica | | | | | | | | |
| TENSIONI DI TAGLIO (DA FORMULAZIONE DI JOURAWSKY E BREDT) - VERIFICHE | | | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | Ed | Rd | η_1 |
| $J_y / S_y^* a_{n,s}$ | [mm] | 4917 | 4917 | 4917 | 4917 | 4917 | 4917 | 4917 | 4917 | | | |
| $J_y / S_y^* a_{n,i}$ | [mm] | 3861 | 3861 | 3861 | 3861 | 3861 | 3861 | 3861 | 3861 | | | |
| Ω_{Bredt} | [mm ²] | - | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| Ved | [kN] | 13 | 38 | 51 | 0 | 4 | 341 | 0 | 2189 | 2635 | | |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| q _{an,s} | [N/mm] | 3 | 8 | 10 | 0 | 1 | 69 | 0 | 445 | 536 | | |
| q _{an,i} | [N/mm] | 3 | 10 | 13 | 0 | 1 | 88 | 0 | 567 | 682 | | |
| $\tau // \text{sald},s$ | [MPa] | 0.2 | 0.5 | 0.7 | 0.0 | 0.1 | 4.9 | 0.0 | 31.8 | 38.3 | 248.5 | 0.15 |
| $\tau // \text{sald},i$ | [MPa] | 0.2 | 0.7 | 1.0 | 0.0 | 0.1 | 6.3 | 0.0 | 40.5 | 48.7 | 248.5 | 0.20 |
| Tasso di sfruttamento delle saldature | | | | | | | | | | | | |
| η_{sald} | [-] | 0.20 | | | | | | | | | | |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

13.2.3 Verifica SLU dei connettori trave-soletta e dell'armatura trasversale

Si riportano le verifiche SLU dei pioli e dell'armatura trasversale utile all'assorbimento delle azioni concentrate sui pioli, per la combinazione a taglio massimo.

Diaframma Appoggio - Comb.SLV-Vmax (elem. 930-J) (Tempo infinito)

VERIFICA SLU A SCORRIMENTO DEI PIOLI

IPOTESI DI CALCOLO

In accordo con quanto indicato nelle UNI EN 1994-2, laddove la soletta risulta fessurata, questa si considera comunque come non fessurata.

In tale circostanza, baricentro e inerzia, sono stati calcolati aggiungendo alle proprietà efficaci il contributo della soletta.

Per il calcolo delle proprietà efficaci si rimanda alla verifica SLU-pressoflessione della sezione per la presente combinazione di carichi.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE (EFFICACI SE SEZIONE DI CLASSE 4)

| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E |
|---------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1145 | 775 | 456 | 456 | 456 | 765 | 775 | 456 |
| J | [mm ⁴] | 4.91E+10 | 7.16E+10 | 9.11E+10 | 9.11E+10 | 9.11E+10 | 7.22E+10 | 7.16E+10 | 9.11E+10 |
| S* | [mm ³] | 0.00E+00 | 1.65E+07 | 3.06E+07 | 3.06E+07 | 3.06E+07 | 1.69E+07 | 1.65E+07 | 3.06E+07 |
| Ω Bredt | [mm ²] | - | - | - | - | - | - | - | - |

SCORRIMENTO LEGATO AL TAGLIO VERTICALE

| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed |
|--------|--------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-------|-------|
| Ved | [kN] | 13 | 38 | 51 | 0 | 4 | 341 | 0 | 2189 | 2635 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| q ed,1 | [kN/m] | 0.0 | 8.6 | 17.3 | 0.0 | 1.3 | 79.8 | 0.0 | 736.1 | 843.2 |

SCORRIMENTO LEGATO A EFFETTO PRIMARIO DI RITIRO E VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE TRAVE-SOLETTA

| | | | | | | | | | | |
|---------|--------|-----|---|--|--|--|--|--|--|--|
| Ned,rit | [kN] | 0 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto dell'azione di ritiro | | | | | | | |
| Ned,dt | [kN] | 0 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto della termica differenziale | | | | | | | |
| L diff | [m] | - | Lunghezza di diffusione dell'azione (Ldiff = 3/4*Beff) | | | | | | | |
| q ed,2 | [kN/m] | 0.0 | Scorrimento legato alle azioni concentrate | | | | | | | |

SCORRIMENTO TOTALE - VERIFICA

| | | | | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| q ed,tot | [kN/m] | 843.2 | Scorrimento totale qed,1+qed,2 di progetto | | | | | | | |
| q rd | [kN/m] | 1642.2 | Scorrimento resistente di progetto | | | | | | | |

Tasso di sfruttamento η dei pioli

| | | | | | | | | | | |
|---------|-----|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| η pioli | [-] | 0.51 | | | | | | | | |
|---------|-----|------|--|--|--|--|--|--|--|--|

VERIFICA PER AZIONI CONCENTRATE IN SOLETTA IN CORRISPONDENZA DEI PIOLI

Parametri per il calcolo dello scorrimento sulla sezione di potenziale rottura a-a

| | | | | | | | | | | |
|----------|--------|-------|---|--|--|--|--|--|--|--|
| q,ed,tot | [kN/m] | 843.2 | Scorrimento sollecitante di progetto | | | | | | | |
| σ pb,s | [MPa] | 58.1 | Tensione agente sulla piattabanda superiore | | | | | | | |
| cotg(θf) | [-] | 1.25 | Cotg dell'angolo del puntone di cls: 1≤cotgθ≤2 per flangia compressa; 1≤cotgθ≤1.25 per flangia tesa | | | | | | | |

Verifica dell'armatura trasversale

| | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| (Asf / sf)min | [mm ² /m] | 860 | Armatura trasversale per unità di lunghezza minima | | | | | | | |
| Asf / sf | [mm ² /m] | 1005 | Armatura trasversale per unità di lunghezza presente | | | | | | | |
| η arm | [-] | 0.86 | Tasso di sfruttamento SLU dell'armatura | | | | | | | |

Verifica a schiacciamento del puntone compresso

| | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| hf | [°] | 377.5 | Altezza della soletta (inclusa predalla) | | | | | | | |
| v rd,c | [MPa] | 5.2 | Resistenza a scorrimento per rottura del puntone compresso | | | | | | | |
| v ed | [MPa] | 1.1 | Tensione di scorrimento | | | | | | | |
| η cls | [-] | 0.21 | Tasso di sfruttamento SLU del calcestruzzo | | | | | | | |

Nella zona di appoggio, per un'estensione di circa 2.5 metri, le armature longitudinali sono costituite da $\Phi 16/20\text{cm}$ piuttosto di $\Phi 12/20\text{cm}$ come sono previste nella restante parte dell'impalcato.

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

13.3 Verifiche sezionali SLE

Si riportano le verifiche SLE del diaframma di appoggio per le combinazioni più gravose.

Per maggiori indicazioni sulle modalità di verifica si rimanda al capitolo §9.5 della presente relazione.

13.3.1 Verifica dello stato limite di apertura delle fessure

La verifica per stato limite di apertura delle fessure nella soletta è stata condotta per la combinazione RARA (traffico come gruppo 4) a momento minimo.

Diaframma Appoggio - Comb.SLE-Rara(Fessuraz.)-Mmin (elem. 931-l) (Tempo zero)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE-FREQUENTE SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -19 | -147 | -140 | -80 | -9 | 0 | 0 | 0 | -395 |
| Med | [kNm] | -33 | -82 | -577 | -247 | -16 | 0 | 0 | 0 | -955 |
| Ved | [kN] | -24 | -37 | -186 | -68 | 0 | 0 | 0 | 0 | -316 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | - |

| VERIFICHE SLE TENSIONALI E DI FESSURAZIONE DELLA SOLETTA | | | |
|--|-------|-------------|---|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse se tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | 0.8 | Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| σ sol,i | [Mpa] | 0.4 | Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| Soletta | [-] | Fess | Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|--|-----|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastico: Aeff = beta * Ac,eff | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 0.479 | 0.479 | 0.479 | 0.479 |
| β^k | [-] | - | - | - | - |

INSTABILITÀ LOCALE
Si trascurano gli effetti dell'instabilità locale per uno stato tensionale corrispondente a combinazioni di esercizio

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE LORDE | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | |
| n | [-] | 1E+15 |
| zG | [mm] | 1300 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 |
| A | [mm ²] | 55663 | 57929 | 57929 | 57929 | 57929 | 57929 | 57929 | 57929 | 57929 |
| A n | [mm ²] | 5.57E+19 | 5.79E+19 |
| J | [mm ⁴] | 4.11E+10 | 4.62E+10 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -2.86E+22 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.96E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -3.16E+07 | -3.73E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -3.21E+07 | -3.79E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 3.21E+07 | 3.45E+07 |
| W pb,i | [mm ³] | 3.16E+07 | 3.40E+07 |
| Av | [mm] | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 |

| VERIFICA TENSIONALE SULLA TRAVE | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|--|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rk | Ed/Ek | |
| σ pb,s | [MPa] | 0.7 | -0.3 | 13.1 | 5.2 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.0 | 355.0 | 0.05 | |
| σ an,s | [MPa] | 0.7 | -0.4 | 12.8 | 5.1 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 18.6 | 355.0 | 0.05 | |
| σ an,i | [MPa] | -1.4 | -4.9 | -19.1 | -8.5 | -0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -34.6 | 355.0 | 0.10 | |
| σ pb,i | [MPa] | -1.4 | -5.0 | -19.4 | -8.6 | -0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -35.0 | 355.0 | 0.10 | |
| τ an | [MPa] | -0.5 | -0.8 | -4.0 | -1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -6.9 | 355.0 | 0.02 | |
| oid an,s | [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 22.0 | 355.0 | 0.10 | |
| oid an,i | [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 36.6 | 355.0 | 0.10 | |

Tasso di sfruttamento SLE

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--|---|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|----------|----|-------|
| $\eta_{1,sle}$ | [-] | 0.10 | | | | | | | | | | |
| VERIFICA TENSIONALE IN SOLETTA | | | | | | | | | | | | |
| $\sigma_{sol,s}$ | [MPa] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - | - |
| $\sigma_{arm,s}$ | [MPa] | 0.0 | 0.3 | 17.1 | 7.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 24.7 | - | - |
| VERIFICA PER STATO LIMITE DI FESSURAZIONE | | | | | | | | | | | | |
| $\rho_{eff,s}$ | [-] | 0.011 Rapporto tra area di armatura superiore e area di calcestruzzo efficace ad essa corrispondente | | | | | | | | | | |
| $\rho_{eff,i}$ | [-] | 0.015 Rapporto tra area di armatura inferiore e area di calcestruzzo efficace ad essa corrispondente | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | Ed | Rk | Ed/Ek |
| kt | [-] | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | | | |
| n | [-] | 1E+15 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | | | |
| $\sigma_{arm,s}$ | [MPa] | 0.0 | 0.3 | 17.1 | 7.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| $\sigma_{arm,i}$ | [MPa] | 0.0 | -0.2 | 14.0 | 5.6 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| $\epsilon_{sm,s}$ | [-] | 0.00E+00 | 7.26E-07 | 4.88E-05 | 1.99E-05 | 1.10E-06 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 7.05E-05 | | |
| $\epsilon_{sm,i}$ | [-] | 0.00E+00 | -5.29E-07 | 4.00E-05 | 1.61E-05 | 8.57E-07 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 5.65E-05 | | |
| $\Delta_{sm,s}$ | [mm] | 415.9 | Distanza media tra le fessure - armatura superiore | | | | | | | | | |
| $\Delta_{sm,i}$ | [mm] | 290.8 | Distanza media tra le fessure - armatura inferiore | | | | | | | | | |
| w _{k,s} | [mm] | 0.05 | Ampiezza caratteristica delle fessure - armatura superiore | | | | | | | | | |
| w _{k,i} | [mm] | 0.03 | Ampiezza caratteristica delle fessure - armatura inferiore | | | | | | | | | |
| w _{lim} | [mm] | 0.20 | Limite consentito di apertura delle fessure per lo stato limite considerato | | | | | | | | | |
| Ver. SI/NO? | [-] | SI Verifica soddisfatta? | | | | | | | | | | |

13.3.2 Verifica dello stato limite di limitazione delle tensioni

La verifica per stato limite di limitazione delle tensioni, è stata condotta per la combinazione a momento minimo (a tempo infinito e a tempo zero) e a momento massimo.

La verifica dello stato tensionale nel calcestruzzo per la combinazione rara e quasi permanente si omette in quanto la verifica è risultata ampiamente soddisfatta.

Traverso_Pila - Comb.SLE-Mmin (elem. 931-I) (Tempo zero)

| | | | | | | | | | | |
|---|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|-------|
| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE-CARATTERISTICA SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -19 | -147 | -218 | -80 | -9 | 0 | 0 | 0 | -473 |
| Med | [kNm] | -33 | -82 | -917 | -247 | -16 | 0 | 0 | 0 | -1295 |
| Ved | [kN] | -24 | -37 | -299 | -68 | 0 | 0 | 0 | 0 | -429 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ_{sol} | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| | | | | | | | | | | |
|--|-------|---|---------|---|---------|--|--|--|--|--|
| VERIFICHE SLE TENSIONALI E DI FESSURAZIONE DELLA SOLETTA | | | | | | | | | | |
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse se tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | | | | | | | | |
| $\sigma_{sol,s}$ | [Mpa] | 1.2 | | Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata | | | | | | |
| $\sigma_{sol,i}$ | [Mpa] | 0.6 | | Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata | | | | | | |
| Soletta | [-] | Fess Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata | | | | | | | | |
| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | | | | | | |
| Criterio di calcolo elastico: $A_{eff} = \beta \cdot A_c$ | | | | | | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | | | | | |
| β | [-] | 0.479 | 0.479 | 0.479 | 0.479 | | | | | |
| β^*k | [-] | - | - | - | - | | | | | |

INSTABILITÀ LOCALE

Si trascurano gli effetti dell'instabilità locale per uno stato tensionale corrispondente a combinazioni di esercizio

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|-------|--|
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE LORDE | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | |
| n | [-] | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | |
| zG | [mm] | 1300 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | 1240 | |
| A | [mm ²] | 55663 | 57929 | 57929 | 57929 | 57929 | 57929 | 57929 | 57929 | |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | C |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| An | [mm ²] | 5.57E+19 | 5.79E+19 |
| J | [mm ⁴] | 4.11E+10 | 4.62E+10 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -2.86E+22 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.96E+07 |
| W pb,s | [mm ³] | -3.16E+07 | -3.73E+07 |
| W an,s | [mm ³] | -3.21E+07 | -3.79E+07 |
| W an,i | [mm ³] | 3.21E+07 | 3.45E+07 |
| W pb,i | [mm ³] | 3.16E+07 | 3.40E+07 |
| Av | [mm] | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 | 46080 |

| VERIFICA TENSIONALE SULLA TRAVE | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|--|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rk | Ed/Ek | |
| σ pb,s | [MPa] | 0.7 | -0.3 | 20.8 | 5.2 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 26.7 | 355.0 | 0.08 | |
| σ an,s | [MPa] | 0.7 | -0.4 | 20.4 | 5.1 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 26.2 | 355.0 | 0.07 | |
| σ an,i | [MPa] | -1.4 | -4.9 | -30.3 | -8.5 | -0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -45.8 | 355.0 | 0.13 | |
| σ pb,i | [MPa] | -1.4 | -5.0 | -30.7 | -8.6 | -0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -46.4 | 355.0 | 0.13 | |
| τ an | [MPa] | -0.5 | -0.8 | -6.5 | -1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -9.3 | 355.0 | 0.03 | |
| σ id an,s | [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 30.7 | 355.0 | 0.14 | |
| σ id an,i | [MPa] | - | - | - | - | - | - | - | - | 48.5 | 355.0 | 0.14 | |
| Tasso di sfruttamento SLE | | | | | | | | | | | | | |
| η _{1,sle} | [-] | 0.14 | | | | | | | | | | | |
| VERIFICA TENSIONALE IN SOLETTA | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol,s | [MPa] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.2 | SI | |
| σ arm,s | [MPa] | 0.0 | 0.3 | 27.2 | 7.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 34.8 | 360.0 | SI | |

13.3.3 Verifica SLE dei connettori trave-soletta

Si riportano le verifiche SLE dei pioli per la combinazione a taglio massimo.

Diaframma Appoggio - Comb.SLE-Vmax (elem. 925-I) (Tempo infinito)

| VERIFICA SLE A SCORRIMENTO DEI PIOLI | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|----------|---|--|----------|----------|----------|----------|----------|-------|--|--|--|
| IPOTESI DI CALCOLO | | | | | | | | | | | | | |
| In accordo con quanto indicato nelle UNI EN 1994-2, laddove la soletta risulta fessurata, questa si considera comunque come non fessurata. | | | | | | | | | | | | | |
| In tale circostanza, baricentro e inerzia, sono stati calcolati aggiungendo alle proprietà efficaci il contributo della soletta. | | | | | | | | | | | | | |
| Per il calcolo delle proprietà efficaci si rimanda alla verifica SLU-pessoflessione della sezione per la presente combinazione di carichi. | | | | | | | | | | | | | |
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE (EFFICACI SE SEZIONE DI CLASSE 4) | | | | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | | | | |
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 | | | | |
| zG | [mm] | 1300 | 935 | 629 | 629 | 629 | 926 | 935 | 629 | | | | |
| J | [mm ⁴] | 4.99E+10 | 8.37E+10 | 1.12E+11 | 1.12E+11 | 1.12E+11 | 8.45E+10 | 8.37E+10 | 1.12E+11 | | | | |
| S* | [mm ³] | 0.00E+00 | 2.23E+07 | 4.09E+07 | 4.09E+07 | 4.09E+07 | 2.28E+07 | 2.23E+07 | 4.09E+07 | | | | |
| Ω Bredt | [mm ²] | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| SCORRIMENTO LEGATO AL TAGLIO VERTICALE | | | | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | | | |
| Ved | [kN] | -35 | -36 | 247 | 65 | 8 | 694 | 0 | 0 | 942 | | | |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| q ed,1 | [kN/m] | 0.0 | -9.7 | 89.9 | 23.5 | 3.0 | 187.2 | 0.0 | 0.0 | 293.9 | | | |
| SCORRIMENTO LEGATO A EFFETTO PRIMARIO DI RITIRO E VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE TRAVE-SOLETTA | | | | | | | | | | | | | |
| Ned,rit | [kN] | 0 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto dell'azione di ritiro | | | | | | | | | | |
| Ned,dt | [kN] | 0 | Azioni assiale trasferita tra trave e soletta per effetto della termica differenziale | | | | | | | | | | |
| L diff | [m] | - | Lunghezza di diffusione dell'azione (Ldiff = 3/4*Beff) | | | | | | | | | | |
| q ed,2 | [kN/m] | 0.0 | Scorrimento legato alle azioni concentrate | | | | | | | | | | |
| SCORRIMENTO TOTALE - VERIFICA | | | | | | | | | | | | | |
| q ed,tot | [kN/m] | 293.9 | | Scorrimento totale qed,1+qed,2 di progetto | | | | | | | | | |
| q rd | [kN/m] | 1642.2 | | Scorrimento resistente di progetto | | | | | | | | | |
| Tasso di sfruttamento η dei pioli (deve essere minore di 0.60) | | | | | | | | | | | | | |
| η pioli | [-] | 0.18 | | | | | | | | | | | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

13.4 Verifica del giunto bullonato

Le verifiche dei collegamenti sono state eseguite in accordo con le NTC [1] e con le UNI EN 1993-1-8 [8].

Per la valutazione delle azioni sui giunti si è tenuto conto del momento di trasporto generato dalla distanza tra gli assi delle due bullonature costituenti il giunto.

Come prescritto al §2.5.2.3.6.1 del MDP RFI [2], i coprigiunti e i bulloni sono stati dimensionati in base al massimo sforzo trasmissibile dagli elementi collegati (verifica a completo ripristino).

Nelle verifiche SLU per i bulloni si è assunto un comportamento a taglio, nelle verifiche SLE si è assunto un comportamento ad attrito.

In accordo con quanto indicato al 2.5.2.3.6.2 del MDP RFI [2], la resistenza a taglio dei bulloni è stata abbattuta del 15%.

I bulloni sono della classe 10.9. In accordo a quanto indicato nel MDP RFI [2] le verifiche sono state condotte assumendo una classe 8.8.

Si riporta la verifica per la combinazione risultata essere più sfavorevole in termini di tasso di sfruttamento del giunto.

| VERIFICA DEL GIUNTO SULL'ANIMA | | | |
|--|--------------------|-----------|---|
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PANNELLO | | | |
| t | [mm] | 18 | Spessore del pannello |
| b | [mm] | 2540 | Larghezza/altezza del pannello |
| d | [mm] | 225 | Distanza tra i baricentri delle bullonature |
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL GIUNTO | | | |
| Caratteristiche della bullonatura | | | |
| Classe | [-] | 8.8 | Classe bulloni |
| φb | [mm] | M27 | Diametro bulloni |
| Ares,nom | [mm ²] | 573 | Area resistente nominale del singolo bullone |
| Ares | [mm ²] | 459 | Area resistente nella zona filettata del singolo bullone |
| Fp,cd | [kN] | 234 | Forza di precarico del bullone |
| d0 | [mm] | 27.5 | Diametro del foro |
| nb fila1 | [-] | 24 | Numero di bulloni sulla prima fila |
| nb fila2 | [-] | 24 | Numero di bulloni sulla seconda fila |
| nb fila3 | [-] | 0 | Numero di bulloni sulla terza fila |
| nb fila4 | [-] | 0 | Numero di bulloni sulla quarta fila |
| nb fila5 | [-] | 0 | Numero di bulloni sulla quinta fila |
| n tot | [-] | 48 | Numero bulloni totali |
| e1 | [mm] | 60 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione di applicazione del carico |
| e2 | [mm] | 60 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione ortogonale al carico |
| p1 | [mm] | 95 | Interasse bulloni nella direzione di applicazione del carico |
| p2 | [mm] | 95 | Interasse bulloni nella direzione ortogonale al carico |
| Caratteristiche dei coprigiunti | | | |
| n cg | [mm] | 2 | Numero di coprigiunti |
| b cg | [mm] | 2305 | Larghezza/altezza dei coprigiunti |
| t cg | [mm] | 12 | Spessore dei coprigiunti |
| VERIFICA SLU DEL PANNELLO IN CORRISPONDENZA DEL GIUNTO | | | |
| Tensioni agenti sulla sezione lorda del pannello e sollecitazioni interne totali | | | |
| σ 1 | [Mpa] | 104.5 | Tensione assiale sulla fibra 1 della sezione lorda del pannello |
| σ 2 | [Mpa] | -271.9 | Tensione assiale sulla fibra 2 della sezione lorda del pannello |
| τ media | [Mpa] | -43.0 | Tensione tangenziale media sulla sezione lorda del pannello |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | |
|---|--------------------|---------------|---|
| yn | [mm] | -565 | Posizione asse neutro rispetto al baricentro della sezione lorda (yn positivo se compreso tra baricentro e fibra "2") |
| Ned | [kN] | -3827 | Sforzo normale agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med | [kNm] | -3643 | Momento flettente agente sulla sezione lorda del pannello |
| Ved | [kN] | -1966 | Taglio agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med_bull | [kNm] | -3864 | Momento flettente agente sulla bullonature (comprensivo di eventuali componenti parassite legate al taglio) |
| Verifica in area netta del pannello (fori solo in zona tesa) | | | |
| A netta | [mm ²] | 42750 | Area netta del pannello |
| S netta | [mm ³] | 2539350 | Momento statico della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (se positivo indica fori in trazione verso la fibra 1) |
| Δyg netta | [mm] | 59 | Shift del baricentro della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (positivo se verso fibra 2) |
| J netta | [mm ⁴] | 2.2174E+10 | Inerzia netta del pannello |
| σ 1_netta | [Mpa] | 142.2 | Tensione sul lembo 1 del pannello in area netta |
| σ 2_netta | [Mpa] | -300.5 | Tensione sul lembo 2 del pannello in area netta |
| fyd | [Mpa] | 338.1 | Tensione di snervamento (si assume come limite fyd a favore di sicurezza) |
| η | [-] | 0.89 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |
| Massimo taglio agente sul singolo bullone | | | |
| F x (Ned) | [kN] | 80 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F x (Med) | [kN] | 202 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Med) | [kN] | 9 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Ved) | [kN] | 41 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal taglio |
| F ed | [kN] | 286 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |
| Verifica per rifollamento del pannello | | | |
| t | [mm] | 18 | Spessore dell'elemento |
| α est | [-] | 0.73 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.90 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k est | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| k int | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni interni nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| Fb,rd | [kN] | 306 | Resistenza a rifollamento minima |
| Fed | [kN] | 286 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.93 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |
| VERIFICA SLU DEL GIUNTO A COMPLETO RIPRISTINO | | | |
| Sollecitazioni sul giunto corrispondenti alla resistenza ultima della sezione lorda della trave | | | |
| η sez | [-] | 0.89 | Tasso di sfruttamento SLU della sezione netta della trave |
| Ned | [kN] | -4306 | Sforzo normale agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med | [kNm] | -4099 | Momento flettente agente sulla sezione lorda del pannello |
| Ved | [kN] | -2212 | Taglio agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med_bull | [kNm] | -4348 | Momento flettente agente sulla bullonature (comprensivo di eventuali componenti parassite legate al taglio) |
| Verifica in area netta dei coprigiunti (fori solo in zona tesa) | | | |
| A netta | [mm ⁴] | 51360 | Area netta totale dei coprigiunti |
| S netta | [mm ³] | 3385800 | Momento statico della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (se positivo indica trazione sulla fibra 1) |
| Δyg netta | [mm] | 66 | Shift del baricentro della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (positivo se verso fibra 2) |
| J netta | [mm ⁴] | 2.1262E+10 | Inerzia netta totale dei coprigiunti |
| σ 1_netta | [Mpa] | 165.3 | Tensione sul lembo 1 dei coprigiunti in area netta |
| σ 2_netta | [Mpa] | -306.0 | Tensione sul lembo 2 dei coprigiunti in area netta |
| fyd | [Mpa] | 338 | Tensione di snervamento |
| η | [-] | 0.91 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |
| Massimo taglio agente sul singolo bullone | | | |
| F x (Ned) | [kN] | 90 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F x (Med) | [kN] | 228 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Med) | [kN] | 10 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Ved) | [kN] | 46 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal taglio |
| F ed | [kN] | 322 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |
| Verifica per rottura a taglio del bullone | | | |
| n piani taglio | [-] | 2 | Numeri di piani di taglio resistenti del bullone |
| Fv,rd | [kN] | 187 | Resistenza del singolo bullone (singolo piano di taglio) |
| Fed | [kN] | 161 | Taglio agente sul singolo bullone |
| η | [-] | 0.86 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |
| Verifica per rifollamento del coprigiunto | | | |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|--------------|-------------|-------------|--|
| t | [mm] | 12 | Spessore dell'elemento |
| α est | [-] | 0.73 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.90 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k est | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| k int | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni interni nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| Fb,rd | [kN] | 204 | Resistenza a rifollamento minima |
| Fed | [kN] | 161 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.79 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |

VERIFICA SLE DEL GIUNTO

Sollecitazioni sul giunto corrispondenti alla combinazione SLE

| | | | |
|--------------|-------|--------|---|
| σ 1 | [Mpa] | 23.94 | Tensione assiale sulla fibra 1 della sezione lorda del pannello |
| σ 2 | [Mpa] | -31.60 | Tensione assiale sulla fibra 2 della sezione lorda del pannello |
| τ media | [Mpa] | -8.70 | Tensione tangenziale media sulla sezione lorda del pannello |
| Ned | [kN] | -175 | Sforzo normale agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med | [kNm] | -537 | Momento flettente agente sulla sezione lorda del pannello |
| Ved | [kNm] | -398 | Momento flettente agente sulla bullonature (comprensivo di eventuali componenti parassite legate al taglio) |
| Med_bull | [kN] | -493 | Taglio agente sulla sezione lorda del pannello |

Massimo taglio agente sul singolo bullone

| | | | |
|-------------|-------------|-----------|---|
| F x (Ned) | [kN] | 4 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F x (Med) | [kN] | 26 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Med) | [kN] | 1 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Ved) | [kN] | 8 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal taglio |
| F ed | [kN] | 31 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |

Verifica a scorrimento

| | | | |
|--------------|-------------|-------------|--|
| Fs,rd | [kN] | 127 | Resistenza a scorrimento del singolo bullone |
| Fed | [kN] | 31 | Taglio di progetto sul singolo bullone |
| η | [-] | 0.24 | Tasso di sfruttamento per scorrimento |

VERIFICA DEL GIUNTO SULLA PIATTABANDA INFERIORE

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PANNELLO

| | | | |
|---|------|-----|---|
| t | [mm] | 20 | Spessore del pannello |
| b | [mm] | 500 | Larghezza/altezza del pannello |
| d | [mm] | 195 | Distanza tra i baricentri delle bullonature |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL GIUNTO

Caratteristiche della bullonatura

| | | | |
|--------------|--------------------|-------------|---|
| Classe | [-] | 8.8 | Classe bulloni |
| ϕ b | [mm] | M27 | Diametro bulloni |
| Ares,nom | [mm ²] | 573 | Area resistente nominale del singolo bullone |
| Ares | [mm ²] | 459 | Area resistente nella zona filettata del singolo bullone |
| Fp,cd | [kN] | 234 | Forza di precarico del bullone |
| d0 | [mm] | 27.5 | Diametro del foro |
| nb fila1 | [-] | 6 | Numero di bulloni sulla prima fila |
| nb fila2 | [-] | 6 | Numero di bulloni sulla seconda fila |
| nb fila3 | [-] | 0 | Numero di bulloni sulla terza fila |
| nb fila4 | [-] | 0 | Numero di bulloni sulla quarta fila |
| nb fila5 | [-] | 0 | Numero di bulloni sulla quinta fila |
| n tot | [-] | 12 | Numero bulloni totali |
| e1 | [mm] | 50 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione di applicazione del carico |
| e2 | [mm] | 40 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione ortogonale al carico |
| p1 | [mm] | 70 | Interasse bulloni nella direzione di applicazione del carico |
| p2 | [mm] | 90 | Interasse bulloni nella direzione ortogonale al carico |

Caratteristiche dei coprigiunti

| | | | |
|------|------|------------|-----------------------------------|
| n cg | [mm] | 2 | Numero di coprigiunti |
| b cg | [mm] | 520 | Larghezza/altezza dei coprigiunti |
| t cg | [mm] | 16 | Spessore dei coprigiunti |

VERIFICA SLU DEL PANNELLO IN CORRISPONDENZA DEL GIUNTO

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| Tensioni agenti sulla sezione lorda del pannello e sollecitazioni interne totali | | | |
|---|--------------------|------------|---|
| $\sigma 1$ | [Mpa] | -251.4 | Tensione assiale sulla fibra 1 della sezione lorda del pannello |
| $\sigma 2$ | [Mpa] | -298.2 | Tensione assiale sulla fibra 2 della sezione lorda del pannello |
| τ media | [Mpa] | 1.3 | Tensione tangenziale media sulla sezione lorda del pannello |
| y_n | [mm] | -2936 | Posizione asse neutro rispetto al baricentro della sezione lorda (y_n positivo se compreso tra baricentro e fibra "2") |
| Ned | [kN] | -2748 | Sforzo normale agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med | [kNm] | -20 | Momento flettente agente sulla sezione lorda del pannello |
| Ved | [kN] | 13 | Taglio agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med_bull | [kNm] | -21 | Momento flettente agente sulla bullonature (comprensivo di eventuali componenti parassite legate al taglio) |
| Verifica in area netta del pannello (fori solo in zona tesa) | | | |
| A netta | [mm ²] | 10000 | Area netta del pannello |
| S netta | [mm ³] | 0 | Momento statico della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (se positivo indica fori in trazione verso la fibra 1) |
| Δy_g netta | [mm] | 0 | Shift del baricentro della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (positivo se verso fibra 2) |
| J netta | [mm ⁴] | 2.0833E+08 | Inerzia netta del pannello |
| $\sigma 1_{netta}$ | [Mpa] | -249.9 | Tensione sul lembo 1 del pannello in area netta |
| $\sigma 2_{netta}$ | [Mpa] | -299.8 | Tensione sul lembo 2 del pannello in area netta |
| f_{yd} | [Mpa] | 338.1 | Tensione di snervamento (si assume come limite f_{yd} a favore di sicurezza) |
| η | [-] | 0.89 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |
| Massimo taglio agente sul singolo bullone | | | |
| F x (Ned) | [kN] | 229 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F x (Med) | [kN] | 19 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Med) | [kN] | 5 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Ved) | [kN] | 1 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal taglio |
| F ed | [kN] | 248 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |
| Verifica per rifollamento del pannello | | | |
| t | [mm] | 20 | Spessore dell'elemento |
| α_{est} | [-] | 0.61 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α_{int} | [-] | 0.60 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k est | [-] | 2.37 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| k int | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni interni nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| Fb,rd | [kN] | 266 | Resistenza a rifollamento minima |
| Fed | [kN] | 248 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.93 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |
| VERIFICA SLU DEL GIUNTO A COMPLETO RIPRISTINO | | | |
| Sollecitazioni sul giunto corrispondenti alla resistenza ultima della sezione lorda della trave | | | |
| η_{sez} | [-] | 0.89 | Tasso di sfruttamento SLU della sezione netta della trave |
| Ned | [kN] | -3093 | Sforzo normale agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med | [kNm] | -22 | Momento flettente agente sulla sezione lorda del pannello |
| Ved | [kN] | 15 | Taglio agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med_bull | [kNm] | -23 | Momento flettente agente sulla bullonature (comprensivo di eventuali componenti parassite legate al taglio) |
| Verifica in area netta dei coprigiunti (fori solo in zona tesa) | | | |
| A netta | [mm ⁴] | 16640 | Area netta totale dei coprigiunti |
| S netta | [mm ³] | 0 | Momento statico della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (se positivo indica trazione sulla fibra 1) |
| Δy_g netta | [mm] | 0 | Shift del baricentro della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (positivo se verso fibra 2) |
| J netta | [mm ⁴] | 3.7495E+08 | Inerzia netta totale dei coprigiunti |
| $\sigma 1_{netta}$ | [Mpa] | -169.7 | Tensione sul lembo 1 dei coprigiunti in area netta |
| $\sigma 2_{netta}$ | [Mpa] | -202.1 | Tensione sul lembo 2 dei coprigiunti in area netta |
| f_{yd} | [Mpa] | 338 | Tensione di snervamento |
| η | [-] | 0.60 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |
| Massimo taglio agente sul singolo bullone | | | |
| F x (Ned) | [kN] | 258 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F x (Med) | [kN] | 21 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Med) | [kN] | 5 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Ved) | [kN] | 1 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal taglio |
| F ed | [kN] | 279 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |
| Verifica per rottura a taglio del bullone | | | |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | |
|---|-------------|-------------|--|
| n piani taglio | [-] | 2 | Numeri di piani di taglio resistenti del bullone |
| Fv,rd | [kN] | 187 | Resistenza del singolo bullone (singolo piano di taglio) |
| Fed | [kN] | 139 | Taglio agente sul singolo bullone |
| η | [-] | 0.75 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |
| Verifica per rifollamento del coprigiunto | | | |
| t | [mm] | 16 | Spessore dell'elemento |
| α est | [-] | 0.61 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.60 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k est | [-] | 2.37 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| k int | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni interni nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| Fb,rd | [kN] | 213 | Resistenza a rifollamento minima |
| Fed | [kN] | 139 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.65 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |

VERIFICA SLE DEL GIUNTO

| | | | |
|--|-------|-------|---|
| Sollecitazioni sul giunto corrispondenti alla combinazione SLE | | | |
| σ 1 | [Mpa] | -32.0 | Tensione assiale sulla fibra 1 della sezione lorda del pannello |
| σ 2 | [Mpa] | -32.0 | Tensione assiale sulla fibra 2 della sezione lorda del pannello |
| τ media | [Mpa] | 0 | Tensione tangenziale media sulla sezione lorda del pannello |
| Ned | [kN] | -320 | Sforzo normale agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med | [kNm] | 0 | Momento flettente agente sulla sezione lorda del pannello |
| Ved | [kNm] | 0 | Momento flettente agente sulla bullonatura (comprensivo di eventuali componenti parassite legate al taglio) |
| Med_bull | [kN] | 0 | Taglio agente sulla sezione lorda del pannello |

| | | | |
|---|-------------|-----------|---|
| Massimo taglio agente sul singolo bullone | | | |
| F x (Ned) | [kN] | 27 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F x (Med) | [kN] | 0 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Med) | [kN] | 0 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F y (Ved) | [kN] | 0 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal taglio |
| F ed | [kN] | 27 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |

| | | | |
|------------------------|-------------|-------------|--|
| Verifica a scorrimento | | | |
| Fs,rd | [kN] | 127 | Resistenza a scorrimento del singolo bullone |
| Fed | [kN] | 27 | Taglio di progetto sul singolo bullone |
| η | [-] | 0.21 | Tasso di sfruttamento per scorrimento |

VERIFICA DEL GIUNTO SULLA PIATTABANDA SUPERIORE

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PANNELLO

| | | | |
|---|------|-----|---|
| t | [mm] | 20 | Spessore del pannello |
| b | [mm] | 500 | Larghezza/altezza del pannello |
| d | [mm] | 160 | Distanza tra i baricentri delle bullonature |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL GIUNTO

Caratteristiche della bullonatura

| | | | |
|--------------|--------------------|-------------|---|
| Classe | [-] | 8.8 | Classe bulloni |
| ϕ b | [mm] | M27 | Diametro bulloni |
| Ares,nom | [mm ²] | 573 | Area resistente nominale del singolo bullone |
| Ares | [mm ²] | 459 | Area resistente nella zona filettata del singolo bullone |
| Fp,cd | [kN] | 234 | Forza di precarico del bullone |
| d0 | [mm] | 27.5 | Diametro del foro |
| nb fila1 | [-] | 4 | Numero di bulloni sulla prima fila |
| nb fila2 | [-] | 4 | Numero di bulloni sulla seconda fila |
| nb fila3 | [-] | 0 | Numero di bulloni sulla terza fila |
| nb fila4 | [-] | 0 | Numero di bulloni sulla quarta fila |
| nb fila5 | [-] | 0 | Numero di bulloni sulla quinta fila |
| n tot | [-] | 8 | Numero bulloni totali |
| e1 | [mm] | 40 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione di applicazione del carico |
| e2 | [mm] | 40 | Distanza del bullone esterno dal bordo della piastra nella direzione ortogonale al carico |
| p1 | [mm] | 70 | Interasse bulloni nella direzione di applicazione del carico |
| p2 | [mm] | 90 | Interasse bulloni nella direzione ortogonale al carico |

Caratteristiche dei coprigiunti

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|------|------|-----|-----------------------------------|
| n cg | [mm] | 2 | Numero di coprigiunti |
| b cg | [mm] | 340 | Larghezza/altezza dei coprigiunti |
| t cg | [mm] | 14 | Spessore dei coprigiunti |

VERIFICA SLU DEL PANNELLO IN CORRISPONDENZA DEL GIUNTO

Tensioni agenti sulla sezione lorda del pannello e sollecitazioni interne totali

| | | | |
|--------------|-------|-------|---|
| $\sigma 1$ | [Mpa] | 130.9 | Tensione assiale sulla fibra 1 della sezione lorda del pannello |
| $\sigma 2$ | [Mpa] | 84.1 | Tensione assiale sulla fibra 2 della sezione lorda del pannello |
| τ media | [Mpa] | 1.3 | Tensione tangenziale media sulla sezione lorda del pannello |
| yn | [mm] | 1148 | Posizione asse neutro rispetto al baricentro della sezione lorda (yn positivo se compreso tra baricentro e fibra "2") |
| Ned | [kN] | 1075 | Sforzo normale agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med | [kNm] | -20 | Momento flettente agente sulla sezione lorda del pannello |
| Ved | [kN] | 13 | Taglio agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med_bull | [kNm] | -21 | Momento flettente agente sulla bullonature (comprensivo di eventuali componenti parassite legate al taglio) |

Verifica in area netta del pannello (fori solo in zona tesa)

| | | | |
|--------------------|--------------------|------------|---|
| A netta | [mm ²] | 7800 | Area netta del pannello |
| S netta | [mm ³] | 0 | Momento statico della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (se positivo indica fori in trazione verso la fibra 1) |
| Δy_g netta | [mm] | 0 | Shift del baricentro della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (positivo se verso fibra 2) |
| J netta | [mm ⁴] | 1.9040E+08 | Inerzia netta del pannello |
| $\sigma 1_{netta}$ | [Mpa] | 164.7 | Tensione sul lembo 1 del pannello in area netta |
| $\sigma 2_{netta}$ | [Mpa] | 110.8 | Tensione sul lembo 2 del pannello in area netta |
| f _{yd} | [Mpa] | 338.1 | Tensione di snervamento (si assume come limite f _{yd} a favore di sicurezza) |
| η | [-] | 0.49 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |

Massimo taglio agente sul singolo bullone

| | | | |
|-----------------------|-------------|------------|---|
| F _x (Ned) | [kN] | 134 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F _x (Med) | [kN] | 33 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F _y (Med) | [kN] | 14 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F _y (Ved) | [kN] | 2 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal taglio |
| F_{ed} | [kN] | 168 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |

Verifica per rifollamento del pannello

| | | | |
|-------------------------|-------------|------------|--|
| t | [mm] | 20 | Spessore dell'elemento |
| α est | [-] | 0.48 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.60 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k est | [-] | 2.37 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| k int | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni interni nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| F_{b,rd} | [kN] | 215 | Resistenza a rifollamento minima |
| F _{ed} | [kN] | 168 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.78 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |

VERIFICA SLU DEL GIUNTO A COMPLETO RIPRISTINO

Sollecitazioni sul giunto corrispondenti alla resistenza ultima della sezione lorda della trave

| | | | |
|------------|-------|------|---|
| η sez | [-] | 0.89 | Tasso di sfruttamento SLU della sezione netta della trave |
| Ned | [kN] | 1209 | Sforzo normale agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med | [kNm] | -22 | Momento flettente agente sulla sezione lorda del pannello |
| Ved | [kN] | 15 | Taglio agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med_bull | [kNm] | -23 | Momento flettente agente sulla bullonature (comprensivo di eventuali componenti parassite legate al taglio) |

Verifica in area netta dei coprigiunti (fori solo in zona tesa)

| | | | |
|--------------------|--------------------|------------|--|
| A netta | [mm ⁴] | 6440 | Area netta totale dei coprigiunti |
| S netta | [mm ³] | 0 | Momento statico della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (se positivo indica trazione sulla fibra 1) |
| Δy_g netta | [mm] | 0 | Shift del baricentro della sezione netta rispetto al baricentro della sezione lorda (positivo se verso fibra 2) |
| J netta | [mm ⁴] | 6.6607E+07 | Inerzia netta totale dei coprigiunti |
| $\sigma 1_{netta}$ | [Mpa] | 246.7 | Tensione sul lembo 1 dei coprigiunti in area netta |
| $\sigma 2_{netta}$ | [Mpa] | 128.8 | Tensione sul lembo 2 dei coprigiunti in area netta |
| f _{yd} | [Mpa] | 338 | Tensione di snervamento |
| η | [-] | 0.73 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |

Massimo taglio agente sul singolo bullone

| | | | |
|----------------------|------|-----|---|
| F _x (Ned) | [kN] | 151 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F _x (Med) | [kN] | 37 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F _y (Med) | [kN] | 16 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|--|-------------|-------------|---|
| F_y (Ved) | [kN] | 2 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal taglio |
| F_{ed} | [kN] | 189 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |
| Verifica per rottura a taglio del bullone | | | |
| n piani taglio | [-] | 2 | Numeri di piani di taglio resistenti del bullone |
| F_{v,rd} | [kN] | 187 | Resistenza del singolo bullone (singolo piano di taglio) |
| Fed | [kN] | 95 | Taglio agente sul singolo bullone |
| η | [-] | 0.51 | Tasso di sfruttamento per rottura a taglio del bullone |
| Verifica per rifollamento del coprigiunto | | | |
| t | [mm] | 14 | Spessore dell'elemento |
| α est | [-] | 0.48 | Coefficiente α per bulloni di bordo nelle direzione del carico applicato |
| α int | [-] | 0.60 | Coefficiente α per bulloni interni nelle direzione del carico applicato |
| k est | [-] | 2.37 | Coefficiente k per bulloni di bordo nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| k int | [-] | 2.50 | Coefficiente k per bulloni interni nelle direzione perpendicolare al carico applicato |
| F_{b,rd} | [kN] | 151 | Resistenza a rifollamento minima |
| Fed | [kN] | 95 | Sollecitazione di progetto |
| η | [-] | 0.63 | Tasso di sfruttamento per rottura per rifollamento |
| VERIFICA SLE DEL GIUNTO | | | |
| Sollecitazioni sul giunto corrispondenti alla combinazione SLE | | | |
| σ_1 | [Mpa] | 24.4 | Tensione assiale sulla fibra 1 della sezione lorda del pannello |
| σ_2 | [Mpa] | 24.4 | Tensione assiale sulla fibra 2 della sezione lorda del pannello |
| τ_{media} | [Mpa] | 0 | Tensione tangenziale media sulla sezione lorda del pannello |
| Ned | [kN] | 244 | Sforzo normale agente sulla sezione lorda del pannello |
| Med | [kNm] | 0 | Momento flettente agente sulla sezione lorda del pannello |
| Ved | [kNm] | 0 | Momento flettente agente sulla bullonature (comprensivo di eventuali componenti parassite legate al taglio) |
| Med_bull | [kN] | 0 | Taglio agente sulla sezione lorda del pannello |
| Massimo taglio agente sul singolo bullone | | | |
| F_x (Ned) | [kN] | 30 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dall'azione assiale |
| F_x (Med) | [kN] | 0 | Forza in direzione X trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F_y (Med) | [kN] | 0 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal momento flettente |
| F_y (Ved) | [kN] | 0 | Forza in direzione Y trasmessa dal singolo bullone: contributo dato dal taglio |
| F_{ed} | [kN] | 30 | Forza totale trasmessa dal singolo bullone |
| Verifica a scorrimento | | | |
| F_{s,rd} | [kN] | 127 | Resistenza a scorrimento del singolo bullone |
| Fed | [kN] | 30 | Taglio di progetto sul singolo bullone |
| η | [-] | 0.24 | Tasso di sfruttamento per scorrimento |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

14 VERIFICHE IN DEFORMABILITÀ

Eccessive deformazioni e/o vibrazioni del ponte possono indurre inaccettabili variazioni di geometria al binario. Queste possono avere ripercussioni sui convogli ferroviari e ridurre il comfort ai passeggeri.

È necessario dunque che tali deformazioni risultino limitate entro determinati valori.

Si riportano nei paragrafi seguenti le verifiche in deformabilità richieste per l'impalcato in esame, secondo quanto richiesto al §2.5.1.8.3.2.2 del MDP RFI [2].

Nell'immagine seguente viene riportata la numerazione dei nodi assunta nel modello.

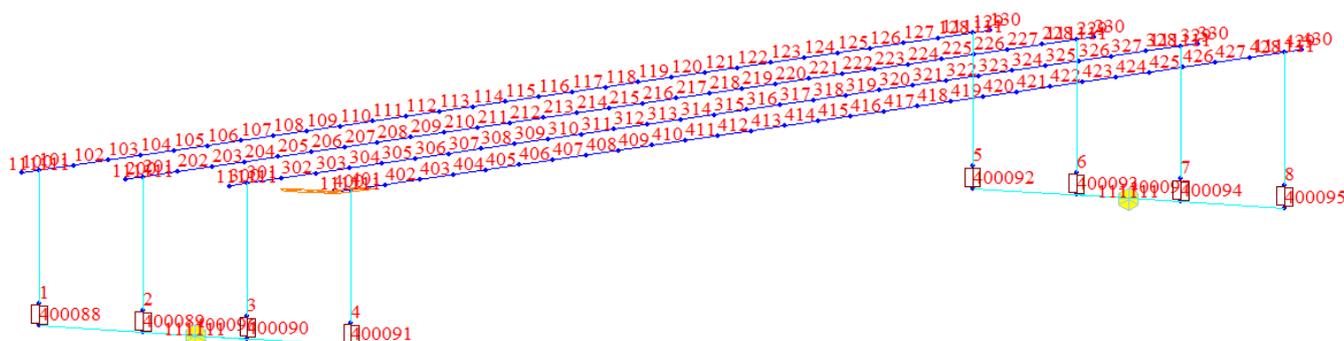


Figura 141 – Numerazione dei nodi delle travi e degli appoggi assunta nel modello

14.1 Verifiche per stati limite di servizio del traffico ferroviario

Le verifiche richieste, di cui si riportano i risultati nel seguito, si basano sulla limitazione dell'entità delle seguenti grandezze:

- Accelerazione verticale dell'impalcato;
- Torsione dell'impalcato (sghebo del binario);
- Inflessione dell'impalcato nel piano orizzontale;
- Inflessione dell'impalcato nel piano verticale

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

14.1.1 Accelerazione verticale dell'impalcato

Tale verifica è richiesta in quanto l'opera è caratterizzata da una velocità di progetto maggiore a 200km/h.

Per la verifica si rimanda alla relazione di calcolo dell'analisi dinamica (IN1710EI2CLVI0005009A).

La verifica risulta soddisfatta.

14.1.2 Deformazioni torsionali dell'impalcato

Le deformazioni sono state calcolate considerando i treni di carico LM71 e SW/2, incrementati dei coefficienti α e Φ , nella condizione di un solo binario carico (caso più critico).

Il massimo sghembo è stato calcolato a partire dallo spostamento verticale relativo fra le due rotaie, misurato nella sezione posta a 3m di distanza dall'appoggio.

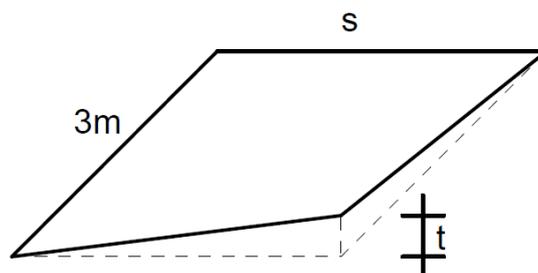


Figura 142 – Sghembo (deformazione torsionale)

Il massimo sghembo ammissibile per $V > 200 \text{ km/h}$ è pari a $t = 1.2 \text{ mm/3m}$.

| Massimi spostamenti verticali (cm) in asse rotaie a 2.80m dell'appoggio | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|
| CASO DI CARICO / COMBINAZ. | Binario / Rotaia (nodo) | | | | |
| | Bin.pari/rot. SX (interpolaz. nodi 103-203) | Bin.pari/rot. DX (interpolaz. nodi 103-203) | Bin.dispari/rot. SX (interpolaz. nodi 303-403) | Bin.dispari/rot. DX (interpolaz. nodi 303-404) | |
| ML_SW2_p | -0.43 | -0.39 | -0.28 | -0.19 | |
| ML_SW2_d | -0.24 | -0.29 | -0.39 | -0.44 | |
| ML_LM71_p_sx | -0.37 | -0.33 | -0.23 | -0.16 | |
| ML_LM71_p_dx | -0.35 | -0.32 | -0.24 | -0.18 | |
| ML_LM71_d_sx | -0.21 | -0.25 | -0.32 | -0.36 | |
| ML_LM71_d_dx | -0.19 | -0.24 | -0.33 | -0.38 | |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| Massimi spostamenti verticali (cm) in asse rotaie a 3.00m dell'appoggio | | | | | |
|---|--|--|---|---|--|
| CASO DI CARICO / COMBINAZ. | Binario / Rotaia (nodo) | | | | |
| | Bin.pari/rot. SX (interpolaz. x=0-x=2.80m) | Bin.pari/rot. DX (interpolaz. x=0-x=2.80m) | Bin.dispari/rot. SX (interpolaz. x=0-x=2.80m) | Bin.dispari/rot. DX (interpolaz. x=0-x=2.80m) | |
| ML_SW2_p | -0.46 | -0.42 | -0.30 | -0.21 | |
| ML_SW2_d | -0.26 | -0.31 | -0.41 | -0.47 | |
| ML_LM71_p_sx | -0.39 | -0.35 | -0.25 | -0.17 | |
| ML_LM71_p_dx | -0.38 | -0.35 | -0.26 | -0.19 | |
| ML_LM71_d_sx | -0.22 | -0.26 | -0.35 | -0.39 | |
| ML_LM71_d_dx | -0.21 | -0.26 | -0.35 | -0.41 | |
| t max | 0.052 | | 0.091 | | |

| VERIFICA DEL MASSIMO SGHEMBO | | |
|------------------------------|-------|----------------------|
| t, max | 0.091 | cm/3m |
| t, amm | 0.150 | cm/3m |
| t,lim / t, amm | 0.604 | Verifica soddisfatta |

14.1.3 Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato

La verifica è stata condotta considerando la presenza del treno di carico LM71, incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α , l'azione del vento, il serpeggio, la forza centrifuga e gli effetti di una variazione di temperatura lineare fra i due lati dell'impalcato pari 10°C (§5.2.2.5.2 delle NTC [1]).

La verifica consiste nel controllare che le suddette forze non producano:

- Una variazione angolare maggiore di 0.0015 radianti;
- Un raggio di curvatura minore di 17500m.

| Velocità [km/h] | Variazione Angolare massima | Raggio minimo di curvatura | |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------|
| | | Singola campata | Più campate |
| $V \leq 120$ | 0,0035 rd | 1700 m | 3500 m |
| $120 < V \leq 200$ | 0,0020 rd | 6000 m | 9500 m |
| $200 < V$ | 0,0015 rd | 14000 m | 17500 m |

Tabella 38 – Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Poiché l'impalcato è in semplice appoggio, il raggio di curvatura è stato calcolato a partire dallo spostamento orizzontale in mezzeria δ_h attraverso la seguente formula: $R=L^2 / (8 \delta_h)$

| Massimi spostamenti orizzontali in mezzeria (cm) | | | | | |
|--|---|---------------|---------------|---------------|--|
| CASO DI CARICO / COMBINAZ. | TRAVE (nodo intradosso travi nel modello) | | | | |
| | T1(nodo 115) | T2 (nodo 215) | T3 (nodo 315) | T4 (nodo 415) | |
| $\Delta Td_{orizz} (\pm)$ | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | |
| Qvento_(+) | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | |
| Qvento_(-) | -0.10 | -0.10 | -0.10 | -0.10 | |
| LM71_p (gr1) | 0.16 | 0.16 | 0.16 | 0.16 | |
| LM71_d (gr.1) | -0.19 | -0.19 | -0.19 | -0.19 | |
| Combo | -0.50 | -0.50 | -0.50 | -0.50 | |

| VERIFICA DELLA VARIAZIONE ANGOLARE E DEL RAGGIO DI CURVATURA ORIZZONTALE | | |
|--|--------|----------------------|
| Luce di calcolo | 38 | m |
| $\delta_{,max}$ | 0.50 | cm |
| $R_h (f,max)$ | 35949 | m |
| $\Delta\alpha (f,max)$ | 0.0005 | rad |
| $R_{,min,amm} (5.2.VIII)$ | 17500 | m |
| $\Delta\alpha_{,amm} (tab.5.2.VIII)$ | 0.0015 | rad |
| $R_{,min,amm} / R$ | 0.487 | Verifica soddisfatta |
| $\Delta\alpha / \Delta\alpha_{,amm}$ | 0.352 | Verifica soddisfatta |

14.1.4 Inflessione nel piano verticale dell'impalcato

La verifica consiste nel controllare:

- la massima freccia in mezzeria, la quale deve risultare minore a $L/600$;
- il massimo spostamento orizzontale al livello del piano di regolamento del ballast conseguente all'inflessione per carichi verticali, il quale deve risultare minore a 8mm. Tale verifica si riduce ad una limitazione delle rotazioni in appoggio ad un valore pari a $8/H$ [radianti], dove H [in mm] è la distanza tra il piano di regolamento del ballast e il centro di rotazione dell'appoggio assunto nel modello.

Le verifiche sono state condotte, in accordo con quanto indicato nel MDP RFI [2], considerando le deformazioni provocate dai treni di carico LM71 e SW/2, incrementati con i corrispondenti coefficienti α e Φ .

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Come indicato nella nota (6) riportata al §2.5.1.8.3.2.2 dello stesso manuale, la verifica deve essere in generale rispettata per un solo binario carico. Al contrario deve essere verificata anche nelle condizioni di entrambi i binari carichi in caso si voglia applicare il metodo semplificato per il calcolo degli effetti di interazione binario-struttura.

| VERIFICA DELLE FRECCIA MASSIMA | | |
|--------------------------------|-------|----------------------|
| Luce di calcolo | 38 | m |
| f,max | 2.65 | cm |
| f,amm = L/600 | 6.33 | cm |
| f,max / f,amm | 0.418 | Verifica soddisfatta |

| Massime rotazioni RY (rad) in appoggio per carichi verticali da traffico | | | | | |
|--|--|-------------|-------------|-------------|--|
| CASO DI CARICO / COMBINAZ. | TRAVE (nodo in appoggio ad intradosso delle travi nel modello) | | | | |
| | T1(nodo 1) | T2 (nodo 2) | T3 (nodo 3) | T4 (nodo 4) | |
| ML_LM71_p | 0.00121 | 0.00094 | 0.00086 | 0.00057 | |
| ML_LM71_d | 0.00059 | 0.00086 | 0.00093 | 0.00119 | |
| ML_SW2_p | 0.00141 | 0.00110 | 0.00101 | 0.00063 | |
| ML_SW2_d | 0.00068 | 0.00101 | 0.00109 | 0.00135 | |
| LM71_p + LM71_d | 0.00180 | 0.00180 | 0.00179 | 0.00176 | |
| LM71_p + SW2_d | 0.00189 | 0.00195 | 0.00195 | 0.00192 | |
| SW2_P + LM71_d | 0.00200 | 0.00196 | 0.00194 | 0.00181 | |

| VERIFICA DELLA MASSIMA ROTAZIONE IN APPOGGIO (UN SOLO BINARIO CARICO) | | |
|---|--------|----------------------|
| H (app-piano reg.) | 320 | cm |
| ϑ,max | 0.0014 | rad |
| u,max | 0.45 | cm |
| u,amm | 0.80 | cm |
| u,max / u,amm | 0.563 | Verifica soddisfatta |

| VERIFICA DELLA MASSIMA ROTAZIONE IN APPOGGIO (DUE BINARI CARICHI - per interazione binario-struttura) | | |
|---|--------|----------------------|
| H (app-piano reg.) | 320 | cm |
| ϑ,max | 0.0020 | rad |
| u,max | 0.64 | cm |
| u,amm | 0.80 | cm |
| u,max / u,amm | 0.799 | Verifica soddisfatta |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

14.2 Verifiche per stato limite di comfort dei passeggeri

Il comfort di marcia per i passeggeri è controllato limitando i valori della freccia verticale dei ponti ferroviari in funzione della luce e del numero delle campate consecutive, dello schema statico del ponte e della velocità V di percorrenza del convoglio.

L'inflessione verticale deve calcolarsi in asse al binario, considerando il modello di carico LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente α . Si considera carico un solo binario.

La valutazione della massima freccia ammissibile è riportata nel grafico seguente:

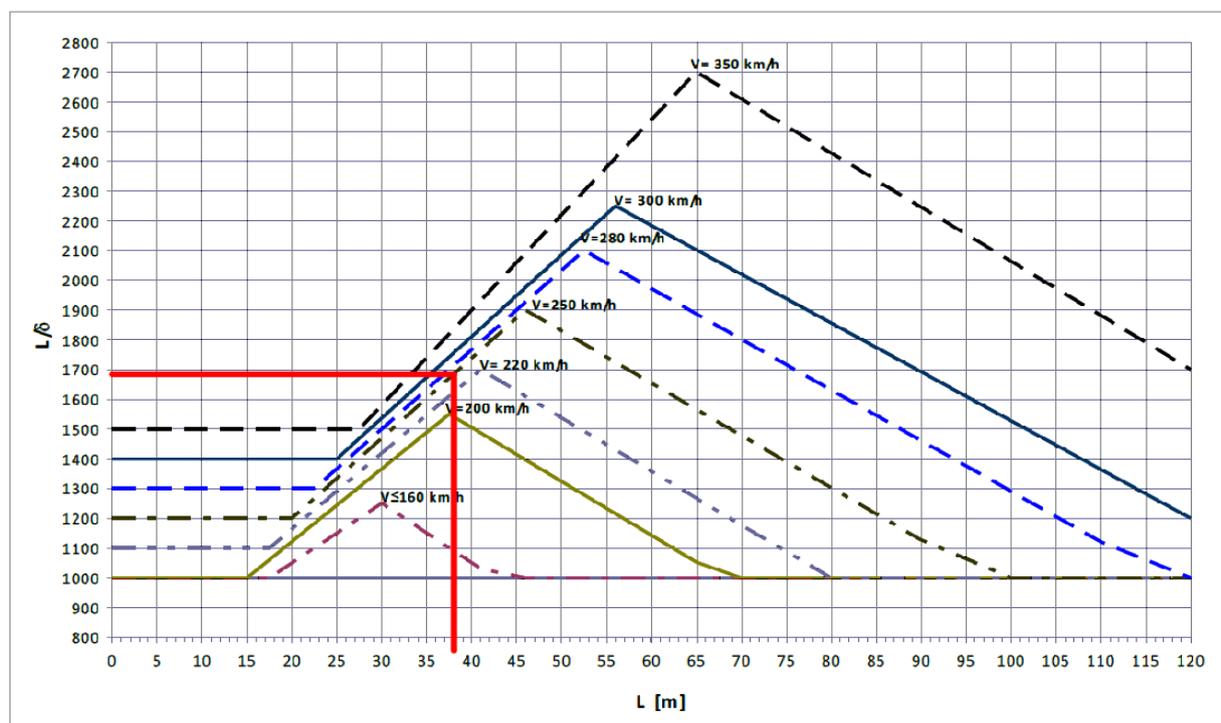


Figura 143 – Valori del limite di deformabilità L/δ per il comfort dei passeggeri (MDP [2])

La massima freccia ammissibile è dunque pari a $L/1700$.

Inoltre, poiché l'impalcato ha una luce superiore a 30 m, è stato verificato che il raggio di curvatura del binario nel piano verticale per deformazioni verso il basso, non fosse risultato inferiore a quello che induce sul mezzo una accelerazione pari a 0,48m/sec. Tale prescrizione si traduce nel controllo del raggio.

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| Massime frecce verticali DZ (cm) in asse binario | | | |
|--|--|---|--|
| | Bin. pari (interpolaz. nodi 215-315) | Bin. dispari (interpolaz. nodi 415-515) | |
| ML_LM71_p | 1.47 | 0.89 | |
| ML_LM71_d | 0.91 | 1.45 | |

| VERIFICA DELLE FRECCIA E DELL'ACCELERAZIONE VERTICALE | | | |
|---|-------|------------------|----------------------|
| Luce di calcolo | 38 | m | |
| f,max | 1.47 | cm | |
| f,amm = L/1700 | 2.24 | cm | |
| f,max / f,amm | 0.657 | | Verifica soddisfatta |
| R (f,max) | 12298 | m | |
| V | 250 | km/h | |
| a lim | 0.48 | m/s ² | |
| R,min,amm | 10047 | m | |
| R,min,amm / R | 0.817 | | Verifica soddisfatta |

14.3 Riepilogo delle verifiche

Si riporta un breve riepilogo delle verifiche in deformabilità svolte:

| TIPOLOGIA DI VERIFICA | DEF.MASSIMA / DEF.AMMISSIBILE |
|--|-------------------------------|
| Accelerazione verticale dell'impalcato | |
| Deformazioni torsionali dell'impalcato (sghembo) | 0.604 |
| Inflessione nel piano orizzontale | 0.487 |
| Inflessione nel piano verticale | 0.563 |
| Comfort per inflessioni nel piano verticale | 0.817 |

Tabella 39 – Riepilogo delle verifiche in deformabilità

Le verifiche risultano dunque soddisfatte.

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

15 CALCOLO DELLA CONTROFRECCIA

Si riporta di seguito il calcolo della controfreccia di costruzione, secondo quanto indicato nel MDP RFI [2]:

| VALUTAZIONE DELLA CONTROFRECCIA DI COSTRUZIONE | | | |
|---|------|-------------|--|
| Spostamenti verticali in mezzeria da carichi permanenti (<i>spostamenti valutati come valore medio degli spostamenti dei nodi di mezzeria delle travi: nodi 115;215;315;415</i>) | | | |
| f_p | [mm] | 45 | Freccia dovuta al peso proprio della struttura metallica e della soletta (g1) |
| f_f | [mm] | 27 | Freccia dovuta al peso delle finiture e della massicciata (g2 e g2_ballast) |
| f_r | [mm] | 14 | Freccia dovuta agli effetti del ritiro (ϵ_2) |
| Gli effetti viscosi legati ai carichi perm. sono stati considerati assumendo un modulo ridotto per il cls della soletta. | | | |
| $f_p + f_f + f_r$ | [mm] | 86 | Freccia totale dovuta ai carichi permanenti |
| L / 300 | [mm] | 127 | Massima freccia consentita per carichi permanenti (§2.5.2.3.7.3 MDP RFI) |
| Verifica | [mm] | 0.68 | Verifica soddisfatta |
| Spostamenti verticali in mezzeria da carichi verticali da traffico (<i>massimo spostamento riscontrato nei nodi di mezzeria delle travi</i>) | | | |
| Φf_s | [mm] | 26 | Freccia dovuta ai carichi verticali da traffico (incrementati per α e Φ) |
| Controfreccia teorica di costruzione | | | |
| c_f | [mm] | 93 | Controfreccia teorica di costruzione ($f_p + f_f + f_r + 0.25 \Phi f_s$) |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

16 APPOGGI, VARCHI, GIUNTI E RITEGNI SISMICI

16.1 Azioni sugli appoggi

Si riportano di seguito:

- le azioni caratteristiche sugli appoggi;
- le massime azioni sugli appoggi per le combinazioni SLU e SLV.

In accordo con quanto indicato al §2.2.1.8.3.3 del MDP RFI [2], per la valutazione delle sollecitazioni sugli appoggi, si è assunto un valore di smorzamento corrispondente a $\xi=10\%$.

Per questioni legate alla presenza di tolleranze negli appoggi fissi, le quali potrebbero portare, sotto azioni trasversali, ad un sovraccarico di uno dei due appoggi fissi rispetto all'altro, a favore di sicurezza, le azioni trasversali (vento, sisma e centrifuga) sono state assegnate (in fase di combinazione) ad un unico appoggio fisso. Chiaramente tale azione è stata utilizzata per il dimensionamento di entrambi i dispositivi fissi.

Si indica con F_v , F_t e F_l , rispettivamente, l'azione verticale, l'azione trasversale e l'azione longitudinale.

Per la numerazione degli appoggi e per l'orientazione degli assi locali, si faccia riferimento alla figura seguente. L'azione assiale sull'appoggio è stata considerata positiva se di compressione.

I simboli "M", "F" ed "UL", riportati in tabella, indicano, rispettivamente, un appoggio multidirezionale, un appoggio fisso e un appoggio unidirezionale longitudinale.

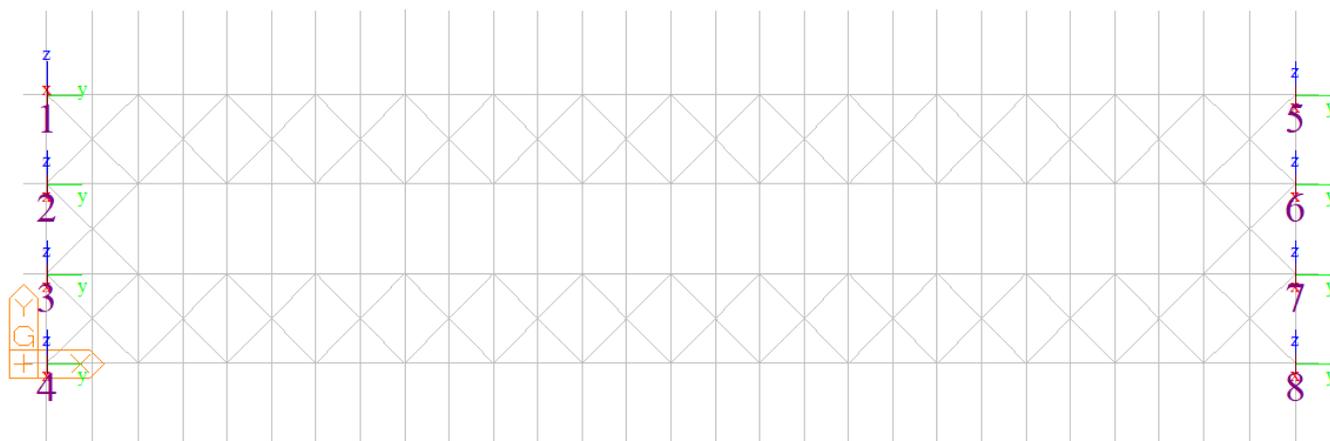


Figura 144 – Numerazione ed assi locali dei link di appoggio

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| LATO FISSO - Scarichi elementari | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| CASI DI CARICO [-] | APP. 1 | | | APP. 2 | | | APP. 3 | | | APP. 4 | | |
| | Fv [kN] | Ft [kN] | FI [kN] |
| g1 | 927 | 0 | 0 | 856 | -4 | 0 | 857 | 4 | 0 | 926 | 0 | 0 |
| g2 | 448 | 0 | 0 | 168 | -12 | 0 | 168 | 12 | 0 | 448 | 0 | 0 |
| g2_ballast | 715 | 0 | 0 | 742 | -4 | 0 | 742 | 4 | 0 | 715 | 0 | 0 |
| ε2 | -519 | 0 | 0 | 518 | -31 | 1 | 519 | 31 | -1 | -519 | 0 | 0 |
| ML_LM71_p - Min | -1 | 0 | 0 | -1 | 8 | 11 | -16 | 60 | 278 | -146 | 0 | 0 |
| ML_LM71_p - Max | 1122 | 0 | 0 | 1241 | -48 | -278 | 408 | 0 | -11 | 2 | 0 | 0 |
| ML_LM71_d - Min | -106 | 0 | 0 | -14 | 1 | 265 | -1 | 41 | 11 | -1 | 0 | 0 |
| ML_LM71_d - Max | 26 | 0 | 0 | 416 | -52 | -11 | 1241 | -8 | -265 | 1075 | 0 | 0 |
| ML_SW/2_p - Min | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | -8 | 43 | 323 | -126 | 0 | 0 |
| ML_SW/2_p - Max | 1317 | 0 | 0 | 1192 | -27 | -323 | 474 | 0 | -2 | 0 | 0 | 0 |
| ML_SW/2_d - Min | -39 | 0 | 0 | -5 | 0 | 288 | 0 | 18 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| ML_SW/2_d - Max | 15 | 0 | 0 | 492 | -33 | -2 | 1190 | -8 | -288 | 1197 | 0 | 0 |
| Qcent_LM71_p | -120 | 0 | 0 | 25 | -68 | 28 | 20 | -73 | -28 | 76 | 0 | 0 |
| Qcent_LM71_d | -76 | 0 | 0 | -20 | -73 | 28 | -25 | -68 | -28 | 120 | 0 | 0 |
| Qcent_SW2_p | -55 | 0 | 0 | 5 | -34 | 14 | 10 | -36 | -14 | 40 | 0 | 0 |
| Qcent_SW2_d | -40 | 0 | 0 | -10 | -36 | 14 | -5 | -34 | -14 | 55 | 0 | 0 |
| Qserp_LM71_p [±] | -49 | 0 | 0 | -6 | -41 | 10 | 12 | -69 | -10 | 43 | 0 | 0 |
| Qserp_LM71_d [±] | -43 | 0 | 0 | -12 | -69 | 10 | 6 | -41 | -10 | 49 | 0 | 0 |
| Qserp_SW2_p [±] | -45 | 0 | 0 | -6 | -37 | 9 | 11 | -63 | -9 | 39 | 0 | 0 |
| Qserp_SW2_d [±] | -39 | 0 | 0 | -11 | -63 | 9 | 6 | -37 | -9 | 45 | 0 | 0 |
| Qaw_LM71_p | -68 | 0 | 0 | 101 | -42 | -562 | 93 | -22 | -538 | -40 | 0 | 0 |
| Qaw_LM71_d | 40 | 0 | 0 | -93 | -22 | 538 | -101 | -42 | 562 | 68 | 0 | 0 |
| Qaw_SW2_p | -62 | 0 | 0 | 91 | -39 | -511 | 85 | -20 | -489 | -36 | 0 | 0 |
| Qaw_SW2_d | 36 | 0 | 0 | -85 | -20 | 489 | -91 | -39 | 511 | 62 | 0 | 0 |
| Qfren_LM71_p | 55 | 0 | 0 | -81 | 34 | 449 | -75 | 18 | 431 | 32 | 0 | 0 |
| Qfren_LM71_d | -32 | 0 | 0 | 75 | 18 | -431 | 81 | 34 | -449 | -55 | 0 | 0 |
| Qfren_SW2_p | 72 | 0 | 0 | -106 | 45 | 590 | -98 | 23 | 565 | 42 | 0 | 0 |
| Qfren_SW2_d | -42 | 0 | 0 | 98 | 23 | -565 | 106 | 45 | -590 | -72 | 0 | 0 |
| Qvento_(+) | 205 | 0 | 0 | 52 | 237 | -69 | -23 | 231 | 69 | -234 | 0 | 0 |
| Qvento_(-) | -170 | 0 | 0 | -42 | -231 | 53 | 49 | -236 | -53 | 163 | 0 | 0 |
| Termica U_(+) | -12 | 0 | 0 | 13 | 117 | -6 | 10 | -116 | 6 | -11 | 0 | 0 |
| Termica U_(-) | 12 | 0 | 0 | -13 | -117 | 6 | -10 | 116 | -6 | 11 | 0 | 0 |
| Termica DT_(+) | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| Termica DT_(-) | 1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SLV_X_ξ=10% [±] | 489 | 0 | 0 | -1121 | -26 | 4256 | -1121 | -27 | 4255 | 490 | 0 | 0 |
| SLV_Y_ξ=10% [±] | 1271 | 0 | 0 | 278 | 1883 | 297 | -276 | 1883 | 301 | -1269 | 0 | 0 |
| SLV_X_ξ=5% [±] | 599 | 0 | 0 | -1372 | -32 | 5211 | -1372 | -33 | 5211 | 600 | 0 | 0 |
| SLV_Y_ξ=5% [±] | 1556 | 0 | 0 | 340 | 2306 | 364 | -338 | 2306 | 368 | -1554 | 0 | 0 |
| SLV_Z [±] | -156 | 0 | 0 | -125 | 4 | -410 | -125 | -3 | -410 | -156 | 0 | 0 |
| 20% Qv (SW/2) | 117 | 0 | 0 | 204 | 0 | 0 | 204 | 0 | 0 | 117 | 0 | 0 |
| Attrito_G (μ=5%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 193 | 0 | 0 | 193 | 0 | 0 | 0 |
| Attrito_Q (μ=3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 86 | 0 | 0 | 86 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 40 – Scarichi elementari sugli appoggi – lato fisso

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| LATO MOBILE - Scarichi elementari | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| CASI DI CARICO [-] | APP. 5 M | | | APP. 6 M | | | APP. 7 UL | | | APP. 8 M | | |
| | Fv [kN] | Ft [kN] | FI [kN] |
| g1 | 927 | 0 | 0 | 856 | 0 | 0 | 855 | 0 | 0 | 928 | 0 | 0 |
| g2 | 450 | 0 | 0 | 166 | 0 | 0 | 166 | 0 | 0 | 450 | 0 | 0 |
| g2_ballast | 716 | 0 | 0 | 742 | 0 | 0 | 742 | 0 | 0 | 716 | 0 | 0 |
| ε2 | -512 | 0 | 0 | 512 | 0 | 0 | 512 | 0 | 0 | -512 | 0 | 0 |
| ML_LM71_p - Min | -1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | -25 | 1 | 0 | -137 | 0 | 0 |
| ML_LM71_p - Max | 1131 | 0 | 0 | 1174 | 0 | 0 | 474 | -20 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| ML_LM71_d - Min | -101 | 0 | 0 | -22 | 0 | 0 | -1 | 19 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| ML_LM71_d - Max | 25 | 0 | 0 | 481 | 0 | 0 | 1181 | -1 | 0 | 1079 | 0 | 0 |
| ML_SW/2_p - Min | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -12 | 0 | 0 | -123 | 0 | 0 |
| ML_SW/2_p - Max | 1328 | 0 | 0 | 1097 | 0 | 0 | 561 | -23 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ML_SW/2_d - Min | -39 | 0 | 0 | -8 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ML_SW/2_d - Max | 16 | 0 | 0 | 573 | 0 | 0 | 1110 | 0 | 0 | 1202 | 0 | 0 |
| Qcent_LM71_p | -108 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 1 | -137 | 0 | 87 | 0 | 0 |
| Qcent_LM71_d | -65 | 0 | 0 | -24 | 0 | 0 | -42 | -137 | 0 | 128 | 0 | 0 |
| Qcent_SW2_p | -49 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | -68 | 0 | 46 | 0 | 0 |
| Qcent_SW2_d | -33 | 0 | 0 | -13 | 0 | 0 | -15 | -68 | 0 | 61 | 0 | 0 |
| Qserp_LM71_p [±] | -41 | 0 | 0 | -14 | 0 | 0 | 5 | -109 | 0 | 50 | 0 | 0 |
| Qserp_LM71_d [±] | -31 | 0 | 0 | -24 | 0 | 0 | -6 | -109 | 0 | 61 | 0 | 0 |
| Qserp_SW2_p [±] | -38 | 0 | 0 | -12 | 0 | 0 | 4 | -99 | 0 | 46 | 0 | 0 |
| Qserp_SW2_d [±] | -28 | 0 | 0 | -22 | 0 | 0 | -5 | -99 | 0 | 55 | 0 | 0 |
| Qaw_LM71_p | -11 | 0 | 0 | -19 | 0 | 0 | -18 | 64 | 0 | -37 | 0 | 0 |
| Qaw_LM71_d | 26 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 31 | 64 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| Qaw_SW2_p | -10 | 0 | 0 | -18 | 0 | 0 | -17 | 59 | 0 | -34 | 0 | 0 |
| Qaw_SW2_d | 24 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 28 | 59 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| Qfren_LM71_p | 9 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 15 | -52 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| Qfren_LM71_d | -21 | 0 | 0 | -24 | 0 | 0 | -25 | -52 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Qfren_SW2_p | 11 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 19 | -68 | 0 | 39 | 0 | 0 |
| Qfren_SW2_d | -27 | 0 | 0 | -31 | 0 | 0 | -32 | -68 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Qvento_(+) | 164 | 0 | 0 | 74 | 0 | 0 | 38 | 458 | 0 | -276 | 0 | 0 |
| Qvento_(-) | -130 | 0 | 0 | -68 | 0 | 0 | -6 | -459 | 0 | 204 | 0 | 0 |
| Termica U_(+) | -32 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | -32 | 0 | 0 |
| Termica U_(-) | 32 | 0 | 0 | -32 | 0 | 0 | -32 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 |
| Termica DT_(+) | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| Termica DT_(-) | 1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SLV_X_ξ=10% [±] | -472 | 0 | 0 | -427 | 0 | 0 | -427 | -13 | 0 | -473 | 0 | 0 |
| SLV_Y_ξ=10% [±] | 1168 | 0 | 0 | 764 | 0 | 0 | 195 | 4732 | 0 | -1999 | 0 | 0 |
| SLV_X_ξ=5% [±] | -578 | 0 | 0 | -523 | 0 | 0 | -523 | -16 | 0 | -579 | 0 | 0 |
| SLV_Y_ξ=5% [±] | 1431 | 0 | 0 | 935 | 0 | 0 | 239 | 5794 | 0 | -2448 | 0 | 0 |
| SLV_Z [±] | -142 | 0 | 0 | -130 | 0 | 0 | -130 | 2 | 0 | -142 | 0 | 0 |
| 20% Qv (SW/2) | 117 | 0 | 0 | 204 | 0 | 0 | 204 | 0 | 0 | 117 | 0 | 0 |
| Attrito_G (μ=5%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Attrito_Q (μ=3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 41 – Scarichi elementari sugli appoggi – lato mobile

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

| LATO FISSO - Scarichi di progetto SLU MAX/MIN | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| COMBINAZIONI [-] | APP. 1 M | | | APP. 2 F | | | APP. 3 F | | | APP. 4 M | | |
| | Fv [kN] | Ft [kN] | FI [kN] |
| SLU-Fv max | 5367 | 0 | 0 | 6028 | 511 | -1340 | 5940 | -330 | -1553 | 5275 | 0 | 0 |
| SLU-Fv min | 211 | 0 | 0 | 1216 | -827 | 1953 | 1244 | 14 | 1914 | 358 | 0 | 0 |
| SLU-Ft max | - | - | - | 4586 | -1150 | 638 | 3897 | 1285 | 293 | - | - | - |
| SLU-FI max | - | - | - | 3540 | -234 | 2373 | 3967 | 607 | 2450 | - | - | - |

Tabella 42 – Scarichi di progetto SLU – lato fisso

| LATO FISSO - Scarichi di progetto SLV MAX/MIN | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| COMBINAZIONI [-] | APP. 1 M | | | APP. 2 F | | | APP. 3 F | | | APP. 4 M | | |
| | Fv [kN] | Ft [kN] | FI [kN] |
| SLV-Fv max | 3678 | 0 | 0 | 3736 | 1193 | -4218 | 3736 | -992 | -4221 | 3675 | 0 | 0 |
| SLV-Fv min | 218 | 0 | 0 | 722 | -1265 | 4220 | 725 | 1064 | 4219 | 219 | 0 | 0 |
| SLV-Ft max (N max) | - | - | - | 3146 | 3811 | -1447 | 3135 | -3764 | -1458 | - | - | - |
| SLV-Ft max (N min) | - | - | - | 1313 | -3883 | 1449 | 1326 | 3836 | 1456 | - | - | - |
| SLV-FI max (N max) | - | - | - | 3736 | 1193 | -4218 | 3726 | -1108 | -4226 | - | - | - |
| SLV-FI max (N min) | - | - | - | 722 | -1265 | 4220 | 735 | 1180 | 4224 | - | - | - |

Tabella 43 – Scarichi di progetto SLV – lato fisso

| LATO MOBILE - Scarichi di progetto SLU MAX/MIN | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| COMBINAZIONI [-] | APP. 5 M | | | APP. 6 M | | | APP. 7 UL | | | APP. 8 M | | |
| | Fv [kN] | Ft [kN] | FI [kN] |
| SLU-Fv max | 5266 | 0 | 0 | 5858 | 0 | 0 | 5801 | 358 | 0 | 5357 | 0 | 0 |
| SLU-Fv min | 356 | 0 | 0 | 1351 | 0 | 0 | 1406 | -637 | 0 | 347 | 0 | 0 |
| SLU-Ft max | - | - | - | - | - | - | 3680 | -1233 | 0 | - | - | - |
| SLU-FI max | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabella 44 – Scarichi di progetto SLU – lato mobile

| LATO MOBILE - Scarichi di progetto SLV MAX/MIN | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| COMBINAZIONI [-] | APP. 5 M | | | APP. 6 M | | | APP. 7 UL | | | APP. 8 M | | |
| | Fv [kN] | Ft [kN] | FI [kN] |
| SLV-Fv max | 3579 | 0 | 0 | 3426 | 0 | 0 | 3019 | 1432 | 0 | 4411 | 0 | 0 |
| SLV-Fv min | 329 | 0 | 0 | 1020 | 0 | 0 | 1426 | -1432 | 0 | -501 | 0 | 0 |
| SLV-Ft max (N max) | - | - | - | - | - | - | 2857 | 4735 | 0 | - | - | - |
| SLV-Ft max (N min) | - | - | - | - | - | - | 1588 | -4735 | 0 | - | - | - |
| SLV-FI max (N max) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SLV-FI max (N min) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabella 45 – Scarichi di progetto SLV – lato mobile

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

16.2 Varchi e giunti

Per il calcolo dell'escursione dei giunti E_L si è fatto affidamento a quanto indicato nel §2.3.2.1.5 del MDP RFI [2] :

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot D_t + 4 \cdot d_{Ed} \cdot k_2 + 2 \cdot d_{eg})$$

Ove:

- E_1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;
- E_2 = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;
- E_3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;
- k_1 = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;
- k_2 = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;
- d_{Ed} = è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento d_E prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel paragrafo 7.3.3.3 del DM 14.1.2008 che di seguito si riporta.

Gli spostamenti d_E della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV si ottengono moltiplicando per il fattore μ_d i valori d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

Dove :

$$\mu_d = q \quad \text{se } T_1 \geq T_c$$

$$\mu_d = 1 + (q - 1) \times T_c / T_1 \quad \text{se } T_1 < T_c$$

In ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$.

d_{eg} = è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il paragrafo 3.2.3.3 del DM 14.1.2008 che di seguito si riporta;

Il valore da assumersi deve essere comunque maggiore di:

$$E_L \geq 2.3 \cdot \frac{L}{1000} + 0.073 \quad \text{e} \quad E_L \geq 0.10m \quad \text{per le zone classificate sismiche con } a_g(\text{SLV}) < 0.25 g$$

e del massimo tra i valori E_1 , E_2 e E_3 .

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

CALCOLO E₁

| | | | |
|----------------|------|--------------|--|
| L | [m] | 40.00 | Lunghezza impalcato (appoggio-appoggio) |
| ΔT | [°C] | 22.50 | Variazione termica uniforme incrementata del 50% |
| α | [s] | 1.20E-05 | Coefficiente dilatazione termica (acciaio) |
| D _t | [m] | 0.011 | Spostamento dovuto a variazione termica uniforme |
| E ₁ | [m] | 0.022 | Spostamento E ₁ = 2 D _t |

CALCOLO E₂

| | | | |
|-----------------|-----|--------------|--|
| d _{Ee} | [m] | 0.011 | Spostamento SLV da analisi lineare |
| q | [-] | 1.50 | Fattore di struttura |
| T _c | [s] | 0.452 | Periodo T _c |
| T ₁ | [s] | 0.210 | Periodo proprio longitudinale della struttura |
| μ | [-] | 2.076 | Fattore che tiene conto della presenza di "q" nell'analisi |
| d _{Ed} | [m] | 0.024 | Spostamento SLV di progetto |
| E ₃ | [m] | 0.052 | Spostamento E ₂ = 4 k ₂ d _{Ed} , dove k ₂ = 0.55 |

CALCOLO E₃

| | | | |
|----------------------|-------|---------------|--|
| a _g (SLV) | [g] | 0.213 | Accelerazione massima del suolo |
| S | [-] | 1.385 | Fattore amplificativo "S" |
| T _c | [s] | 0.454 | Periodo T _c |
| T _d | [s] | 2.451 | Periodo T _d |
| dg | [m] | 0.081 | Massimo spostamento assoluto del suolo |
| v | [m/s] | 270.0 | Velocità di propagazione delle onde di taglio |
| x | [m] | 40.0 | Distanza tra le pile |
| d _{ij0} | [m] | 0.0000 | Spostamento relativo tra due posti posti a piccola distanza |
| d _{ij,max} | [m] | 0.1423 | Spostamento relativo nel caso di moto indipendente tra i punti "i" e "j" |
| d _{ij,max} | [m] | 0.0398 | Spostamento relativo tra le pile (moto correlato) |
| E ₂ | [m] | 0.0797 | Spostamento E ₃ = 2 d _{ij} |

CALCOLO E_L

| | | | |
|--------------------|-----|--------------|---|
| k ₁ | [-] | 0.45 | Coefficiente che tiene conto della probabilità di concomitanza delle azioni |
| E _L | [m] | 0.069 | Escursione totale dei giunti |
| E _{i,max} | [m] | 0.080 | Massimo tra i valori E ₁ , E ₂ e E ₃ |
| E _{L,min} | [m] | 0.165 | Escursione totale dei giunti minima |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

La corsa degli apparecchi d'appoggio mobili è stata calcolata come:

$$\pm (E_L/2 + E_L/8) \text{ con un minimo di } \pm (E_L/2 + 15 \text{ mm}).$$

Il giunto tra le testate deve dunque garantire un'escursione pari a:

$$\pm (E_L/2 + 10 \text{ mm})$$

Il varco previsto è pari a:

$$V \geq E_L/2 + V_o \quad \text{ove } V_o = 20 \text{ mm}$$

In Tabella 46 si riportano le caratteristiche dei varchi e dei giunti previsti.

| Limp (m) | EL (mm) | Corsa appoggi (mm) | Escursione giunti (mm) | Varco soletta min (mm) | V assunto (mm) | min/max giunto (mm) |
|----------|---------|--------------------|------------------------|------------------------|----------------|---------------------|
| 40 | 165 | 105 | 95 | 105 | 100 | 5/195 |

Tabella 46 – Caratteristiche dei varchi e dei giunti

16.3 Ritegni sismici

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni sui ritegni per le combinazioni SLU e SLV.

In accordo con quanto indicato al §2.2.1.8.3.3 del MDP RFI [2], per la valutazione delle sollecitazioni sui ritegni sismici, si è assunto un valore di smorzamento corrispondente a $\xi=10\%$.

| Longitudinale | | |
|---------------|-----------------------|--------------|
| Fl tot [kN] | cuscinetti di battuta | combinazione |
| 8260 | 4 | SLV |
| Trasversale | | |
| Ft tot [kN] | cuscinetti di battuta | combinazione |
| 4735 | 1 | SLV |

Tabella 47 – Azioni SLV sui ritegni sismici

Nei seguenti sotto paragrafi sono riportate le verifiche per i due componenti separatamente

16.3.1 Ritegno longitudinale

Il ritegno longitudinale consiste in una piastra di dimensioni 850 mm x 150 mm x 40 mm saldata a ridosso della piattabanda inferiore in corrispondenza della parte terminale delle travi. La funzione è quella di ritenere la struttura longitudinalmente in caso di eventi estremi.

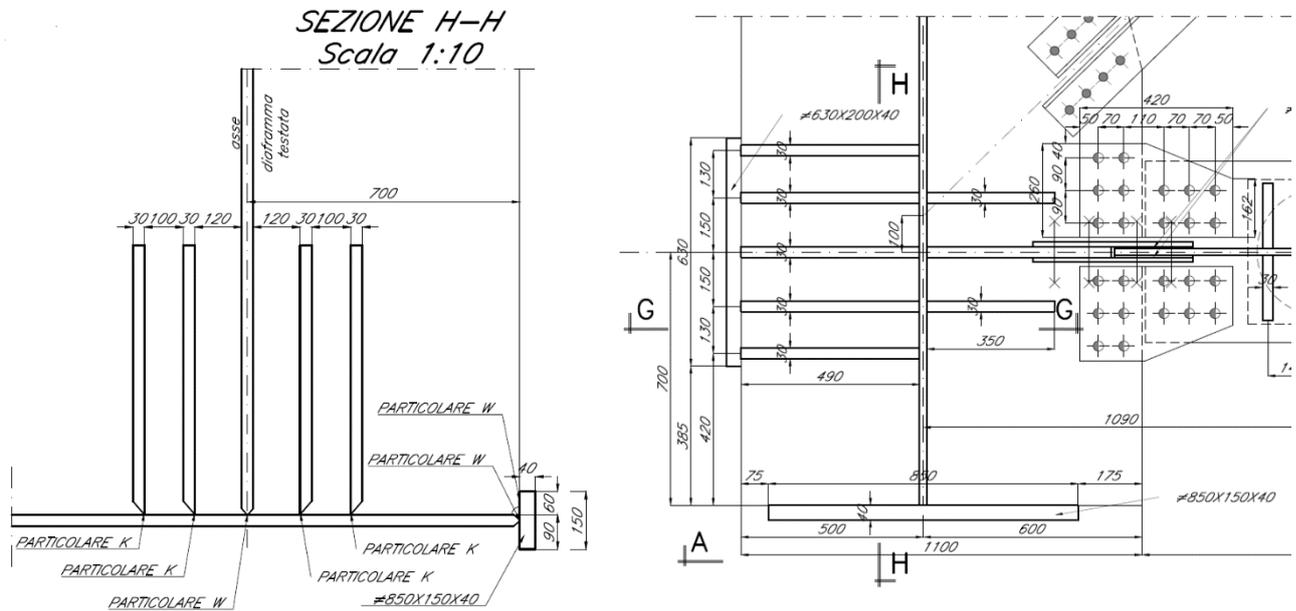


Figura 145 – Dettaglio del ritegno sismico longitudinale

La base del calcolo consiste nel verificare le tensioni che si generano lato trave nel momento in cui vi è il contatto con il cuscinetto.

VERIFICA RITEGNO LONGITUDINALE

| | | | |
|-----------------|----------|-------|--------------------------------|
| L | [mm] | 850 | Lunghezza |
| H | [mm] | 150 | Altezza |
| t | [mm] | 40 | Spessore |
| t _{pb} | [mm] | 30 | Spessore piattabanda trave |
| t _w | [mm] | 20 | Spessore anima trave |
| b | [mm] | 75 | Sbalzo rispetto piattabanda |
| F | [kN] | 2065 | Forza SLV su singolo ritegno |
| p | [MPa] | 16.2 | Pressione |
| M | [Nmm/mm] | 45551 | Momento per unità di lunghezza |

Verifica a flessione del piatto di battuta

| | | | |
|---------------|-------|-------|-----------------------------|
| σ | [MPa] | 170.8 | Tensione assiale |
| τ | [MPa] | 30.4 | Tensione tangenziale |
| σ_{id} | [MPa] | 178.7 | Tensioni ideale (Von Mises) |

Verifica per tensioni locali su trave

| | | | |
|------------|--------------------|-------|----------------------------------|
| A | [mm ²] | 26700 | Area trave "in ombra" al ritegno |
| σ_t | [MPa] | 77.3 | Tensione su trave |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

16.3.2 Ritegno trasversale

Il ritegno trasversale consiste in una piastra situata ai lati delle travi di riva dell'impalcato. Il suo compito è quello di contenere la struttura in senso trasversale conseguentemente ad eventi estremi o accidentali ed evitare perdite di equilibrio.

Tale piastra risulta saldata alla piattabanda e ad una serie di irrigidimenti (in numero di cinque) il cui compito è diffondere la forza puntuale che nasce nel momento in cui la piastra va in battuta con il ritegno trasversale in calcestruzzo presente sulla pila. Al fine di cogliere ed analizzare gli effetti di diffusione ed una corretta distribuzione tensionale, è stata fatta una modellazione 3d con elementi shell. Il modello è composto dalla piattabanda, dall'anima e dagli elementi propri del ritegno trasversale. Opportuni vincoli al contorno replicano la reale condizione della parte terminale della struttura.

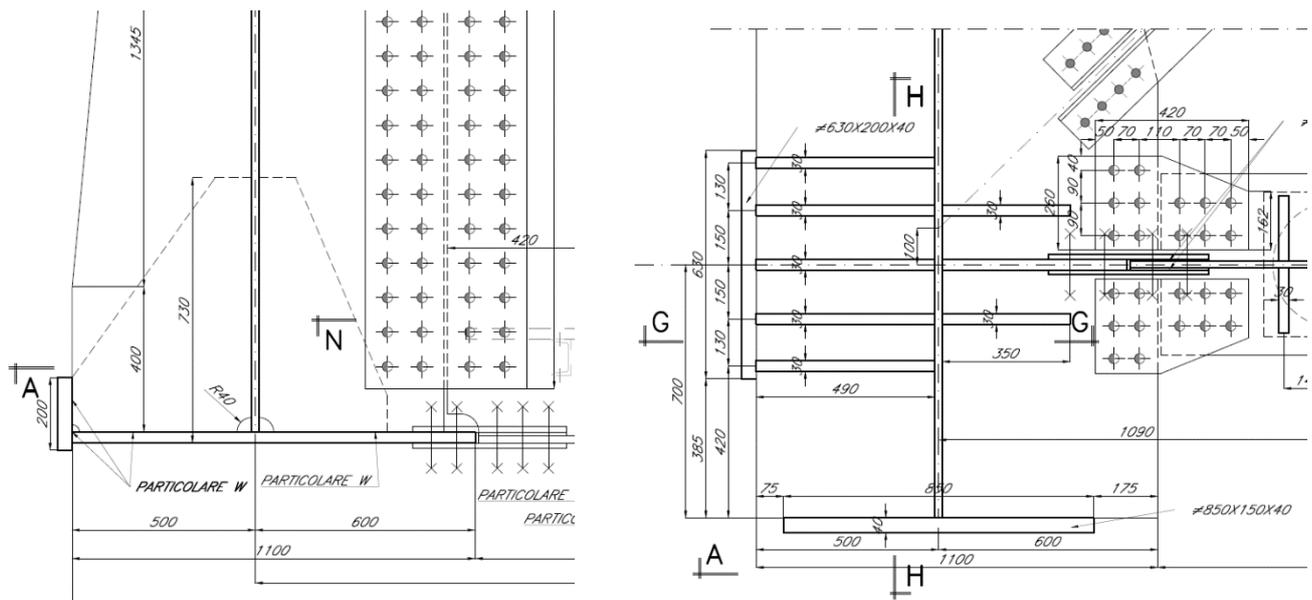


Figura 146 – Dettaglio del ritegno sismico trasversale

Applicando una pressione laterale sulla piastra di ritegno ci si è assicurati la corrente diffusione del carico e il mantenimento in campo elastico dei valori tensionali.

| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

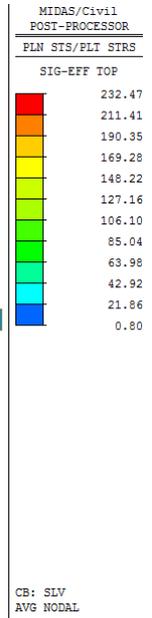
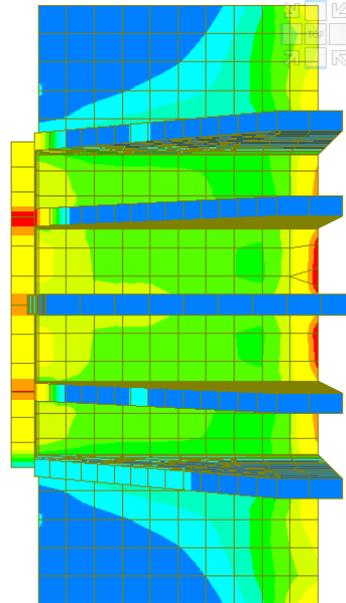
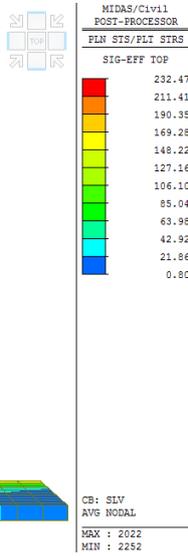
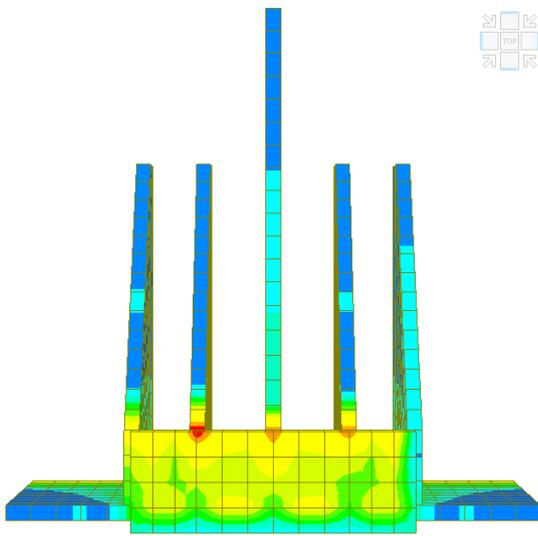
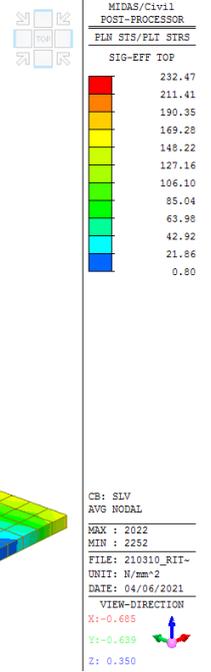
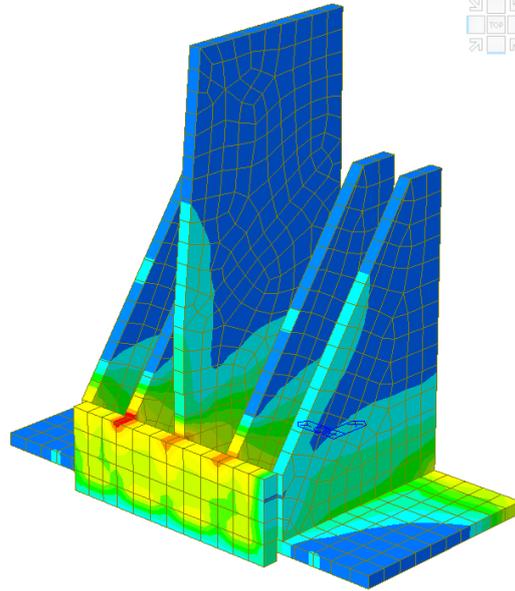
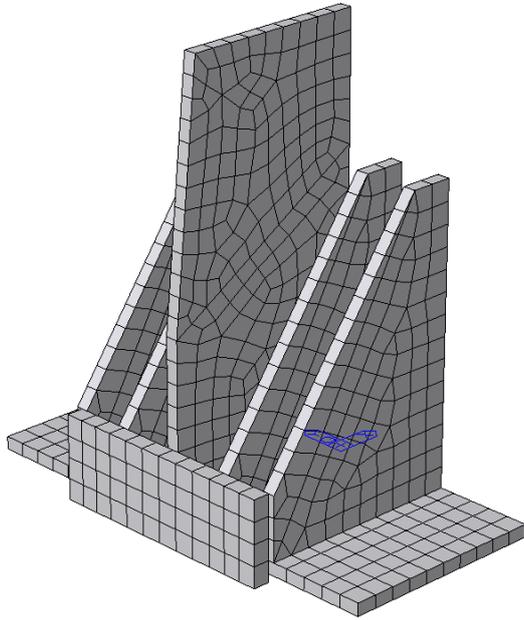


Figura 147 – Prospetto e risultati dell'analisi locale del ritegno

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

16.4 Sistema anti-sollevamento

Al fine di evitare il sollevamento dell'appoggio multidirezionale n°8 (vedere Figura 144 per la numerazione degli appoggi) per condizione sismica, si prevede l'installazione di un dispositivo anti-sollevamento.

La massima trazione presente in tale appoggio è pari a:

$$F_{Ed} = 501 \text{ kN}$$

Il dispositivo consiste in un elemento in acciaio opportunamente irrigidito che ha il compito di trasferire l'azione di trazione ad un sistema di ancoraggio posto sul pulvino.

Tale elemento è posto in corrispondenza dalla parte esterna della piattabanda inferiore, nella parte anteriore all'appoggio.

Nelle immagini seguenti si riportano i dettagli del suddetto sistema anti-sollevamento.

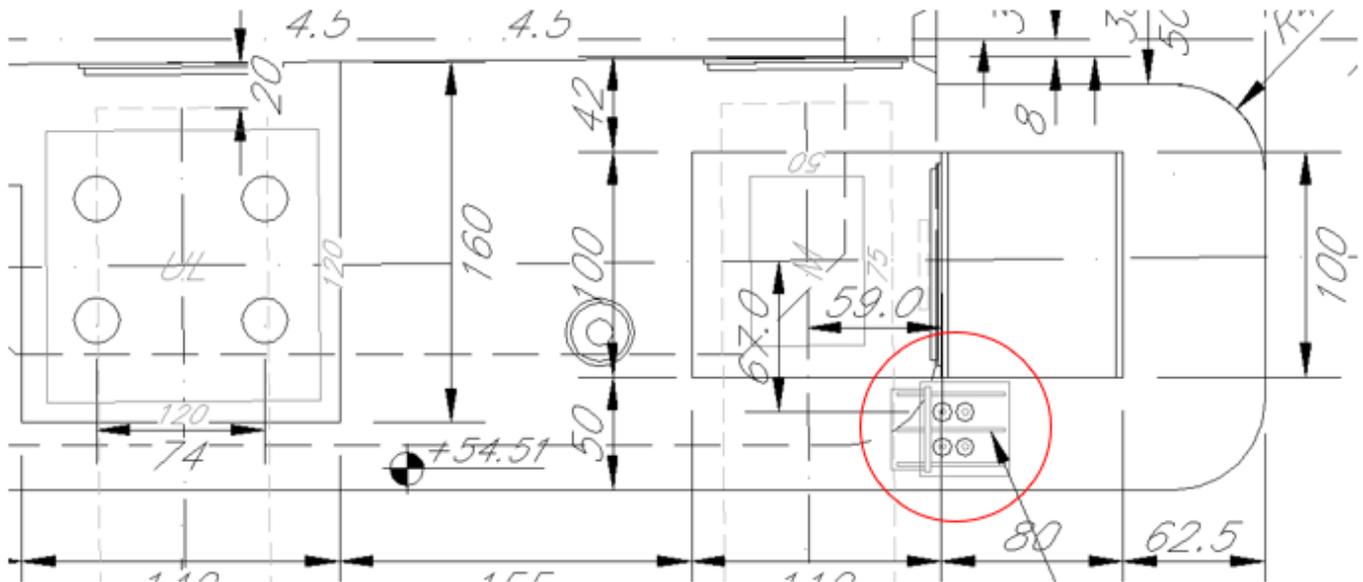


Figura 148 – Posizione del dispositivo sul pulvino

| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

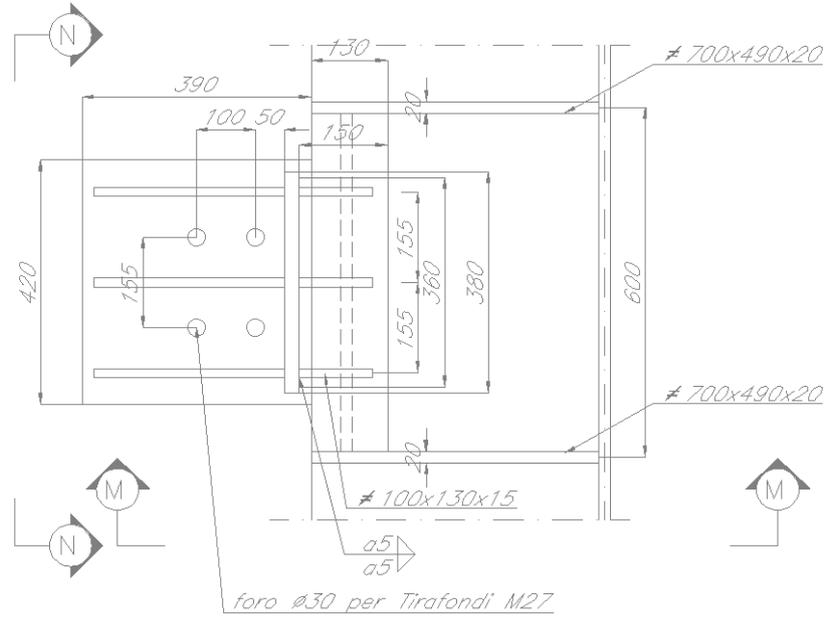


Figura 149 – Dettaglio del sistema anti-sollevamento – vista in pianta

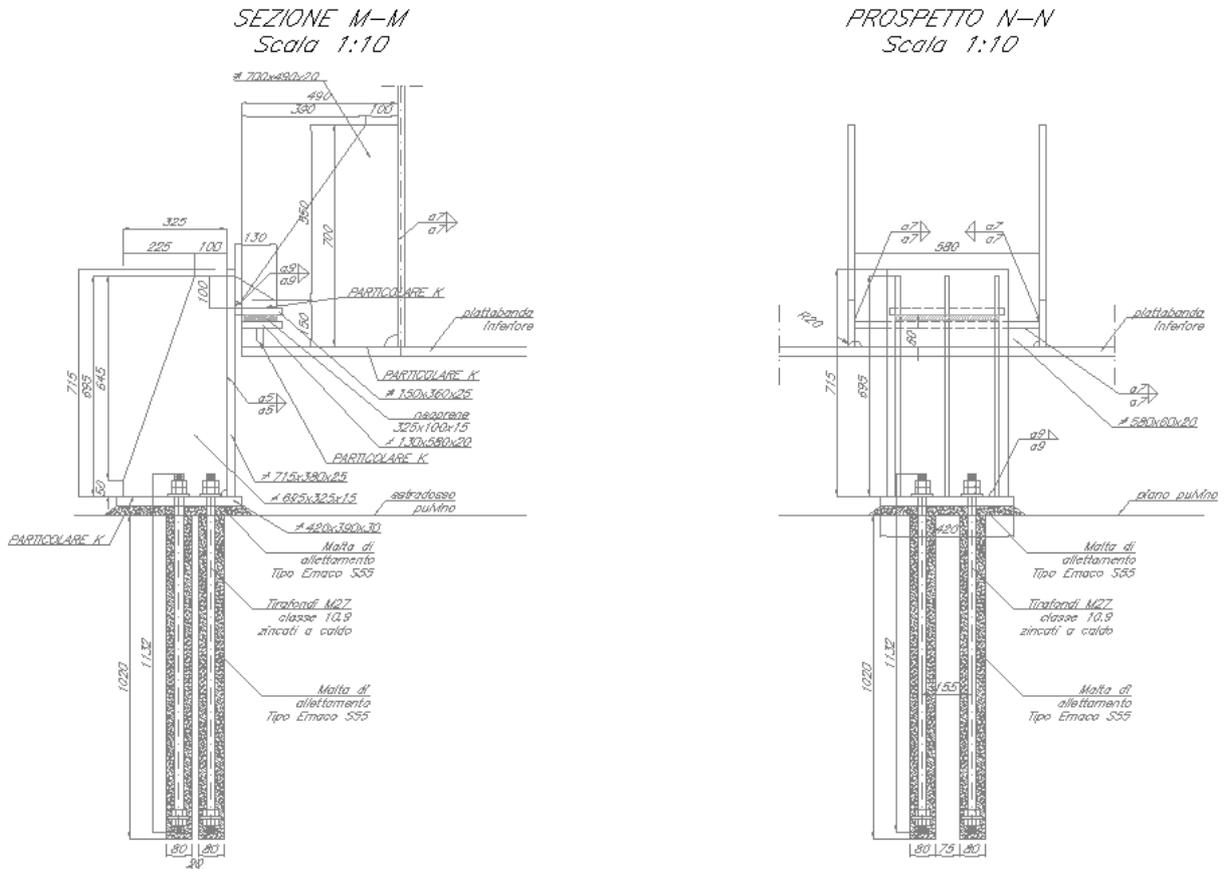


Figura 150 – Dettaglio del sistema anti-sollevamento – viste laterali

| | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

16.4.1 Verifica dell'ancoraggio

Per le verifiche dell'ancoraggio si fa riferimento alla normativa UNI EN 1992-4.

Sul sistema di ancoraggio agisce uno stato di pressoflessione dato da uno sforzo normale pari a:

$$N = 501 \text{ kN}$$

e un momento flettente legato all'eccentricità "e" tra il baricentro del piatto di battuta e il baricentro della piastra di base dell'ancoraggio.

$$M = N \cdot e = 501 \text{ kN} \cdot 0.265\text{m} = 132.8 \text{ kNm}$$

Poiché è possibile ipotizzare la piastra di base dell'ancoraggio come rigida, essendo questa opportunamente irrigidita, le sollecitazioni sui tirafondi sono state valutate con un approccio analogo a quello adottato per il calcolo nelle sezioni in C.A. (ipotesi di Navier delle sezioni piane).

Si riporta di seguito il calcolo della tensione presente sui tirafondi. Il calcolo è stato eseguito tramite il software RCSEC,

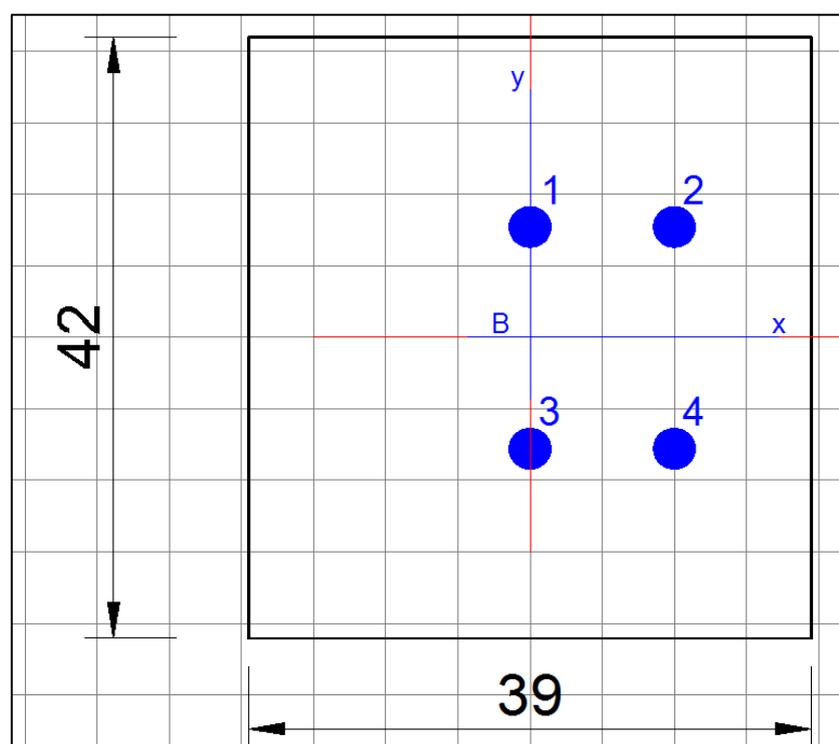


Figura 151 – Geometria della piastra di base

Adottando inizialmente un approccio elastico, si è assunto un coefficiente di omogeneizzazione a "tempo zero", in quanto lo stato tensionale consegue ad una azione di breve durata (combinazione sismica)

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

NOME SEZIONE: 4TRAVI_Antisollevamento

Normativa di riferimento: N.T.C.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|-----------------|--|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40_n0 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.1 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.02 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 6.30 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 19.2 MPa |
| ACCIAIO LONG. - | Tipo: | Classe 10.9 |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 900.0 MPa |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 1000.0 MPa |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 680.0 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 680.0 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef | 2100000 daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 |
| | Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 720.00 MPa |

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40_n0

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -19.5 | -21.0 |
| 2 | -19.5 | 21.0 |
| 3 | 19.5 | 21.0 |
| 4 | 19.5 | -21.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | 0.0 | 7.8 | 24.2 |
| 2 | 10.0 | 7.8 | 24.2 |
| 3 | 0.0 | -7.8 | 24.2 |
| 4 | 10.0 | -7.8 | 24.2 |

COMBINAZIONE

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|------|---------|
| 1 | -501.00 | 0.00 | -132.80 |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

RISULTATI DEL CALCOLO

MASSIME TENSIONI NORMALI

| | | | | | | | | |
|----------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Sc max | Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa] | | | | | | | |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) | | | | | | | |
| Ss min | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa] | | | | | | | |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O) | | | | | | | |
| Ac eff. | Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre | | | | | | | |
| As eff. | Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure | | | | | | | |
| N°Comb | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
| 1 | 30.18 | -19.5 | -21.0 | -645.2 | 10.0 | -7.8 | 462 | 9.2 |

Dai risultati si nota come la tensione del calcestruzzo sia maggiore della tensione f_{cd} . Per il calcolo della tensione nei tirafondi si ricorre dunque ad un calcolo plastico analogo al calcolo SLU delle sezioni in C.A.

NOME SEZIONE: 4TRAVI_Antisollevamento

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|-----------------|--|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40_n0 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.1 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.02 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 6.30 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 19.2 MPa |
| ACCIAIO LONG. - | Tipo: | Classe 10.9 |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 900.0 MPa |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 1000.0 MPa |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 680.0 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 680.0 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef | 2100000 daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 |
| | Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 720.00 MPa |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40_n0

| N° vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|--------|--------|
| 1 | -18.5 | -19.0 |
| 2 | -18.5 | 19.0 |
| 3 | 18.5 | 19.0 |
| 4 | 18.5 | -19.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N° Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|----------|--------|--------|-----------|
| 1 | 0.5 | 7.8 | 24.2 |
| 2 | 10.5 | 7.8 | 24.2 |
| 3 | 0.5 | -7.8 | 24.2 |
| 4 | 10.5 | -7.8 | 24.2 |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione) | | | | |
|----------|---|------|---------|------|------|
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. | | | | |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. | | | | |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y | | | | |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x | | | | |
| N° Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
| 1 | -501.00 | 0.00 | -132.80 | 0.00 | 0.00 |

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata | | | | | | | | |
|-----------|--|---------|------|---------|---------|--------|---------|----------|-----------|
| N | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) | | | | | | | | |
| Mx | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia | | | | | | | | |
| My | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia | | | | | | | | |
| N Res | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.) | | | | | | | | |
| Mx Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia | | | | | | | | |
| My Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia | | | | | | | | |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 | | | | | | | | |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa] | | | | | | | | |
| N° Comb | Ver | N | Mx | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Totale |
| 1 | S | -501.00 | 0.00 | -132.80 | -500.93 | 0.00 | -162.58 | 1.28 | 18.4(4.2) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione |
| Xc max | Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione |
| Yc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | -18.5 | 19.0 | -0.00254 | 0.5 | 7.8 | -0.00571 | 10.5 | -7.8 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|--------------|-------------|--------------|------|--------|
| 1 | -0.000317694 | 0.000000000 | -0.002377346 | ---- | ---- |

La massima tensione sui tirafondi è dunque pari alla massima tensione per essi ammissibile (**680.0 MPa**), cui corrisponde una forza assiale pari a:

$$N = 312.1 \text{ kN} \quad (A = 459 \text{ mm}^2)$$

Dai risultati ottenuti dalla precedente verifica, si assume automaticamente soddisfatta la verifica per rottura lato calcestruzzo nella zona di contatto con la piastra di base.

In accordo con la normativa UNI EN 1992-4, per tirafondi semplicemente tesi, le verifiche da svolgere sono quelle riportate in Figura 152.

In Tabella 48 sono invece riportati in coefficienti di sicurezza per le verifiche.

| | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

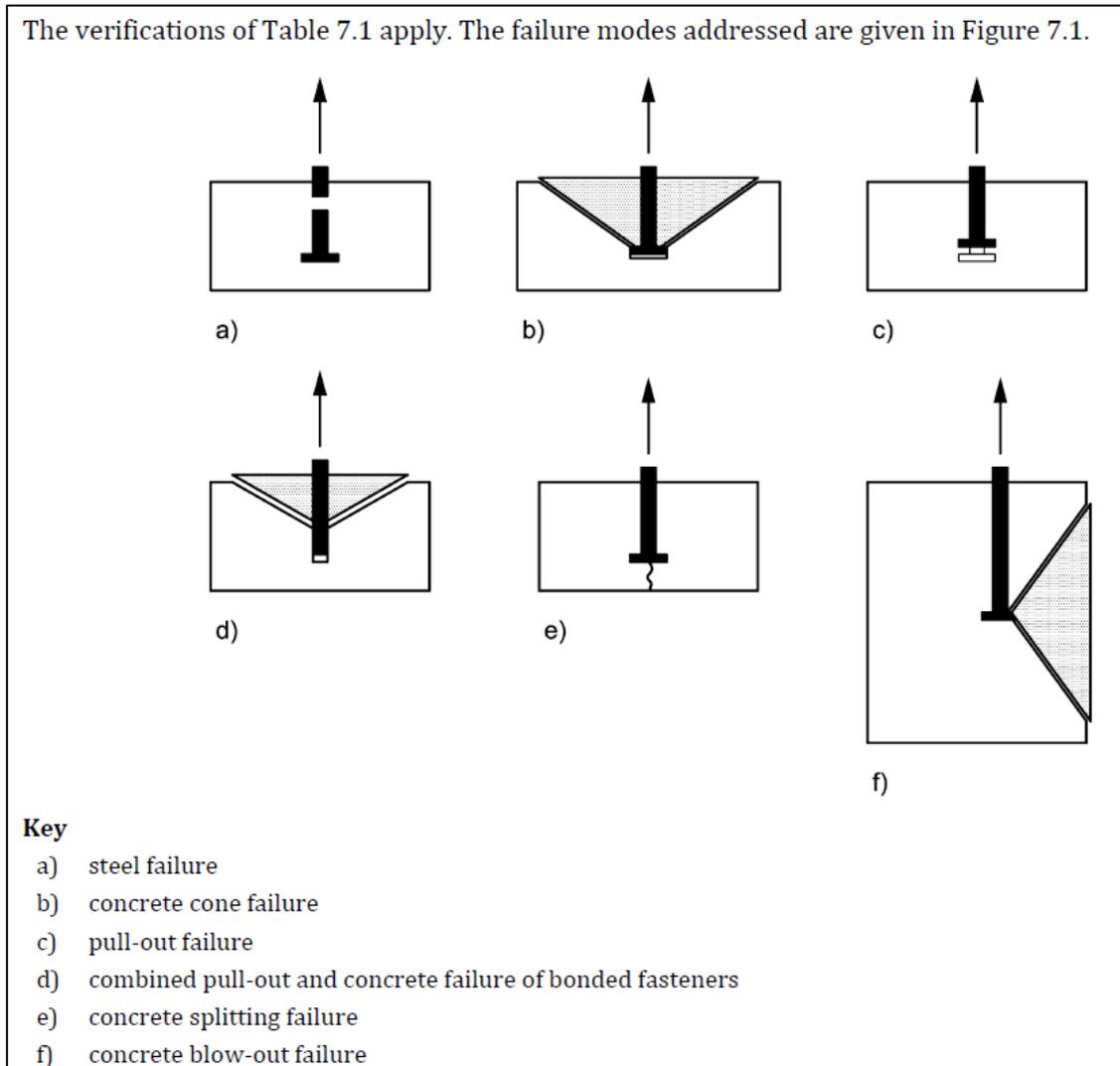


Figura 152 – Verifiche richieste per ancoraggi tesi (UNI EN 1992-4)

Si esclude la possibilità di rottura del cono di calcestruzzo (casi “b” e d”) vista la presenza di un’abbondante quantità di armature verticali (staffe e spille) all’interno del potenziale cono di rottura.

Si esclude la rottura per splitting (caso “e”) vista la tipologia di ancoraggio.

La verifica per blow-out (caso “f”) viene omessa in quanto ampiamente soddisfatta.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| Failure modes | Partial factor | |
|---|--|---|
| | Permanent and transient design situations | Accidental design situation |
| Steel failure - fasteners | | |
| Tension | $= 1,2 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,4$ | $= 1,05 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ |
| Shear with and without lever arm | $\gamma_{Ms} = 1,0 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ when $f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ and $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$ $= 1,5$ when $f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ or $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$ | $= 1,0 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ when $f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ and $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$ $= 1,3$ when $f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ or $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$ |
| Steel failure - anchor channels | | |
| Tension in anchors and channel bolts | $= 1,2 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,4$ | $= 1,05 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ |
| Shear with and without lever arm in channel bolts | $\gamma_{Ms} = 1,0 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ when $f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ and $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$ $= 1,5$ when $f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ or $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$ | $= 1,0 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ when $f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ and $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$ $= 1,3$ when $f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ or $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$ |
| Connection between anchor and channel in tension and shear | $\gamma_{Ms,ca} = 1,8$ | $= 1,6$ |
| Local failure of anchor channel by bending of lips in tension and shear | $\gamma_{Ms,l} = 1,8$ | $= 1,6$ |
| Bending of channel | $\gamma_{Ms,flex} = 1,15$ | $= 1,0$ |
| Steel failure - supplementary reinforcement | | |
| Tension | $\gamma_{Ms,re} = 1,15^a$ | $= 1,0$ |
| Concrete related failure | | |
| Concrete cone failure, concrete edge failure, concrete blow-out failure, concrete pry-out failure | $\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_{inst}$ $\gamma_c = 1,5^a$ for seismic repair and strengthening of existing structures see the EN 1998 series | $= \gamma_c \cdot \gamma_{inst}$ $= 1,2^a$ for seismic repair and strengthening of existing structures see the EN 1998 series |
| | $\gamma_{inst} = 1,0$ for headed fasteners and anchor channels satisfying the requirements of 4.6 (in tension and shear) $\geq 1,0$ for post-installed fasteners in tension, see relevant European Technical Product Specification $= 1,0$ for post-installed fasteners in shear | |
| Concrete splitting failure | $\gamma_{Msp} = \gamma_{Mc}$ | |
| Pull-out and combined pull-out and concrete failure | $\gamma_{Mp} = \gamma_{Mc}$ | |

^a The values are in accordance with EN 1992-1-1.

Tabella 48 – Coefficienti di sicurezza per le verifiche dell'ancoraggio (UNI EN 1992-4)

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO

| | | | |
|----------|-------|---------------|-------------------------------------|
| Classe | [-] | C32/40 | Classe del calcestruzzo del pulvino |
| f_{ck} | [MPa] | 33.2 | Resistenza caratteristica |

CARATTERISTICHE TIRAFONDI
Barre dei tirafondi

| | | | |
|-----------|--------------------|-------------|---|
| Classe | [-] | 10.9 | Classe acciaio |
| f_{yb} | [MPa] | 900 | Resistenza caratteristica a snervamento |
| f_{tb} | [MPa] | 1000 | Resistenza caratteristica a rottura |
| Φ | [-] | M27 | Dimensione |
| d | [mm] | 27 | Diametro |
| d_{nut} | [mm] | 46 | Diametro della circonferenza inscritta nel dado |
| A_{res} | [mm ²] | 459 | Area resistente del tirafondo |
| h_{ef} | [mm] | 1000 | Profondità di ancoraggio |

Piastra di testa

| | | | |
|----------|-------|-------------|--|
| Classe | [-] | S355 | Classe acciaio |
| f_{yk} | [MPa] | 355 | Diametro della rondella di testa dell'ancoraggio |
| d_h | [mm] | 60 | Diametro della rondella di testa dell'ancoraggio |
| t_h | [mm] | 20 | Spessore della rondella di testa dell'ancoraggio |

a) Steel Failure of fasteners (EN 1992-4 §7.2.1.3)

| | | | |
|---------------|-------|--------------|---|
| c | [-] | 0.85 | Coeff. di riduzione per bulloni con filettatura interrotta - filettature non conformi alla EN1090 (§3.6.1(3) UNI EN 1993-8) |
| $N_{Rk,s}$ | [kN] | 390.2 | Resistenza caratteristica per rottura a trazione dell'acciaio dell'elemento di fissaggio |
| γ_{Ms} | [-] | 1.25 | Coefficiente di sicurezza per carichi variabili (UNI EN 1992-4) |
| $N_{Rd,s}$ | [kN] | 312.1 | Resistenza di calcolo per rottura a trazione dell'acciaio dell'elemento di fissaggio |
| N_{ed} | [kN] | 312.1 | Azione di calcolo |
| η | [-] | 1.00 | Tasso di sfruttamento |

Come già vista nella verifica riportata precedentemente, i tirafondi si plasticizzano.

| | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

c) Pull-out failure of fastener (EN 1992-4 §7.2.1.5)

| | | | |
|---------------|--------------------|-------|---|
| d_h^* | [mm] | 60 | Diametro della testa dell'ancoraggio modificata (non deve assumersi un valore maggiore di "6t _h + d") |
| A_h | [mm ²] | 2255 | Area della testa dell'ancoraggio soggetta a pressione |
| k_2 | [-] | 7.5 | Parametro che tiene conto della condizione del calcestruzzo (a favore di sicurezza, si assume calcestruzzo fessurato) |
| $N_{Rk,p}$ | [kN] | 561.5 | Resistenza caratteristica a pull-out |
| γ_{Mp} | [-] | 1.20 | Coefficiente di sicurezza |
| $N_{Rd,p}$ | [kN] | 467.9 | Resistenza di progetto a pull-out |
| N_{ed} | [kN] | 390.2 | Azione di calcolo |
| η | [-] | 0.83 | Tasso di sfruttamento |

dove: $N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck}$

ed N_{ed} è pari alla resistenza caratteristica del tirafondo.

La verifica di pull-out riportata in Eurocodice tiene conto della sola rottura lato calcestruzzo. Tale verifica è stata dunque integrata con la rottura lato acciaio (rottura della piastra di testa).

Si ipotizza uno schema di calcolo come quello riportato in figura seguente.

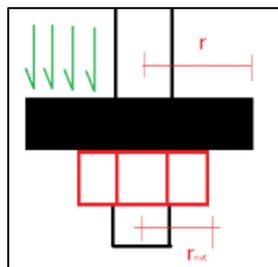


Figura 153 – Schema di calcolo della piastra di testa dell'ancoraggio

Ipotizzando, a favore di sicurezza uno schema a mensola, il modulo resistente sarà dato da:

$$W_{pl} = 2\pi \cdot r_{nut} \cdot t_h^2 / 4$$

| | | | |
|--|--------------------|-------|--|
| <i>Verifica della piastra di testa</i> | | | |
| p | [MPa] | 173 | Pressione agente sulla piastra di testa |
| M_{ed} | [kNm] | 1.4 | Momento agente in corrispondenza della sezione di incastro |
| W_{pl} | [mm ³] | 28903 | Modulo di resistenza plastico |
| M_{Rd} | [kNm] | 9.8 | Momento resistente |
| η | [-] | 0.14 | Tasso di sfruttamento |

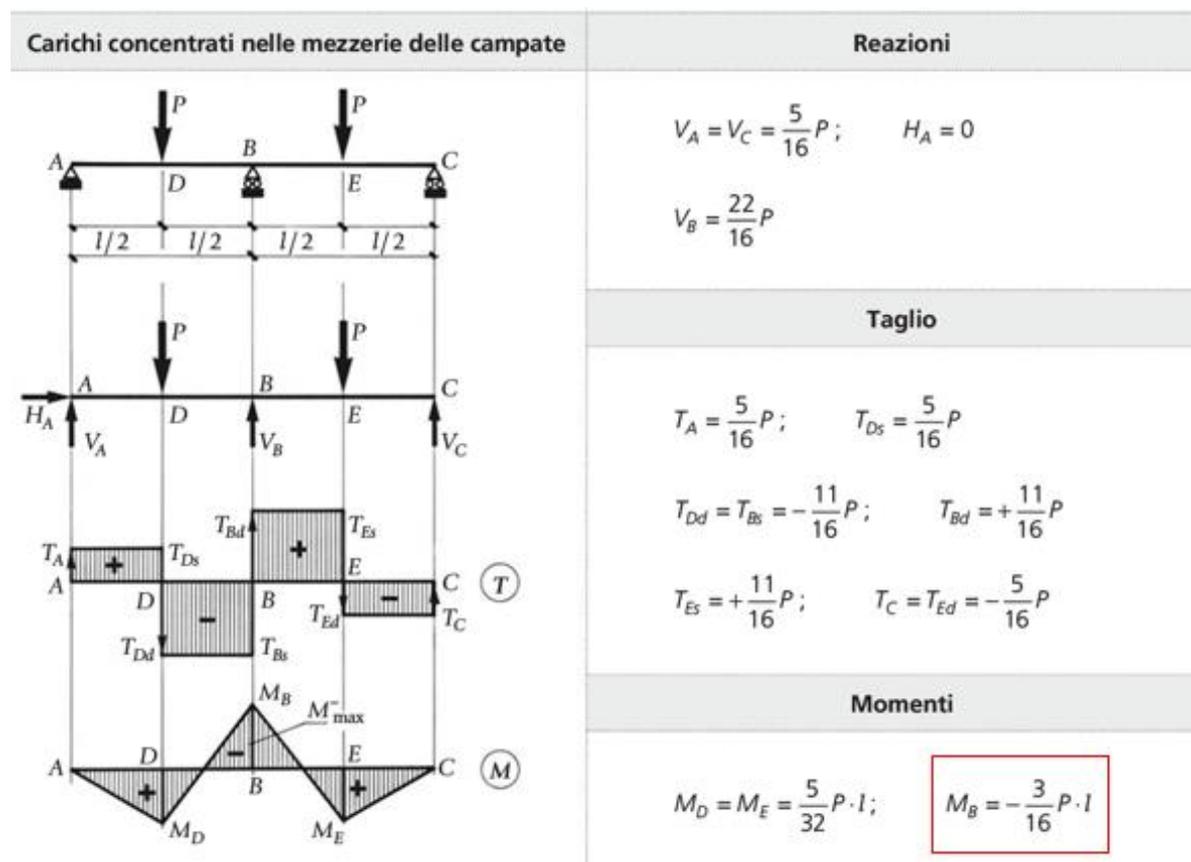
| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

16.4.2 Verifica della piastra di base

Si riporta la verifica a rifollamento e la verifica a flessione per effetto dei carichi concentrati.

Come azione di progetto si assume la resistenza caratteristica del tirafondo.

| Verifica locale della piastra di base (trave su tre appoggi con azioni concentrate) | | | |
|---|--------------------|--------|--|
| L | [mm] | 310 | Distanza tra gli irrigidimenti sulla piastra più esterni |
| L/2 | [mm] | 155 | Interasse degli irrigidimenti sulla piastra |
| B _{eff} | [mm] | 310 | Larghezza efficace (diffusione 45°) |
| F _{ed} | [kN] | 390.2 | Forza agente |
| M _{ed} | [kNm] | 11.3 | Momento agente (hp trave app. B=B _n) |
| t _p | [mm] | 30 | Spessore della piastra di base |
| J | [mm ⁴] | 697500 | Momento d'inerzia della sezione resistente |
| σ _{Ed} | [MPa] | 244 | Tensione massima di progetto |
| η | [-] | 0.72 | Tasso di sfruttamento |



| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

Verifica a punzonamento (NTC - §4.2.8.1.1)

| | | | |
|---------------|-------|--------|----------------------------------|
| t_p | [mm] | 30 | Spessore della piastra |
| d_m | [mm] | 46 | Diametro della testa del bullone |
| f_{tk} | [mm] | 510 | Tensione a rottura della piastra |
| γ_{M2} | [-] | 1.25 | Coefficiente di sicurezza |
| F_{ed} | [kN] | 390.2 | Forza agente |
| $B_{p,Rd}$ | [kN] | 1061.3 | Resistenza a punzonamento |
| η | [-] | 0.37 | Tasso di sfruttamento |

16.4.3 Verifiche nella zona di battuta

Si riportano di seguito le verifiche dell'elemento in acciaio.

Le verifiche sono state svolte attraverso metodi semplificati i quali possono considerarsi cautelativi.

Per la flessione della piattabanda inferiore della trave, per effetto del carico localizzato, si è condotta una verifica tensionale in campo elastico al fine di contenere il danneggiamento della stessa.

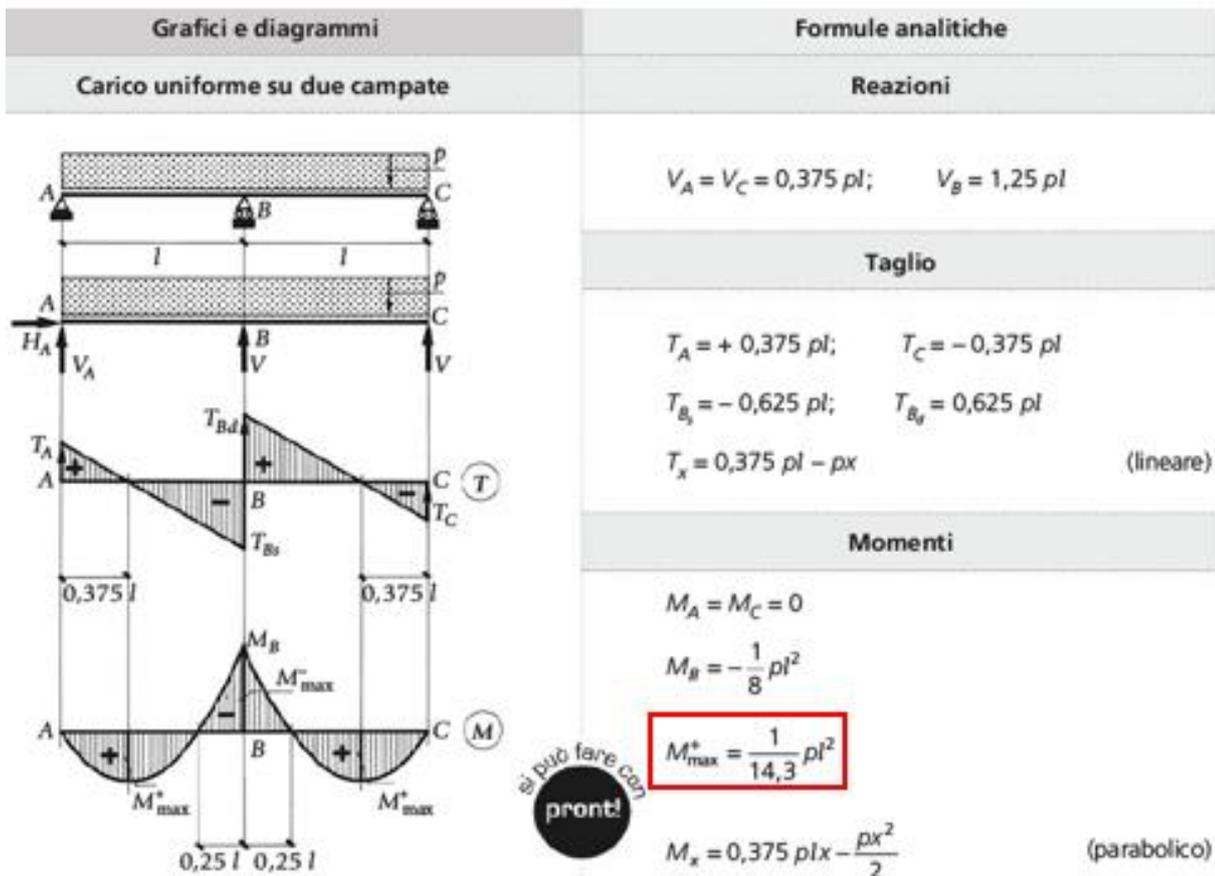
Sarà necessario l'inserimento di un elemento di rinforzo a "T" per contenere le tensioni sulla piattabanda della trave.

Verifica delle flessione locale sulla piattabanda

| | | | |
|---------------|----------------------|----------|--|
| L | [mm] | 600 | Interasse irrigidimenti verticali (luce campata) |
| B_n | [mm] | 100 | Larghezza neoprene (trasversale) |
| L_n | [mm] | 325 | Lunghezza neoprene (longitudinale) |
| $b_{1,eff}$ | [mm] | 237.5 | Larghezza efficace piattabanda inferiore |
| t_1 | [mm] | 30 | Spessore piattabanda inferiore |
| b_2 | [mm] | 130 | Larghezza del piatto di battuta |
| t_2 | [mm] | 20 | Spessore del piatto di battuta |
| h_3 | [mm] | 60 | Altezza della nervatura verticale |
| t_3 | [mm] | 20 | Spessore della nervatura verticale |
| z_g | [mm] | 40.2 | Posizione asse neutro nella sezione resistente |
| J | [mm ⁴] | 15273845 | Inerzia della sezione resistente |
| A_v | [mm ²] | 1200 | Area a taglio |
| F_{ed} | [kN] | 501 | Forza di progetto |
| p | [N/mm ²] | 15.42 | Pressione di contatto |
| M_{ed} | [kNm] | 54.8 | Momento sollecitante di progetto |
| σ_{Ed} | [MPa] | 250.5 | Tensione assiale massima di progetto |
| η | [-] | 0.74 | Tasso di sfruttamento |
| τ_{Ed} | [MPa] | 208.8 | Tensione tangenziale sulla nervatura verticale |
| η | [-] | 0.97 | Tasso di sfruttamento |

Verifica locale della piastra di battuta (trave su tre appoggi)

| | | | |
|-----------------|----------------------|--------|--|
| L | [mm] | 310 | Distanza tra gli irrigidimenti sulla piastra più esterni |
| L/2 | [mm] | 155 | Interasse degli irrigidimenti sulla piastra |
| B _n | [mm] | 100 | Larghezza neoprene di battuta |
| F _{ed} | [kN] | 501 | Forza agente |
| p _{Ed} | [N/mm ²] | 16.2 | Pressione sulla zona di contatto |
| M _{ed} | [kNm] | 2.7 | Momento agente (hp trave app. B=B _n) |
| t | [mm] | 25 | Spessore della piastra di rinforzo |
| J | [mm ⁴] | 130208 | Momento d'inerzia della sezione resistente |
| σ _{Ed} | [MPa] | 261 | Tensione massima di progetto |
| η | [-] | 0.77 | Tasso di sfruttamento |



| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

Verifica della mensola superiore

| | | | |
|-----------------|--------------------|----------|--|
| B | [mm] | 360 | Larghezza della piastra di battuta |
| t | [mm] | 25 | Spessore della piastra di battuta |
| n | [-] | 3 | Numero di nervature verticali |
| h | [mm] | 100 | Altezza delle nervature verticali |
| t | [mm] | 15 | Spessore delle nervature verticali |
| z _g | [mm] | 33.3 | Posizione asse neutro nella sezione resistente |
| J | [mm ⁴] | 15937500 | Inerzia della sezione resistente |
| <hr/> | | | |
| F _{ed} | [kN] | 501 | Forza di progetto |
| b | [m] | 0.10 | Braccio della forza |
| M _{ed} | [kNm] | 50.1 | Momento sollecitante di progetto |
| <hr/> | | | |
| σ _{Ed} | [MPa] | 288.2 | Tensione assiale massima di progetto |
| η | [-] | 0.85 | Tasso di sfruttamento |
| <hr/> | | | |
| τ _{Ed} | [MPa] | 111.3 | Tensione tangenziale sulle nervature verticali |
| η | [-] | 0.52 | Tasso di sfruttamento |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

17 VERIFICHE DEGLI IRRIGIDIMENTI NELLA ZONA DI APPOGGIO E AL MARTINETTO

Si riportano le verifiche degli irrigidimenti in corrispondenza degli appoggi e dei martinetti.

17.1 Irrigidimenti sull'appoggio

Le azioni assiali allo SLU agenti sugli appoggi sono state valutate combinando le reazioni ottenute dal modello globale.

Le massime reazioni SLU sono indicate al §16.1. In particolare, si ha:

- per gli appoggi tipo FISSO: **Fmax = 6028 kN**
- per gli appoggi tipo UNIDIREZIONALE: Fmax = 5821 kN
- per gli appoggi tipo MULTIDIREZIONALE: Fmax = 5367 kN

La verifica è stata condotta assumendo la massima azione assiale tra quelle agenti sui diversi appoggi (**6028 kN**) agente sull'appoggio di diametro inferiore, ossia quello multidirezionale (a favore di sicurezza).

In appoggio è previsto un irrigidimento a tutta altezza di dimensione 515mm x 30mm su entrambe le facce dell'anima (simmetrico). Inoltre sono previsti 4 nervature aggiuntive utili alla diffusione del carico concentrato in appoggio. Nell'immagine seguente si riporta il dettaglio delle nervature aggiuntive presenti in appoggio.

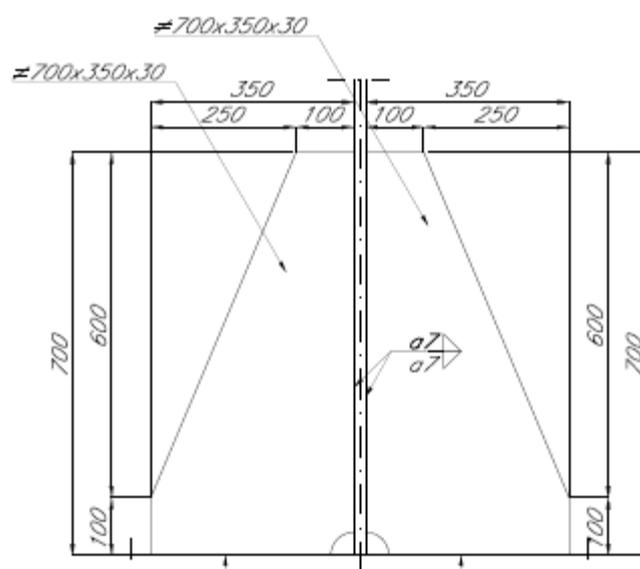


Figura 154 – Dettaglio delle nervature in appoggio

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Si riportano di seguito le verifiche effettuate.

VERIFICHE NELLA ZONA DI APPOGGIO - ELASTIC LINK N°2

DATI DI INPUT

AZIONI DI PROGETTO

| | | | |
|-----|------|------|----------------------------------|
| Ned | [kN] | 6028 | Massima reazione in appoggio SLU |
|-----|------|------|----------------------------------|

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI

Materiale del profilo e della piastra di collegamento

| | | | |
|-----|-------|-----|---|
| fyk | [Mpa] | 355 | Resistenza caratteristica a snervamento |
| ftk | [Mpa] | 510 | Resistenza caratteristica a rottura |

Caratteristiche geometriche dell'anima e degli irrigidimenti

| | | | |
|---------------|------|------|---|
| H t | [mm] | 2545 | Altezza della trave |
| t w | [mm] | 20 | Spessore dell'anima |
| B pb | [mm] | 1400 | Larghezza della piattabanda inferiore |
| t pb | [mm] | 30 | Spessore della piattabanda inferiore |
| t cp | [mm] | 20 | Spessore della contropiastra |
| D | [mm] | 1000 | Diametro dell'appoggio |
| n st1 | [-] | 2 | Numero di irrigidimenti a tutta altezza |
| B st1,base | [mm] | 435 | Larghezza degli irrigidimenti a tutta altezza (alla base) |
| B st1,altezza | [mm] | 435 | Larghezza degli irrigidimenti a tutta altezza (lungo sviluppo in altezza) |
| t st1 | [mm] | 30 | Spessore degli irrigidimenti a tutta altezza |
| n st2 | [-] | 4 | Numero delle nervature aggiuntive |
| B st2 | [mm] | 350 | Larghezza delle nervature aggiuntive |
| H st2 | [mm] | 700 | Altezza delle nervature aggiuntive |
| t st2 | [mm] | 30 | Spessore delle nervature aggiuntive |
| d | [mm] | 150 | Distanza delle nervature dagli irrigidimenti a tutta altezza |
| α | [°] | 45 | Angolo di diffusione del carico |

Caratteristiche generali delle saldature

| | | | |
|---------------|-------|-----|---|
| s | [mm] | 40 | Dimensione degli slot per passaggio saldature |
| $\beta 1$ fyk | [MPa] | 249 | Tensione di resistenza della saldatura |

Sollecitazioni sui cordoni di saldatura da analisi globali

| | | | |
|-----------|-------|------|--|
| $\tau//w$ | [MPa] | - | Tensione agente sulla saldatura di composizione anima-pb inferiore per effetto globale |
| V// irr | [kN] | 2189 | Taglio sulla saldatura di anima-irrigidimento (da taglio verticale nel traverso) |

VERIFICA DI STABILITÀ DELL'IRRIDIMENTO A TUTTA ALTEZZA

| | | | |
|------------|--------------------|-----------|---|
| ϵ | [-] | 0.814 | Coefficiente $\epsilon=(235/fyk)^{0.5}$ |
| b w,eff | [mm] | 488 | Larghezza efficace dell'anima ($2*15 \epsilon t w$) |
| b st1,eff | [mm] | 752 | Larghezza efficace degli irrigidimenti ($2*15 \epsilon t st,1$) |
| A eff | [mm ²] | 32331 | Area efficace della sezione a croce |
| J eff | [mm ⁴] | 1.065E+09 | Inerzia efficace della sezione a croce |
| Ncr | [kN] | 340652 | Carico critico |
| Npl | [kN] | 11478 | Resistenza a compressione per snervamento |
| α | [-] | 0.49 | Fattore di imperfezione |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|-----------|------|-------|-----------------------------|
| λ | [-] | 0.184 | Snellezza dimensionale |
| Φ | [-] | 0.513 | Coefficiente Φ |
| X | [-] | 1.000 | Coefficiente di instabilità |
| Nb,rd | [kN] | 11478 | Resistenza a compressione |
| η | [-] | 0.58 | Tasso di sfruttamento |

VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA ZONA DI ATTACCO IRRIGIDIMENTI-PIATTABANDA

| | | | |
|-------------|--------------------|--------|---|
| B w, diff | [mm] | 1100 | Larghezza di diffusione dell'anima |
| A w, diff | [mm ²] | 22000 | Area di diffusione dell'anima |
| B st1, diff | [mm] | 540 | Larghezza di diffusione del singolo irrigidimento a tutta altezza |
| A st1, diff | [mm ²] | 32400 | Area di diffusione totale degli irrigidimenti a tutta altezza |
| B st2, diff | [mm] | 519 | Larghezza di diffusione della singola nervatura |
| A st2, diff | [mm ²] | 62298 | Area di diffusione totale delle nervature |
| A tot, diff | [mm ²] | 116698 | Area di diffusione totale |

Verifica della tensione agente sull'area efficace

| | | | |
|----------|-------|------|------------------------------------|
| σ | [MPa] | 51.7 | Tensione agente sull'area efficace |
| η | [-] | 0.15 | Tasso di sfruttamento |

VERIFICA DELLE SALDATURE

Verifica della saldatura anima-piattabanda inferiore

| | | | |
|--------------------------|-------|------|---|
| Tipo | [-] | CP | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a w-pb | [mm] | - | Sezione di gola del cordole di saldatura |
| Ned,w | [kN] | 1136 | Quota parte della forza agente sull'anima |
| L diff | [mm] | 1100 | Lunghezza di diffusione (Bw,eff) |
| n _L | [MPa] | - | Tensione normale perpendicolare allo sviluppo del cordone |
| $\tau//$ | [MPa] | - | Tensione tangenziale parallela allo sviluppo del cordone |
| $(n_L^2 + \tau^2)^{0.5}$ | [MPa] | - | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |
| η | [-] | 0.00 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura piattabanda inferiore-irrigidimenti a tutta altezza

| | | | |
|--------------------------|-------|------|---|
| Tipo | [-] | CP | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a pb-st1 | [mm] | - | Sezione di gola del cordole di saldatura |
| Ned,st1 | [kN] | 837 | Quota parte della forza agente sul singolo irrigidimento |
| L diff | [mm] | 500 | Lunghezza di diffusione di ciascun irrigidimento (Bst1,eff - s) |
| n _L | [MPa] | - | Tensione normale perpendicolare allo sviluppo del cordone |
| $\tau//$ | [MPa] | 0.0 | Tensione tangenziale parallela allo sviluppo del cordone |
| $(n_L^2 + \tau^2)^{0.5}$ | [MPa] | - | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |
| η | [-] | 0.00 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura piattabanda inferiore-nervature aggiuntive

| | | | |
|--------------------------|-------|-----|---|
| Tipo | [-] | CP | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a pb-st2 | [mm] | - | Sezione di gola del cordole di saldatura |
| Ned,st2 | [kN] | 804 | Quota parte della forza agente sulla singolo nervatura |
| L diff | [mm] | 479 | Lunghezza di diffusione di ciascun irrigidimento (Bst2,eff - s) |
| n _L | [MPa] | - | Tensione normale perpendicolare allo sviluppo del cordone |
| $\tau//$ | [MPa] | 0.0 | Tensione tangenziale parallela allo sviluppo del cordone |
| $(n_L^2 + \tau^2)^{0.5}$ | [MPa] | - | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

| | | | |
|--|-------|------|---|
| η | [-] | 0.00 | Tasso di sfruttamento |
| Verifica della saldatura anima-irrigidimenti a tutta altezza | | | |
| Tipo | [-] | CA | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a w-st1 | [mm] | 7.0 | Sezione di gola del cordole di saldatura |
| Ned,st1 | [kN] | 837 | Quota parte della forza agente sul singolo irrigidimento |
| L diff | [mm] | 2465 | Lunghezza di diffusione di ciascun irrigidimento (Hst,1 - 2*s) |
| $\tau//,loc$ | [MPa] | 24.2 | Tensione locale sulla saldatura per azione concentrata in appoggio |
| $\tau//,glob$ | [MPa] | 63.4 | Tensione per effetto globale (massimo taglio sul trasverso di pila) |
| $\tau//,loc,max$ | [MPa] | 63.4 | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |
| η | [-] | 0.26 | Tasso di sfruttamento |
| Verifica della saldatura anima-nervature aggiuntive | | | |
| Tipo | [-] | CA | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a w-st2 | [mm] | 7.0 | Sezione di gola del cordole di saldatura |
| Ned,st2 | [kN] | 804 | Quota parte della forza agente sulla singolo nervatura |
| L diff | [mm] | 660 | Lunghezza di diffusione di ciascun irrigidimento (Hst,2 - s) |
| n_{\perp} | [MPa] | 0.0 | Tensione normale perpendicolare allo sviluppo del cordone |
| $\tau//$ | [MPa] | 87.1 | Tensione tangenziale parallela allo sviluppo del cordone |
| $(n_{\perp}^2 + \tau//^2)^{0.5}$ | [MPa] | 87.1 | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |
| η | [-] | 0.35 | Tasso di sfruttamento |

(*) le saldature a parziale penetrazione sono trattate come saldature a completa penetrazione se sono soddisfatti i requisiti indicati al §4.7.3 delle UNI-EN 1993-1-8. In caso contrario sono considerate come saldature a cordone d'angolo, dove z va assunto pari a $(t-c)\sqrt{2}$, con "t" spessore dell'elemento intagliato e "c" lunghezza del tratto non saldato.

17.2 Irrigidimenti sul martinetto

Le reazioni verticali dei martinetti sono state valutate a partire dal modello locale descritto al §13.1.1.

La combinazione adottata è del tipo "1.35*g1+1.50*g2+1.50*g2_ballast".

Si riportano nelle immagini seguenti i dettagli degli irrigidimenti in corrispondenza del martinetto.

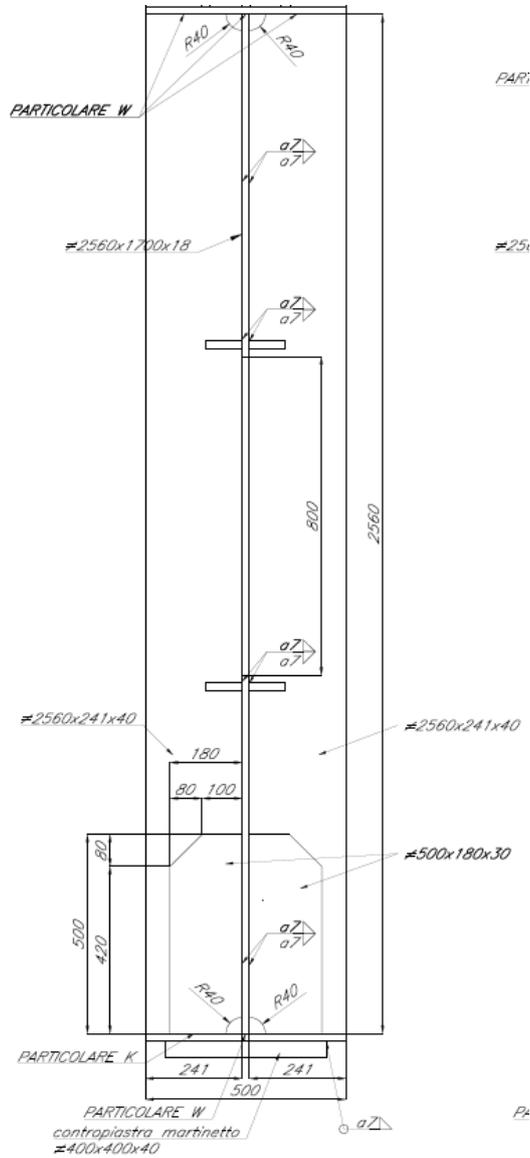
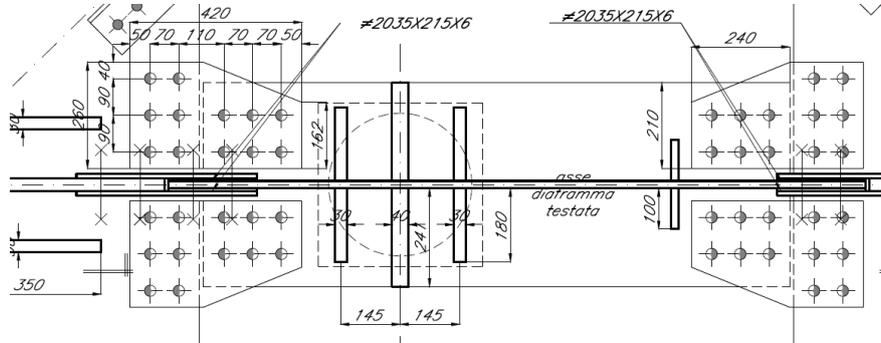


Figura 155 – Dettagli irrigidimenti al martinetto

| | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

VERIFICHE NELLA ZONA DI CONTRASTO DEL MARTINETTO - NODO N° (modello locale)

DATI DI INPUT

AZIONI DI PROGETTO

Ned [kN] 5572 Massima reazione in appoggio SLU

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI

Materiale del profilo e della piastra di collegamento

fyk [Mpa] 355 Resistenza caratteristica a snervamento
ftk [Mpa] 510 Resistenza caratteristica a rottura

Caratteristiche geometriche dell'anima e degli irrigidimenti

H t [mm] 2560 Altezza della trave
t w [mm] 18 Spessore dell'anima
B pb [mm] 500 Larghezza della piattabanda inferiore
t pb [mm] 20 Spessore della piattabanda inferiore
t cp [mm] 40 Spessore della contropiastra
D [mm] 350 Diametro del martinetto
n st1 [-] 2 Numero di irrigidimenti a tutta altezza
B st1,base [mm] 241 Larghezza degli irrigidimenti a tutta altezza (alla base)
B st1,altezza [mm] 241 Larghezza degli irrigidimenti a tutta altezza (lungo sviluppo in altezza)
t st1 [mm] 40 Spessore degli irrigidimenti a tutta altezza
n st2 [-] 4 Numero delle nervature aggiuntive
B st2 [mm] 180 Larghezza delle nervature aggiuntive
H st2 [mm] 500 Altezza delle nervature aggiuntive
t st2 [mm] 30 Spessore delle nervature aggiuntive
d [mm] 145 Distanza delle nervature dagli irrigidimenti a tutta altezza
α [°] 45 Angolo di diffusione del carico

Caratteristiche generali delle saldature

s [mm] 40 Dimensione degli slot per passaggio saldature
τ// w [MPa] - Tensione agente sulla saldatura di composizione anima-pb inferiore per effetto globale
β1 fyk [MPa] 248.5 Tensione di resistenza della saldatura

VERIFICA DI STABILITÀ DELL'IRRIGIDIMENTO A TUTTA ALTEZZA

ε [-] 0.814 Coefficiente $\epsilon=(235/fyk)^{0.5}$
b w,eff [mm] 439 Larghezza efficace dell'anima ($2 \cdot 15 \epsilon tw$)
b st1,eff [mm] 500 Spessore anima + larghezza efficace degli irrigidimenti ($2 \cdot 15 \epsilon \cdot t st1$)
A eff [mm²] 27908 Area efficace della sezione a croce
J eff [mm⁴] 416880192 Inerzia efficace della sezione a croce
Ncr [kN] 131841 Carico critico
Npl [kN] 9907 Resistenza a compressione per snervamento
α [-] 0.49 Fattore di imperfezione
λ [-] 0.274 Snellezza dimensionale
Φ [-] 0.556 Coefficiente Φ
X [-] 0.962 Coefficiente di instabilità
Nb,rd [kN] 9534 Resistenza a compressione

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

η [-] 0.64 Tasso di sfruttamento

VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA ZONA DI ATTACCO IRRIGIDIMENTI-PIATTABANDA

| | | | |
|-------------|--------------------|-------|---|
| B w, diff | [mm] | 470 | Larghezza di diffusione dell'anima |
| A w, diff | [mm ²] | 8460 | Area di diffusione dell'anima |
| B st1, diff | [mm] | 226 | Larghezza di diffusione del singolo irrigidimento a tutta altezza |
| A st1, diff | [mm ²] | 18080 | Area di diffusione totale degli irrigidimenti a tutta altezza |
| B st2, diff | [mm] | 176 | Larghezza di diffusione della singola nervatura |
| A st2, diff | [mm ²] | 21112 | Area di diffusione totale delle nervature |
| A tot, diff | [mm ²] | 47652 | Area di diffusione totale |

Verifica della tensione agente sull'area efficace

σ [MPa] 116.9 Tensione agente sull'area efficace
 η [-] 0.35 Tasso di sfruttamento

VERIFICA DELLE SALDATURE

Verifica della saldatura anima-piattabanda inferiore

| | | | |
|----------------------------------|-------|------|---|
| Tipo | [-] | CP | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a w-pb | [mm] | 10 | Sezione di gola del cordole di saldatura |
| Ned, w | [kN] | 989 | Quota parte della forza agente sull'anima |
| L diff | [mm] | 470 | Lunghezza di diffusione (Bw, eff) |
| n _⊥ | [MPa] | - | Tensione normale perpendicolare allo sviluppo del cordone |
| $\tau//$ | [MPa] | - | Tensione tangenziale parallela allo sviluppo del cordone |
| $(n_{\perp}^2 + \tau//^2)^{0.5}$ | [MPa] | - | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |
| η | [-] | 0.00 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura anima-irrigidimenti a tutta altezza

| | | | |
|----------------------------------|-------|------|---|
| Tipo | [-] | CA | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a w-st1 | [mm] | 7 | Sezione di gola del cordole di saldatura |
| Ned, st1 | [kN] | 1057 | Quota parte della forza agente sul singolo irrigidimento |
| L diff | [mm] | 2480 | Lunghezza di diffusione di ciascun irrigidimento (Hst, 1 - 2*s) |
| n _⊥ | [MPa] | 30.4 | Tensione normale perpendicolare allo sviluppo del cordone |
| $\tau//$ | [MPa] | 0.0 | Tensione tangenziale parallela allo sviluppo del cordone |
| $(n_{\perp}^2 + \tau//^2)^{0.5}$ | [MPa] | 30.4 | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |
| η | [-] | 0.12 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura anima-nervature aggiuntive

| | | | |
|----------------------------------|-------|------|---|
| Tipo | [-] | CA | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a w-st2 | [mm] | 7 | Sezione di gola del cordole di saldatura |
| Ned, st2 | [kN] | 617 | Quota parte della forza agente sulla singola nervatura |
| L diff | [mm] | 460 | Lunghezza di diffusione di ciascun irrigidimento (Hst, 2 - s) |
| n _⊥ | [MPa] | 95.8 | Tensione normale perpendicolare allo sviluppo del cordone |
| $\tau//$ | [MPa] | 0.0 | Tensione tangenziale parallela allo sviluppo del cordone |
| $(n_{\perp}^2 + \tau//^2)^{0.5}$ | [MPa] | 95.8 | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |
| η | [-] | 0.39 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura piattabanda inferiore-irrigidimenti a tutta altezza

| | | | |
|----------|------|----|---|
| Tipo | [-] | CP | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a pb-st1 | [mm] | - | Sezione di gola del cordole di saldatura |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|--|-------|------|---|
| Ned,st1 | [kN] | 1057 | Quota parte della forza agente sul singolo irrigidimento |
| L diff | [mm] | 186 | Lunghezza di diffusione di ciascun irrigidimento (Bst1,eff - s) |
| n _⊥ | [MPa] | - | Tensione normale perpendicolare allo sviluppo del cordone |
| τ// | [MPa] | 0.0 | Tensione tangenziale parallela allo sviluppo del cordone |
| $(n_{\perp}^2+t_{\perp}^2+\tau//^2)^{0.5}$ | [MPa] | - | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |
| η | [-] | 0.00 | Tasso di sfruttamento |

Verifica della saldatura piattabanda inferiore-nervature aggiuntive

| | | | |
|--|-------|------|---|
| Tipo | [-] | CP | Tipologia: CP=Completa penetrazione / CA=Cordone d'angolo (*) |
| a pb-st2 | [mm] | - | Sezione di gola del cordole di saldatura |
| Ned,st2 | [kN] | 617 | Quota parte della forza agente sulla singolo nervatura |
| L diff | [mm] | 136 | Lunghezza di diffusione di ciascun irrigidimento (Bst2,eff - s) |
| n _⊥ | [MPa] | - | Tensione normale perpendicolare allo sviluppo del cordone |
| τ// | [MPa] | 0.0 | Tensione tangenziale parallela allo sviluppo del cordone |
| $(n_{\perp}^2+t_{\perp}^2+\tau//^2)^{0.5}$ | [MPa] | - | Tensione di confronto per la verifica (NTC) |
| η | [-] | 0.00 | Tasso di sfruttamento |

(*) Le saldature a parziale penetrazione sono trattate come saldature a completa penetrazione se sono soddisfatti i requisiti indicati al §4.7.3 delle UNI-EN 1993-1-8. In caso contrario sono considerate come saldature a cordone d'angolo, dove z va assunto pari a $(t-c)\sqrt{2}$, con "t" spessore dell'elemento intagliato e "c" lunghezza del tratto non saldato.

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18 ANALISI LOCALI E VERIFICHE DELLA SOLETTA

Si riportano nel presente capitolo le analisi locali finalizzate al calcolo della soletta d'impalcato.

Si richiamano di seguito le principali caratteristiche dell'impalcato assunte per le analisi locali:

| | | | |
|---|---|----------|------------------------------------|
| i | = | 4.50 m | Intervia |
| V | = | 250 km/h | Velocità di progetto |
| R | = | 3400 m | Raggio di curvature dell'impalcato |
| u | = | 120 mm | Sovralzo |

18.1 Calcolo degli effetti locali

La soletta d'impalcato viene realizzata tramite getto in opera su predalle prefabbricate. Tale procedura può essere schematizzata tramite le seguenti fasi di calcolo:

- FASE 1A: posa in opera delle predalle e getto della soletta sulle zone interne tra le travi e su una parte dello sbalzo. In tale fase i carichi sono costituiti dal peso proprio delle predalle e dal calcestruzzo ancora inerte della soletta, più un carico accidentale assunto pari a 1.50kN/m². La sezione resistente è costituita dal traliccio delle predalle.
- FASE 1B: esecuzione del getto di completamento dello sbalzo da effettuarsi quando il calcestruzzo gettato in fase 1A può considerarsi reagente. I carichi agenti sono gli stessi della fase 1A. In tale fase le predalle lavorano a sbalzo su una luce pari alla lunghezza del tratto gettato in questa seconda fase.
- FASE 2: la soletta, completamente reagente, si comporta come una trave continua su quattro appoggi. I carichi agenti sono i permanenti portati "g2" e il peso del getto di completamento realizzato in fase 1B. La sezione resistente è costituita dalla soletta, escludendo il contributo alla resistenza offerto dalla coppella e dal traliccio delle predalle.
- FASE 3: valgono lo schema statico e la sezione resistente della fase precedente. I carichi agenti sono costituiti dalle azioni da traffico, dal carico di manutenzione sul marciapiede e dagli effetti del vento agente sulle barriere antirumore e sui convogli.

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.2 Sollecitazioni in fase 1 e verifica dei tralicci delle predalle

La fase di realizzazione della soletta prevede una prima sottofase (1A) nella quale è previsto il getto del calcestruzzo nelle zone interne tra le travi e per un tratto sugli sbalzi pari a 1.10m (misurato a partire dall'asse delle travi esterne).

Nella seconda sottofase (1B) si procede al completamento del getto sugli sbalzi. In tale fase la predalla lavora a sbalzo su una luce pari a

$$L = 2.575 \text{ m} - 1.10\text{m} = 1.475\text{m}$$

In Figura 156 è riportato il dettaglio dei tralicci adottati.

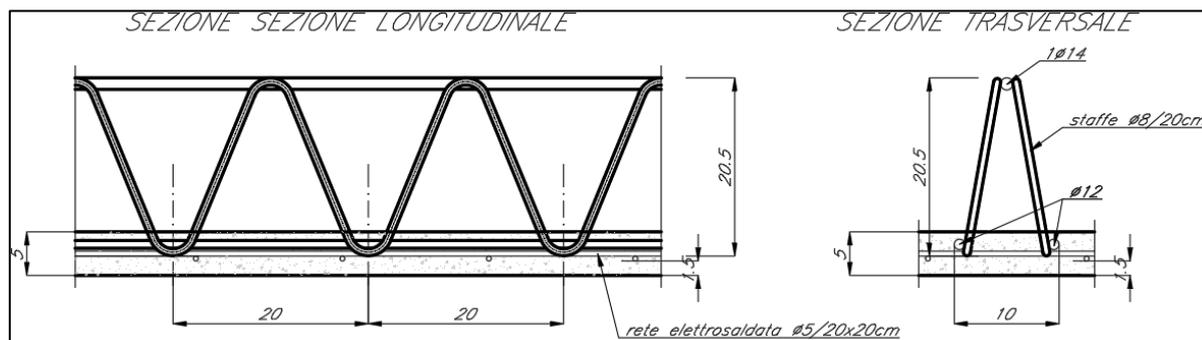


Figura 156 – Dettaglio predalle

Si riportano di seguito le verifiche dei tralicci delle predalle.

| | | | | | | | | | |
|--|---|----------------|-------|----------|--|------|----|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0005006</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> </table> | Progetto | Lotto | Codifica | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |
| Progetto | Lotto | Codifica | | | | | | | |
| IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C | | | | | | |

CARATTERISTICHE DELLE PREDALLE PREFABBRICATE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo C35/45

| | | | |
|----------------------|------------|------|----------------------|
| Peso proprio | γ_c | 25 | [kN/m ³] |
| Res. cubica car. | R_{ck} | 45.0 | [MPa] |
| Res. cilindrica car. | f_{ck} | 35.0 | [MPa] |
| Coeff. sicurezza | γ_M | 1.50 | [-] |

Acciaio per armature B450C

| | | | |
|------------------|---------------|---------|-------|
| Snervamento car. | f_{yk} | 450 | [Mpa] |
| Modulo elastico | E_s | 2.1E+05 | [Mpa] |
| Coeff. sicurezza | γ_{M0} | 1.15 | [-] |
| | γ_{M1} | 1.15 | [-] |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

| | | | |
|---------------------------|-----------|------|------|
| Dimensione lastra | b | 2400 | [mm] |
| Spessore coppella | s | 50 | [mm] |
| n° tralici per predalla | n | 6 | [-] |
| Interasse tralici | i_T | 400 | [mm] |
| Altezza tralici | h | 205 | [mm] |
| Base fuoritutto traliccio | d_{inf} | 100 | [mm] |
| Interasse diagonali | i_D | 200 | [mm] |
| Interasse ferri inferiori | i_{inf} | 88 | [mm] |
| Braccio interno forze | z | 192 | [mm] |
| Angolo in sezione staffe | α | 12.9 | [°] |
| Angolo in profilo staffe | β | 27.5 | [°] |

BARRE INCLINATE - FASE 1A

| | | | |
|-------------------------|------------|-------|--------------------|
| Diametro barra | Φ_2 | 8 | [mm] |
| Area sezione barra | A | 50 | [mm ²] |
| Inerzia sezione barra | J | 201 | [mm ⁴] |
| Coefficiente di vincolo | β | 1.00 | [-] |
| Luce libera inflessione | L_0 | 222 | [mm] |
| Carico critico | N_{cr} | 8.4 | [kN] |
| Snellezza adim. | λ | 1.636 | [-] |
| Coefficiente ϕ | ϕ | 2.191 | [-] |
| Coeff. di instabilità | χ | 0.274 | [-] |
| Res. a trazione | $N_{c,Rd}$ | 19.7 | [kN] |
| Res. a compressione | $N_{b,Rd}$ | 5.4 | [kN] |

CORRENTE SUPERIORE

| | | | |
|-------------------------|------------|-------|--------------------|
| Diametro barra | Φ_1 | 14 | [mm] |
| Area sezione barra | A | 154 | [mm ²] |
| Inerzia sezione barra | J | 1886 | [mm ⁴] |
| Luce libera inflessione | L_0 | 200 | [mm] |
| Carico critico | N_{cr} | 97.7 | [kN] |
| Snellezza adim. | λ | 0.842 | [-] |
| Coefficiente ϕ | ϕ | 1.012 | [-] |
| Coeff. di instabilità | χ | 0.636 | [-] |
| Res. a trazione | $N_{c,Rd}$ | 60.2 | [kN] |
| Res. a compressione | $N_{b,Rd}$ | 38.3 | [kN] |

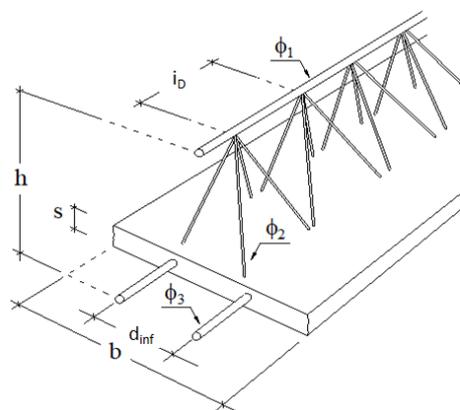
CORRENTI INFERIORI

| | | | |
|-----------------------------|------------|-------|--------------------|
| Diametro barra | Φ_3 | 12 | [mm] |
| Area sezione barra | A | 113 | [mm ²] |
| Inerzia sezione barra | J | 1018 | [mm ⁴] |
| Luce libera inflessione (*) | L_0 | 200 | [mm] |
| Carico critico | N_{cr} | 52.7 | [kN] |
| Snellezza adim. | λ | 0.982 | [-] |
| Coefficiente ϕ | ϕ | 1.174 | [-] |
| Coeff. di instabilità | χ | 0.550 | [-] |
| Res. a trazione | $N_{c,Rd}$ | 44.3 | [kN] |
| Res. a compressione | $N_{b,Rd}$ | 24.4 | [kN] |

BARRE INCLINATE - FASE 1B

| | | | |
|-------------------------|------------|-------|--------------------|
| Diametro barra | Φ_2 | 8 | [mm] |
| Area sezione barra | A | 50 | [mm ²] |
| Inerzia sezione barra | J | 201 | [mm ⁴] |
| Coefficiente di vincolo | β | 0.70 | [-] |
| Luce libera inflessione | L_0 | 155 | [mm] |
| Carico critico | N_{cr} | 17.2 | [kN] |
| Snellezza adim. | λ | 1.145 | [-] |
| Coefficiente ϕ | ϕ | 1.388 | [-] |
| Coeff. di instabilità | χ | 0.461 | [-] |
| Res. a trazione | $N_{c,Rd}$ | 19.7 | [kN] |
| Res. a compressione | $N_{b,Rd}$ | 9.1 | [kN] |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |



CORRENTI INFERIORI - SEZIONE COMPOSTA IN CORRISPONDENZA DELLE TASCHE DELLE TRAVI

| | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|--------|--------------------|--|-------------------|------------------|
| Area sezione barre | A | 226 | [mm ²] | Snellezza adim. Equivalente λ_{eq} | 1.006 | [-] |
| Inerzia sezione composto | J _C | 437913 | [mm ⁴] | Coefficiente ϕ | ϕ | 1.204 [-] |
| Luce libera inflessione | B _{pb} - 2c | 650 | [mm] | Coeff. di instabilità | χ | 0.536 [-] |
| Carico critico | N _{cr} | 2148.2 | [kN] | Res. a compressione | N _{c,Rd} | 47.5 [kN] |
| Snellezza adim. Ideale | λ_{id} | 0.218 | [-] | <i>(valida nel caso di ferri inferiori collegati in corrisp. delle tasche)</i> | | |

ANALISI DEI CARICHI ED EFFETTI LOCALI

| | | | | | | | |
|---|--------------------|--------------|------|--------------------|---------------------------|-------------|--------|
| Interasse travi | L | 2.750 | [m] | PP predalla | G _{1, pred} | 1.50 | [kN/m] |
| Dim. sbalzo sinistro | L _{SX} | 2.575 | [m] | PP getto campata | G _{1, sol, camp} | 8.50 | [kN/m] |
| Dim. sbalzo destro | L _{DX} | 2.575 | [m] | PP getto appoggio | G _{1, sol, app} | 7.50 | [kN/m] |
| Sbalzo non gettato in 1 ^a fase | L _{ng} | 1.475 | [m] | Carico accidentale | Q _{acc} | 1.50 | [kN/m] |
| Angolo obliquità | θ | 0 | [°] | PP veletta | G _{2, vel} | 4.50 | [kN] |
| Appoggio predalle | c | 50 | [mm] | Coeff. parziale G1 | γ_{G1} | 1.35 | [-] |
| Dim. piattabanda | B _{pb} | 750 | [mm] | Coeff. parziale Q | γ_Q | 1.50 | [-] |
| Spessore getto campata | H _{getto} | 340 | [mm] | | | | |
| Spessore getto appoggio | H _{getto} | 300 | [mm] | | | | |

VERIFICHE DEL TRALICCIO IN FASE DI GETTO

| | | | |
|-------------------|---------|----------|-----|
| Fasi getto sbalzo | n° fasi | 2 | [-] |
|-------------------|---------|----------|-----|

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

VERIFICHE DEL TRALICCIO IN FASE DI GETTO
Fasi getto sbalzo n° fasi **2** [-]

GETTO IN CAMPATA - fase 1a
Luce di calcolo campata L_c 2.05 [m]

Momento in appoggio

1- PP predalla $M_{g1,pred}$ 0.79 [kNm]

2- PP getto appoggio M_{g1} 4.47 [kNm]

3- Carico accidentale $M_{q,acc}$ 0.79 [kNm]

SLU M_{slu} 8.27 [kNm]

SLU singolo traliccio **M_{slu}** **3.31** **[kNm]**
Taglio in appoggio [kN]

1- PP predalla $V_{g1,pred}$ 1.54 [kN]

2- PP getto appoggio V_{g1} 8.71 [kN]

3- Carico accidentale $V_{q,acc}$ 1.54 [kN]

SLU **V_{slu}** **16.14** **[kN]**

SLU singolo traliccio **V_{slu}** **6.46** **[kNm]**

Assiale corrente sup. $N_{Ed,sup}$ - 17.2 [kN]

(*instabilità*) $N_{Rd,sup}$ -38.3 [kN]

 η 0.45 [-] Ok

Assiale corrente inf. $N_{Ed,inf}$ 8.6 [kN]

(*resistenza trazione*) $N_{Rd,inf}$ 44.3 [kN]

 η 0.19 [-] Ok

Assiale sul diagonale $N_{Ed,diag}$ -3.7 [kN]

(*instabilità*) $N_{Rd,diag}$ -5.4 [kN]

 η 0.69 [-] Ok

| | |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  |
| | Progetto Lotto Codifica IN17 10 EI2CLVI0005006 C |

GETTO SUGLI SBALZI - fase 1a

| | | | |
|--------------------------|----------|-------|-----|
| Sbalzo totale da gettare | L_c | 2.575 | [m] |
| Parte sbalzo non gettata | L_{no} | 1.475 | [m] |

Momento in appoggio

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|---------------|--------------|
| 1- PP predalla | $M_{g1,pred}$ | -4.97 | [kNm/m] |
| 2- PP getto appoggio | M_{g1} | -4.54 | [kNm/m] |
| 3- Carico accidentale | $M_{q,acc}$ | -4.97 | [kNm/m] |
| 4- PP veletta | $M_{g2,vel}$ | 0.00 | [kNm/m] |
| SLU | M_{slu} | -20.30 | [kNm/m] |
| SLU singolo traliccio | M_{slu} | - 8.12 | [kNm] |

Taglio in appoggio

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|--------------|
| 1- PP predalla | $V_{g1,pred}$ | 3.86 | [kN/m] |
| 2- PP getto appoggio | V_{g1} | 8.25 | [kN/m] |
| 3- Carico accidentale | $V_{q,acc}$ | 3.86 | [kN/m] |
| 4- PP veletta | $M_{g2,vel}$ | 0.00 | [kN/m] |
| SLU | V_{slu} | 22.15 | [kN] |
| SLU singolo traliccio | V_{slu} | 8.86 | [kNm] |

| | | | |
|-----------------------|--------------|------|----------|
| Assiale corrente sup. | $N_{Ed,sup}$ | 42.3 | [kN] |
| (resistenza trazione) | $N_{Rd,sup}$ | 60.2 | [kN] |
| | η | 0.70 | [-] Ok |

| | | | |
|-----------------------|--------------|-------|----------|
| Assiale corrente inf. | $N_{Ed,inf}$ | -21.1 | [kN] |
| (instabilità) | $N_{Rd,inf}$ | -24.4 | [kN] |
| | η | 0.87 | [-] Ok |

| | | | |
|-----------------------|---------------|------|----------|
| Assiale sul diagonale | $N_{Ed,diag}$ | -5.1 | [kN] |
| (instabilità) | $N_{Rd,diag}$ | -5.4 | [kN] |
| | η | 0.95 | [-] Ok |

| | | | |
|------------------------|--------------|-------|----------|
| Corrente inf. composto | $N_{Ed,inf}$ | -42.3 | [kN] |
| (instabilità) | $N_{Rd,inf}$ | -47.5 | [kN] |
| | η | 0.89 | [-] Ok |

GETTO SUGLI SBALZI - fase 1b

| | | | |
|--------------------------|----------|-------|-----|
| Sbalzo totale da gettare | L_c | 1.475 | [m] |
| Parte sbalzo non gettata | L_{no} | 0.000 | [m] |

Momento minimo

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|---------------|--------------|
| 1- PP predalla | $M_{g1,pred}$ | -1.63 | [kNm/m] |
| 2- PP getto appoggio | M_{g1} | -8.16 | [kNm/m] |
| 3- Carico accidentale | $M_{q,acc}$ | -1.63 | [kNm/m] |
| 4- PP veletta | $M_{g2,vel}$ | -6.64 | [kNm/m] |
| SLU | M_{slu} | -24.63 | [kNm/m] |
| SLU singolo traliccio | M_{slu} | - 9.85 | [kNm] |

Taglio massimo

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|--------------|
| 1- PP predalla | $V_{g1,pred}$ | 2.21 | [kN/m] |
| 2- PP getto appoggio | V_{g1} | 11.06 | [kN/m] |
| 3- Carico accidentale | $V_{q,acc}$ | 2.21 | [kN/m] |
| 4- PP veletta | $M_{g2,vel}$ | 4.50 | [kN/m] |
| SLU | V_{slu} | 27.32 | [kN] |
| SLU singolo traliccio | V_{slu} | 10.93 | [kNm] |

| | | | |
|-----------------------|--------------|------|----------|
| Assiale corrente sup. | $N_{Ed,sup}$ | 51.3 | [kN] |
| (resistenza trazione) | $N_{Rd,sup}$ | 60.2 | [kN] |
| | η | 0.85 | [-] Ok |

| | | | |
|---------------------------|--------------|-------|----------|
| Assiale corrente inf. | $N_{Ed,inf}$ | -25.7 | [kN] |
| (resistenza compressione) | $N_{Rd,inf}$ | -44.3 | [kN] |
| | η | 0.58 | [-] Ok |

| | | | |
|-----------------------|---------------|------|----------|
| Assiale sul diagonale | $N_{Ed,diag}$ | -6.3 | [kN] |
| (instabilità) | $N_{Rd,diag}$ | -9.1 | [kN] |
| | η | 0.70 | [-] Ok |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.3 Sollecitazioni elementari in fase 2 e 3

Le analisi in fase 2 e in fase 3 sono state eseguite tramite un modello “beam” rappresentativo di una porzione di soletta di larghezza un metro caratterizzata da uno schema statico di trave continua su quattro appoggi (in corrispondenza delle anime delle travi).

Le azioni concentrate agenti al piede dei montanti delle barriere antirumore sono state modellate tenendo conto col comportamento a piastra della soletta, diffondendo l'azione a 45° fino ad asse trave esterna. L'interasse dei montanti è pari a 3m.

Si riportano di seguito i carichi applicati sul modello locale e le sollecitazioni di taglio e momento corrispondenti.

Per l'analisi dei carichi si rimanda al capitolo 5 della presente relazione di calcolo.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.3.1 Carichi permanenti strutturali (g1)



Figura 157 – g1_soletta_fase 2B

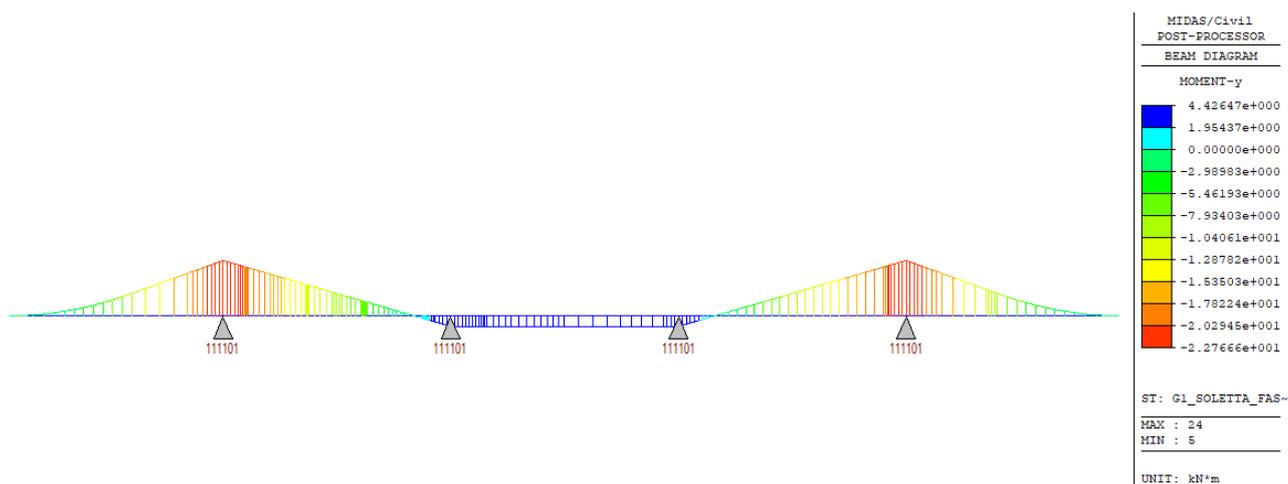


Figura 158 – g1_soletta_fase 2B – Momento My

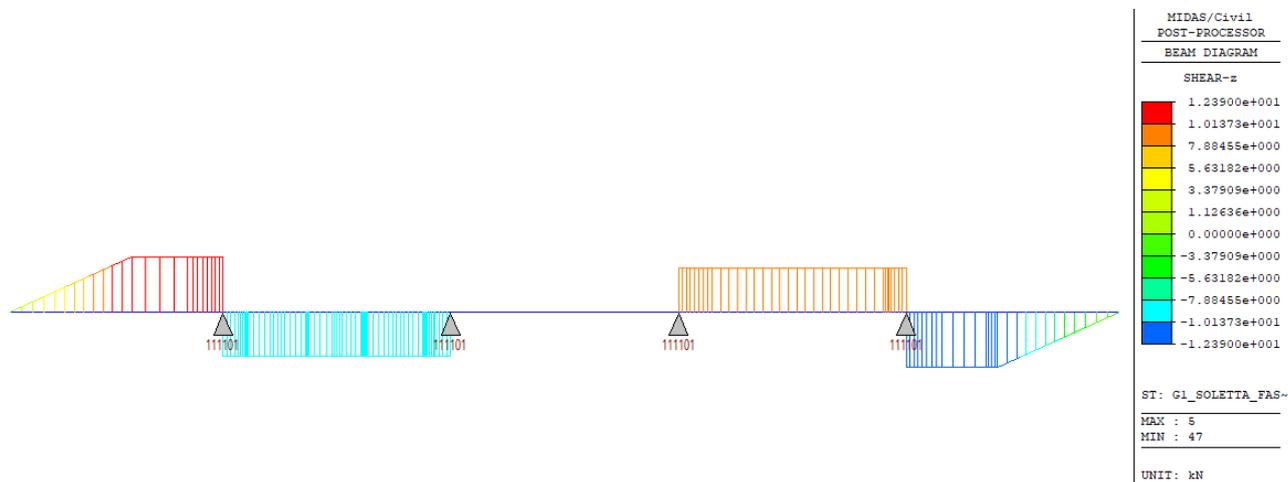


Figura 159 – g1_soletta_fase 2B – Taglio Vz

| | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

18.3.2 Carichi permanenti non strutturali (g2)

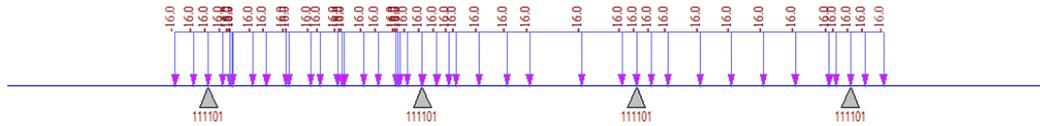


Figura 160 – g2_Ballast

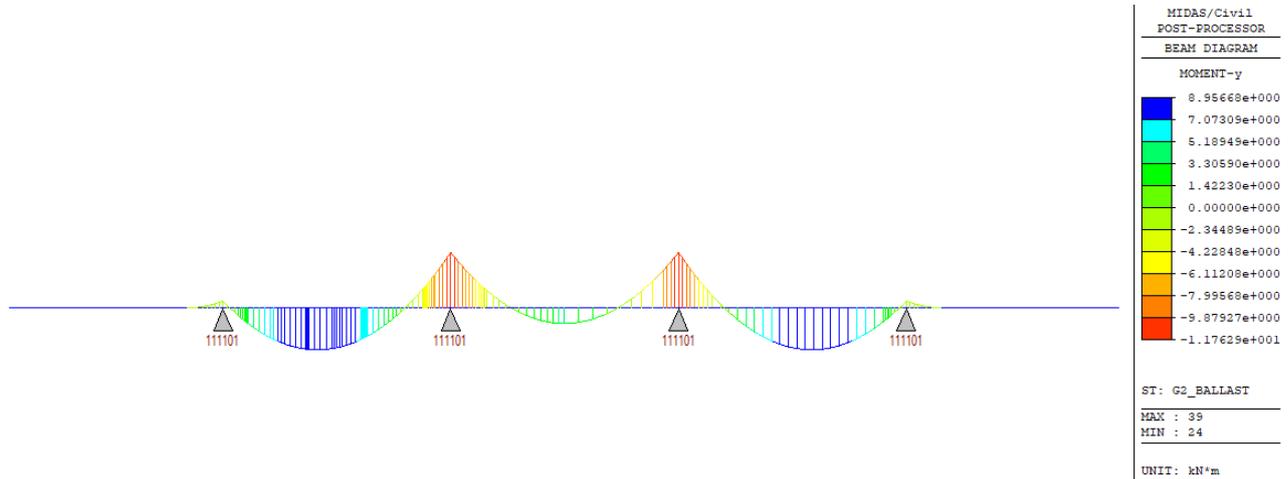


Figura 161 – g2_Ballast – Momento My

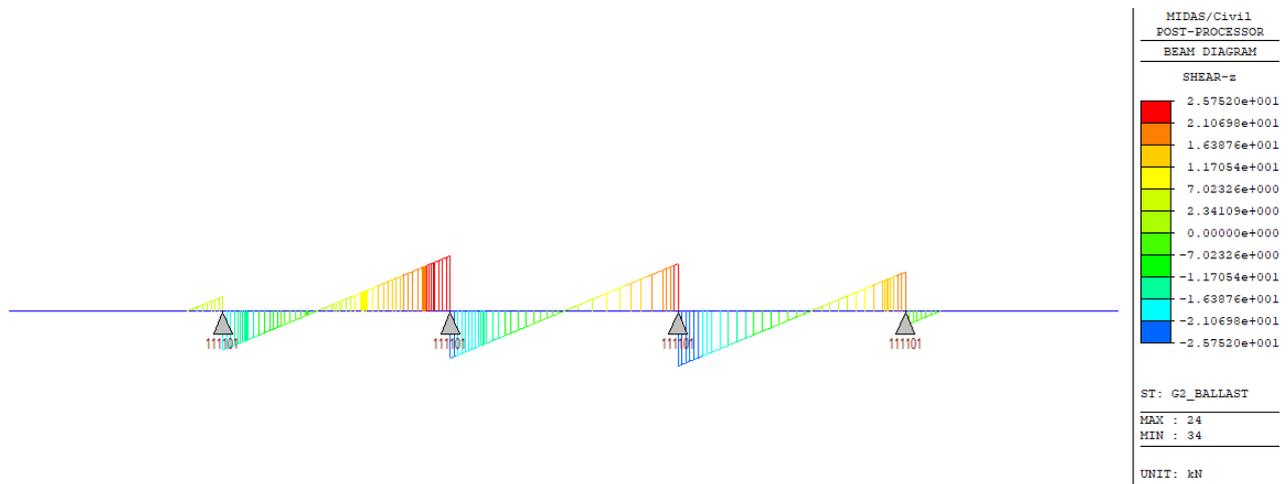


Figura 162 – g2_Ballast – Taglio Vz

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

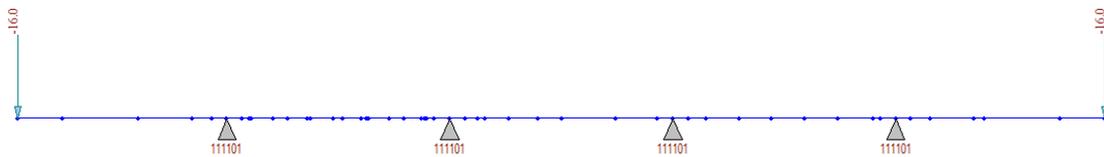


Figura 163 – g2_barriere

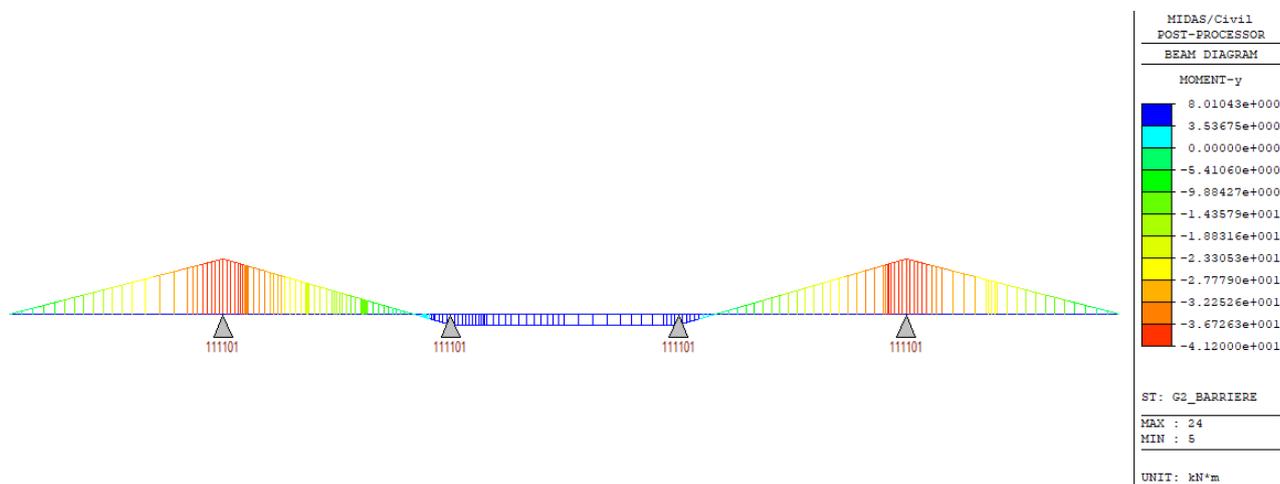


Figura 164 – g2_barriere – Momento My

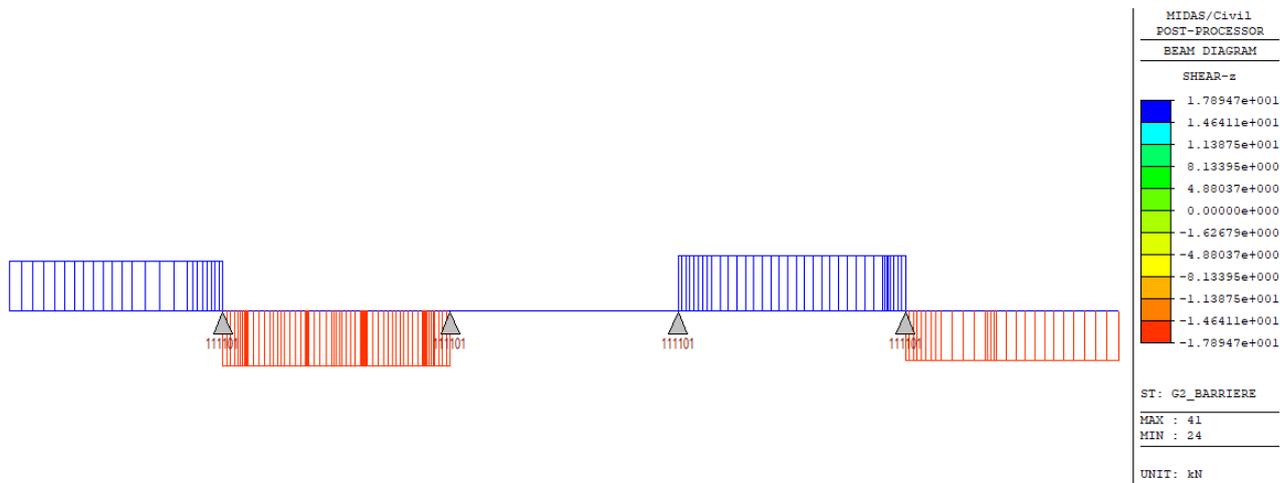


Figura 165 – g2_barriere – Taglio Vz



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |



Figura 166 – g2

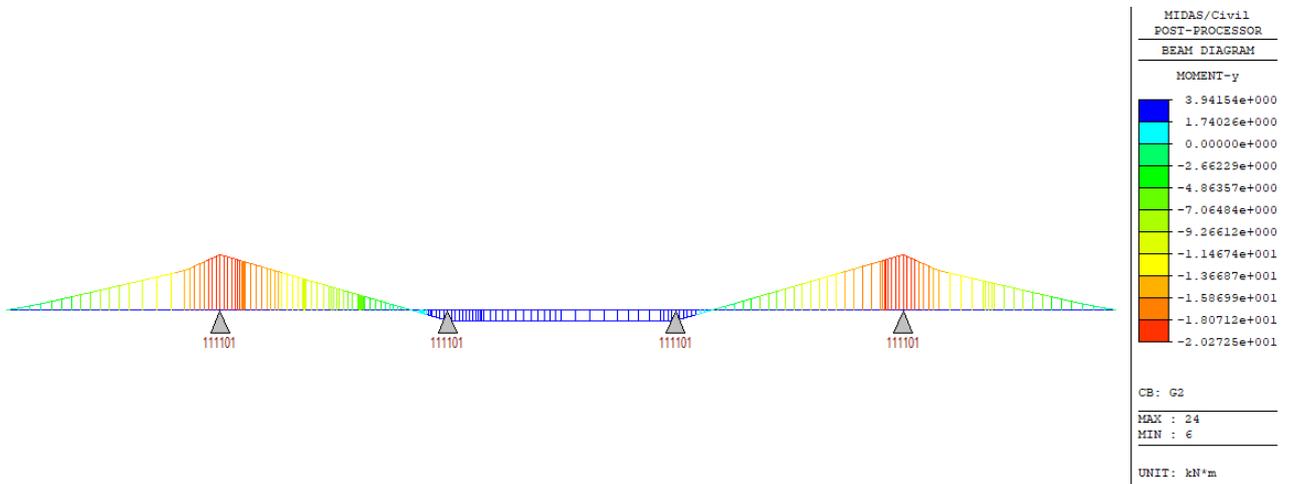


Figura 167 – g2 – Momento My

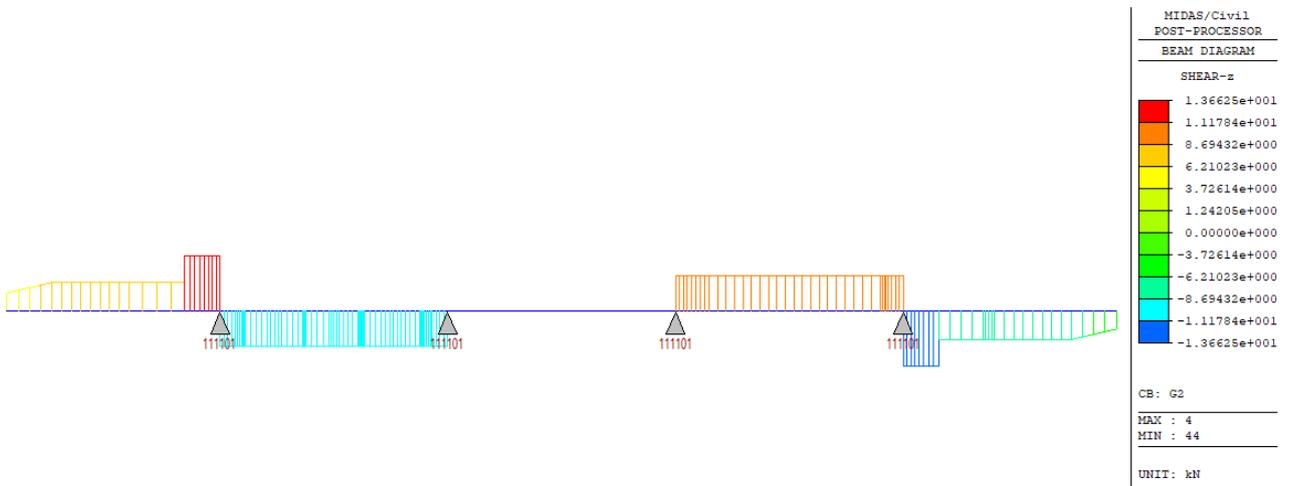


Figura 168 – g2 – Taglio Vz

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.3.3 Carichi variabili da traffico

Ai fini delle verifiche locali della soletta si è considerato il solo treno di carico LM71, più in particolare il suo asse da 250 kN.

In accordo con quanto indicato nel D.M.2008 [1], tali azioni concentrate sono state considerate come distribuite su tre traverse consecutive e quindi diffuse fino a baricentro soletta come indicato nella figura seguente (diffusione con pendenza 1/4 nel ballast e 1/1 nella soletta).

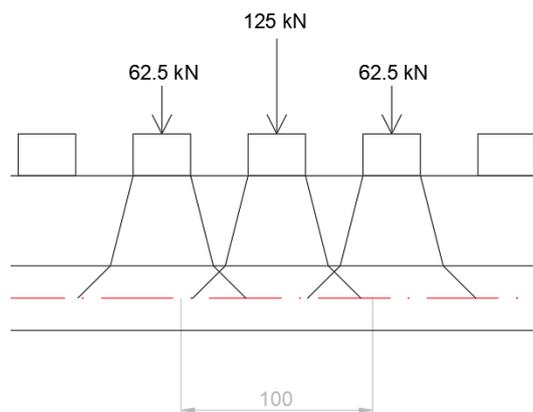


Figura 169 – Diffusione longitudinale del carico concentrato corrispondente all'LM71

Si assume dunque che su una striscia di un metro di soletta agisca un carico pari a quello agente sulla traversa centrale più il 40% del carico agente sulle due traverse adiacenti.

$$q (\text{LM71_concentrato}) = (1+0.4) 125 \text{ kN} \cdot \alpha = 192.5 \text{ kN}$$

Si dimostra facilmente come tale condizione di carico sia la più gravosa per la soletta:

$$q (\text{LM71_distribuito}) = 80 \text{ kN/m} \cdot \alpha = 88 \text{ kN/m}$$

$$\text{SW2} = 150 \text{ kN/m} \cdot \alpha = 150 \text{ kN/m}$$

Il carico è stato diffuso anche trasversalmente fino a baricentro soletta e quindi distribuito su una larghezza pari a:

$$B_{\text{diff,trasv}} = B_{\text{Traversa}} + 0.5 H_{\text{ballast}} + H_{\text{soletta}}$$

dove:

$$B_{\text{Traversa}} = 2.60 \text{ m} \quad \text{Larghezza della traversa}$$

$$H_{\text{ballast}} = 0.48 \text{ m} \quad \text{Spessore medio dello strato di ballast (tiene conto del sovrizzo)}$$

$$H_{\text{soletta}} = 0.34 \text{ m} \quad \text{Spessore soletta misurato in asse binario (esclusa predella)}$$

Allo stesso modo del carico verticale, anche le altre azioni associate al singolo asse dell'LM71, ovvero l'azione centrifuga e gli effetti delle eccentricità dovute al rialzo e allo spostamento occasionale del carico, sono state

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

considerate distribuite tra le traverse con ripartizione 25%-50%-25% e diffuse sia longitudinalmente che trasversalmente fino a baricentro soletta.

Come già indicato ad inizio capitolo, si è considerato un sovrizzo “u” pari a 120mm cui corrisponde un’eccentricità pari a 150.5 mm. L’eccentricità occasionale è invece pari a 80mm.

Il raggio di curvatura e la velocità sono pari rispettivamente a 3400m e 250km/h, cui corrisponde una forza centrifuga, associata all’asse da 250kN, pari a 19 kN.

Secondo quanto riportato sul MDP RFI [2] e sulle NTC [1], i carichi da traffico verticali sono stati amplificati per tener conto della natura dinamica dell’azione stessa.

Il coefficiente dinamico è stato calcolato come:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,82 \text{ con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

in quanto per la linea è previsto un elevato standard manutentivo.

La lunghezza caratteristiche è stata assunta pari a tre volte l’interasse delle travi principali:

$$L_\phi = 8.25\text{m}$$

Per cui si ha:

$$\Phi_2 = 1.36$$

Il carico verticale distribuito su una tratto pari a $B_{\text{diff,trasv}}$ è dunque pari a **q = 82.3 kN/m**.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |



Figura 170 – $\Phi \cdot LM71_p_vert$

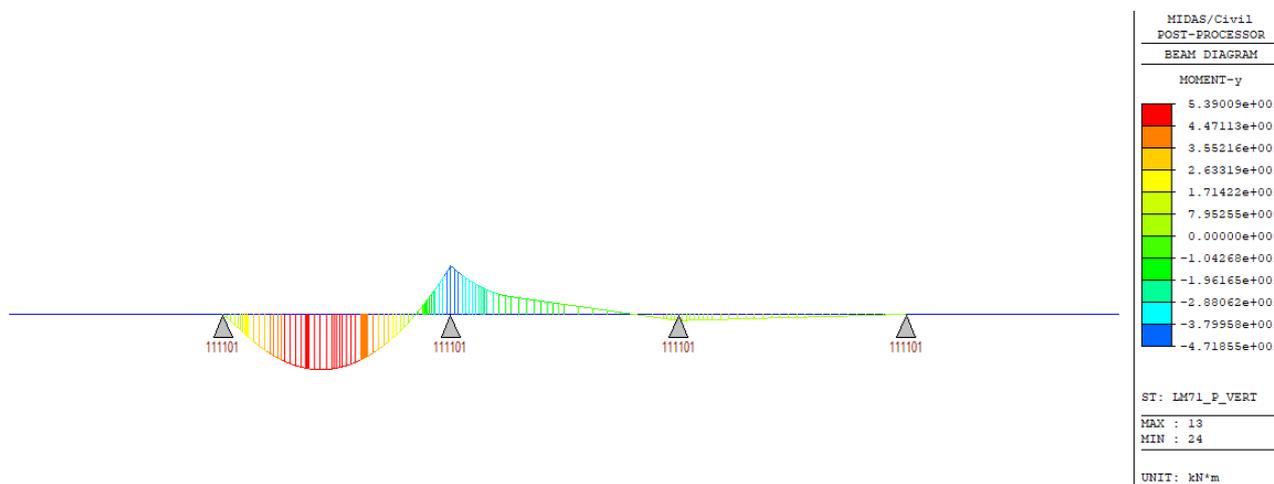


Figura 171 – $\Phi \cdot LM71_p_vert$. – Momento M_y

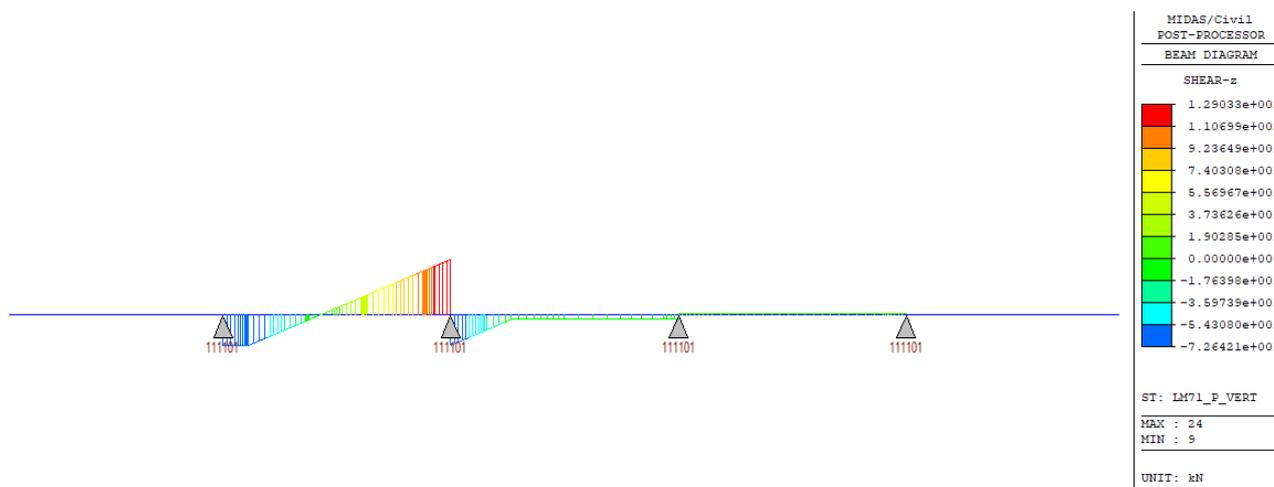


Figura 172 – $\Phi \cdot LM71_p_vert$ – Taglio V_z



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |



Figura 173 – $\Phi^*LM71_d_vert$

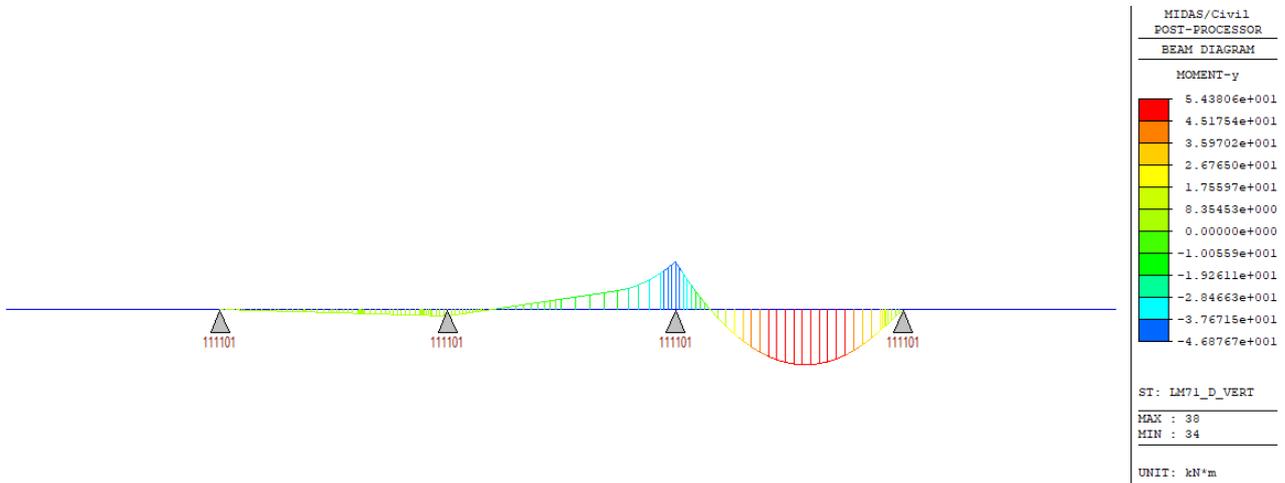


Figura 174 – $\Phi^*LM71_d_vert$ – Momento M_y

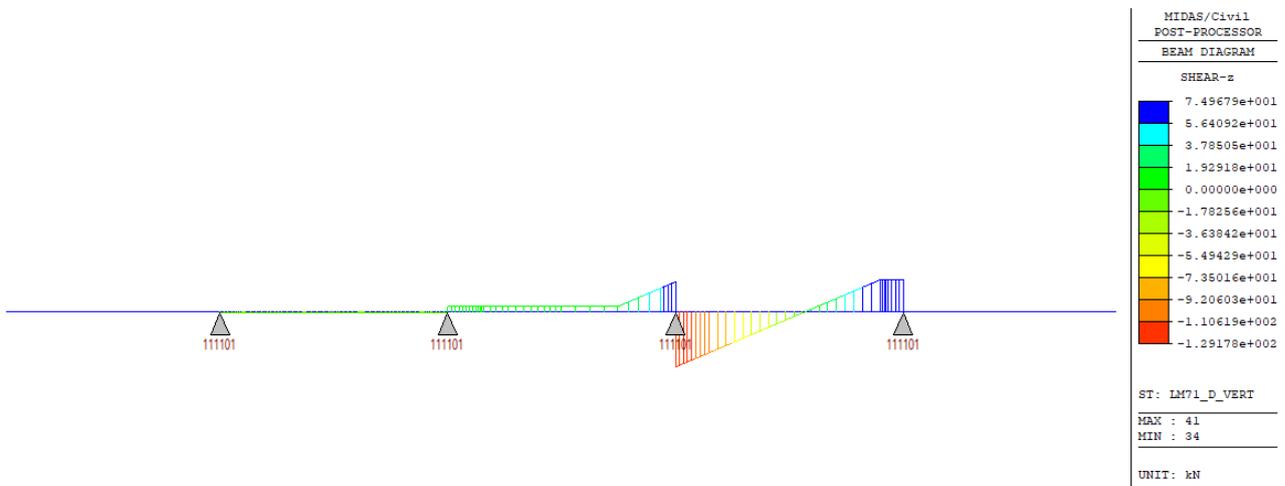


Figura 175 – $\Phi^*LM71_d_vert$ – Taglio V_z

| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

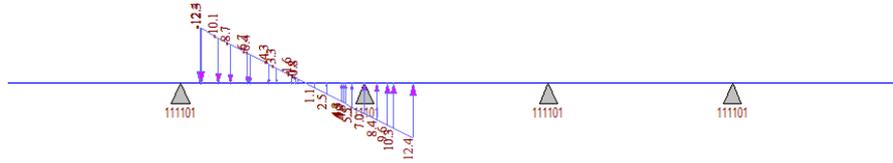


Figura 176 – $\Phi \cdot LM71_p_ecc(s)$

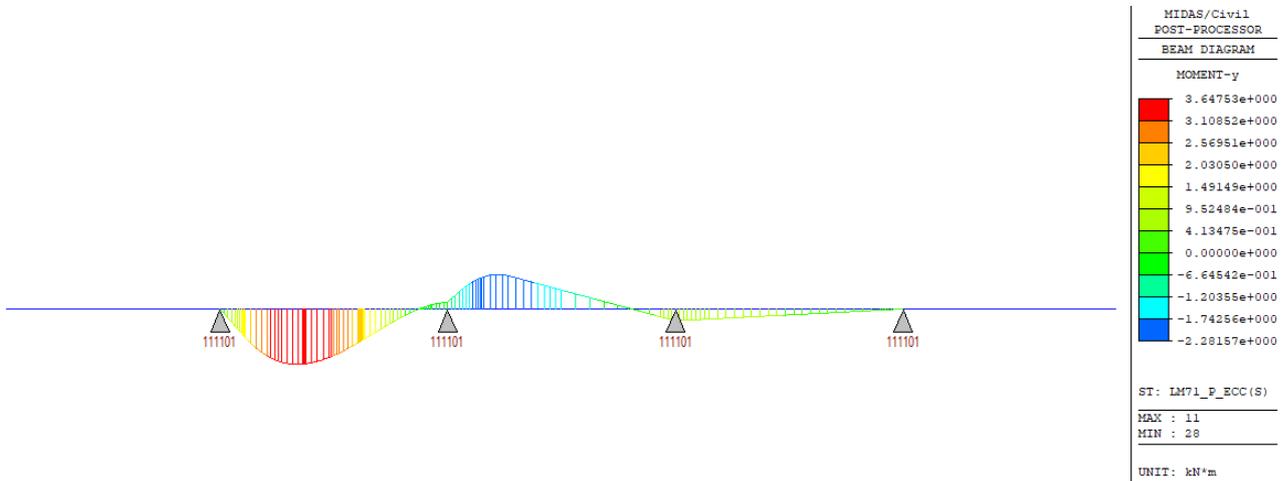


Figura 177 – $\Phi \cdot LM71_p_ecc(s)$ – Momento M_y

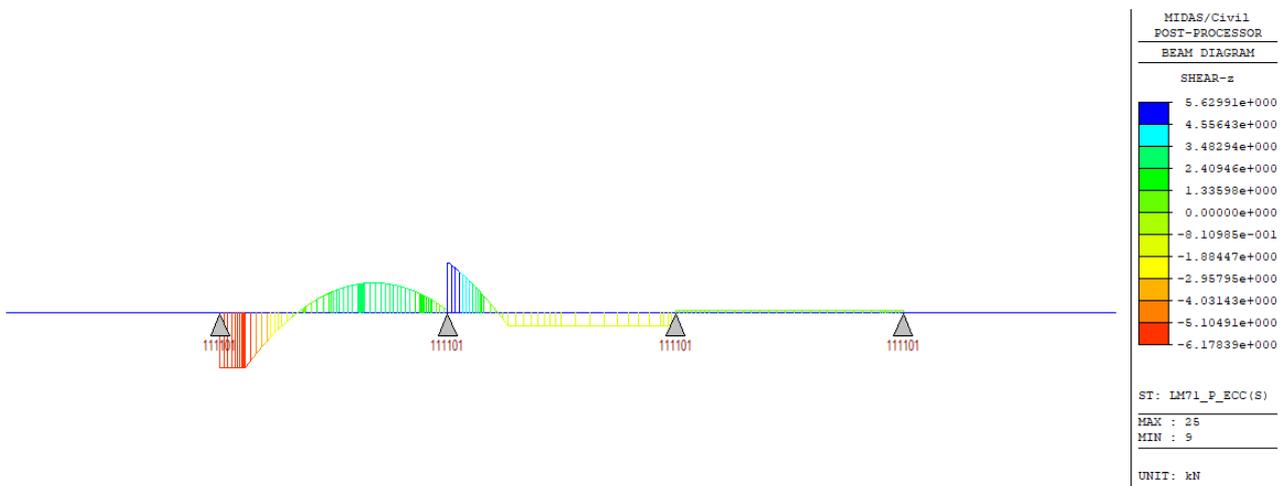


Figura 178 – $\Phi \cdot LM71_p_ecc(s)$ – Taglio V_z

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

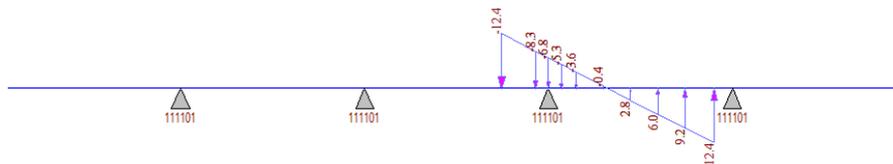


Figura 179 – $\Phi^* LM71_d_ecc(s)$

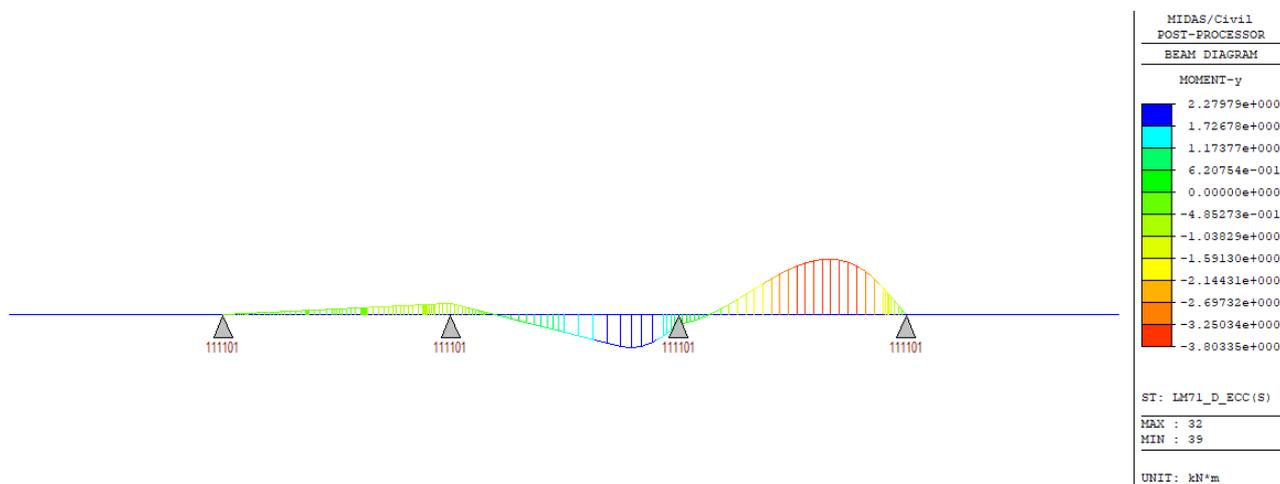


Figura 180 – $\Phi^* LM71_d_ecc(s)$ – Momento My

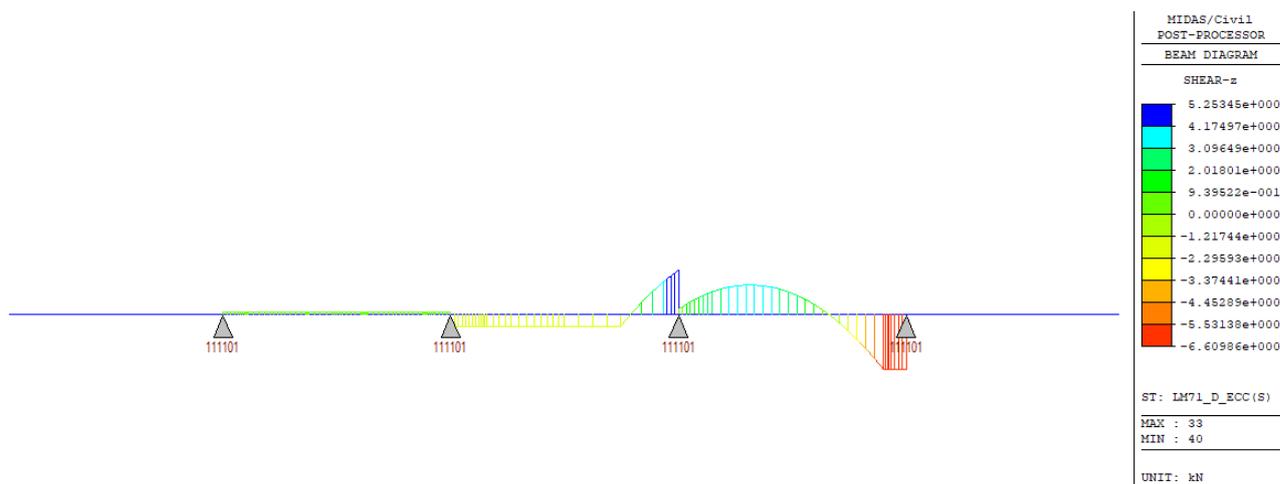


Figura 181 – $\Phi^* LM71_d_ecc(s)$ – Taglio Vz

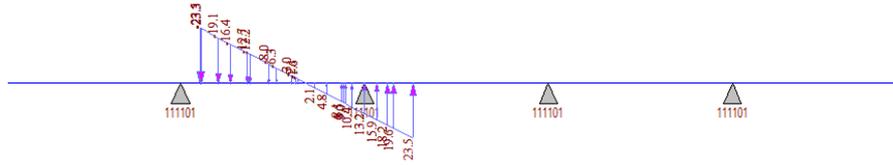


Figura 182 – $\Phi * LM71_p_ecc(u)$

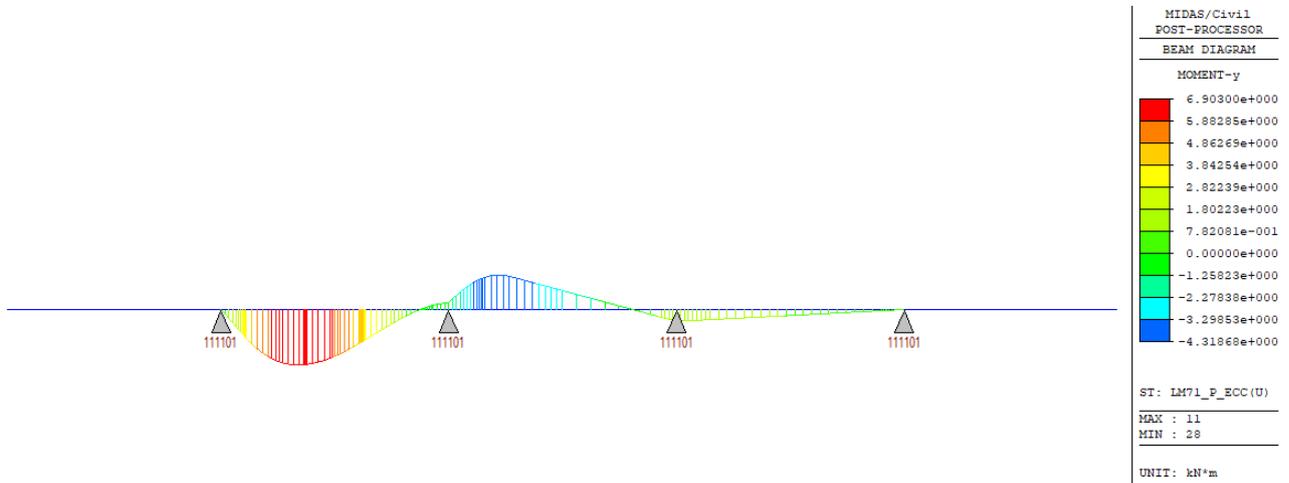


Figura 183 – $\Phi * LM71_p_ecc(u)$ – Momento My

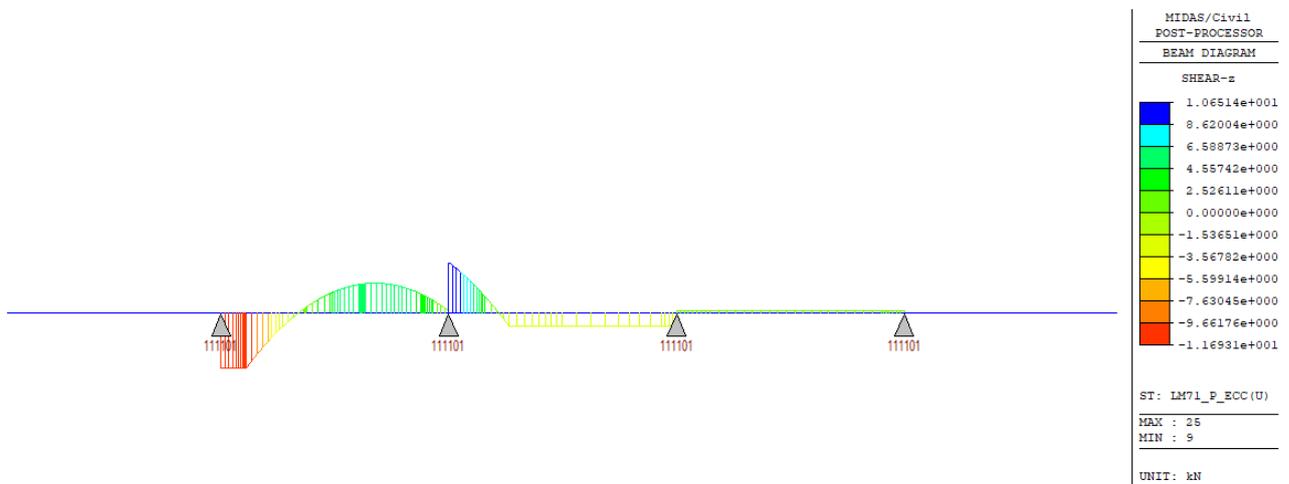


Figura 184 – $\Phi * LM71_p_ecc(u)$ – Taglio Vz

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

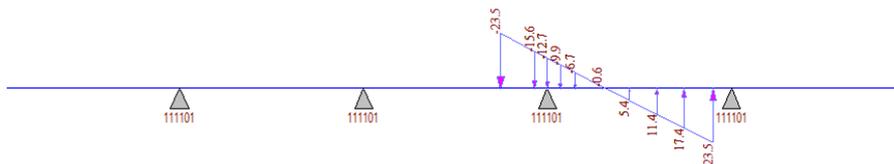


Figura 185 – $\Phi * LM71_d_ecc(u)$

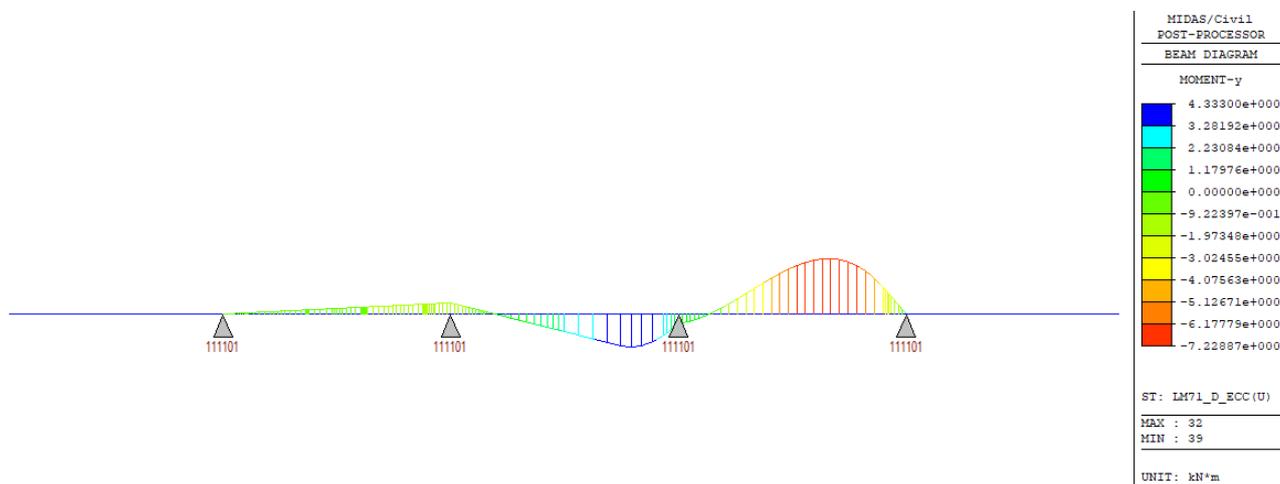


Figura 186 – $\Phi * LM71_d_ecc(u)$ – Momento My

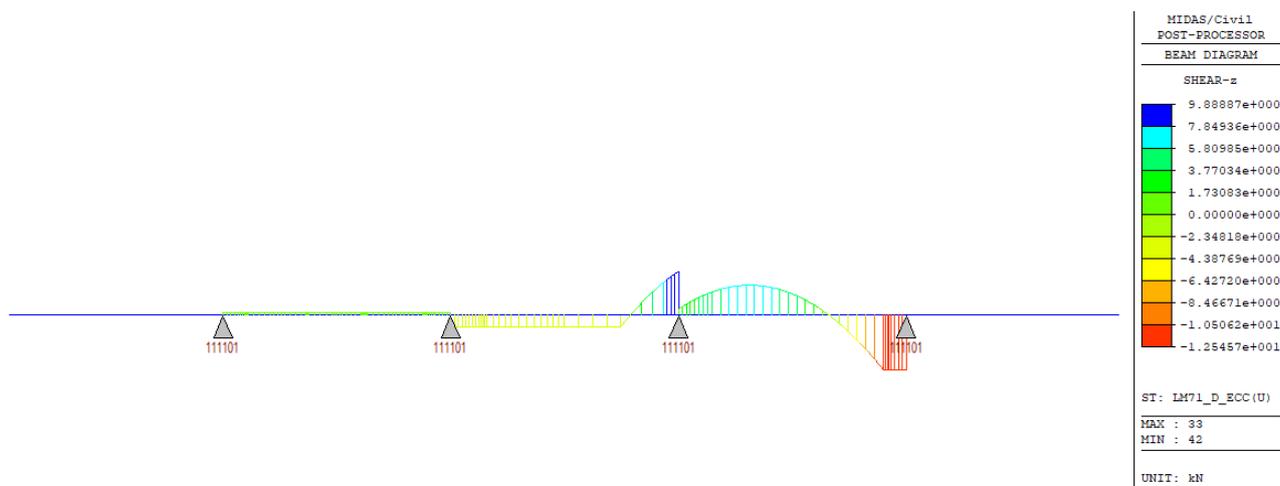


Figura 187 – $\Phi * LM71_d_ecc(u)$ – Taglio Vz

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

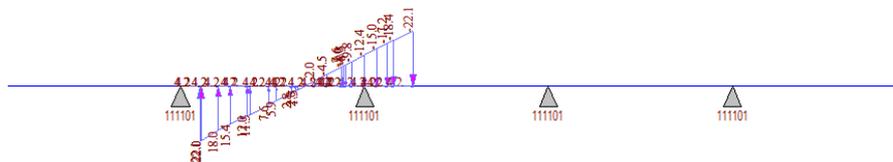


Figura 188 – LM71_p_centr

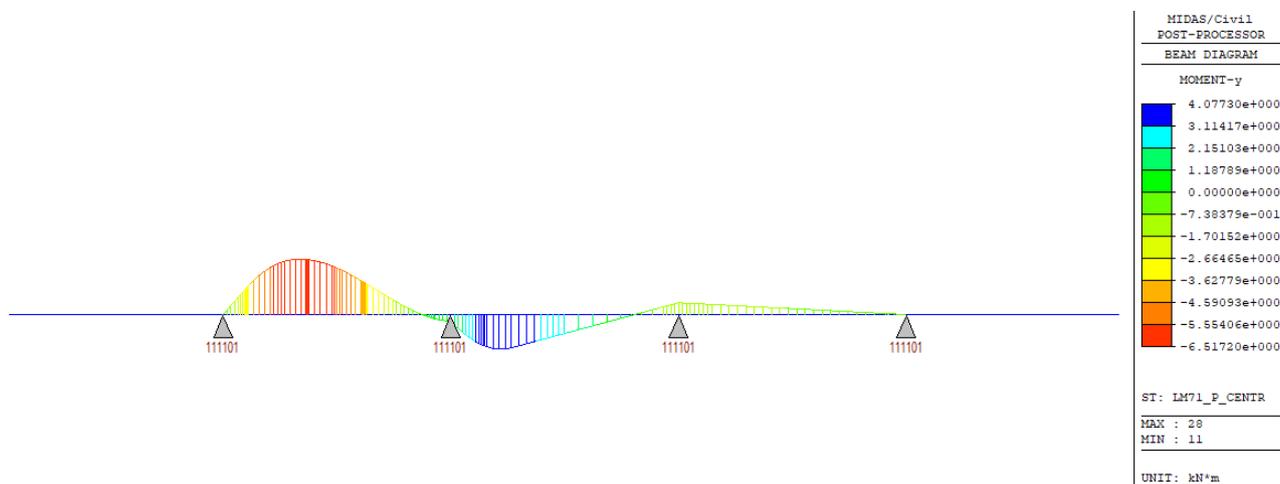


Figura 189 – LM71_p_centr – Momento My

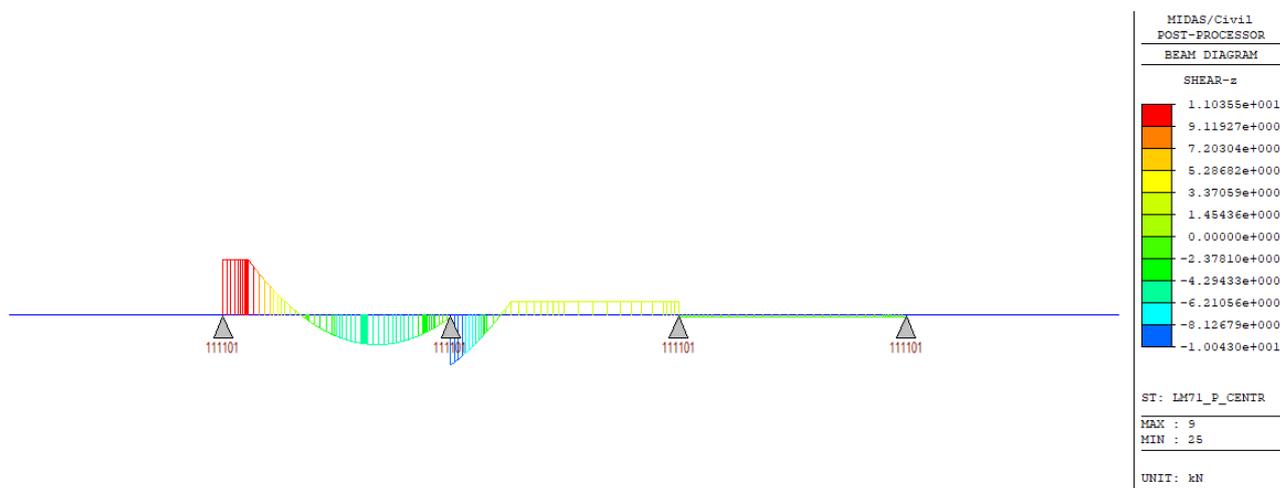


Figura 190 – LM71_p_centr – Taglio Vz

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

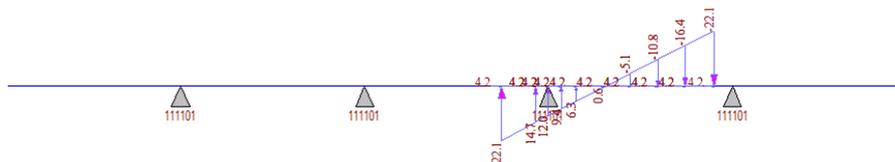


Figura 191 – LM71_d_centr

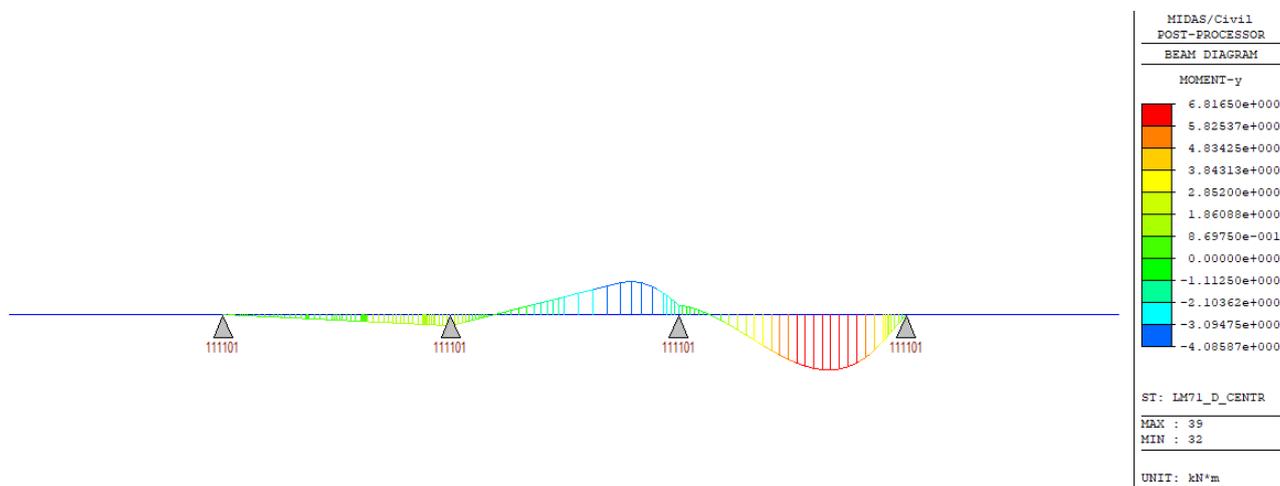


Figura 192 – LM71_d_centr – Momento My

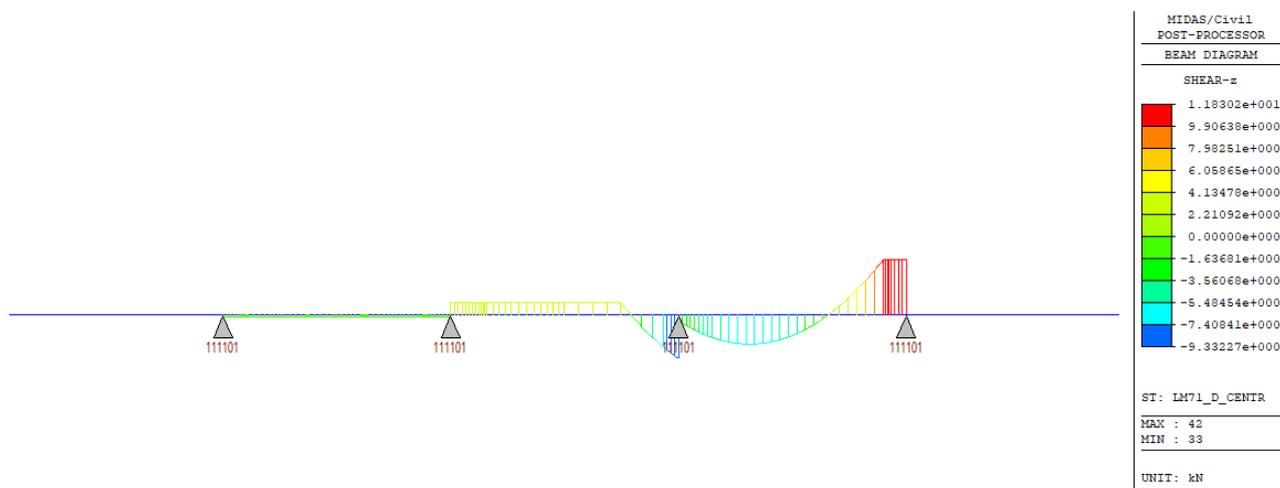


Figura 193 – LM71_d_centr – Taglio Vz

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

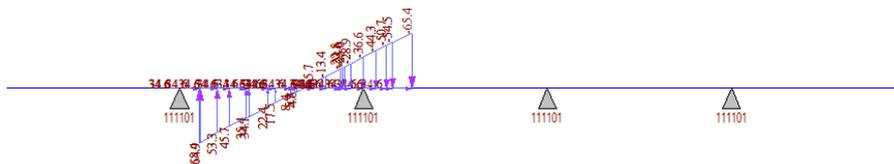


Figura 194 – LM71_p_serp

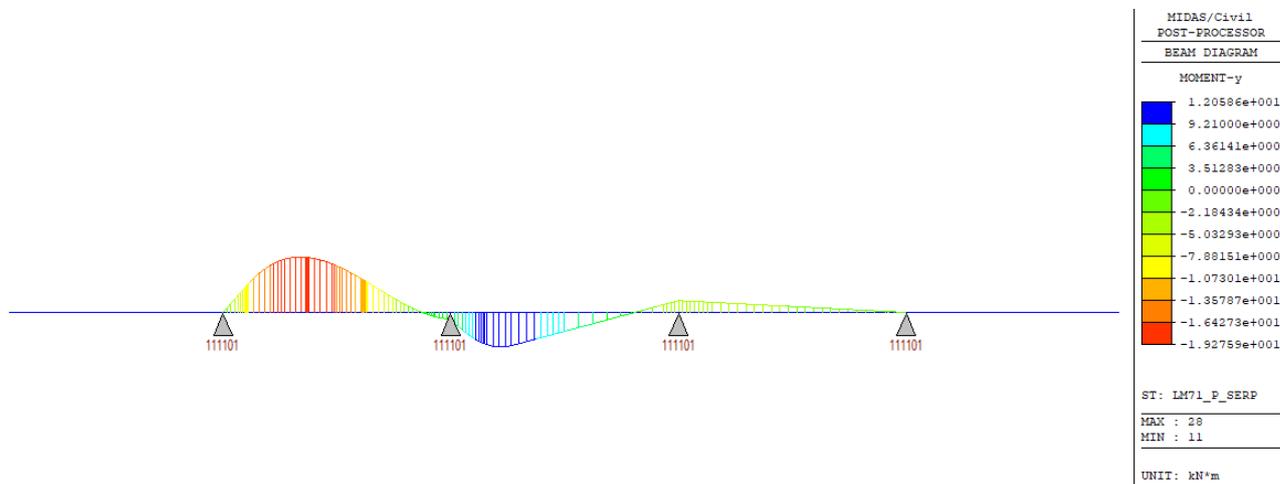


Figura 195 – LM71_p_serp – Momento My

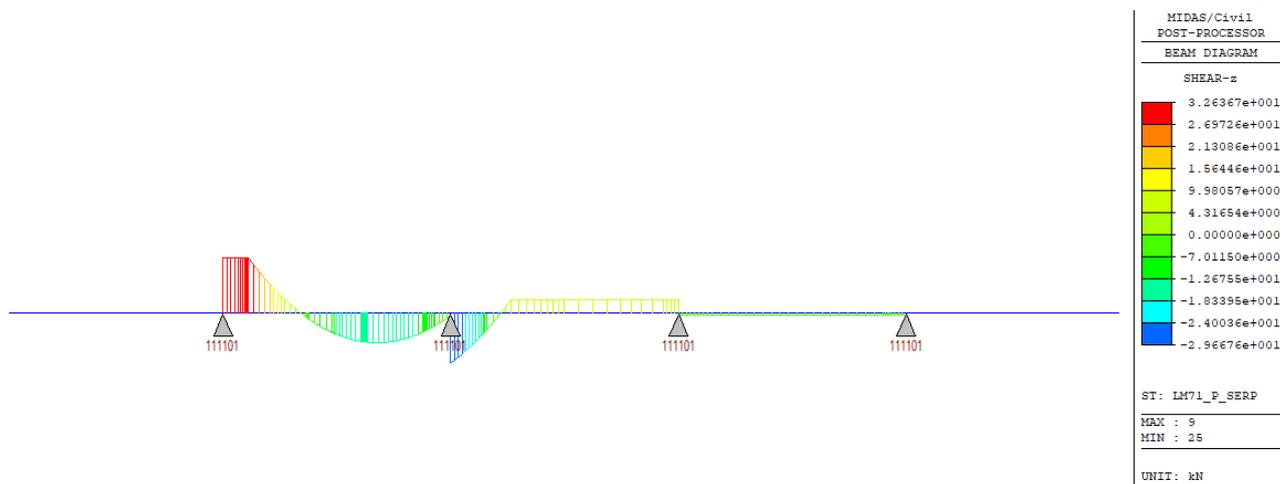


Figura 196 – LM71_p_serp – Taglio Vz

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

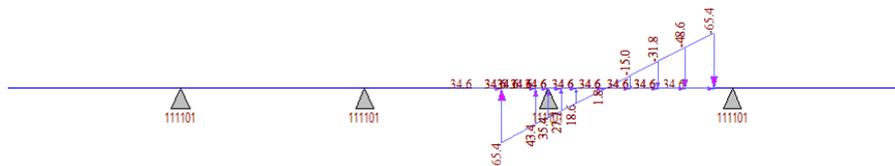


Figura 197 – LM71_d_serp

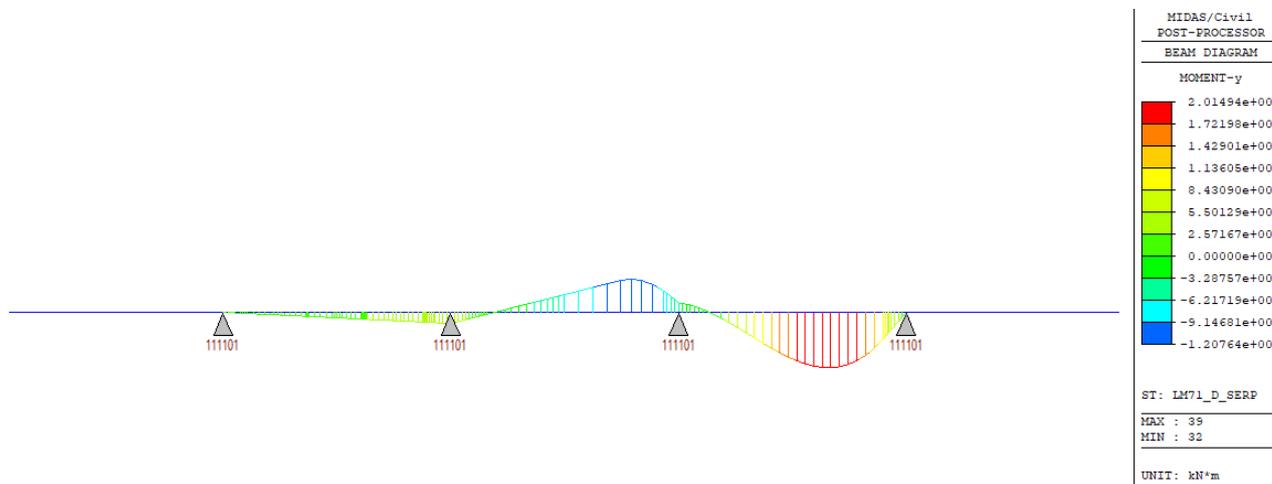


Figura 198 – LM71_d_serp – Momento My

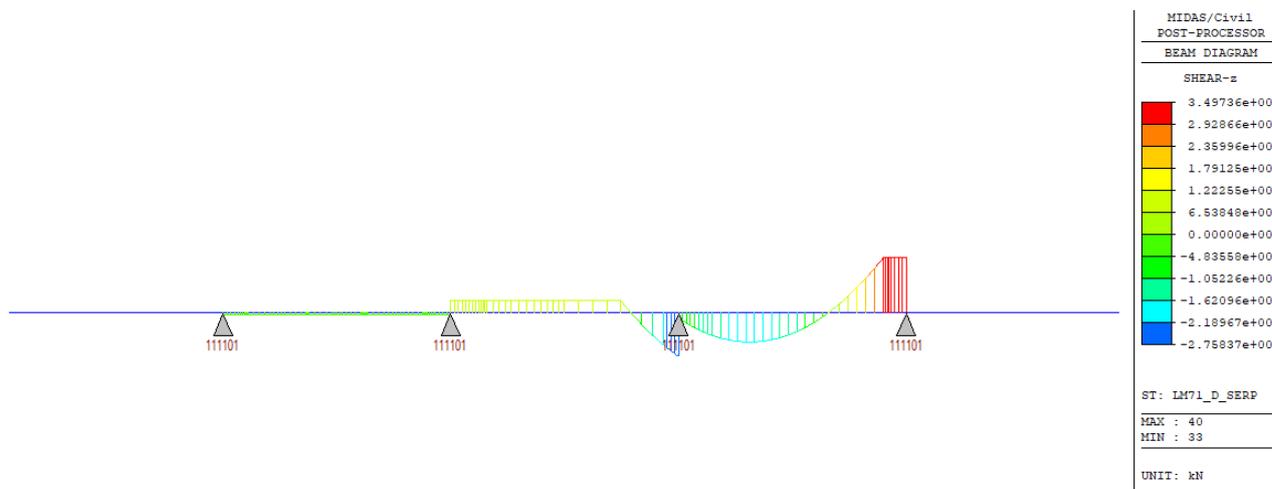


Figura 199 – LM71_d_serp – Taglio Vz

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.3.4 Effetti globali

L'effetto di spostamenti verticali differenziali tra le varie travi d'impalcato, causati soprattutto da carichi eccentrici, come possono esserlo quelli da traffico, causa nella soletta sollecitazioni di taglio e momento.

Per la valutazione dell'entità di tali sollecitazioni, sono stati applicati, nel modello locale di soletta, dei cedimenti verticali ad ognuno degli appoggi. Tali cedimenti sono pari all'abbassamento del nodo di mezzzeria delle travi, ottenuto dalle analisi sul modello globale, per i casi di carico di LM71 su binario pari e LM71 su binario dispari (con associati carichi da traffico orizzontali).

Per tali azioni si fa riferimento al coefficiente dinamico utilizzato per le analisi globali ($\Phi_2 = 1.06$).

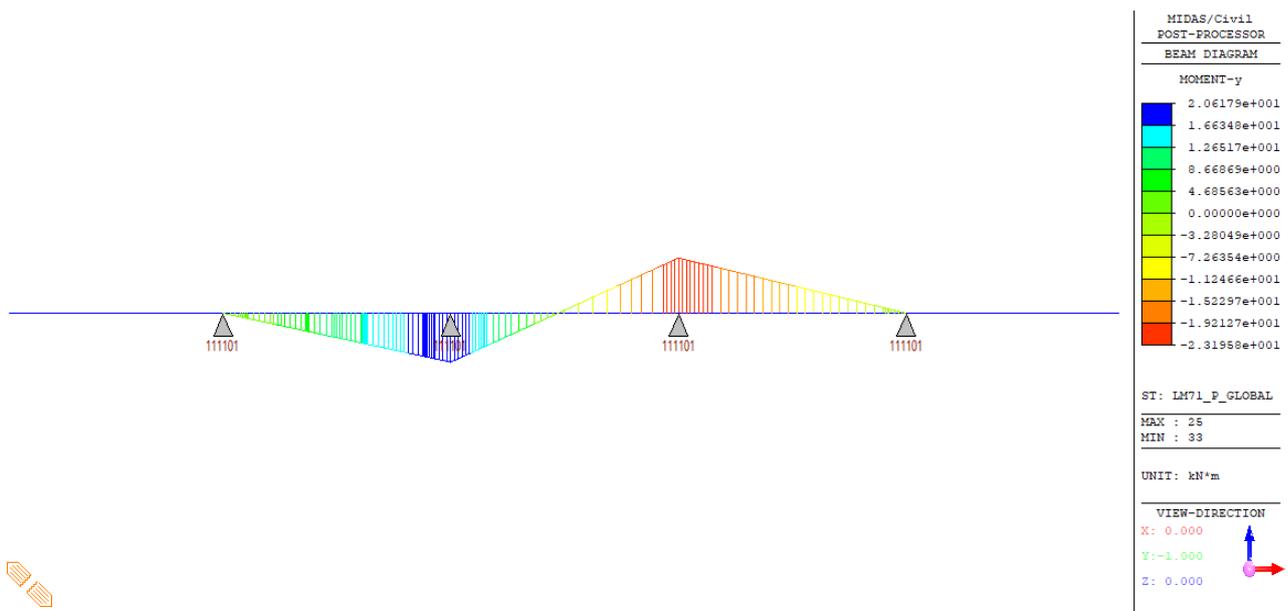


Figura 200 – Φ *LM71_p_global – Momento My

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

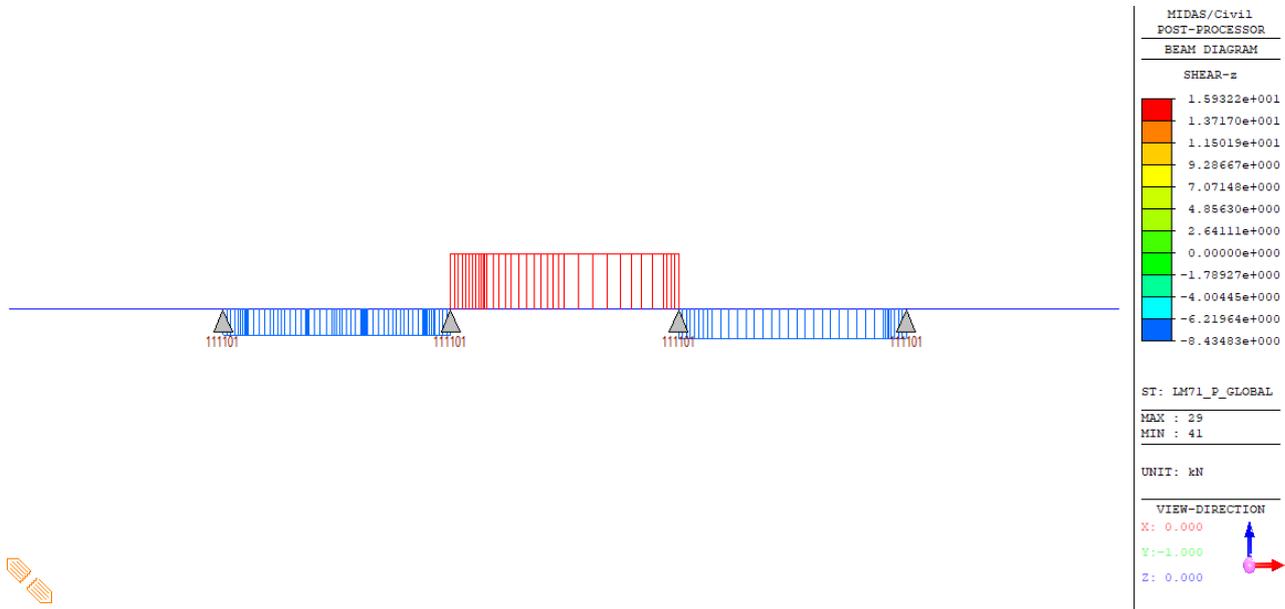


Figura 201 – Φ *LM71_p_global – Taglio Vz

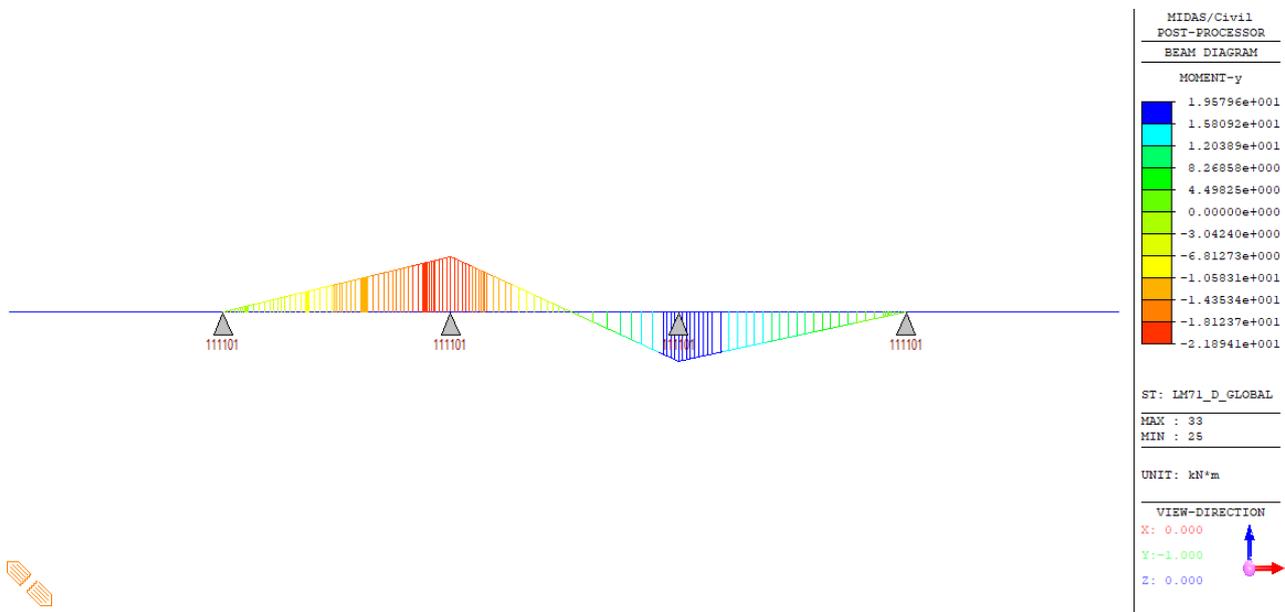


Figura 202 – Φ *LM71_d_global – Momento My

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

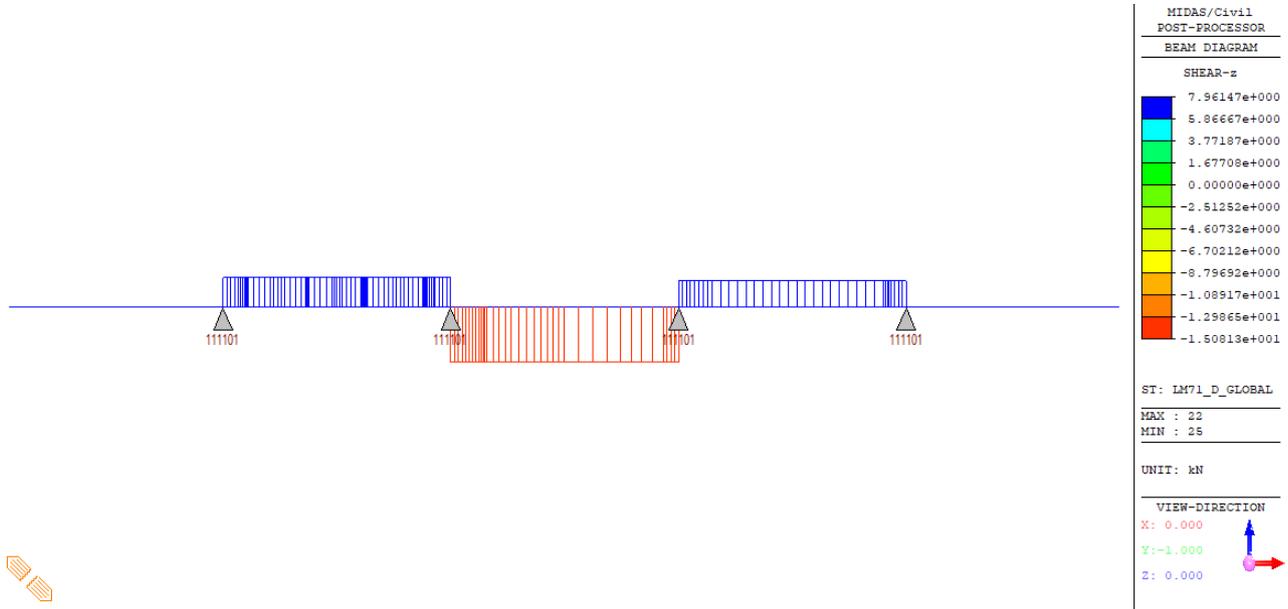


Figura 203 – Φ *LM71_d_global – Taglio Vz

18.3.5 Azione del vento

Sono state considerate le seguenti condizioni di carico:

- Vento a ponte carico in assenza di barriere (PC_NB)
- Vento a ponte carico in presenza di barriere (PB_SB)
- Vento a ponte scarico (PS)

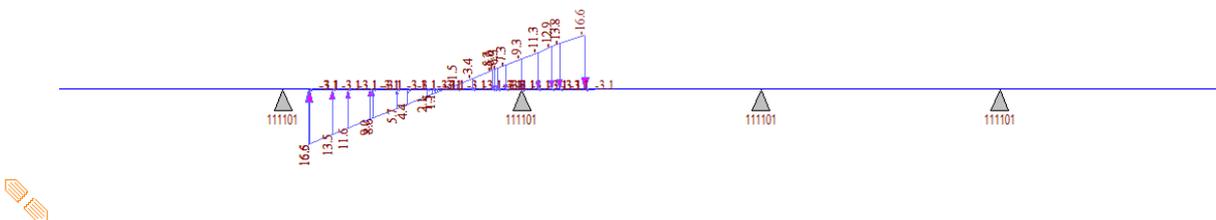


Figura 204 – Vento(-)_PC_NB_p

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

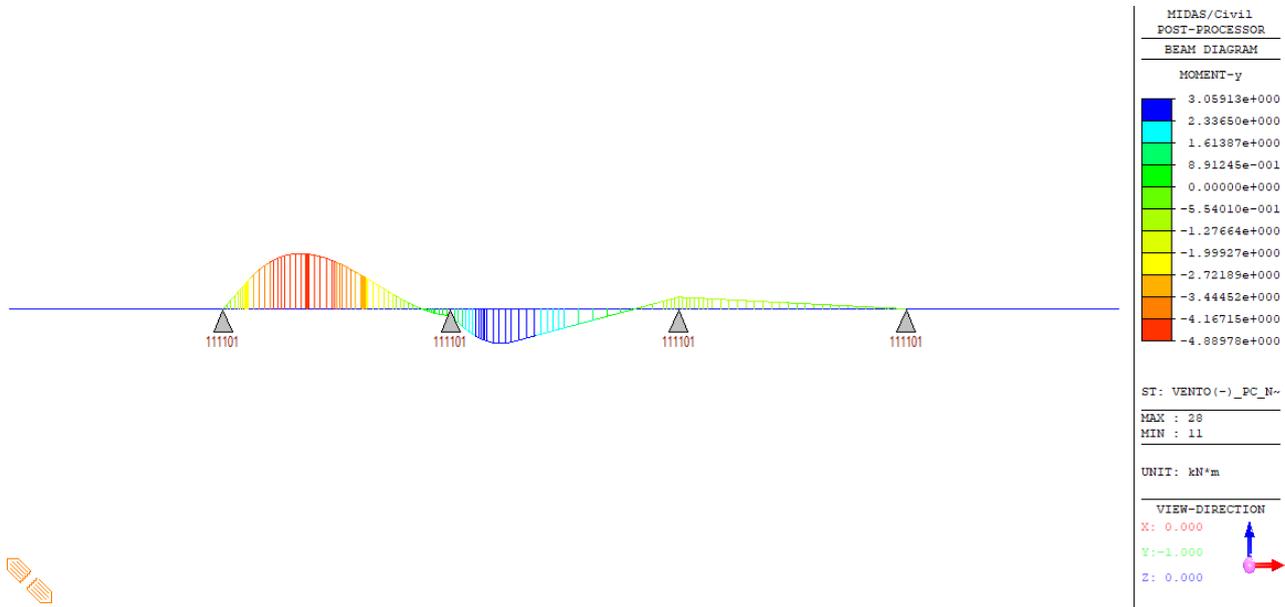


Figura 205 – Vento(-)_PC_NB_p – Momento My

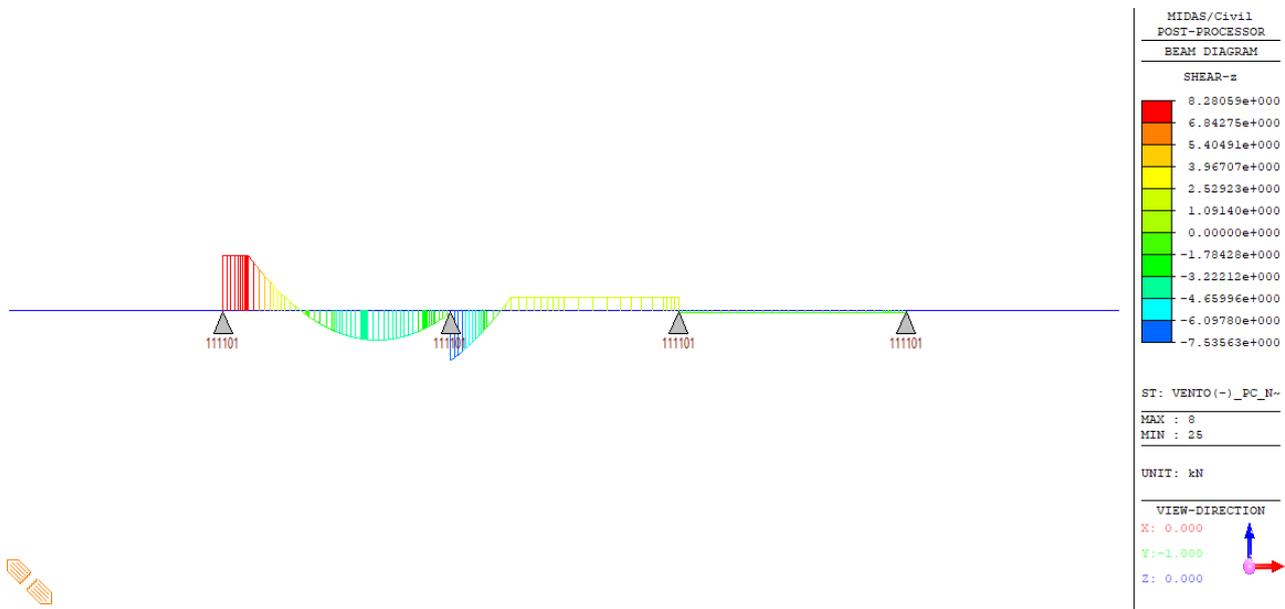


Figura 206 – Vento(-)_PC_NB_p – Taglio Vz

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

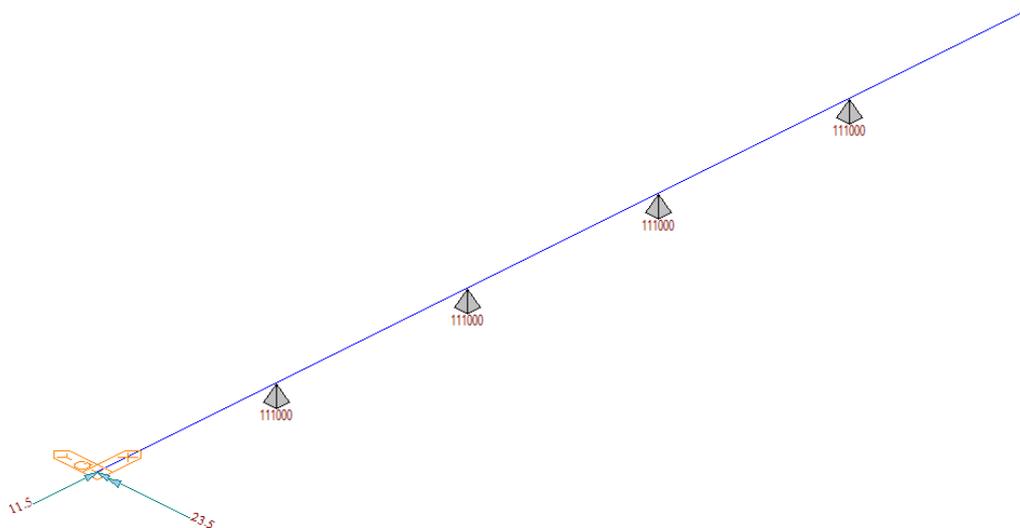


Figura 207 – Vento(-)_PC_SB_p – Azione sulle barriere

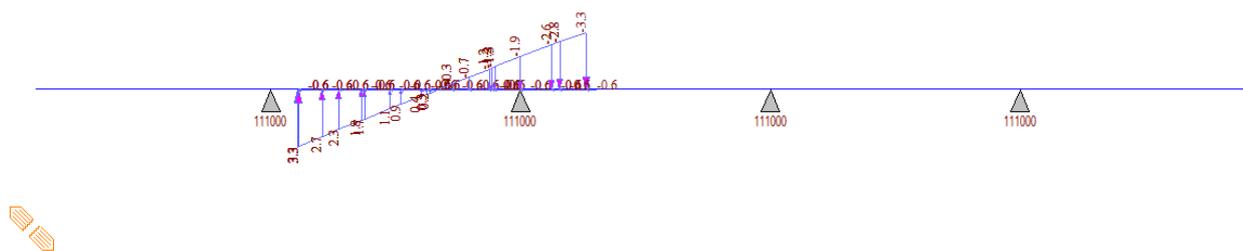


Figura 208 – Vento(-)_PC_SB_p – Azione sui convogli

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

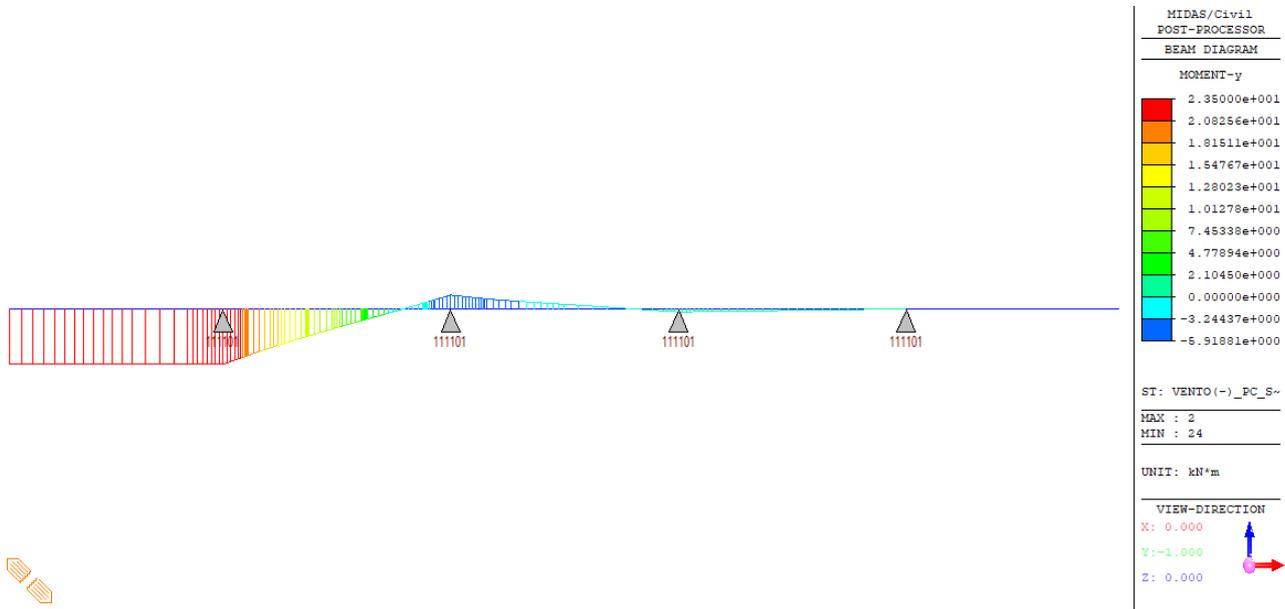


Figura 209 – Vento(-)_PC_SB_p – Momento My

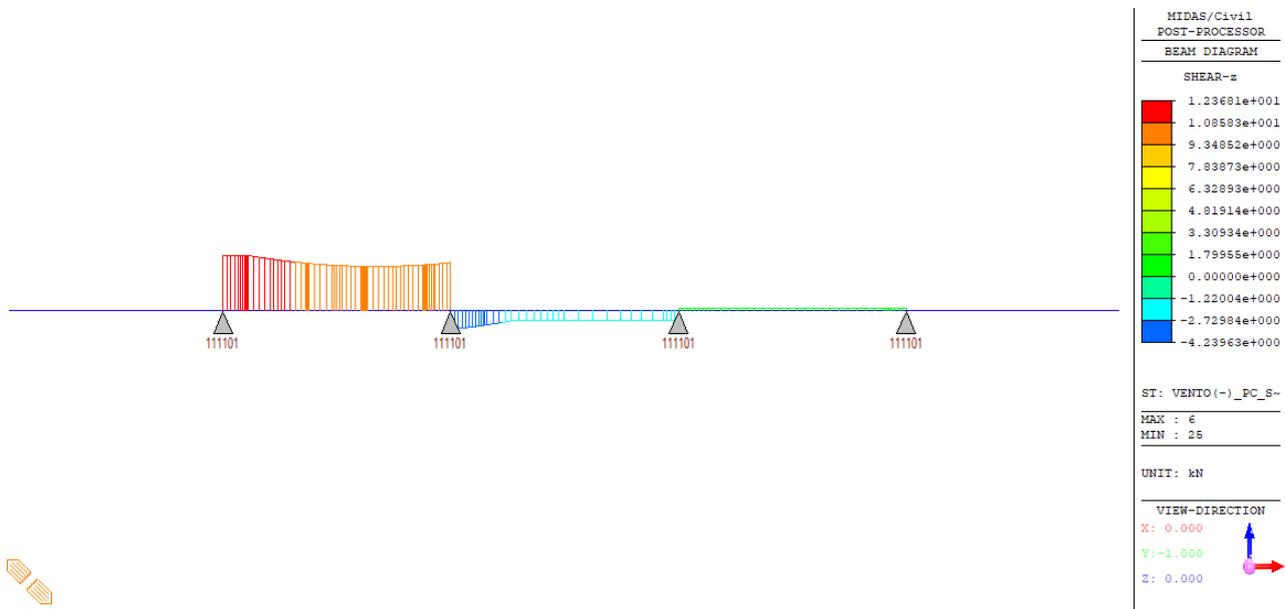


Figura 210 – Vento(-)_PC_SB_p – Taglio Vz

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

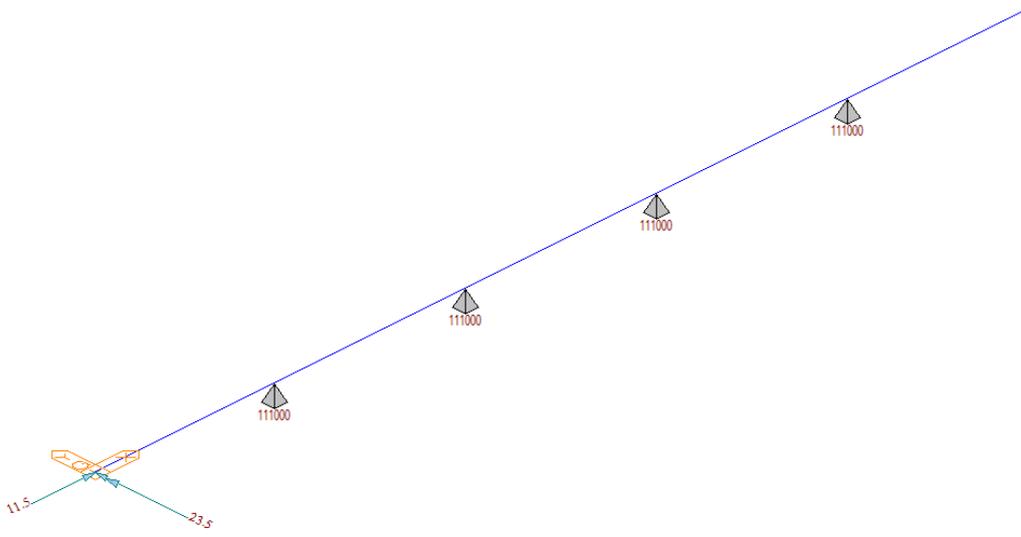


Figura 211 – Vento(-)_PS_p

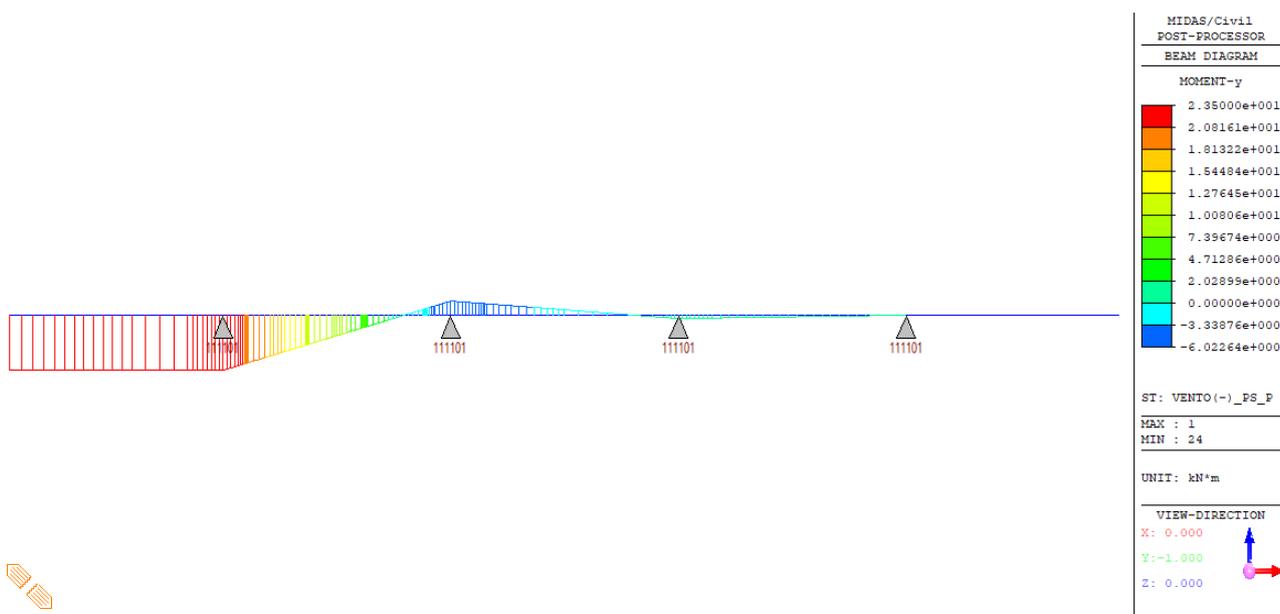


Figura 212 – Vento(-)_PS_p – Momento My

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

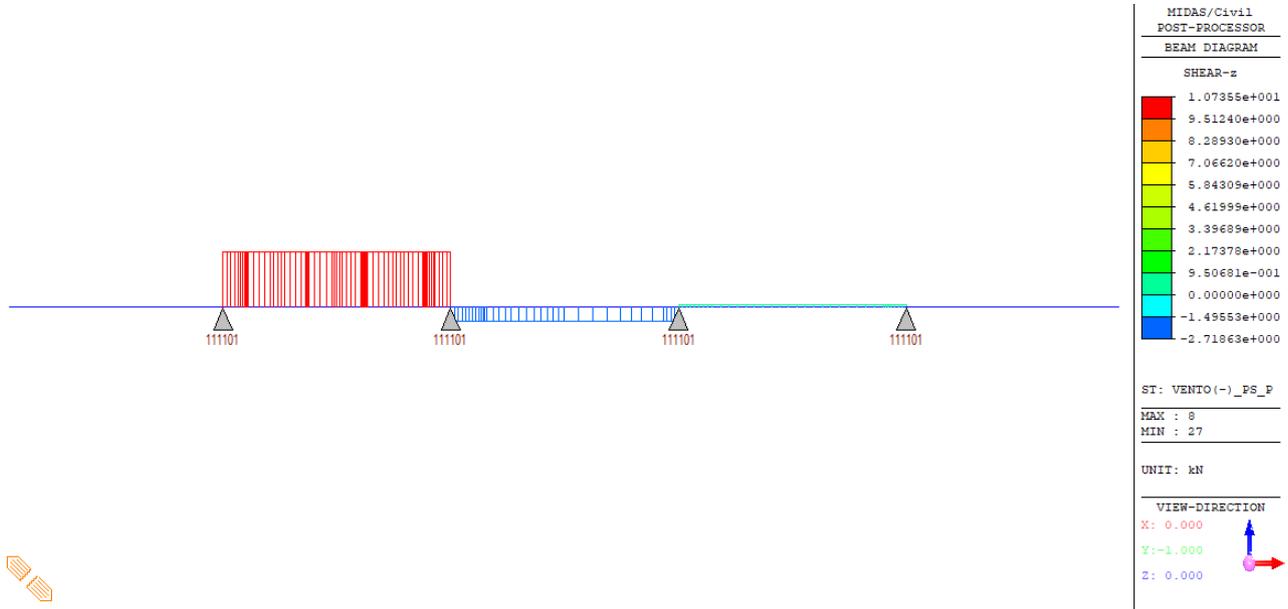


Figura 213 – Vento(-)_PS_p – Taglio Vz

Si omette la rappresentazione dei carichi “Vento(-)” agenti sulla barriera e sui convogli lato binario dispari (d) e dei carichi “Vento(+)”, simmetrici a quelli appena esposti.

18.3.6 Carico sui marciapiedi

Si è considerato un carico sui marciapiedi associato alla manutenzione pari a 10 kN/m^2 .

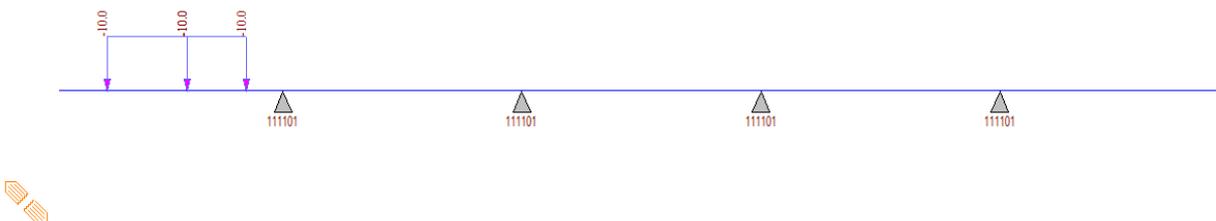


Figura 214 – Manutenzione_p

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

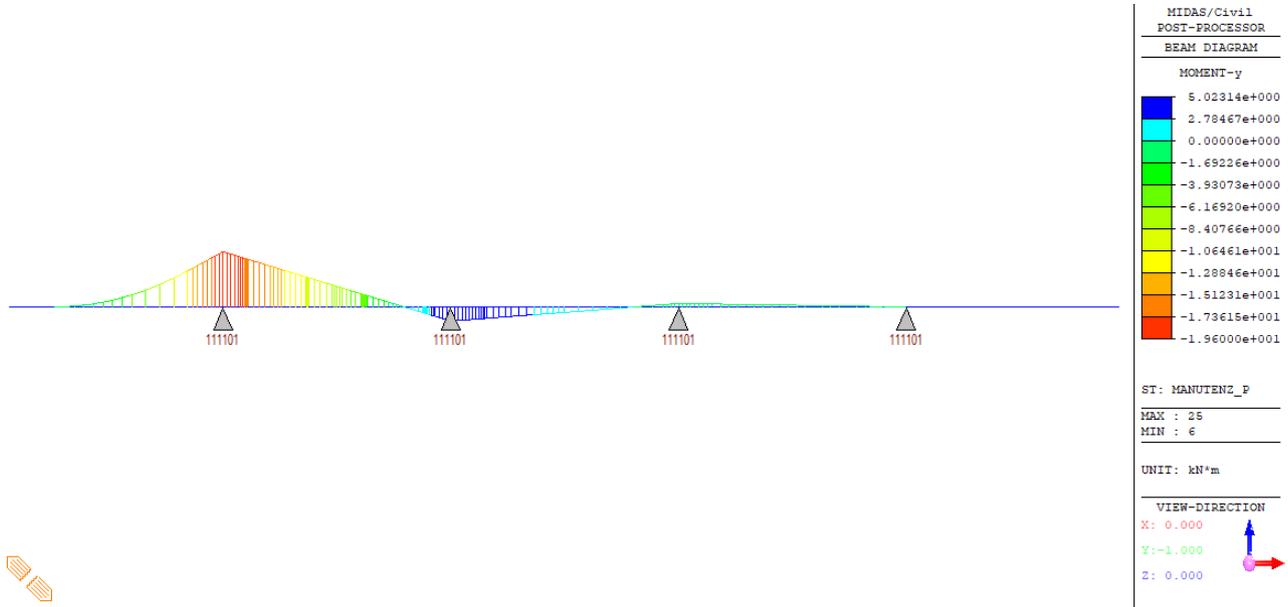


Figura 215 – Manutenzione_p – Momento My

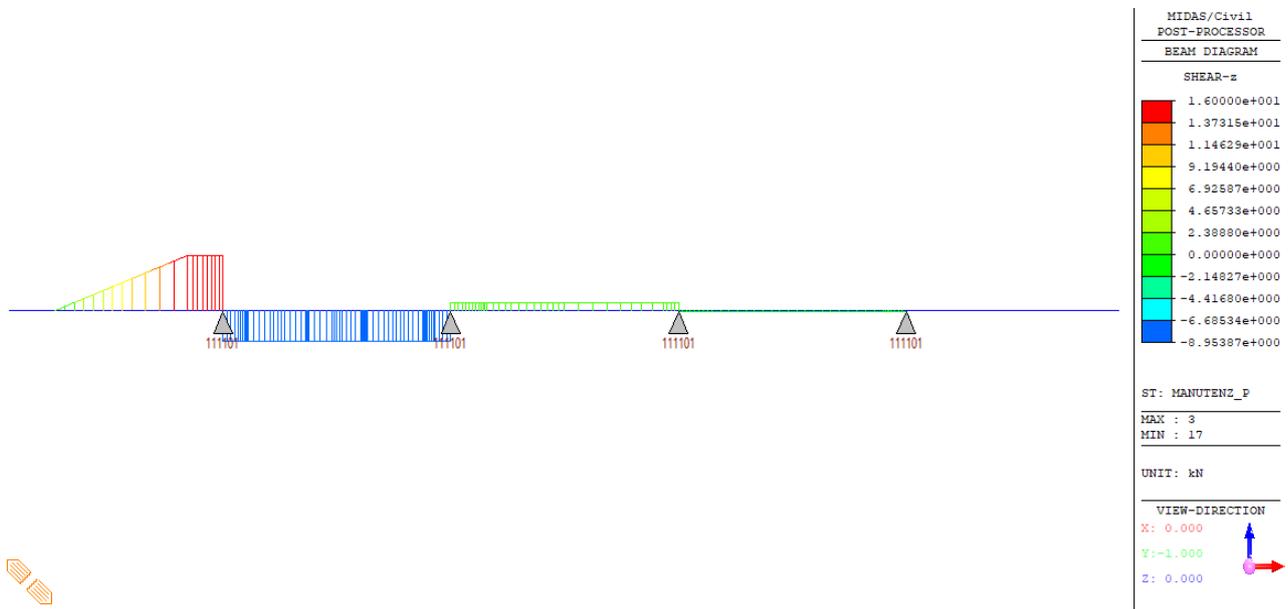


Figura 216 – Manutenzione_p – Taglio Vz

Si omette la rappresentazione del carico “Manutenzione_d” simmetrico a quello appena esposto.

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.3.7 Azioni eccezionali: deragliamento al di sopra del ponte

In accordo con quanto indicato nel D.M. 2008, si è tenuto conto della possibilità che un locomotore o un carro pesante deragli, attraverso lo studio delle seguenti due condizioni di carico:

- **Caso 1:** si considerano due carichi verticali lineari $q_{A1d} = 60 \text{ kN/m}$ (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Trasversalmente i carichi distano fra loro di "s" (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati nella seguente figura.

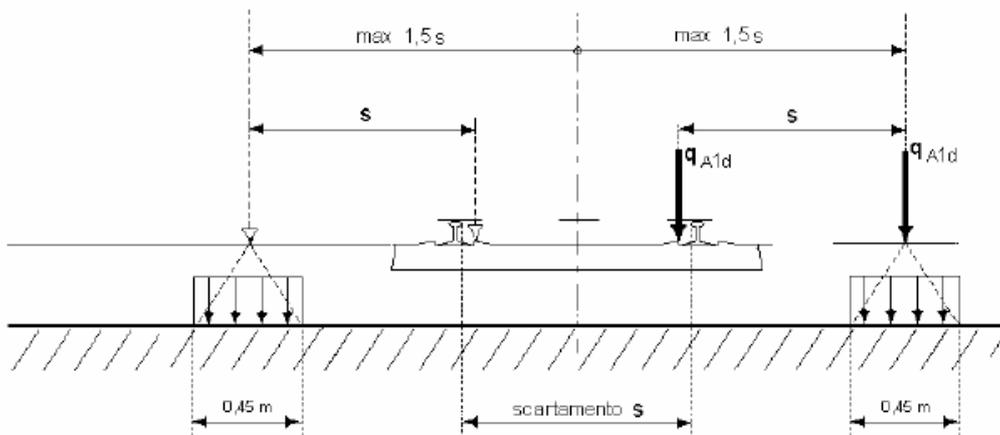


Figura 217 – Deragliamento – Caso 1

- **Caso 2:** Si considera un unico carico lineare $q_{A2d} = 80 \text{ kN/m} \cdot 1.4$ esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di $1,5 \cdot s$ rispetto all'asse del binario (Fig. 5.2.13). Per questa condizione convenzionale di carico andrà verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta, ecc.

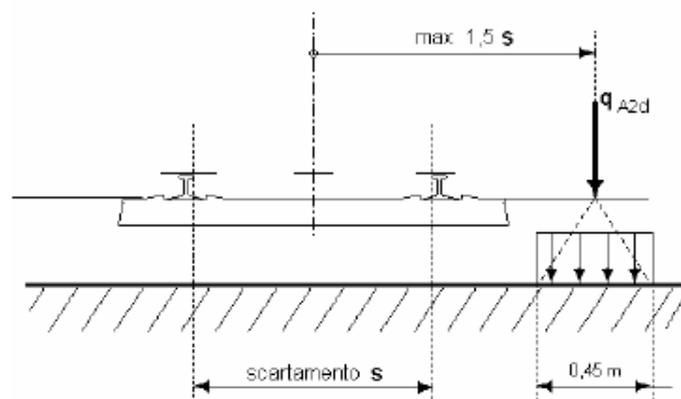


Figura 218 – Deragliamento – Caso 2

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

I carichi sono stati diffusi fino a baricentro soletta, dunque distribuiti su una larghezza pari a:

$$B = 0.45\text{m} + 0.30\text{m} = 0.75\text{m}.$$

Si riportano di seguito le varie configurazioni analizzate nel modello di calcolo e successivamente le sollecitazioni che ne risultano.

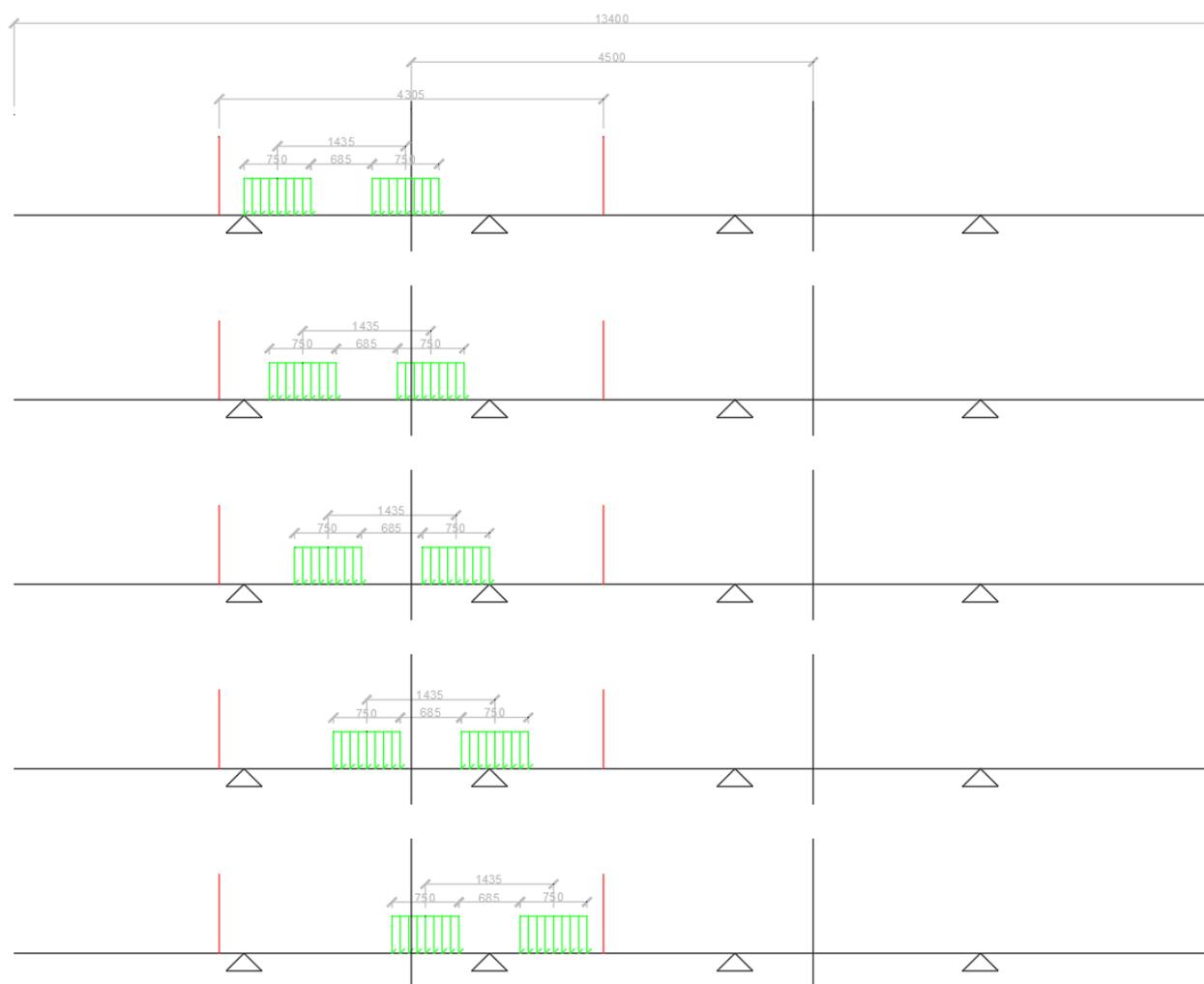


Figura 219 – Deragliamenti – Caso 1 – Configurazioni analizzate

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

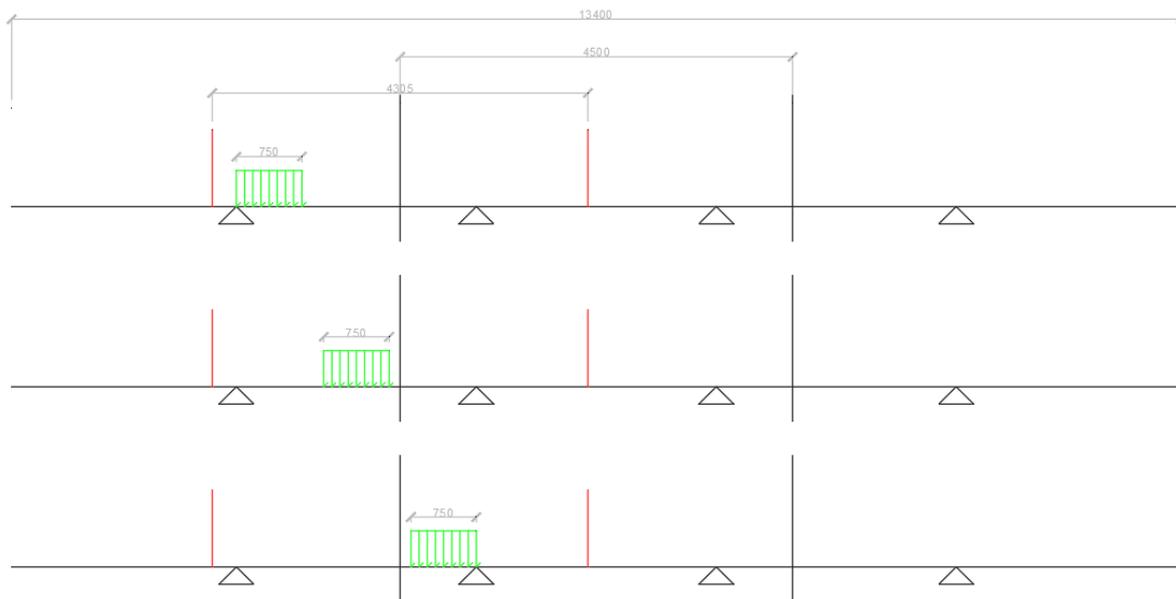


Figura 220 – Deragliamento – Caso 2 – Configurazioni analizzate

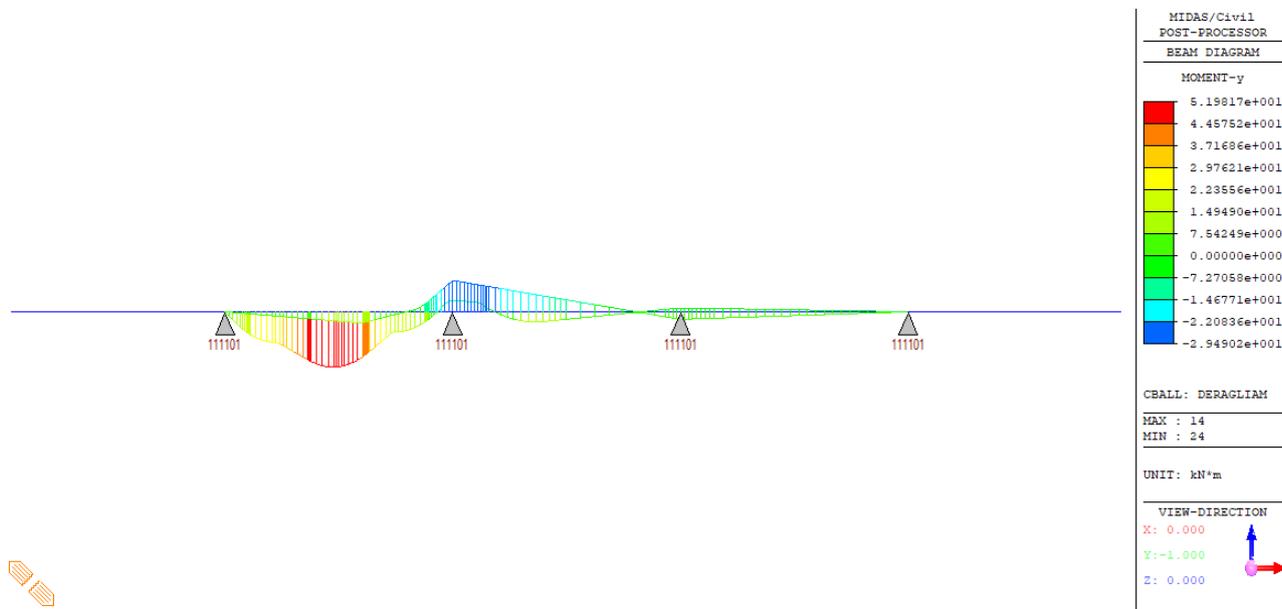


Figura 221 – Deragliamento – Momento My

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

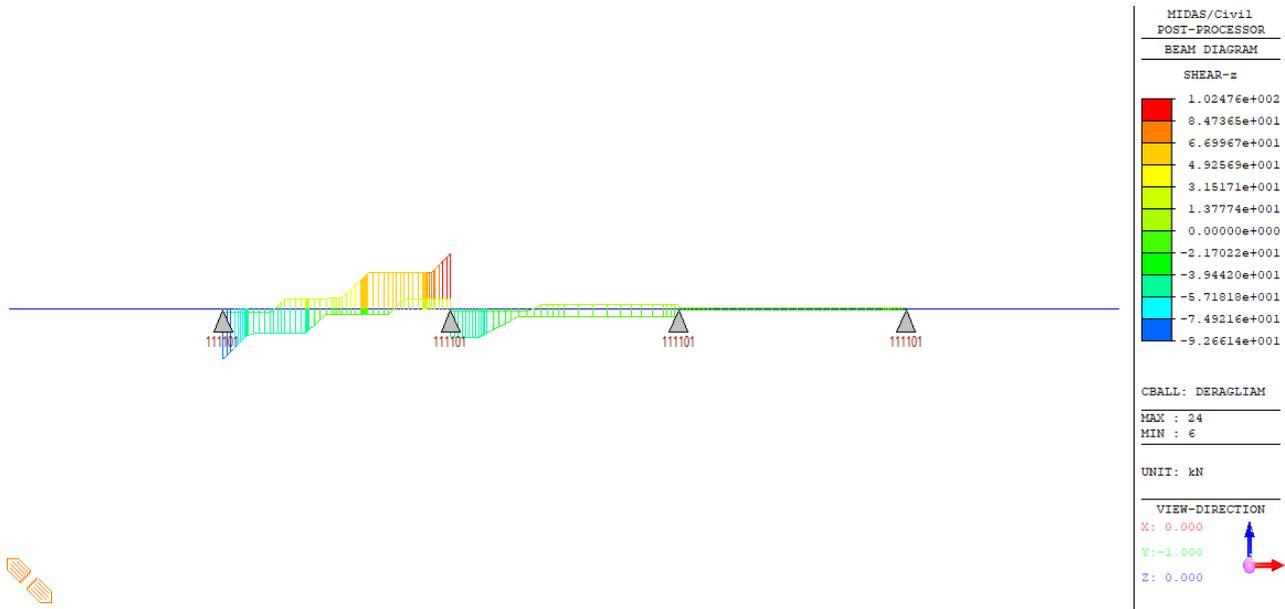


Figura 222 – Deragliamento – Taglio Vz

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

18.4 Combinazioni di carico e sollecitazioni di progetto

Le verifiche sono state condotte differenziando tra sollecitazioni in presenza (SB) e in assenza (NB) della barriera antirumore.

Si riportano nelle tabelle seguenti le combinazioni analizzate:

- Combinazioni SLU

| | SLU_GR1 | | SLU_MAN | | SLU_VENTO | | | SLU_ECC |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------------|----------------|--------------|---------|
| | SLU_GR1_SB | SLU_GR1_NB | SLU_MAN_SB | SLU_MAN_NB | SLU_VENTO_PCSB | SLU_VENTO_PCNB | SLU_VENTO_PS | |
| g1_soletta_fase 2b | 1.35 (1) | 1.35 (1) | 1.35 (1) | 1.35 (1) | 1.35 (1) | 1.35 (1) | 1.35 (1) | 1 |
| g2 | 1.50 (0) | 1.50 (0) | 1.50 (0) | 1.50 (0) | 1.50 (0) | 1.50 (0) | 1.50 (0) | 1 (0) |
| g2_barriera | 1.50 (1) | 0 | 1.50 (1) | 0 | 1.50 (1) | 0 | 1.5 (1) | 1 (0) |
| g2_ballast | 1.50 (1) | 1.50 (1) | 1.50 (1) | 1.50 (1) | 1.50 (1) | 1.50 (1) | 1.50 (1) | 1 |
| Φ * LM71_p_vert | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| Φ * LM71_d_vert | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| Φ * LM71_p_ecc(s) (±) | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| Φ * LM71_d_ecc(s) (±) | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| Φ * LM71_p_ecc(u) | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| Φ * LM71_d_ecc(u) | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| LM71_p_centr | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| LM71_d_centr | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| LM71_p_serp (±) | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| LM71_d_serp (±) | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| Φ * LM71_p_global | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| Φ * LM71_d_global | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | 0.8 · 1.45 (0) * | | | |
| Manutenzione_p | | | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | | |
| Manutenzione_d | | | 1.45 (0) | 1.45 (0) | | | | |
| Deragliament | | | | | | | | 1 |
| Vento_PC_SB (±) | 0.6 · 1.50 | | | | 1.5 | | | |
| Vento_PC_NB (±) | | 0.6 · 1.50 | | | | 1.5 | | |
| Vento_PS (±) | | | 0.6 · 1.50 | | | | 1.5 | |

Tabella 49 – Combinazioni SLU per le verifiche della soletta

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

- Combinazioni SLE caratteristiche (rare)

| | RAR_GR4 | | RAR_MAN | | RAR_VENTO | | |
|-----------------------|-------------|-------------|------------|------------|----------------|----------------|--------------|
| | RAR_GR4_SB | RAR_GR4_NB | RAR_MAN_SB | RAR_MAN_NB | RAR_VENTO_PCSB | RAR_VENTO_PCNB | RAR_VENTO_PS |
| g1_soletta_fase 2b | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| g2 | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) |
| g2_barriere | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| g2_ballast | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Φ * LM71_p_vert | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_d_vert | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_p_ecc(s) (±) | ± 0.8 (0) * | ± 0.8 (0) * | | | ± 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_d_ecc(s) (±) | ± 0.8 (0) * | ± 0.8 (0) * | | | ± 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_p_ecc(u) | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_d_ecc(u) | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| LM71_p_centr | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| LM71_d_centr | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| LM71_p_serp (±) | ± 0.8 (0) * | ± 0.8 (0) * | | | ± 0.8 (0) * | | |
| LM71_d_serp (±) | ± 0.8 (0) * | ± 0.8 (0) * | | | ± 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_p_global | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_d_global | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Manutenzione_p | | | 1 (0) | 1 (0) | | | |
| Manutenzione_d | | | 1 (0) | 1 (0) | | | |
| Deragliamento | | | | | | | |
| Vento_PC_SB (±) | 0.6 | | | | 1 | | |
| Vento_PC_NB (±) | | 0.6 | | | | 1 | |
| Vento_PS (±) | | | 0.6 | | | | 1 |

Tabella 50 – Combinazioni SLE-caratteristiche(rare) per le verifiche a della soletta

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

- Combinazioni SLE caratteristiche (rare) per verifiche a fessurazione

| | RAR_GR4 | | RAR_MAN | | RAR_VENTO | | |
|-----------------------|-------------|-------------|------------|------------|----------------|----------------|--------------|
| | RAR_GR4_SB | RAR_GR4_NB | RAR_MAN_SB | RAR_MAN_NB | RAR_VENTO_PCSB | RAR_VENTO_PCNB | RAR_VENTO_PS |
| g1_soletta_fase 2b | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| g2 | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) | 1 (0) |
| g2_barriere | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| g2_ballast | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Φ * LM71_p_vert | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_d_vert | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_p_ecc(s) (±) | ± 0.8 (0) * | ± 0.8 (0) * | | | ± 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_d_ecc(s) (±) | ± 0.8 (0) * | ± 0.8 (0) * | | | ± 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_p_ecc(u) | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_d_ecc(u) | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| LM71_p_centr | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| LM71_d_centr | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| LM71_p_serp (±) | ± 0.8 (0) * | ± 0.8 (0) * | | | ± 0.8 (0) * | | |
| LM71_d_serp (±) | ± 0.8 (0) * | ± 0.8 (0) * | | | ± 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_p_global | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Φ * LM71_d_global | 0.8 (0) * | 0.8 (0) * | | | 0.8 (0) * | | |
| Manutenzione_p | | | 1 (0) | 1 (0) | | | |
| Manutenzione_d | | | 1 (0) | 1 (0) | | | |
| Deragliament | | | | | | | |
| Vento_PC_SB (±) | 0.6 | | | | 1 | | |
| Vento_PC_NB (±) | | 0.6 | | | | 1 | |
| Vento_PS (±) | | | 0.6 | | | | 1 |

Tabella 51 – Combinazioni SLE-caratteristiche(rare) per le verifiche a fessurazione della soletta

| | QPERM |
|--------------------|-------|
| | - |
| g1_soletta_fase 2b | 1 |
| g2 | 1 (0) |
| g2_barriere | 1 (0) |
| g2_ballast | 1 |

Tabella 52 – Combinazioni SLE-quasi permanenti per le verifiche della soletta

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.4.2 Sollecitazioni di progetto per la condizione “senza barriere”

Nelle figure seguenti sono illustrati gli involuipi SLU e SLE delle varie combinazioni.

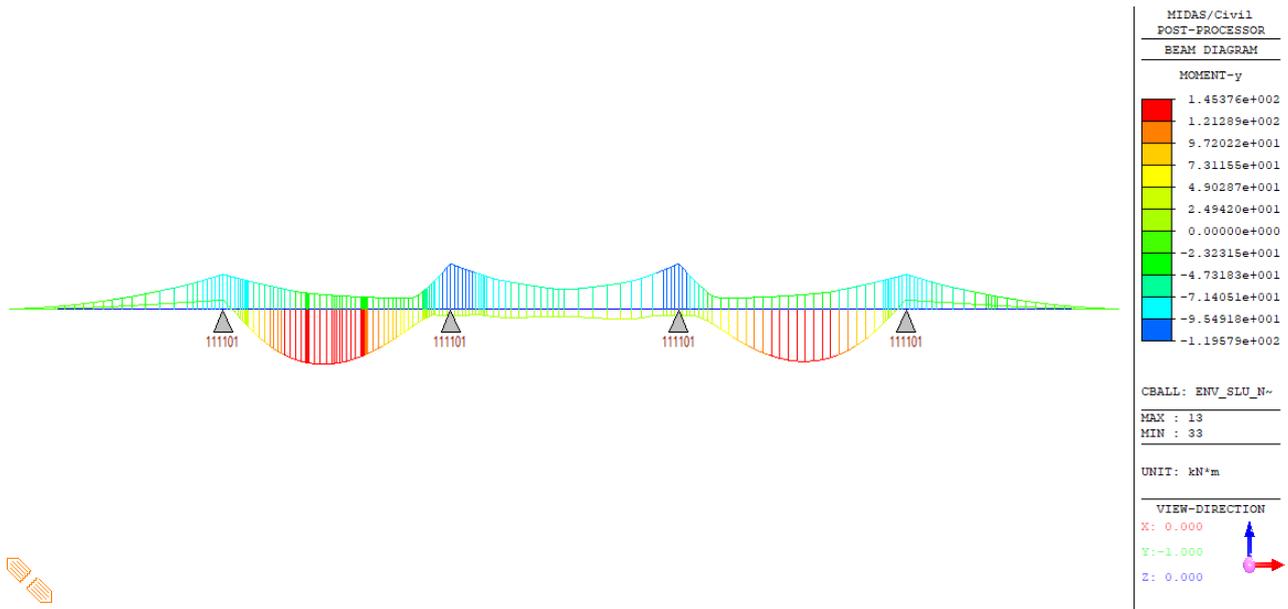


Figura 223 – Involuppo del momento SLU – Condizione senza barriere (NB)

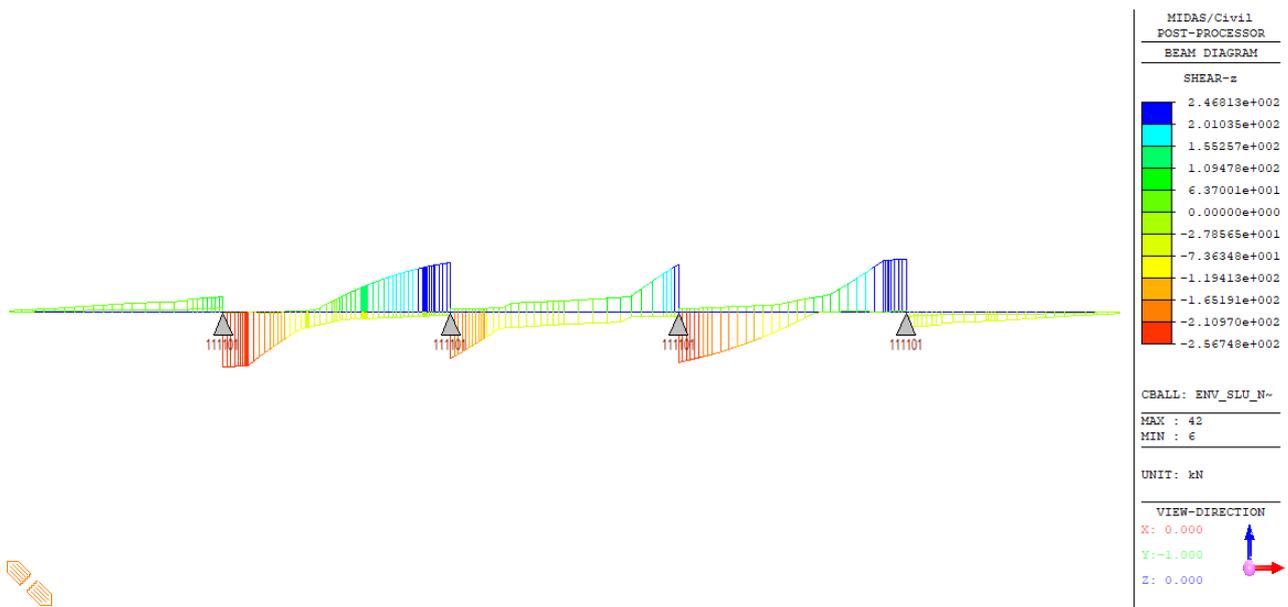


Figura 224 – Involuppo del taglio SLU – Condizione senza barriere (NB)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

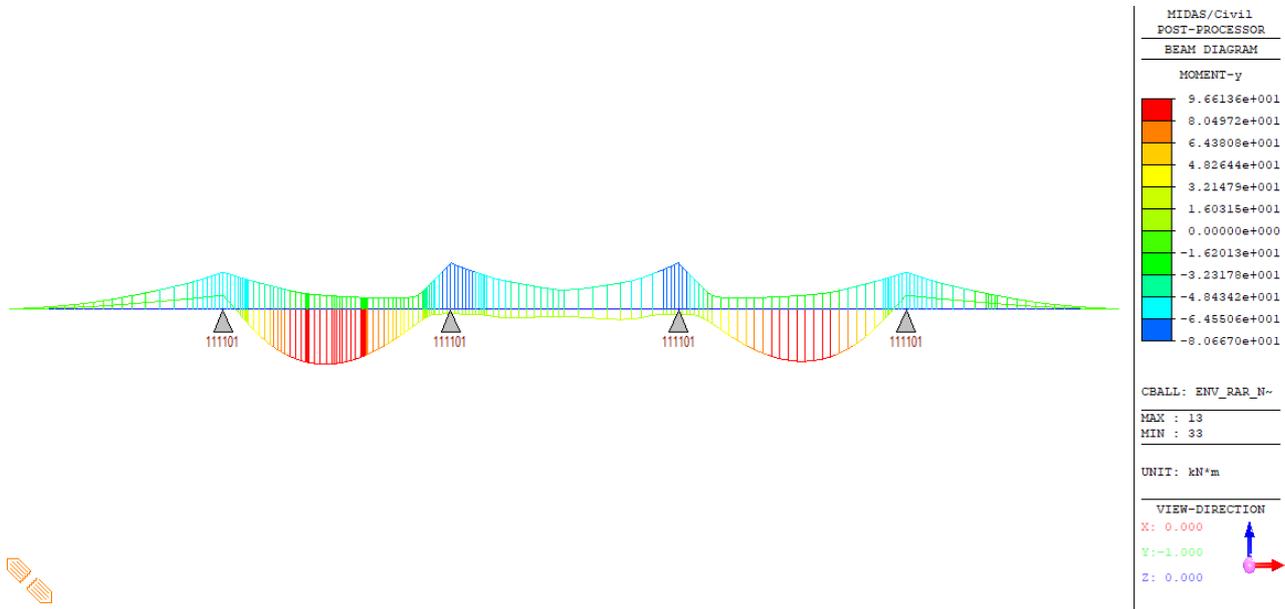


Figura 225 – Involuppo del momento SLE-rara – Condizione senza barriere (NB)

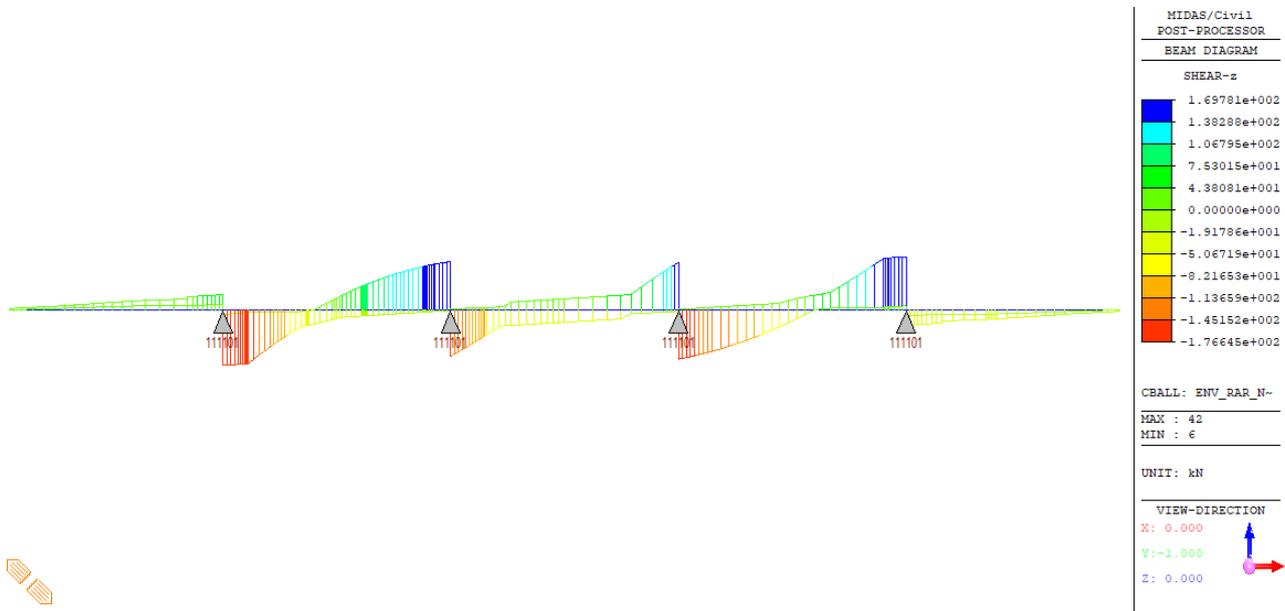


Figura 226 – Involuppo del taglio SLE-rara – Condizione senza barriere (NB)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

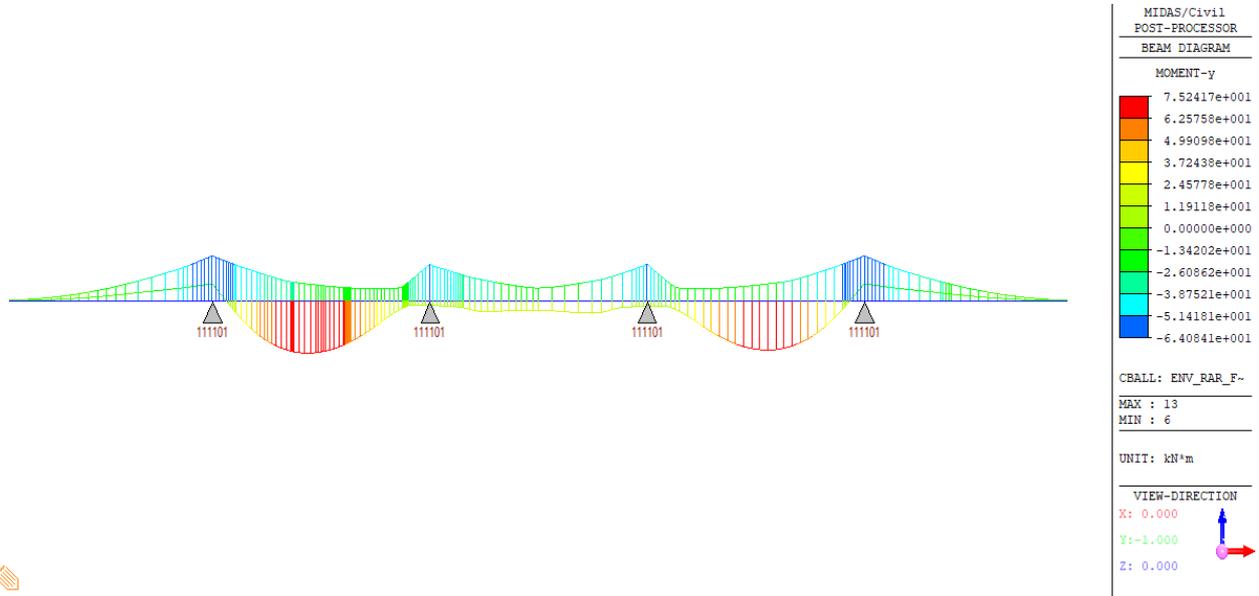


Figura 227 – Involuppo del momento SLE-rara per verifiche a fessurazione – Condizione senza barriere (NB)

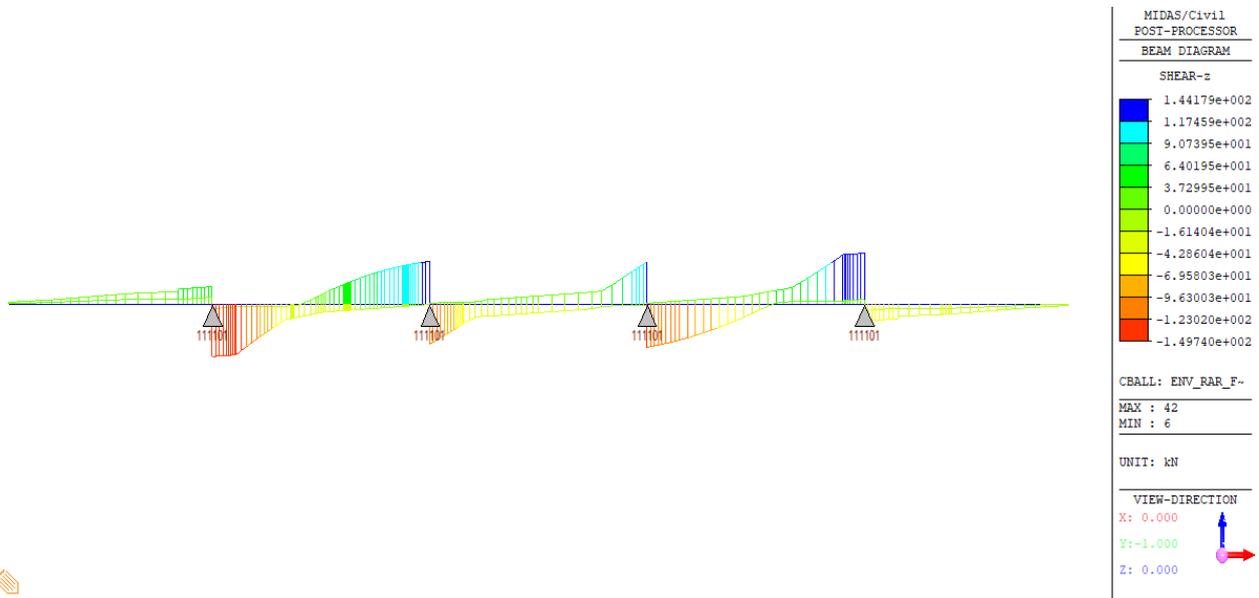


Figura 228 – Involuppo del taglio SLE-rara per verifiche a fessurazione – Condizione senza barriere (NB)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

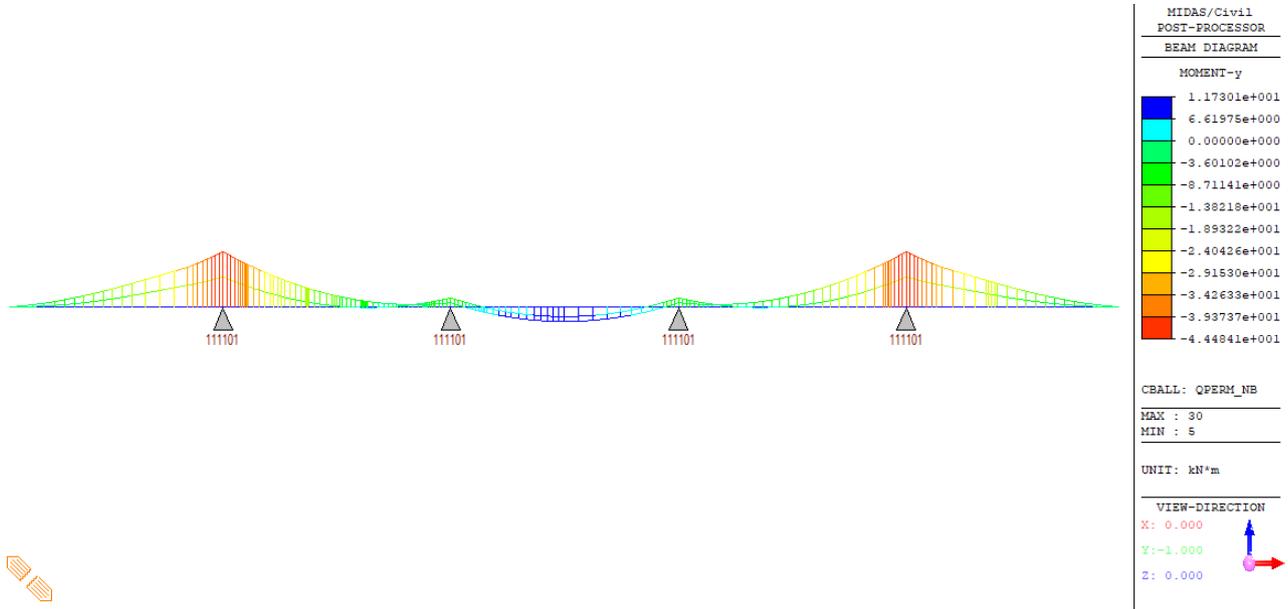


Figura 229 – Involuppo del momento SLE-quasi permanente – Condizione senza barriere (NB)

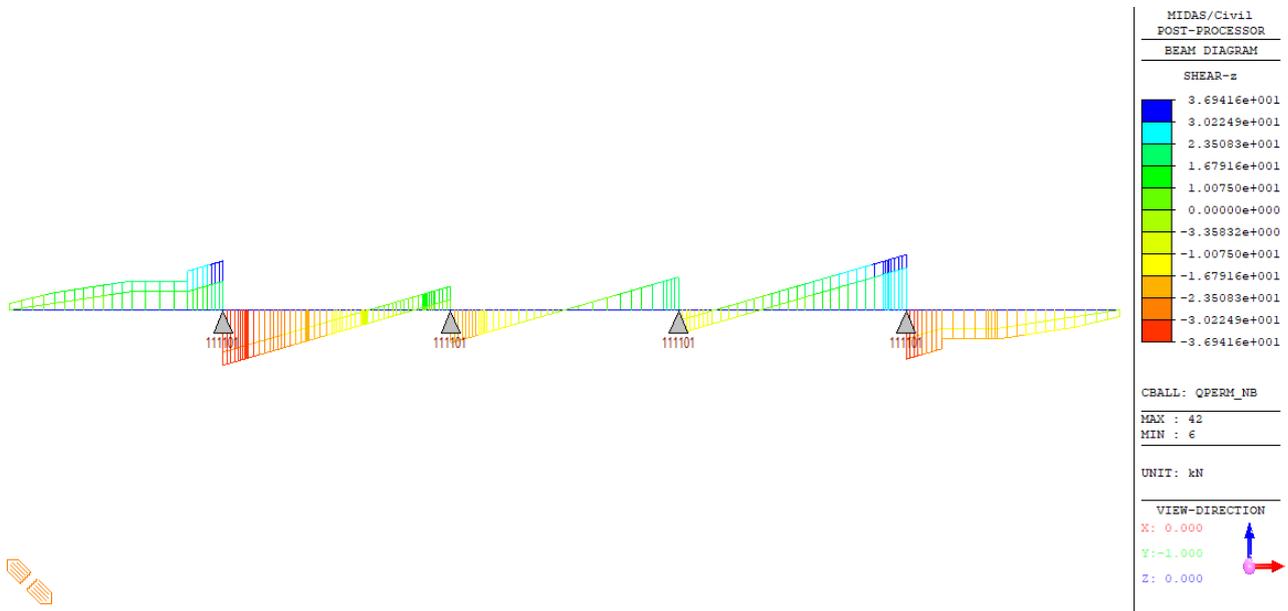


Figura 230 – Involuppo del taglio SLE-quasi permanente – Condizione senza barriere (NB)

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.4.3 Sollecitazioni di progetto per la condizione “con barriere”

Nelle figure seguenti sono illustrati gli involuipi SLU e SLE delle varie combinazioni. Tali sollecitazioni involuppano anche il caso “senza barriera”

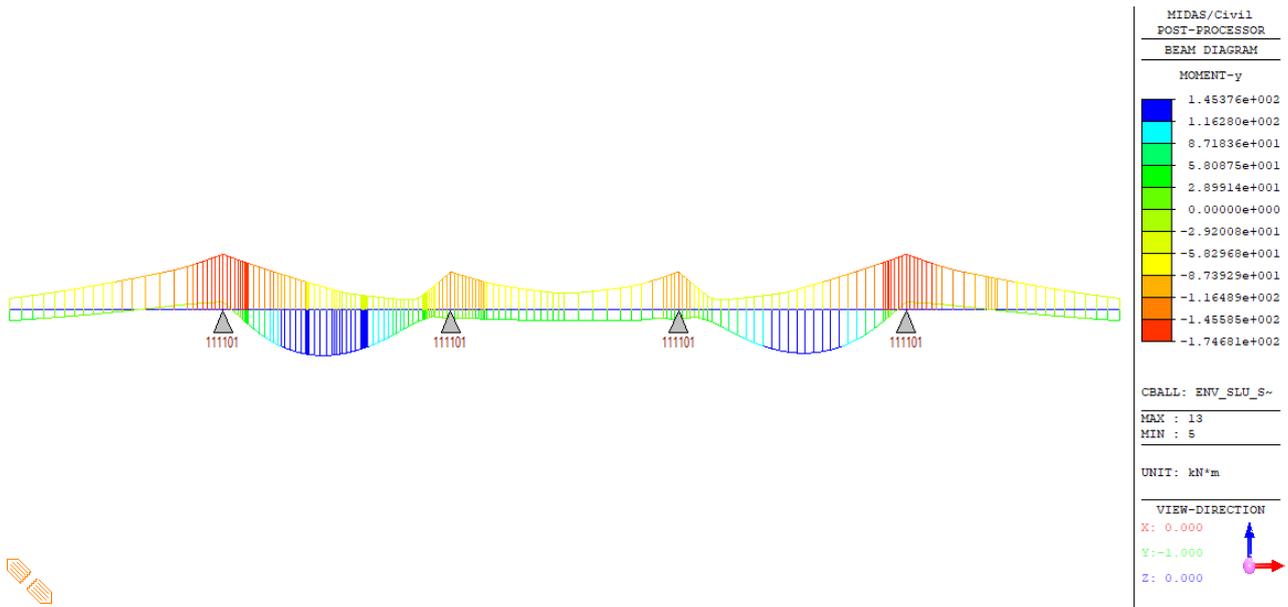


Figura 231 – Involuppo del momento SLU – Condizione con barriere (SB)

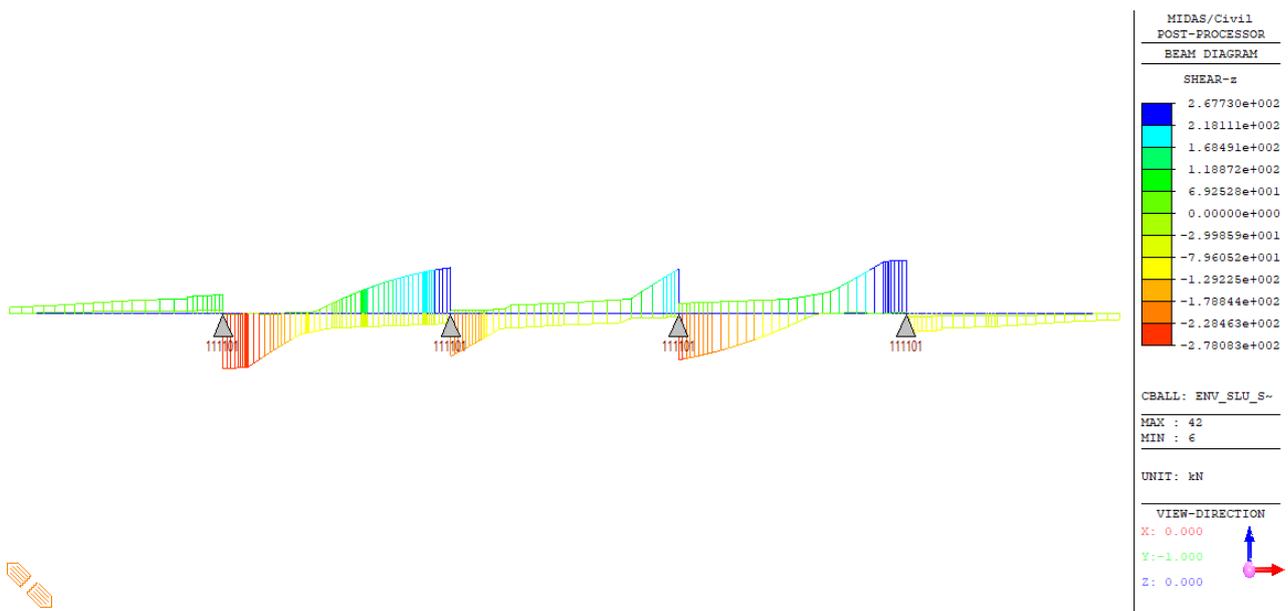


Figura 232 – Involuppo del taglio SLU – Condizione con barriere (SB)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

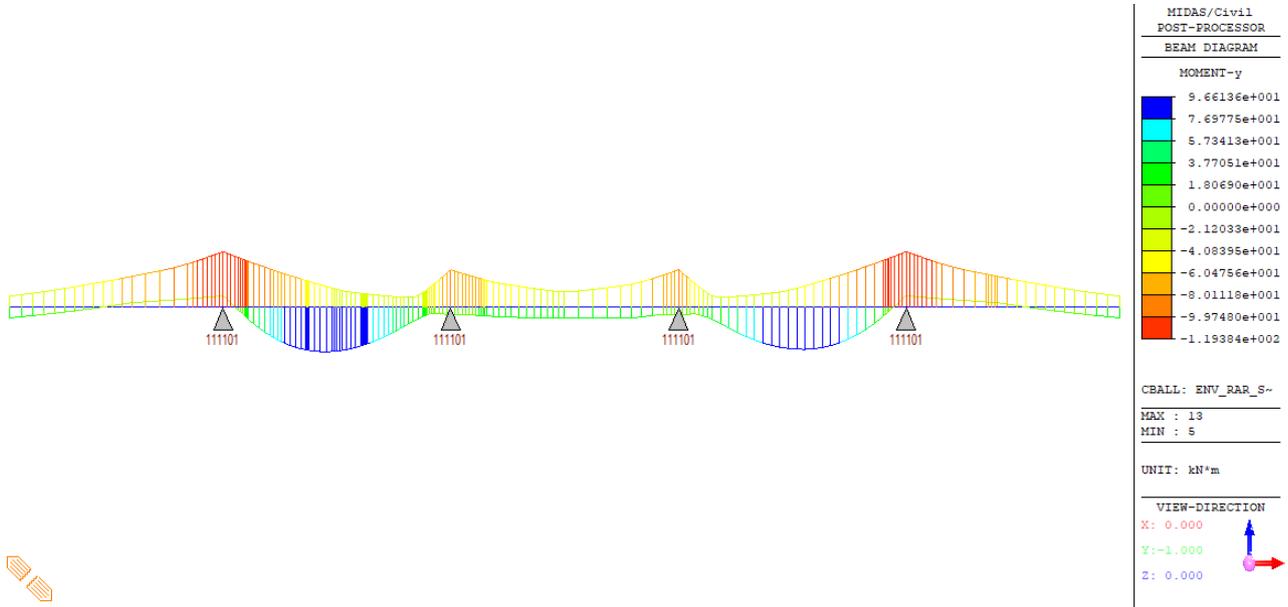


Figura 233 – Involuppo del momento SLE-rara – Condizione con barriere (SB)

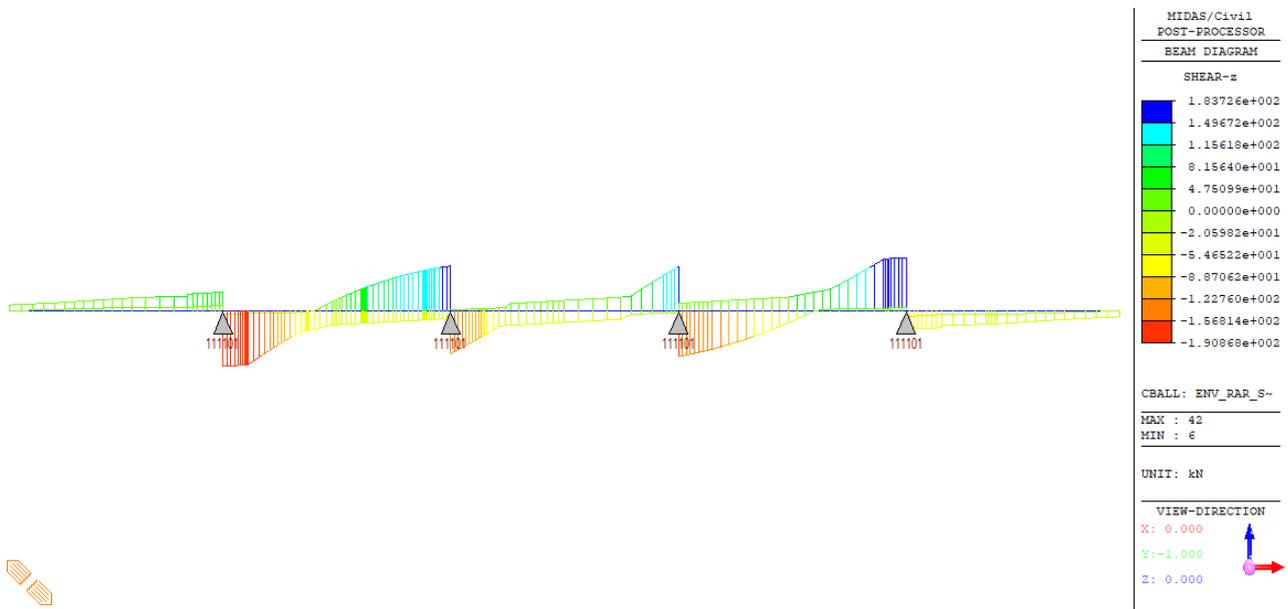


Figura 234 – Involuppo del taglio SLE-rara – Condizione con barriere (SB)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

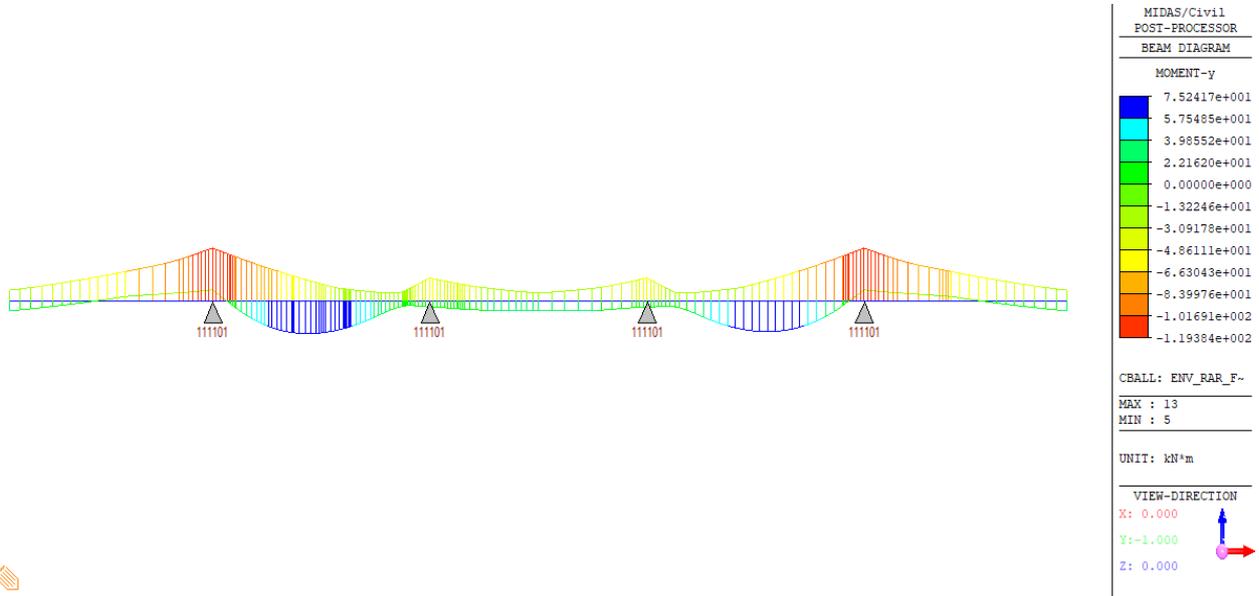


Figura 235 – Involuppo del momento SLE-rara per verifiche a fessurazione – Condizione con barriere (SB)

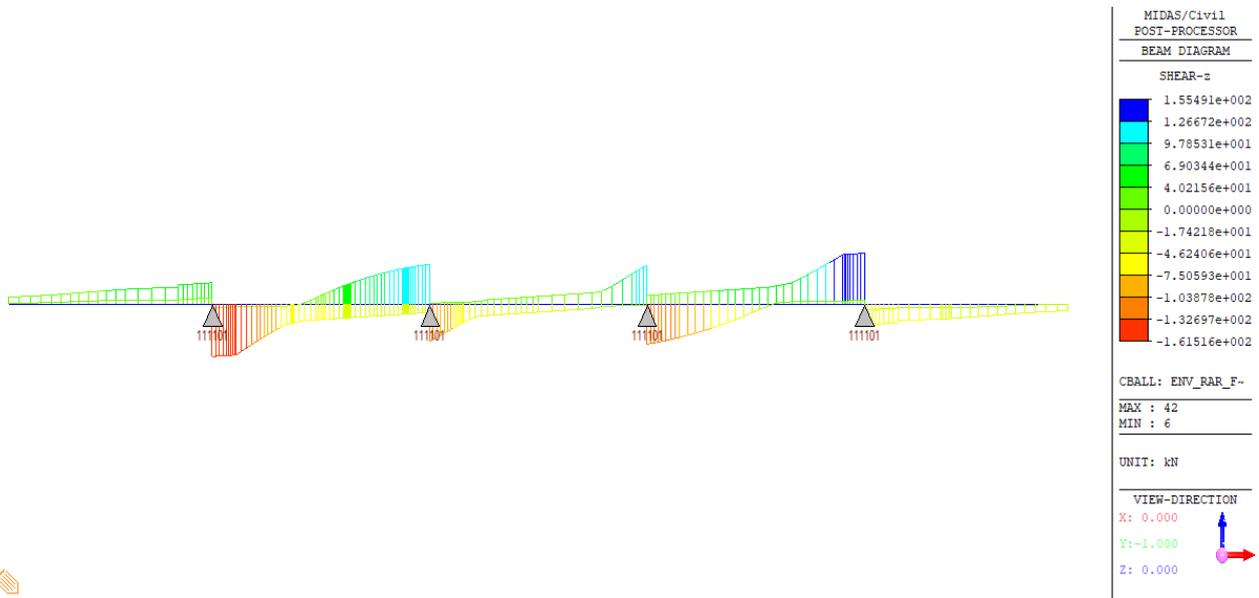


Figura 236 – Involuppo del taglio SLE-rara per verifiche a fessurazione – Condizione con barriere (SB)

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

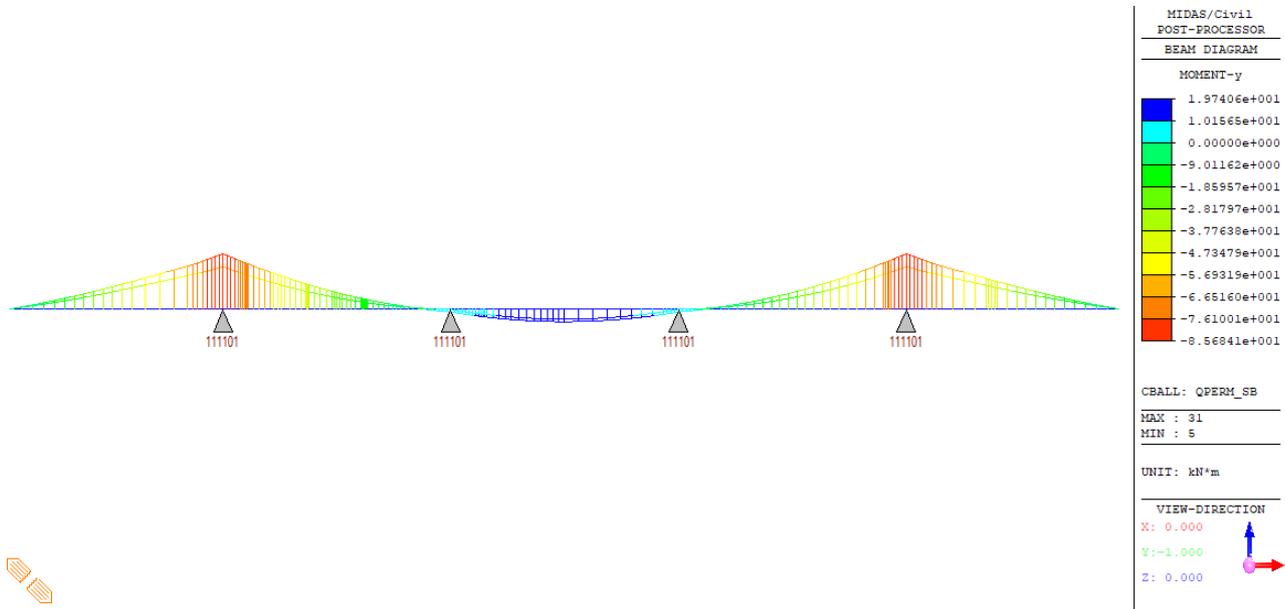


Figura 237 – Involuppo del momento SLE-quasi permanente – Condizione con barriere (SB)

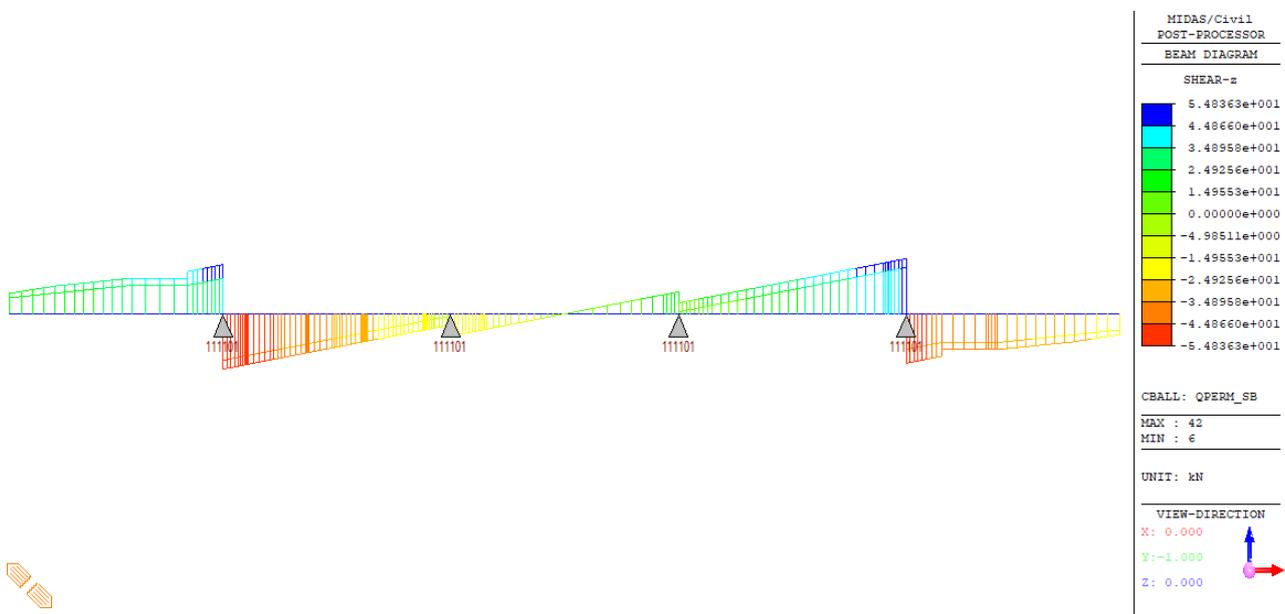


Figura 238 – Involuppo del taglio SLE-quasi permanente – Condizione con barriere (SB)

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

18.5 Calcolo delle armature e verifiche

Le armature sono state calcolate differenziando tra:

- armatura di base, calcolate a partire dalle combinazioni di carico che non prevedo la presenza della barriera (combinazioni tipo NB);
- armatura aggiuntiva sullo sbalzo, da affiancare all'armatura di base, lungo gli allineamenti trasversali dove è presente il montante delle barriere, calcolata a partire dalle combinazioni di carico che prevedo la presenza della barriera (combinazioni tipo SB).

Sono state eseguite le verifiche SLU come specificato nel D.M.2008 [1] e, in accordo con quanto indicato nel MDP RFI [2], sono stati verificati i seguenti limiti per SLE:

$\sigma_s < 0.75f_{yk}$ con σ_s massima tensione di trazione nelle armature per combinazione "RARA"

$\sigma_c < 0.55f_{ck}$ con σ_c massima tensione di compressione nel cls per combinazione "RARA"

$\sigma_c < 0.40f_{ck}$ con σ_c massima tensione di compressione nel cls per combinazione "QUASI PERM."

$w_k < 0.2\text{mm}$ con w_k massima apertura delle fessure per combinazione "RARA"

Il copriferro netto superiore è pari a 3.5cm. Inferiormente la distanza netta tra l'armatura e l'estradosso della coppella della predalla è pari a 1cm.

Nelle verifiche si è trascurato il contributo alla resistenza offerto dalle predalle.

La verifica delle sezioni in C.A. è stata eseguita attraverso il software *RCSEC*, di cui si riportano gli output nelle pagine seguenti.

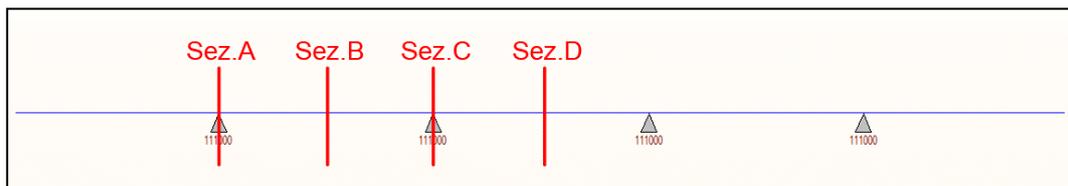


Figura 239 – Sezioni di verifica della soletta

Per le verifiche in appoggio sono state assunte le sollecitazioni di taglio e momento nelle sezioni poste ad una distanza pari a B/4 dagli appoggi teorici, dove B=750mm è la larghezza della piattabanda superiore delle travi.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.5.1 Verifica dell'armatura a flessione di base

Poiché l'armatura viene differenziata solo sullo sbalzo, l'armatura di base è stata verificata:

- nella sezione "A" con le sollecitazioni ricavate dalla condizione di "assenza di barriere";
- mentre nelle sezioni "B", "C" e "D" con le sollecitazioni corrispondenti ad entrambe le condizioni di assenza e presenza di barriere.

Nelle tabelle seguenti si riporta il riepilogo delle sollecitazioni corrispondenti alle varie combinazioni SLU ed SLE utilizzate per le verifiche dell'armatura di base.

SEZIONE A (appoggio esterno lato esterno e lato interno) / NB

| SEZ.A-EST / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|--------|-------|--------------|-------|-------------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_NB | -20.9 | 0.0 | -54.8 | 0.0 | 42.9 |
| SLU_MAN_NB | -20.9 | 0.0 | -78.9 | 0.0 | 66.1 |
| SLU_VENTO_PCNB | -20.9 | 0.0 | -54.8 | 0.0 | 42.9 |
| SLU_ECCEZ_NB | -20.9 | 0.0 | -38.6 | 0.0 | 29.9 |
| VALORI MAX/MIN SLU | -20.9 | 0.0 | -78.9 | 0.0 | 66.1 |

| SEZ.A-INT / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|--------|-------|--------------|-------|--------------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_NB | 19.7 | -51.7 | -58.0 | -3.0 | -252.3 |
| SLU_MAN_NB | -18.5 | 0.0 | -80.5 | 0.0 | -62.4 |
| SLU_VENTO_PCNB | 12.4 | -38.7 | -58.5 | -5.1 | -213.4 |
| SLU_ECCEZ_NB | -4.5 | 0.0 | -36.6 | 0.0 | -98.7 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 19.7 | -51.7 | -80.5 | 0.0 | 252.3 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| SEZ.A-EST / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|--------|-------|--------------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_NB | -20.9 | 0.0 | -38.6 | 0.0 |
| RAR_GR4_NB | -20.9 | 0.0 | -38.6 | 0.0 |
| RAR_MAN_NB | -20.9 | 0.0 | -55.2 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCNB | -20.9 | 0.0 | -38.6 | 0.0 |
| QPERM_NB | -20.9 | 0.0 | -38.6 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | -20.9 | 0.0 | -55.2 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | -20.9 | 0.0 | -55.2 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | -20.9 | 0.0 | -38.6 | 0.0 |

| SEZ.A-INT / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|--------|-------|--------------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_NB | 7.0 | -35.7 | -40.3 | -2.0 |
| RAR_GR4_NB | 1.3 | -28.2 | -40.0 | -2.0 |
| RAR_MAN_NB | -19.3 | 0.0 | -55.8 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCNB | 1.9 | -26.8 | -40.6 | -3.4 |
| QPERM_NB | -19.2 | 0.0 | -37.8 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | 7.0 | -35.7 | -55.8 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | 1.9 | -26.8 | -55.8 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | -19.2 | 0.0 | -37.8 | 0.0 |

SEZIONE B (campata esterna) / NB + SB

| SEZ.B / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|--------------|-------|--------|-------|--------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_NB | 145.4 | -10.3 | -38.6 | -0.6 | -59.1 |
| SLU_MAN_NB | 1.5 | 0.0 | -34.2 | 0.0 | -39.0 |
| SLU_VENTO_PCNB | 114.8 | -7.7 | -38.7 | -1.0 | -49.3 |
| SLU_ECCEZ_NB | 48.5 | 0.0 | -4.6 | 0.0 | -37.4 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 145.4 | -10.3 | -38.7 | -1.0 | 59.1 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| SEZ.B / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|--------------|-------|--------|-------|--------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_SB | 130.9 | -10.9 | -64.2 | 0.0 | -84.5 |
| SLU_MAN_SB | -8.9 | 0.0 | -74.3 | 0.0 | -75.5 |
| SLU_VENTO_PCSB | 104.1 | -8.7 | -61.2 | 0.0 | -73.8 |
| SLU_VENTO_PS | -1.6 | 0.0 | -67.7 | 0.0 | -69.0 |
| SLU_ECCEZ_SB | 28.3 | 0.0 | -24.8 | 0.0 | -55.3 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 130.9 | -10.9 | -74.3 | 0.0 | 84.5 |

| SEZ.B / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|-------------|-------|--------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_NB | 96.4 | -7.1 | -24.2 | -0.4 |
| RAR_GR4_NB | 73.4 | -5.6 | -22.3 | -0.4 |
| RAR_MAN_NB | -2.7 | 0.0 | -21.2 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCNB | 75.2 | -5.4 | -24.2 | -0.7 |
| QPERM_NB | -2.2 | 0.0 | -12.2 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | 96.4 | -7.1 | -24.2 | -0.7 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | 75.2 | -5.4 | -24.2 | -0.7 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | -2.2 | 0.0 | -12.2 | 0.0 |

| SEZ.B / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|--------------|-------|--------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_SB | 80.0 | -7.5 | -41.3 | 0.0 |
| RAR_GR4_SB | 57.0 | -6.0 | -39.4 | 0.0 |
| RAR_MAN_SB | -16.4 | 0.0 | -48.0 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCSB | 61.4 | -6.0 | -39.2 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PS | -11.5 | 0.0 | -43.2 | 0.0 |
| QPERM_SB | -22.4 | 0.0 | -32.3 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | 80.0 | -7.5 | -48.0 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | 61.4 | -6.0 | -48.0 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q.PERM. | -22.4 | 0.0 | -32.3 | 0.0 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

SEZIONE C (appoggio interno lato esterno e lato interno) / NB + SB

| SEZ.C-EST / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|--------|-------|--------------|-------|--------------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_NB | 15.7 | 0.0 | -77.2 | 58.8 | 218.7 |
| SLU_MAN_NB | 4.5 | 0.0 | -9.9 | 0.0 | 24.9 |
| SLU_VENTO_PCNB | 13.3 | 0.0 | -50.5 | 35.3 | 172.1 |
| SLU_ECCEZ_NB | -2.2 | 0.0 | -21.7 | 0.0 | 87.4 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 15.7 | 0.0 | -77.2 | 58.8 | 218.7 |

| SEZ.C-EST / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|--------|-------|--------------|-------|--------------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_SB | 23.0 | -0.6 | -75.2 | 59.4 | 208.7 |
| SLU_MAN_SB | 15.1 | 0.0 | -8.8 | 0.0 | -53.3 |
| SLU_VENTO_PCSB | 20.8 | -1.1 | -50.4 | 36.3 | 167.4 |
| SLU_VENTO_PS | 12.7 | 0.0 | -9.6 | 0.0 | -46.8 |
| SLU_ECCEZ_SB | 2.5 | 0.0 | -17.0 | 0.0 | 69.5 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 23.0 | -0.6 | -75.2 | 59.4 | 208.7 |

| SEZ.C-INT / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|--------|-------|---------------|-------|--------------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_NB | 16.2 | 3.8 | -103.8 | -25.5 | -173.7 |
| SLU_MAN_NB | 10.6 | 0.0 | -8.6 | 0.0 | -31.8 |
| SLU_VENTO_PCNB | 15.2 | 1.9 | -67.0 | -14.0 | -131.9 |
| SLU_ECCEZ_NB | -9.2 | 0.0 | -30.5 | 0.0 | -71.3 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 16.2 | 3.8 | -103.8 | -25.5 | 173.7 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| SEZ.C-INT / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_SB | 27.3 | 5.1 | -98.9 | -26.8 | -172.1 |
| SLU_MAN_SB | 27.6 | 0.0 | -5.5 | 0.0 | -34.2 |
| SLU_VENTO_PCSB | 25.7 | 4.1 | -64.3 | -16.2 | -129.2 |
| SLU_VENTO_PS | 24.3 | 0.0 | -7.7 | 0.0 | -32.6 |
| SLU_ECCEZ_SB | -1.2 | 0.0 | -22.5 | 0.0 | -71.3 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 27.6 | 0.0 | -98.9 | -26.8 | 172.1 |

| SEZ.C-EST / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|-------------|------------|--------------|-------------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_NB | 8.7 | 0.0 | -52.2 | 40.5 |
| RAR_GR4_NB | 6.6 | 0.0 | -33.4 | 24.3 |
| RAR_MAN_NB | 1.0 | 0.0 | -5.8 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCNB | 7.0 | 0.0 | -33.8 | 24.3 |
| QPERM_NB | -2.4 | 0.0 | -4.6 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | 8.7 | 0.0 | -52.2 | 40.5 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | 7.0 | 0.0 | -33.8 | 24.3 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | -2.4 | 0.0 | -4.6 | 0.0 |

| SEZ.C-EST / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_SB | 13.6 | -0.4 | -49.3 | 40.9 |
| RAR_GR4_SB | 11.5 | -0.4 | -30.5 | 24.7 |
| RAR_MAN_SB | 8.1 | 0.0 | -3.5 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCSB | 12.0 | -0.7 | -32.1 | 25.0 |
| RAR_VENTO_PS | 6.3 | 0.0 | -4.0 | 0.0 |
| QPERM_SB | 2.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | 13.6 | -0.4 | -49.3 | 40.9 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | 12.0 | -0.7 | -32.1 | 25.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | 2.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| SEZ.C_INT / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|--------|-------|--------------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_NB | 8.9 | 2.6 | -69.9 | -17.6 |
| RAR_GR4_NB | 7.4 | 1.9 | -43.8 | -10.3 |
| RAR_MAN_NB | 5.1 | 0.0 | -4.3 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCNB | 8.1 | 1.4 | -44.5 | -9.7 |
| QPERM_NB | 0.5 | 0.0 | -3.5 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | 8.9 | 2.6 | -69.9 | -17.6 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | 8.1 | 1.4 | -44.5 | -9.7 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | 0.5 | 0.0 | -3.5 | 0.0 |

| SEZ.C_INT / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|--------|-------|--------------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_SB | 16.3 | 3.5 | -64.0 | -18.5 |
| RAR_GR4_SB | 14.8 | 2.8 | -37.9 | -11.1 |
| RAR_MAN_SB | 16.4 | 0.0 | 0.4 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCSB | 15.1 | 2.8 | -40.0 | -11.1 |
| RAR_VENTO_PS | 14.0 | 0.0 | -1.0 | 0.0 |
| QPERM_SB | 8.5 | 0.0 | 4.5 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | 16.4 | 0.0 | -64.0 | -18.5 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | 16.4 | 0.0 | -40.0 | -11.1 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | 8.5 | 0.0 | 4.5 | 0.0 |

SEZIONE D (campata interna) / NB + SB

| SEZ.D / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|-------------|-------|--------------|-------|--------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_NB | 18.2 | -4.2 | -51.5 | 9.6 | -57.3 |
| SLU_MAN_NB | 19.7 | 0.0 | 10.6 | 0.0 | 3.3 |
| SLU_VENTO_PCNB | 19.3 | -3.1 | -29.4 | 5.5 | -36.3 |
| SLU_ECCEZ_NB | 18.8 | 0.0 | -3.4 | 0.0 | -13.3 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 19.7 | 0.0 | -51.5 | 9.6 | 57.3 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| SEZ.D / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|-------------|-------|--------------|-------|--------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_SB | 27.0 | -4.4 | -44.4 | 9.8 | -57.6 |
| SLU_MAN_SB | 33.8 | 0.0 | 16.5 | 0.0 | 5.7 |
| SLU_VENTO_PCSB | 25.9 | -3.5 | -22.8 | 5.8 | -36.8 |
| SLU_VENTO_PS | 32.4 | 0.0 | 12.4 | 0.0 | 4.1 |
| SLU_ECCEZ_SB | 26.8 | 0.0 | 4.6 | 0.0 | -13.3 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 33.8 | 0.0 | -44.4 | 9.8 | 57.6 |

| SEZ.D / CONDIZIONE SENZA BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|-------------|-------|--------------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_NB | 12.6 | -2.9 | -33.1 | 6.6 |
| RAR_GR4_NB | 12.6 | -2.3 | -17.1 | 3.9 |
| RAR_MAN_NB | 13.6 | 0.0 | 9.7 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCNB | 13.3 | -2.2 | -17.8 | 3.8 |
| QPERM_NB | 11.7 | 0.0 | 7.8 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | 13.6 | 0.0 | -33.1 | 6.6 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | 13.6 | 0.0 | -17.8 | 3.8 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | 11.7 | 0.0 | 7.8 | 0.0 |

| SEZ.D / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|-------------|-------|--------------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_SB | 18.4 | -3.0 | -25.6 | 6.8 |
| RAR_GR4_SB | 18.5 | -2.4 | -9.7 | 4.0 |
| RAR_MAN_SB | 23.0 | 0.0 | 16.3 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCSB | 17.7 | -2.4 | -10.7 | 4.0 |
| RAR_VENTO_PS | 22.0 | 0.0 | 13.5 | 0.0 |
| QPERM_SB | 19.7 | 0.0 | 15.8 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | 23.0 | 0.0 | -25.6 | 6.8 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | 23.0 | 0.0 | -10.7 | 4.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | 19.7 | 0.0 | 15.8 | 0.0 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle verifiche in forma sintetica.

| SEZIONE DI VERIFICA | SLU (coeff. sic.) | SLE-rara – $\sigma_{s,max}$ | SLE-rara – $\sigma_{c,max}$ | SLE-rara(fess.) – wk | SLE-q.p. – $\sigma_{c,max}$ |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| A | 1.820 | 155.9 MPa | 4.85 MPa | 0.149 mm | 3.36 MPa |
| B | 1.522 | 179.5 MPa | 6.01 MPa | 0.123 mm | 2.22 MPa |
| C | 1.684 | 161.7 MPa | 4.84 MPa | 0.105 mm | 0.62 MPa |
| D | 3.587 | 73.8 MPa | 1.53 MPa | 0.083 mm | 1.32 MPa |

Tabella 53- Risultati delle verifiche in soletta – armatura di base

Per i tabulati di verifica in forma estesa, nonché output del software RCSEC, si rimanda all'Allegato G .

18.5.2 Verifica dell'armatura a flessione aggiuntiva sullo sbalzo

Nelle tabelle seguenti si riporta il riepilogo delle sollecitazioni corrispondenti alle varie combinazioni SLU ed SLE utilizzate per le verifiche dell'armatura aggiuntiva sullo sbalzo in corrispondenza del montante della barriera.

SEZIONE A (appoggio esterno lato esterno e lato interno) / SB

| SEZ.A-EST / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|--------------|--------------|---------------|-------------|-------------|
| | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| Combinazione | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_SB | -37.9 | -10.4 | -112.1 | 0.0 | 66.9 |
| SLU_MAN_SB | -37.9 | -10.4 | -157.4 | 10.4 | 90.1 |
| SLU_VENTO_PCSB | -23.8 | -17.3 | -112.1 | 0.0 | 66.9 |
| SLU_VENTO_PS | -23.8 | -17.3 | -147.4 | 17.3 | 66.9 |
| SLU_ECCEZ_SB | -59.1 | 0.0 | -76.8 | 0.0 | 45.9 |
| VALORI MAX/MIN SLU | -23.8 | -17.3 | -157.4 | 10.4 | 90.1 |

| SEZ.A-INT / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU | | | | | |
|--|------------|--------------|---------------|------------|--------------|
| | M MAX | | M MIN | | V MAX |
| Combinazione | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] | V [kN] |
| SLU_GR1_SB | -0.2 | -54.7 | -113.3 | 0.0 | -273.6 |
| SLU_MAN_SB | -37.0 | 0.0 | -156.6 | 0.0 | -98.9 |
| SLU_VENTO_PCSB | 4.5 | -43.8 | -112.8 | 0.0 | -231.1 |
| SLU_VENTO_PS | -24.0 | 0.0 | -143.5 | 0.0 | -92.4 |
| SLU_ECCEZ_SB | -42.3 | 0.0 | -74.5 | 0.0 | -116.6 |
| VALORI MAX/MIN SLU | 4.5 | -43.8 | -156.6 | 0.0 | 273.6 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| SEZ.A-EST / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|--------|-------|---------------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_SB | -45.0 | -6.9 | -76.8 | 0.0 |
| RAR_GR4_SB | -45.0 | -6.9 | -76.8 | 0.0 |
| RAR_MAN_SB | -45.0 | -6.9 | -107.5 | 6.9 |
| RAR_VENTO_PCSB | -35.6 | -11.5 | -76.8 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PS | -35.6 | -11.5 | -100.3 | 11.5 |
| QPERM_SB | -59.1 | 0.0 | -76.8 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | -35.6 | -11.5 | -107.5 | 6.9 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | -35.6 | -11.5 | -107.5 | 6.9 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | -59.1 | 0.0 | -76.8 | 0.0 |

| SEZ.A-INT / CONDIZIONE CON BARRIERE / SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLE | | | | |
|--|--------|-------|---------------|-------|
| Combinazione | M MAX | | M MIN | |
| | M[kNm] | N[kN] | M[kNm] | N[kN] |
| RAR_GR1_SB | -18.9 | -37.7 | -77.1 | 0.0 |
| RAR_GR4_SB | -24.6 | -30.2 | -76.8 | 0.0 |
| RAR_MAN_SB | -44.3 | 0.0 | -106.5 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PCSB | -16.0 | -30.2 | -76.8 | 0.0 |
| RAR_VENTO_PS | -35.6 | 0.0 | -97.2 | 0.0 |
| QPERM_SB | -57.1 | 0.0 | -75.7 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA | -16.0 | -30.2 | -106.5 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-RARA FESS | -16.0 | -30.2 | -106.5 | 0.0 |
| VALORI MAX/MIN SLE-Q. PERM. | -57.1 | 0.0 | -75.7 | 0.0 |

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle verifiche in forma sintetica.

| SEZIONE DI VERIFICA | SLU (coeff. sic.) | SLE-rara – $\sigma_{s,max}$ | SLE-rara – $\sigma_{c,max}$ | SLE-rara(fess.) – wk | SLE-q.p. – $\sigma_{c,max}$ |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| A | 1.275 | 219.4 MPa | 8.36 MPa | 0.193 mm | 5.98 MPa |
| B | * | * | * | * | * |
| C | * | * | * | * | * |
| D | * | * | * | * | * |

Tabella 54- Risultati delle verifiche in soletta – armatura integrativa. (*Vale quanto riportato in Tabella 53)

Per i tabulati di verifica in forma estesa, nonché output del software RCSEC, si rimanda all'Allegato G .

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

18.5.3 Verifica per SLU a taglio

Si prevede la disposizione di tre file di spille $\Phi 10/200 \times 200$ nelle zone di appoggio delle campate esterne.

Il massimo taglio agente per le combinazioni SLU analizzate, è pari a:

$$V_{\max} = 273.6 \text{ kN}$$

in corrispondenza della sezione A, lato interno.

Si riporta di seguito la verifica:

Resistenza a taglio per soletta non armata a taglio

Sez. di verifica: APP. ESTERNO LATO INTERNO

| | | |
|---------------|---------|-----------------|
| f_{ck} | 32 | Mpa |
| h | 310 | mm |
| b | 1000 | mm |
| $c_{f_{inf}}$ | 30 | mm |
| $c_{f_{sup}}$ | 55 | mm |
| $A_{s,inf}$ | - | mm ² |
| $A_{s,sup}$ | 1570.8 | mm ² |
| $M < > 0?$ | $M < 0$ | - |
| <hr/> | | |
| d | 255 | mm |
| $A_{s,tesa}$ | 1571 | mm ² |
| ρ_l | 0.0062 | - |
| k | 1.886 | - |
| v_{min} | 0.513 | - |
| <hr/> | | |
| V_{Rd} | 155.9 | kN |
| V_{Ed} | 273.6 | kN |

Verifica non soddisfatta, è necessaria armatura a taglio.

Caratteristiche materiali

| | | |
|--------------|------|--|
| Cls R_{ck} | 40 | |
| Acciaio | B450 | |
| γ_c | 1.5 | coefficiente parziale relativo al calcestruzzo |
| γ_s | 1.15 | coefficiente parziale relativo all'acciaio |

Geometrie sezione

| | | | |
|-------|--------|-----------------|--|
| b_w | 1000 | mm | larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima) |
| d | 255 | mm | altezza utile della sezione |
| A_c | 255000 | mm ² | area della sezione di calcestruzzo |

| | | | | |
|---|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

Caratteristiche armature

| | | |
|--------------------|-----|---|
| n_{bl} | 5 | numero di barre longitudinali |
| \varnothing_{bl} | 20 | mm diametro delle barre longitudinali |
| n_{bw} | 5 | numero di bracci delle staffe |
| \varnothing_{st} | 10 | mm diametro delle staffe |
| s_{st} | 200 | mm passo delle staffe |
| α | 90 | ° inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse) |

Caratteristiche sollecitazioni

| | | |
|----------|-------|---|
| N_{Ed} | 0 | KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione) |
| V_{Ed} | 277.6 | KN taglio di calcolo |

Dati traliccio resistente

| | | |
|----------|----|---|
| θ | 22 | ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse |
|----------|----|---|

Taglio resistente

| | | |
|----------|-------|--|
| V_{Rd} | 436.4 | KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale |
|----------|-------|--|

Nel grafico di Figura 240 si individuano chiaramente le zone dove è necessario inserire armatura a taglio. Le linee tratteggiate rappresentano la piattabande delle travi, ovvero nelle zone di appoggio delle due campate esterne.

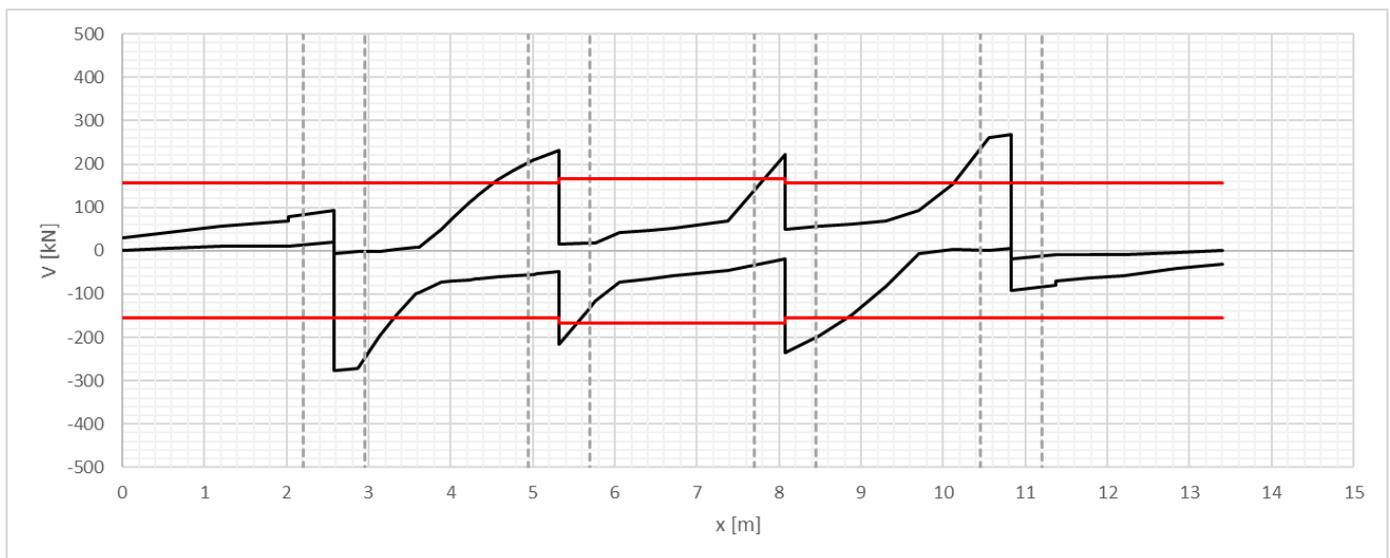


Figura 240 – Grafico di confronto tra taglio sollecitante e taglio resistente in assenza di armatura a taglio

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

18.6 Calcolo e verifica cordolo

In questo capito è riportata la verifica e il calcolo dell'armatura integrativa del cordolo di estremità della soletta in corrispondenza del montante della barriera antirumore.

| Verifica a torsione cordolo | | | |
|--|---------|----------------------|-----------|
| <i>interasse montanti</i> | i | [m] | 3.00 |
| <i>Altezza barriera</i> | h | [m] | 4.00 |
| <i>Pressione vento</i> | p | [kN/m ²] | 2.50 |
| <i>Forza risultante</i> | Q | [kN/m] | 30.00 |
| <i>Braccio della risultante dall'estradosso cordolo</i> | braccio | [m] | 2.00 |
| <i>Momento agente al cordolo</i> | M | [kNm/m] | 47.24 |
| <i>Coefficiente parziale</i> | gamma | | 1.50 |
| <i>Momento SLU-vento</i> | Mslu | [kNm/m] | 70.87 |
| <i>Diametro staffa</i> | F | [mm] | 12.00 |
| <i>Passo staffa</i> | p | [mm] | 200.00 |
| <i>Diametro longitudinale</i> | F | [mm] | 12.00 |
| <i>numero ferri longitudinali</i> | n | - | 12.00 |
| <i>base cordolo</i> | b | [cm] | 52.30 |
| <i>altezza cordolo</i> | h | [cm] | 47.27 |
| <i>distanza tra bordo e centro ferro long</i> | clong | [cm] | 5.80 |
| <i>resistenza cilindrica di progetto</i> | fcd | [Mpa] | 18.13 |
| <i>resistenza a snervamento di progetto</i> | fyd | [Mpa] | 391.30 |
| <i>Area cls</i> | Ac | [mm ²] | 247222.10 |
| <i>Perimetro</i> | u | [mm] | 1991.40 |
| <i>Spessore sezione cava</i> | t | [mm] | 124.14 |
| <i>Angolo inclinazione</i> | q | ° | 38.00 |
| <i>Cotangente di teta</i> | Cot q | | 1.28 |
| <i>area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico</i> | A | [mm ²] | 139023.00 |
| <i>Perimetro medio resistente</i> | um | [mm] | 1494.82 |
| <i>Area staffa</i> | As | [mm ²] | 22619.47 |
| <i>Somma area armature long</i> | SA1 | [mm ²] | 1357.17 |
| <i>Contributo cls</i> | Trcd | [kNm] | 303.67 |
| <i>contributo staffe</i> | Trsd | [kNm] | 15749.76 |
| <i>contributo arm long</i> | Trld | [kNm] | 77.18 |
| <i>Momento resistente</i> | Trd | [kNm] | 77.18 |
| <i>Momento agente</i> | Ted | [kNm] | 70.87 |
| <i>Coefficiente di sicurezza</i> | CS | - | 1.09 |

Ne risulta in corrispondenza del montante un'armatura di base longitudinale pari a 10 ϕ 12 che dovrà essere integrate con 2 ϕ 12 aggiuntivi per un totale di 12 ϕ 12, inoltre saranno da disporsi staffe ϕ 12/200.

| | | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

18.7 Calcolo e verifica della soletta in corrispondenza del palo TE

In corrispondenza del palo TE andrà prevista un'apposita armatura sia in direzione trasversale che longitudinale. In particolare risulteranno dimensionante per l'armatura trasversale le azioni statiche indotte dal palo TE, mentre ai fini dell'armatura longitudinale risulterà predominante lo scenario di rottura della catenaria.

Al fine di definire lo stato sollecitativo è stato sviluppato un modello locale della soletta con l'ausilio del software Midas Civil. La modellazione 3d tramite elementi shell prevede la soletta e il cordolo di estremità.

Le azioni statiche sono quelle previste per la tipologia di palo LSU18.

TABELLA DEI CARICHI MASSIMI ALLA BASE DEI SOSTEGNI LSU E DEI TIRANTI A TERRA

| SOSTEGNO TIPO | | CONDIZIONE DI CARICO | CARICHI MASSIMI SULLE FONDAZIONI | | | | | | TIPO DEL T.T. (2) | ATTREZZAGGIO TIPICO | | | | | | | |
|---------------|--|----------------------|----------------------------------|--------|-----------|---------|----------------|----------|-------------------|---------------------|---|---|---|---|----|---|---|
| SIGLA (1) | DESCRIZIONE | | ALLA BASE DEI PALI | | E PORTALI | | ALLA BASE T.T. | | | A | B | C | D | E | E1 | F | |
| | | | Mi daNm | Ti daN | V daN | Mi daNm | Ti daN | Vtir daN | Ttir daN | | | | | | | | |
| LSU16 | LSU16 (piena linea) | Senza T.T. | 6274 | 707 | 1278 | 852 | 173 | - | - | - | 1 | - | 2 | - | - | - | - |
| | LSU18 (piena linea) | Senza T.T. | 7532 | 891 | 1408 | 908 | 185 | - | - | - | 1 | - | 2 | - | - | - | - |
| LSU18 | LSU18 (piena linea - Asse Punto Fisso) | Senza T.T. | -10420 | -1726 | 1474 | 908 | 185 | - | - | - | 1 | - | 2 | - | - | 1 | - |
| LSU20 | LSU20 (piena linea) | Con T.T. | 10000 | 1223 | 7007 | 193 | 152 | 5280 | 5047 | TTC | 1 | - | 2 | - | 1 | - | - |
| LSU22 | LSU22 (piena linea) | Con T.T. | 11230 | 1400 | 10070 | 919 | 252 | 6509 | 6840 | TTA | 1 | 1 | 2 | - | - | - | - |
| LSU24 | LSU24 (piena linea) | Con T.T. | 11740 | 1483 | 10170 | 102 | 102 | 6506 | 6852 | TTA | 1 | 1 | 2 | - | - | - | - |
| 2LSU20 | 2LSU20 (punti singoli) | Senza T.T. | 14930 | 1723 | 3266 | 2000 | 400 | - | - | - | 2 | - | 2 | - | - | - | 1 |
| | | Con T.T. | 17630 | 2195 | 8693 | 300 | 200 | 3800 | 3998 | TTA | 2 | 1 | 2 | - | - | - | - |
| 2LSU22 | 2LSU22 (punti singoli) | Con T.T. | 20190 | 2425 | 9073 | 340 | 220 | 3614 | 3803 | TTA | 2 | 1 | 2 | - | - | - | 1 |

Figura 241 – Sollecitazioni alle base dei pali TE

Mentre la rottura della catenaria esercita un'azione squilibrata in corrispondenza del palo T.E. di intensità pari a ± 20 kN. Questa azione, da considerarsi di natura statica, applicata in corrispondenza della quota del filo di alimentazione, agisce a +5.00 m dal piano soletta dell'impalcato ferroviario.

Sul piano soletta si trasmette quindi un'azione flessionale $M_{cat} = 20 \cdot 5 = 100$ kNm.

Sia per i carichi statici che per la rottura della catenaria le forze sono state applicate come distribuzioni triangolari di pressione sul modello fem.

18.7.1 Modello di calcolo e risultati

Il modello prevede elementi shell opportunamente vincolati, incastrato in corrispondenza dell'anima della trave mentre sui lati corti viene ripristinato il vincolo di continuità, tali vincoli sono disposti ad una distanza tale da poter ritenere trascurabili gli effetti di bordo dovuti alla continuità longitudinale della soletta. Infatti, idealizzando la continuità con dei vincoli a glifo (garantendo quindi la trasmissione dei momenti longitudinali), non si riscontrano, nelle analisi statiche, particolari stati sollecitativi.

I carichi sono stati distribuiti su un'impronta di circa 0.8x0.8 m, derivante dalla diffusione sul piano medio della piastra base del palo TE (0.58x0.58 m)

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

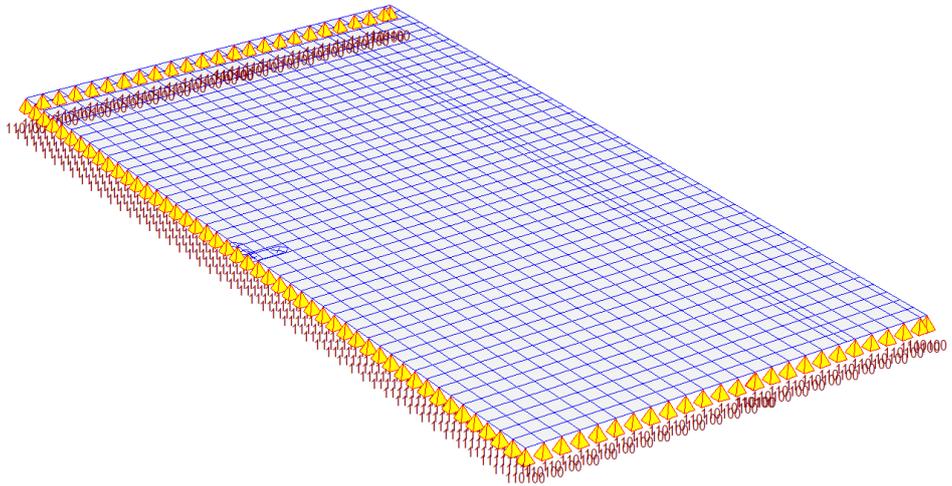


Figura 242 – Vista del modello

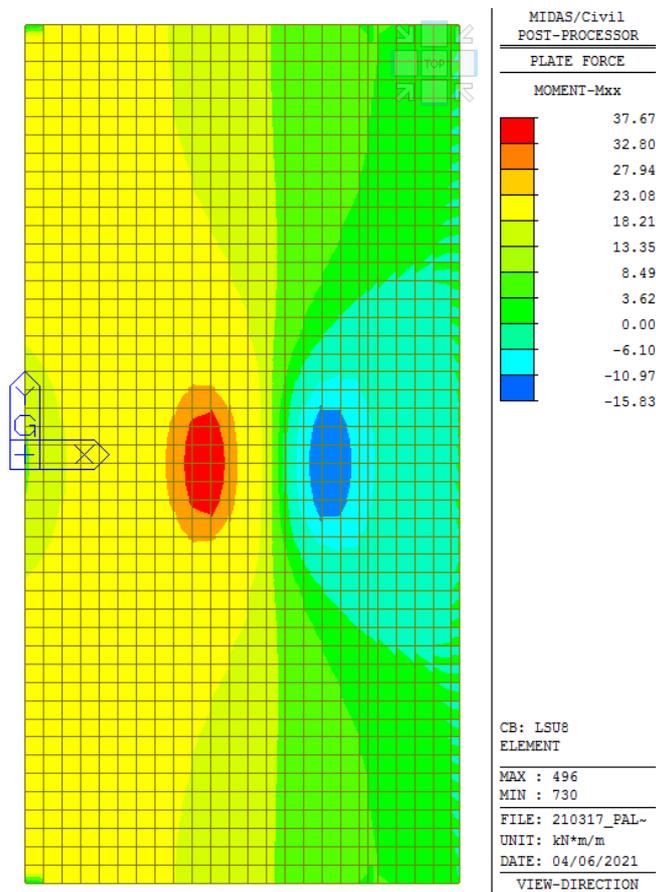


Figura 243 – Stato sollecitativo dovuto alle azioni del palo TE – LSU18

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

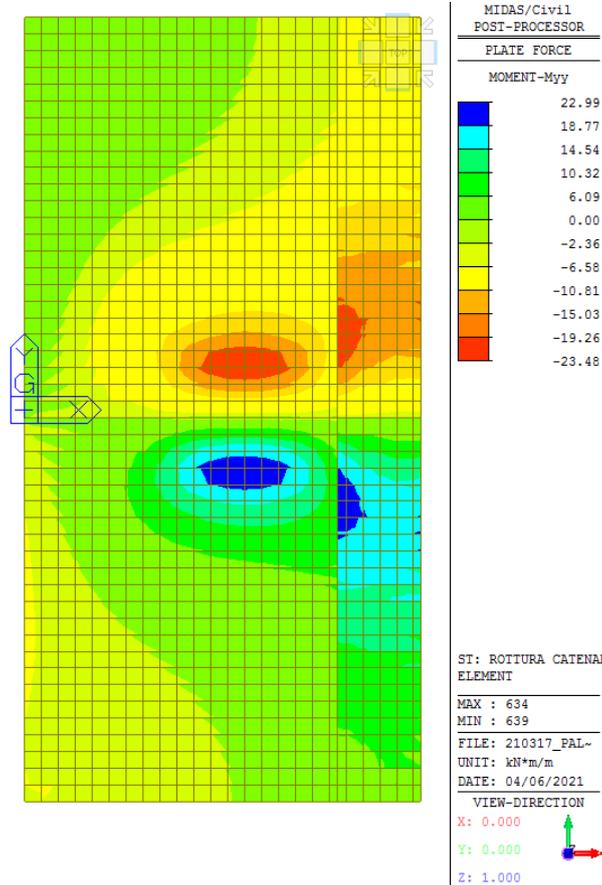


Figura 244 – Stato sollecitativo dovuto alla rottura della catenaria

Le sollecitazioni massime che derivano da queste analisi sono:

Momento trasversale soletta = 38 kNm/m

Momento longitudinale soletta = 24 kNm/m

Momento longitudinale cordolo = 20 kNm/m

Con tali sollecitazioni verrà effettuato il dimensionamento e la verifica dell'armatura integrativa, i cui esiti consistono in

Armatura trasversale: 4+4φ16 (al metro)

Armatura longitudinale: φ12/20

Armatura cordolo longitudinale: 1+1φ16

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Verifica trasversale

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

NOME FILE SEZIONE: 210323_soletta arm trasv

| | |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione: | Rettangolare |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Ordinarie |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|---|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.13 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.023 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 17.600 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 17.600 MPa |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 12.800 MPa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. a snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef: | 200000.0 MPa |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \beta_2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$: | 0.50 |
| | Comb.Rare - Sf Limite: | 337.50 MPa |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|-------|------------------------|
| Base: | 100.0 | cm |
| Altezza: | 31.0 | cm |
| Barre inferiori: | 4Ø16 | (8.0 cm ²) |
| Barre superiori: | 4Ø16 | (8.0 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 1.8 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 5.0 | cm |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 4.0 | cm |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | | |
|----|--|--|--|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) | | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione | | | |
| Vy | Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale | | | |
| MT | Momento torcente [kN m] | | | |

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|------|--------|------|------|
| 1 | 0.00 | -57.00 | 0.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|------|--------|
| 1 | 0.00 | -38.00 |

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

| | | |
|----|---|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) | |
| Mx | Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) | |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| | | |
|---------|------|-----------------|
| N°Comb. | N | Mx |
| 1 | 0.00 | -38.00 (-55.01) |

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

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

| | | |
|---------|------|-----------------|
| N°Comb. | N | Mx |
| 1 | 0.00 | -38.00 (-55.01) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | |
|--|------|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 1.0 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 22.6 | cm |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | | | | | | | | | | |
|----------|---|------|--------|------|--------|----------|-----|------|--------|-----------|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata | | | | | | | | | |
| N | Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione) | | | | | | | | | |
| Mx | Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico | | | | | | | | | |
| N Ult | Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.) | | | | | | | | | |
| Mx rd | Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico | | | | | | | | | |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1.000 | | | | | | | | | |
| Yn | Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez. | | | | | | | | | |
| x/d | Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC; deve essere < 0.45 | | | | | | | | | |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC] | | | | | | | | | |
| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | |
| 1 | S | 0.00 | -57.00 | 0.28 | -78.99 | 1.386 | 1.9 | 0.07 | 0.70 | 8.0 (4.5) |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | | | | | | | |
|--------|--|--------|---------|--------|----------|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione | | | | | | |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.) | | | | | | |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) | | | | | | |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.) | | | | | | |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) | | | | | | |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.) | | | | | | |
| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max | |
| 1 | 0.00350 | 0.0 | 0.00020 | 1.8 | -0.04414 | 26.0 | |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | | | | | | | | | | | |
|---------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata | | | | | | | | | | |
| Sc max | Massima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa] | | | | | | | | | | |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O) | | | | | | | | | | |
| Sc min | Minima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa] | | | | | | | | | | |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O) | | | | | | | | | | |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa] | | | | | | | | | | |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X, Y, O) | | | | | | | | | | |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre | | | | | | | | | | |
| Ac eff. | Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) | | | | | | | | | | |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.) | | | | | | | | | | |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2) | | | | | | | | | | |
| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
| 1 | S | 4.05 | 0.0 | 0.00 | 6.1 | -196.8 | 1.8 | 8.3 | 829 | 8.0 | 0.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|------|--|
| Ver | Esito verifica |
| e1 | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| e2 | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| K2 | = 0.5 per flessione; = (e1 + e2) / (2 * e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC |
| Kt | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2 |
| e sm | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

srm
wk
M fess.

Distanza massima in mm tra le fessure
Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
Momento di prima fessurazione [kNm]

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00123 | 0.00030 | 0.50 | 0.60 | 0.000590 (0.000590) | 323 | 0.191 (0.20) | -55.01 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 4.05 | 0.0 | 0.00 | 6.1 | -196.8 | 1.8 | 8.3 | 829 | 8.0 | 0.0 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00123 | 0.00030 | 0.50 | 0.60 | 0.000590 (0.000590) | 323 | 0.191 (0.20) | -55.01 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 4.05 | 0.0 | 0.00 | 6.1 | -196.8 | 1.8 | 8.3 | 829 | 8.0 | 0.0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00123 | 0.00030 | 0.50 | 0.40 | 0.000590 (0.000590) | 323 | 0.191 (0.20) | -55.01 |

| | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|-------|----------|--|------|----|----------------|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0005006</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> </table> | Progetto | Lotto | Codifica | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |
| Progetto | Lotto | Codifica | | | | | | | |
| IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C | | | | | | |

VERIFICA LONGITUDINALE

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

NOME FILE SEZIONE: 210323_soletta arm long

| | |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione: | Rettangolare |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Ordinarie |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|------------------------------|---|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.13 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.023 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 17.600 MPa | |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. a snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef: | 200000.0 MPa |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \beta_2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$: | 0.50 |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 337.50 MPa | |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|-------|------------------------|
| Base: | 100.0 | cm |
| Altezza: | 31.0 | cm |
| Barre inferiori: | 5Ø12 | (5.7 cm ²) |
| Barre superiori: | 5Ø12 | (5.7 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 2.6 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 5.5 | cm |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 4.0 | cm |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale |
| MT | Momento torcente [kN m] |

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|------|--------|------|------|
| 1 | 0.00 | 24.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | -24.00 | 0.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|------|-------|
| 1 | 0.00 | 24.00 |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | |
|--|------|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 2.0 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 21.7 | cm |

| | | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | |
|--------|-----|------|--------|-------|--------|----------|------|------|--------|------------|
| 1 | S | 0.00 | 24.00 | -0.09 | 69.42 | 2.892 | 28.0 | 0.11 | 0.70 | 11.3 (5.0) |
| 2 | S | 0.00 | -24.00 | 0.27 | -56.04 | 2.335 | 2.1 | 0.08 | 0.70 | 11.3 (4.5) |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 31.0 | -0.00292 | 25.5 | -0.02963 | 2.6 |
| 2 | 0.00350 | 0.0 | -0.00080 | 2.6 | -0.03863 | 25.5 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 2.93 | 31.0 | 0.00 | 24.9 | -161.5 | 25.5 | 6.5 | 650 | 5.7 | 0.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00090 | 0.00022 | 0.50 | 0.60 | 0.000484 (0.000484) | 324 | 0.157 (0.20) | 53.08 |

| | | | | |
|--|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

VERIFICA LONGITUDINALE CORDOLO

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: 210323_cordolo long

| | |
|-------------------------------|---|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione: | Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Ordinarie |
| Tipo di sollecitazione: | Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X) |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.130 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.023 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 176.00 daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.00 Mpa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 337.50 MPa | |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

| | | |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio: | Poligonale | |
| Classe Conglomerato: | C32/40 | |
| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
| 1 | -17.0 | 0.0 |
| 2 | -17.0 | 44.0 |
| 3 | 17.0 | 44.0 |
| 4 | 17.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| | | | |
|---------|--------|--------|-----------|
| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
| 1 | -10.0 | 7.0 | 12 |
| 2 | -10.0 | 37.0 | 12 |
| 3 | 10.0 | 37.0 | 12 |
| 4 | 10.0 | 7.0 | 12 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

| | | | | |
|--------------|---|--|--|--|
| N°Gen. | Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre | | | |
| N°Barra Ini. | Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione | | | |
| N°Barra Fin. | Numero della barra finale cui si riferisce la generazione | | | |
| N°Barre | Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione | | | |
| Ø | Diametro in mm delle barre della generazione | | | |

| | | | | |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 12 |
| 2 | 1 | 4 | 1 | 12 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 12 |
| 4 | 3 | 4 | 1 | 12 |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | | |
|---|---|---|---|----|
| 5 | 2 | 3 | 1 | 16 |
| 6 | 1 | 4 | 1 | 16 |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | |
|---------|---|-------|------|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione) | | |
| Mx | Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. | | |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate | | |
| N°Comb. | N | Mx | Vy |
| 1 | 0.00 | 30.00 | 0.00 |

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

| | | | |
|---------|--|-------|------|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | |
| N°Comb. | N | Mx | My |
| 1 | 0.00 | 20.00 | 0.00 |

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

| | | | |
|---------|--|---------------|-------------|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | |
| N°Comb. | N | Mx | My |
| 1 | 0.00 | 20.00 (38.18) | 0.00 (0.00) |

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

| | | | |
|---------|--|---------------|-------------|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione | | |
| N°Comb. | N | Mx | My |
| 1 | 0.00 | 20.00 (38.18) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | | | | | | | |
|----------|--|------|-------|-------|--------|----------|----------|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata | | | | | | |
| N | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione) | | | | | | |
| Mx | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia | | | | | | |
| N Res | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.) | | | | | | |
| Mx Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia | | | | | | |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) | | | | | | |
| As Tesa | Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 | | | | | | |
| | Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC] | | | | | | |
| N°Comb | Ver | N | Mx | N Res | Mx Res | Mis.Sic. | As Tesa |
| 1 | S | 0.00 | 30.00 | 0.00 | 90.65 | 3.02 | 7.7(2.2) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| x/d | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45 |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.) |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| N°Comb | ec max | x/d | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.177 | -17.0 | 44.0 | -0.00025 | -10.0 | 37.0 | -0.01631 | -10.0 | 7.0 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1 | 0.000000000 | 0.000535347 | -0.020055278 | 0.177 | 0.700 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 2.97 | -17.0 | 44.0 | -102.9 | -10.0 | 7.0 | 369 | 5.4 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00065 | 0 | 0.500 | 13.2 | 64 | 0.00031 (0.00031) | 371 | 0.115 (0.20) | 38.18 | 0.00 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 2.97 | -17.0 | 44.0 | -102.9 | -10.0 | 7.0 | 369 | 5.4 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00065 | 0 | 0.500 | 13.2 | 64 | 0.00031 (0.00031) | 371 | 0.115 (0.20) | 38.18 | 0.00 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 2.97 | -17.0 | 44.0 | -102.9 | -10.0 | 7.0 | 369 | 5.4 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00065 | 0 | 0.500 | 13.2 | 64 | 0.00031 (0.00031) | 371 | 0.115 (0.20) | 38.18 | 0.00 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

18.8 Calcolo e verifica della veletta

Per il dimensionamento e la verifica della veletta in c.a. vengono considerate le sollecitazioni indotte dal peso proprio e dalla pressione esercitata dal vento, assunta pari a 2.50 kN/m².

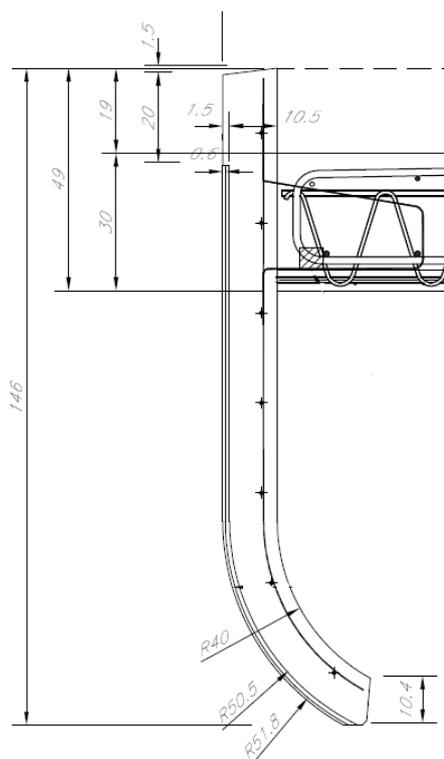


Figura 245 – Sezione veletta in c.a.

La sollecitazione dovuta al peso proprio viene valutata considerando un peso per unità di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³. Per una striscia di lunghezza unitaria, in corrispondenza della sezione di incastro con la soletta, si ottiene dunque una risultante degli sforzi di trazione pari a:

$$N = \gamma \cdot A \cdot 1 = 25 \cdot 0.12 \cdot 1 = 3.00 \text{ kN}$$

Il taglio dovuto alla pressione esercitata dal vento risulta invece pari a:

$$V = p \cdot A_{lat} = 2.50 \cdot 0.96 = 2.40 \text{ kN}$$

Di conseguenza, il momento flettente nella stessa sezione risulta:

$$M = V \cdot b = 2.40 \cdot 0.48 = 1.15 \text{ kNm}$$

Tali sollecitazioni sono amplificate nella combinazione SLU attraverso i coefficienti γ_G e γ_Q pari rispettivamente a 1.35 e 1.50. Riassumendo si ha:

$$N_{Ed} = 3.00 \cdot 1.35 = 4.05 \text{ kN}$$

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

$$M_{Ed} = 1.15 \cdot 1.50 = 1.73 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 2.40 \cdot 1.50 = 3.60 \text{ kN}$$

In esercizio si assumono coefficienti unitari sia per il peso proprio che per l'azione del vento in combinazione rara; in quella quasi permanente non si considera, invece, l'azione del vento.

Nelle combinazioni frequenti, utilizzate per le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure, si considerano i coefficienti validi per le combinazioni rare così da rispettare le prescrizioni fornite dal "Manuale di Progettazione delle Opere Civili", più stringenti rispetto a quelle presenti in NTC.

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione della sezione d'incastro con la soletta; l'armatura è costituita da una rete elettrosaldada Ø5 con maglia 10x10 cm e da ferri Ø10/50" verticali.

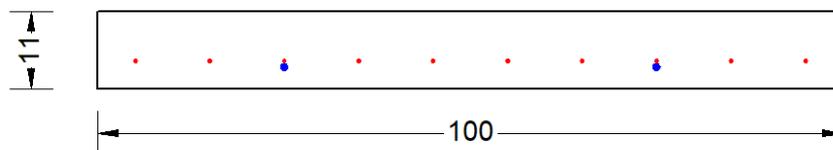


Figura 246 – Sezione di verifica veletta

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME FILE SEZIONE: Veletta

| | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Resistenze agli Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione: | Sezione generica di Trave |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Molto aggressive |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|---------------------------------|---|----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C35/45 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 21.170 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 34625.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 4.020 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 192.50 daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.00 Mpa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |
| | ACCIAIO - | Tipo: |
| Resist. caratt. snervam. fyk: | | 450.00 MPa |
| Resist. caratt. rottura ftk: | | 450.00 MPa |
| Resist. snerv. di progetto fyd: | | 391.30 MPa |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | |
|--|------------------|---------------------|
| Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 | MPa |
| Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 | |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 337.50 | MPa |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C35/45

| N° vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|--------|--------|
| 1 | -50.0 | 0.0 |
| 2 | -50.0 | 10.5 |
| 3 | 50.0 | 10.5 |
| 4 | 50.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -25.0 | 4.0 | 10 |
| 2 | 25.0 | 4.0 | 10 |
| 3 | -45.0 | 4.8 | 5 |
| 4 | 45.0 | 4.8 | 5 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|---|
| 1 | 3 | 4 | 8 | 5 |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|-------|-------|------|------|------|
| 1 | -4.05 | 1.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | -4.05 | -1.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|-------|-------|------|
| 1 | -3.00 | 1.15 | 0.00 |
| 2 | -3.00 | -1.15 | 0.00 |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|-------|---------------|-------------|
| 1 | -3.00 | 1.15 (7.17) | 0.00 (0.00) |
| 2 | -3.00 | -1.15 (-7.05) | 0.00 (0.00) |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|-------|-------------|-------------|
| 1 | -3.00 | 0.00 (0.00) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa.

| N°Comb | Ver | N | Mx | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|-------|-------|------|-------|--------|--------|----------|---------|
| 1 | S | -4.05 | 1.73 | 0.00 | -4.23 | 7.71 | 0.00 | 4.53 | 3.5 |
| 2 | S | -4.05 | -1.73 | 0.00 | -3.94 | -5.42 | 0.00 | 3.09 | 3.5 |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | |
|--------|--|
| x/d | Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45 |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Xs min | Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.) |
| Xs max | Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | x/d | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.126 | -50.0 | 10.5 | -0.02113 | -45.0 | 4.8 | -0.02434 | 25.0 | 4.0 |
| 2 | 0.00350 | 0.172 | -50.0 | 0.0 | -0.01362 | -25.0 | 4.0 | -0.01683 | 45.0 | 4.8 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

| | |
|---------|---|
| a, b, c | Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen. |
| x/d | Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue |

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1 | 0.000000000 | 0.004283804 | -0.041479943 | 0.126 | 0.700 |
| 2 | 0.000000000 | -0.004279408 | 0.003500000 | 0.172 | 0.700 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|----------------|---|
| Ver | S = comb. verificata/ N = comb. non verificata |
| Sc max | Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa] |
| Xc max, Yc max | Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa] |
| Xs min, Ys min | Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Ac eff. | Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| As eff. | Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 2.10 | 50.0 | 10.5 | -73.4 | 25.0 | 4.0 | 120 | 1.6 |
| 2 | S | 3.66 | -50.0 | 0.0 | -104.3 | 35.0 | 4.8 | 245 | 2.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| | |
|-------------|---|
| Ver. | La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} |
| e1 | Esito della verifica |
| e2 | Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata |
| k1 | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff |
| kt | = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2] |
| k2 | = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2] |
| k3 | = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2] |
| k4 | = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali |
| Ø | = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali |
| Cf | Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2] |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa |
| sr max | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] |
| wk | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| Mx fess. | Massima distanza tra le fessure [mm] |
| My fess. | Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
| | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm] |
| | Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm] |

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|----------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00069 | 0 | 0.751 | 10.0 | 35 | 0.00022 (0.00022) | 314 | 0.069 (990.00) | 7.17 | 0.00 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

2 S -0.00149 0 0.647 5.0 45 0.00031 (0.00031) 290 0.091 (990.00) -7.05 0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 2.10 | 50.0 | 10.5 | -73.4 | 25.0 | 4.0 | 120 | 1.6 |
| 2 | S | 3.66 | -50.0 | 0.0 | -104.3 | 35.0 | 4.8 | 245 | 2.0 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm sr max | wk | Mx fess | My fess | |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|--------------------|-----|--------------|---------|------|
| 1 | S | -0.00069 | 0 | 0.751 | 10.0 | 35 | 0.00022 (0.00022) | 314 | 0.069 (0.20) | 7.17 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00149 | 0 | 0.647 | 5.0 | 45 | 0.00031 (0.00031) | 290 | 0.091 (0.20) | -7.05 | 0.00 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 0.15 | 50.0 | 0.0 | -11.0 | -15.0 | 4.8 | 210 | 2.0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm sr max | wk | Mx fess | My fess | |
|-------|-----|----------|----|-------|-----|----|--------------------|-----|--------------|---------|------|
| 1 | S | -0.00014 | 0 | 0.704 | 5.0 | 45 | 0.00003 (0.00003) | 281 | 0.009 (0.20) | 0.00 | 0.00 |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Si riporta inoltre la verifica a taglio, nella quale, a favore di sicurezza, si è considerato il solo contributo dei ferri Ø10/50" verticali.

Caratteristiche materiali

ClS

| | | | |
|-----------|-------|----------|---|
| R_{ck} | 45 | N/mm^2 | resistenza cubica caratteristica a compressione |
| f_{ck} | 37.35 | N/mm^2 | resistenza cilindrica caratteristica a compressione |
| f_{cm} | 45.35 | N/mm^2 | resistenza cilindrica media a compressione |
| f_{cd} | 24.90 | N/mm^2 | resistenza cilindrica di progetto a compressione |
| f_{ctm} | 3.35 | N/mm^2 | resistenza a trazione media |
| f_{ctm} | 4.02 | N/mm^2 | resistenza a trazione media per fessurazione |
| E_{cm} | 34625 | N/mm^2 | modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 f_{cm}) |
| ν | 0 | | coefficiente di Poisson |

Acciaio barre longitudinali

| | | | |
|----------|-------|----------|--|
| f_{yk} | 450 | N/mm^2 | |
| f_{yd} | 391.3 | N/mm^2 | |

Caratteristiche di aderenza delle barre

| | | | |
|----------|------|--------|-------------------------------------|
| η | 1.00 | | |
| f_{bk} | 5.28 | N/mm | tensione di aderenza caratteristica |
| f_{bd} | 3.52 | N/mm | tensione di aderenza di progetto |

Calcoli preliminari

| | | | |
|-------------------|--------|----------|--|
| A_{sl} | 157.1 | mm^2 | area dell'armatura longitudinale |
| ρ_l | 0.0024 | | rapporto geometrico d'armatura longitudinale |
| $\rho_{l,eff}$ | 0.0024 | | rapporto considerato nei calcoli |
| σ_{cp} | 0.000 | N/mm^2 | tensione media di compressione nella sezione |
| $\sigma_{cp,eff}$ | 0.000 | N/mm^2 | tensione media considerata nei calcoli |
| A_{sw} | 282.7 | mm^2 | area della singola staffa (è considerato il numero di braccia) |

Elemento non armato a taglio

| | | | |
|-------------|-------------|----|--------------------------------------|
| k | 2.75 | | |
| k_{eff} | 2.00 | | coefficiente considerato nei calcoli |
| ν_{min} | 0.978 | | |
| $V_{Rd,1}$ | 44.7 | KN | taglio resistente - valore 1 |
| $V_{Rd,2}$ | 63.5 | KN | taglio resistente - valore 2 |
| V_{Rd} | 63.5 | KN | taglio resistente di calcolo |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

ALLEGATO A ELENCO DELLE COMBINAZIONI DI CARICO

In tale allegato si riportano le combinazioni di carico analizzate ai fini delle verifiche riportate nella presente relazione.

Per la descrizione dei casi di carico si rimanda al §0.

A.1 Combinazioni di carico per le verifiche delle travi

COMBINAZIONI SLU

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2_iso | e2_iper | ENV_Traffico_Mmax | ENV_Traffico_Mmin | ENV_Traffico_Vmax | ENV_Traffico_Vmin | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|----------------|------|------------|------|--------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|------------|------------|
| 1 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | 1.45 | | | | | 0.90 | 0.90 | |
| 2 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | |
| 3 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | |
| 4 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | | | 1.45 | | 0.90 | 0.90 | |
| 5 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | 1.45 | | | | | 0.90 | | 0.90 |
| 6 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | 1.45 | | | | 0.90 | | 0.90 |
| 7 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | | 1.45 | | | 0.90 | | 0.90 |
| 8 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | | | 1.45 | | 0.90 | | 0.90 |
| 9 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | 1.45 | | | | | -0.90 | 0.90 | |
| 10 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | |
| 11 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | |
| 12 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | | | 1.45 | | -0.90 | 0.90 | |
| 13 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | 1.45 | | | | | -0.90 | | 0.90 |
| 14 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | 1.45 | | | | -0.90 | | 0.90 |
| 15 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | | 1.45 | | | -0.90 | | 0.90 |
| 16 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.20 | | | | 1.45 | | -0.90 | | 0.90 |
| 17 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | | | 0.90 | 0.90 | |
| 18 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | |
| 19 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | |
| 20 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | | | 1.45 | | 0.90 | 0.90 | |
| 21 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | | | 0.90 | | 0.90 |
| 22 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | | | 0.90 | | 0.90 |
| 23 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | | 1.45 | | | 0.90 | | 0.90 |
| 24 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | | | 1.45 | | 0.90 | | 0.90 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2_iso | e2_iper | ENV_Traffico_Mmax | ENV_Traffico_Mmin | ENV_Traffico_Vmax | ENV_Traffico_Vmin | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|----------------|------|------------|------|--------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|------------|------------|
| 25 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | | | -0.90 | 0.90 | |
| 26 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | |
| 27 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | |
| 28 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | | | 1.45 | | -0.90 | 0.90 | |
| 29 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | | | -0.90 | | 0.90 |
| 30 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | | | -0.90 | | 0.90 |
| 31 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | | 1.45 | | | -0.90 | | 0.90 |
| 32 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | | | 1.45 | | -0.90 | | 0.90 |
| 33 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.50 | 0.90 | |
| 34 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.50 | | 0.90 |
| 35 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | | | | | | -1.50 | 0.90 | |
| 36 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | | | | | | -1.50 | | 0.90 |

COMBINAZIONI SLE-CARATTERISTICHE (RARE)

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2_iso | e2_iper | ENV_Traffico_Mmax | ENV_Traffico_Mmin | ENV_Traffico_Vmax | ENV_Traffico_Vmin | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|----------------|------|------------|------|--------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|------------|------------|
| 37 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 0.60 | 0.60 | |
| 38 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | | | | 0.60 | 0.60 | |
| 39 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | 0.60 | 0.60 | |
| 40 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | 0.60 | 0.60 | |
| 41 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 0.60 | | 0.60 |
| 42 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | | | | 0.60 | | 0.60 |
| 43 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | 0.60 | | 0.60 |
| 44 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | 0.60 | | 0.60 |
| 45 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | -0.60 | 0.60 | |
| 46 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | | | | -0.60 | 0.60 | |
| 47 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | -0.60 | 0.60 | |
| 48 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | -0.60 | 0.60 | |
| 49 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | -0.60 | | 0.60 |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | C | | |

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2_iso | e2_iper | ENV_Traffico_Mmax | ENV_Traffico_Mmin | ENV_Traffico_Vmax | ENV_Traffico_Vmin | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|----------------|------|------------|------|--------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|------------|------------|
| 50 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | | | | -0.60 | | 0.60 |
| 51 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | -0.60 | | 0.60 |
| 52 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | -0.60 | | 0.60 |
| 53 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | 0.60 | 0.60 | |
| 54 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | 0.60 | 0.60 | |
| 55 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | 0.60 | 0.60 | |
| 56 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | 0.60 | 0.60 | |
| 57 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | 0.60 | | 0.60 |
| 58 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | 0.60 | | 0.60 |
| 59 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | 0.60 | | 0.60 |
| 60 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | 0.60 | | 0.60 |
| 61 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | -0.60 | 0.60 | |
| 62 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | -0.60 | 0.60 | |
| 63 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | -0.60 | 0.60 | |
| 64 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | -0.60 | 0.60 | |
| 65 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | -0.60 | | 0.60 |
| 66 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | -0.60 | | 0.60 |
| 67 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | -0.60 | | 0.60 |
| 68 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | -0.60 | | 0.60 |
| 69 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | 0.60 | |
| 70 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | 0.60 |
| 71 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | | | | | | -1.00 | 0.60 | |
| 72 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | | | | | | -1.00 | | 0.60 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

COMBINAZIONI SLE-CARATTERISTICHE (RARE) PER VERIFICHE A FESSURAZIONE

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2_iso | e2_iper | ENV_Traffico_gr4_Mmax | ENV_Traffico_gr4_Mmin | ENV_Traffico_gr4_Vmax | ENV_Traffico_gr4_Vmin | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|----------------|------|------------|------|--------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|------------|------------|------------|
| 73 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | 0.60 | |
| 74 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | | | | 1.00 | 0.60 | |
| 75 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | 1.00 | 0.60 | |
| 76 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | 1.00 | 0.60 | |
| 77 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | 0.60 |
| 78 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | | | | 1.00 | 0.60 | |
| 79 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | 1.00 | 0.60 | |
| 80 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | 1.00 | 0.60 | |
| 81 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | -1.00 | 0.60 | |
| 82 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | | | | -1.00 | 0.60 | |
| 83 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | -1.00 | 0.60 | |
| 84 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | -1.00 | 0.60 | |
| 85 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | -1.00 | | 0.60 |
| 86 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | | | | -1.00 | 0.60 | |
| 87 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | -1.00 | 0.60 | |
| 88 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | -1.00 | 0.60 | |
| 89 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | 1.00 | 0.60 | |
| 90 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | 1.00 | 0.60 | |
| 91 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | 1.00 | 0.60 | |
| 92 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | 1.00 | 0.60 | |
| 93 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | 1.00 | | 0.60 |
| 94 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | 1.00 | 0.60 | |
| 95 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | 1.00 | 0.60 | |
| 96 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | 1.00 | 0.60 | |
| 97 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | -1.00 | 0.60 | |
| 98 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | -1.00 | 0.60 | |
| 99 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | -1.00 | 0.60 | |
| 100 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | -1.00 | 0.60 | |
| 101 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | -1.00 | | 0.60 |
| 102 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | -1.00 | 0.60 | |
| 103 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | -1.00 | 0.60 | |
| 104 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | -1.00 | 0.60 | |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

COMBINAZIONI SLE-QUASI PERMANENTI

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2_iso | e2_iper | ENV_Traffico_Mmax | ENV_Traffico_Mmin | ENV_Traffico_Vmax | ENV_Traffico_Vmin | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|----------------|------|------------|------|--------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|------------|------------|
| 105 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 0.60 | | |
| 106 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | -0.60 | | |
| 107 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 0.50 | 0.50 | |
| 108 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | -0.50 | 0.50 | |
| 109 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 0.50 | | 0.50 |
| 110 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | -0.50 | | 0.50 |
| 111 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 0.60 | | |
| 112 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | -0.60 | | |
| 113 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 0.50 | 0.50 | |
| 114 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | -0.50 | 0.50 | |
| 115 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 0.50 | | 0.50 |
| 116 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | -0.50 | | 0.50 |

COMBINAZIONI PER VERIFICHE A FATICA

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2_iso | e2_iper | LM71_P_fat_Mmax | LM71_d_fat_Mmax | LM71_P_fat_Mmin | LM71_d_fat_Mmin | LM71_p_fat_Vmax | LM71_d_fat_Vmax | LM71_p_fat_Vmin | LM71_d_fat_Vmin |
|-------|----------------|------|------------|------|--------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 117 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | |
| 118 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | |
| 119 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | |
| 120 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 | |
| 121 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 1.00 | | | | | | | |
| 122 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.00 | | | | | |
| 123 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 | | | |
| 124 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | | 1.00 | |
| 125 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2_iso | e2_iper | LM71_P_fat_Mmax | LM71_d_fat_Mmax | LM71_P_fat_Mmin | LM71_d_fat_Mmin | LM71_p_fat_Vmax | LM71_d_fat_Vmax | LM71_p_fat_Vmin | LM71_d_fat_Vmin |
|-------|----------------|------|------------|------|--------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 126 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | |
| 127 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | |
| 128 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 |
| 129 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | 1.00 | | | | | | |
| 130 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | | | |
| 131 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | 1.00 | | |
| 132 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | | | 1.00 |

A.2 Combinazioni di carico per le verifiche delle aste di diaframmi e controventi inferiori

COMBINAZIONI SLU

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2 | ENV_Traffico_max | ENV_Traffico_min | ENV_Traffico_PSI_max x ENV_Traffico_PSI_min | n | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|----------------|------|------------|------|------|------------------|------------------|---|---|-----------|------------|------------|------------|
| 1 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 2 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.45 | | | | 0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 3 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 4 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.45 | | | | -0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 5 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 6 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.45 | | | | 0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 7 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 8 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | 1.45 | | | | -0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 9 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 10 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | 1.45 | | | 0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 11 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 12 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | 1.45 | | | -0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 13 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | | 0.90 |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2 | ENV_Traffico_max | ENV_Traffico_min | ENV_Traffico_PSI_ma x | ENV_Traffico_PSI_mi n | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|----------------|------|------------|------|------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|
| 14 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | 1.45 | | | 0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 15 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 16 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | 1.45 | | | -0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 17 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | | 1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 18 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | | 1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 19 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | | -1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 20 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | | -1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 21 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | | 1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 22 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | | 1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 23 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | | -1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 24 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | | -1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 25 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | 1.45 | 1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 26 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | 1.45 | 1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 27 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | 1.45 | -1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 28 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | 1.45 | -1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 29 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | 1.45 | 1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 30 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | 1.45 | 1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 31 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | 1.45 | -1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 32 | Tempo infinito | 1.35 | 1.50 | 1.50 | 1.20 | | | 1.45 | 1.45 | -1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 33 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 34 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | 1.45 | | | | 0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 35 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 36 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | 1.45 | | | | -0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 37 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 38 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | 1.45 | | | | 0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 39 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 40 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | 1.45 | | | | -0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 41 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 42 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | 1.45 | | | 0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 43 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 44 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | 1.45 | | | -0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 45 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 46 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | 1.45 | | | 0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 47 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 48 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | 1.45 | | | -0.90 | -0.90 | | 0.90 |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2 | ENV_Traffico_max | ENV_Traffico_min | ENV_Traffico_PSI_ma x n | ENV_Traffico_PSI_mi | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|----------------|------|------------|------|------|------------------|------------------|-------------------------------|---------------------|-----------|------------|------------|------------|
| | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | 1.45 | | 1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 50 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | 1.45 | | 1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 51 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | 1.45 | | -1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 52 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | 1.45 | | -1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 53 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | 1.45 | | 1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 54 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | 1.45 | | 1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 55 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | 1.45 | | -1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 56 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | 1.45 | | -1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 57 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | | 1.45 | 1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 58 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | | 1.45 | 1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 59 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | | 1.45 | -1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 60 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | | 1.45 | -1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 61 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | | 1.45 | 1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 62 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | | 1.45 | 1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 63 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | | 1.45 | -1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 64 | Tempo infinito | 1.00 | 1.00 | | 1.20 | | | | 1.45 | -1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 65 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 66 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | 1.45 | | | | 0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 67 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 68 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | 1.45 | | | | -0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 69 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 70 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | 1.45 | | | | 0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 71 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 72 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | 1.45 | | | | -0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 73 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 74 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | 0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 75 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 76 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | -0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 77 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 78 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | 0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 79 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 80 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | 1.45 | | | -0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 81 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | 1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 82 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | 1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 83 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | -1.50 | 1.50 | 0.90 | |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2 | ENV_Traffico_max | ENV_Traffico_min | ENV_Traffico_PSI_ma x | ENV_Traffico_PSI_mi n | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|------------|------|------------|------|----|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|
| 84 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | -1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 85 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | 1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 86 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | 1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 87 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | -1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 88 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | | -1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 89 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | 1.45 | 1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 90 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | 1.45 | 1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 91 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | 1.45 | -1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 92 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | 1.45 | -1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 93 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | 1.45 | 1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 94 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | 1.45 | 1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 95 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | 1.45 | -1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 96 | Tempo zero | 1.35 | 1.50 | 1.50 | | | | 1.45 | 1.45 | -1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 97 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 98 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | 1.45 | | | | 0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 99 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 100 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | 1.45 | | | | -0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 101 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | 1.45 | | | | 0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 102 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | 1.45 | | | | 0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 103 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | 1.45 | | | | -0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 104 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | 1.45 | | | | -0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 105 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 106 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | 1.45 | | | 0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 107 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 108 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | 1.45 | | | -0.90 | -0.90 | 0.90 | |
| 109 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | 1.45 | | | 0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 110 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | 1.45 | | | 0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 111 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | 1.45 | | | -0.90 | 0.90 | | 0.90 |
| 112 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | 1.45 | | | -0.90 | -0.90 | | 0.90 |
| 113 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.45 | | 1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 114 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.45 | | 1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 115 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.45 | | -1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 116 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.45 | | -1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 117 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.45 | | 1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 118 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.45 | | 1.50 | -1.50 | | 0.90 |

| | | | | | |
|---|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| Comb. | Tempo | G1 | G2_ballast | G2 | e2 | ENV_Traffico_max | ENV_Traffico_min | ENV_Traffico_PSI_max x | ENV_Traffico_PSI_min n | Termica_U | Termica_DT | Qvento_pos | Qvento_neg |
|-------|------------|------|------------|----|----|------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|-----------|------------|------------|------------|
| 119 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.45 | | -1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 120 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | 1.45 | | -1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 121 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.45 | 1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 122 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.45 | 1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 123 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.45 | -1.50 | 1.50 | 0.90 | |
| 124 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.45 | -1.50 | -1.50 | 0.90 | |
| 125 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.45 | 1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 126 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.45 | 1.50 | -1.50 | | 0.90 |
| 127 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.45 | -1.50 | 1.50 | | 0.90 |
| 128 | Tempo zero | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.45 | -1.50 | -1.50 | | 0.90 |

COMBINAZIONI PER VERIFICHE A FATICA

| Comb. | Descrizione | G1 | G2_ballast | G2 | e2_trasv | e2_long | LM71_p_fat_max | LM71_d_fat_max | LM71_p_fat_min | LM71_d_fat_min | Termica_U | Termica_DT | Qvento | Qvento_CS |
|-------|-------------|----|------------|----|----------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|------------|--------|-----------|
| 129 | LM71_p_Nmax | | | | | | 1.00 | | | | | | | |
| 130 | LM71_p_Nmin | | | | | | | | 1.00 | | | | | |
| 131 | LM71_d_Nmax | | | | | | | 1.00 | | | | | | |
| 132 | LM71_d_Nmin | | | | | | | | | 1.00 | | | | |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

ALLEGATO B VERIFICHE SLU DELLE TRAVI DI IMPALCATO - VERIFICHE IN FORMA ESTESA E TABULATI DI VERIFICA

Si riportano, in formato tabulare, i risultati delle verifiche SLU delle travi miste di impalcato e dei pioli.

In tali tabelle, accanto al valore del massimo tasso di sfruttamento, si riporta la corrispondente combinazione per la quale si è ottenuto.

In giallo vengono evidenziati i tassi di sfruttamento maggiori all'80%.

Per l'individuazione della sezione e per le sue caratteristiche geometriche si rimanda al capitolo 8.

Per la descrizione delle combinazioni si rimanda all'Allegato A .

Per la descrizione delle modalità di verifica e per i risultati delle verifiche in forma grafica si rimanda al capitolo 9.

Si riportano poi, nei successivi paragrafi, le verifiche SLU a pressoflessione e taglio in forma estesa delle sezioni ritenute più significative per le combinazioni più gravose. Tali sezioni sono evidenziate in colore rosso nelle tabelle.

TRAVE n°1

| TASSI DI SFRUTTAMENTO DELLE VERIFICHE SLU | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|--------------|-------|-----------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|
| Sezione | SLU - Pressoflessione | | SLU - Taglio | | SLU - Interazione V-M | | SLU - Saldature | | SLU - Pioli | |
| | $\eta_1[-]$ | comb. | $\eta_3[-]$ | comb. | $\eta_{VM}[-]$ | comb. | $\eta_{sald}[-]$ | comb. | $\eta_{pioli}[-]$ | comb. |
| TR.1-1 | 0.16 | 1 | 0.00 | | 0.16 | 1 | 0.00 | | 0.65 | 33 |
| TR.1-2 | 0.16 | 1 | 0.01 | 6 | 0.16 | 1 | 0.00 | 30 | 0.65 | 34 |
| TR.1-3 | 0.16 | 5 | 0.73 | 28 | 0.73 | 28 | 0.43 | 28 | 0.61 | 34 |
| TR.1-4 | 0.24 | 4 | 0.71 | 28 | 0.71 | 28 | 0.34 | 28 | 0.61 | 34 |
| TR.1-5 | 0.25 | 5 | 0.68 | 28 | 0.68 | 28 | 0.33 | 28 | 0.61 | 34 |
| TR.1-6 | 0.36 | 1 | 0.67 | 28 | 0.67 | 28 | 0.32 | 28 | 0.61 | 34 |
| TR.1-7 | 0.35 | 1 | 0.60 | 28 | 0.60 | 28 | 0.30 | 12 | 0.60 | 34 |
| TR.1-8 | 0.49 | 1 | 0.59 | 28 | 0.59 | 28 | 0.29 | 12 | 0.72 | 28 |
| TR.1-9 | 0.49 | 1 | 0.56 | 28 | 0.56 | 28 | 0.28 | 12 | 0.67 | 28 |
| TR.1-10 | 0.62 | 1 | 0.55 | 28 | 0.62 | 1 | 0.27 | 12 | 0.67 | 28 |
| TR.1-11 | 0.61 | 1 | 0.50 | 28 | 0.61 | 1 | 0.25 | 12 | 0.60 | 28 |
| TR.1-12 | 0.72 | 1 | 0.49 | 28 | 0.72 | 1 | 0.24 | 12 | 0.60 | 28 |
| TR.1-13 | 0.55 | 1 | 0.56 | 28 | 0.56 | 28 | 0.24 | 12 | 0.52 | 28 |
| TR.1-14 | 0.63 | 1 | 0.55 | 28 | 0.63 | 1 | 0.23 | 12 | 0.52 | 28 |
| TR.1-15 | 0.63 | 1 | 0.50 | 28 | 0.63 | 1 | 0.21 | 12 | 0.46 | 28 |
| TR.1-16 | 0.69 | 1 | 0.48 | 28 | 0.69 | 1 | 0.20 | 12 | 0.46 | 28 |
| TR.1-17 | 0.69 | 1 | 0.45 | 28 | 0.69 | 1 | 0.19 | 12 | 0.42 | 28 |
| TR.1-18 | 0.75 | 1 | 0.43 | 28 | 0.75 | 1 | 0.18 | 12 | 0.42 | 28 |
| TR.1-19 | 0.75 | 1 | 0.39 | 28 | 0.75 | 1 | 0.17 | 12 | 0.36 | 28 |
| TR.1-20 | 0.80 | 1 | 0.37 | 28 | 0.80 | 1 | 0.16 | 12 | 0.36 | 28 |
| TR.1-21 | 0.80 | 1 | 0.34 | 12 | 0.80 | 1 | 0.14 | 12 | 0.32 | 28 |
| TR.1-22 | 0.84 | 1 | 0.32 | 12 | 0.84 | 1 | 0.14 | 12 | 0.32 | 28 |
| TR.1-23 | 0.84 | 1 | 0.28 | 28 | 0.84 | 1 | 0.12 | 12 | 0.27 | 28 |
| TR.1-24 | 0.87 | 1 | 0.26 | 28 | 0.87 | 1 | 0.11 | 12 | 0.27 | 28 |
| TR.1-25 | 0.77 | 1 | 0.37 | 12 | 0.77 | 1 | 0.09 | 12 | 0.22 | 28 |
| TR.1-26 | 0.79 | 1 | 0.34 | 12 | 0.79 | 1 | 0.09 | 12 | 0.22 | 28 |
| TR.1-27 | 0.79 | 1 | 0.28 | 28 | 0.79 | 1 | 0.07 | 12 | 0.17 | 28 |
| TR.1-28 | 0.80 | 1 | 0.25 | 28 | 0.80 | 1 | 0.06 | 4 | 0.17 | 28 |
| TR.1-29 | 0.80 | 1 | 0.20 | 4 | 0.80 | 1 | 0.05 | 4 | 0.13 | 28 |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| TASSI DI SFRUTTAMENTO DELLE VERIFICHE SLU | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|--------------|-------|-----------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|
| Sezione | SLU - Pressoflessione | | SLU - Taglio | | SLU - Interazione V-M | | SLU - Saldature | | SLU - Pioli | |
| | $\eta_1[-]$ | comb. | $\eta_3[-]$ | comb. | $\eta_{VM}[-]$ | comb. | $\eta_{sald}[-]$ | comb. | $\eta_{pioli}[-]$ | comb. |
| TR.1-30 | 0.81 | 1 | 0.18 | 4 | 0.81 | 1 | 0.04 | 4 | 0.13 | 28 |
| TR.1-31 | 0.81 | 1 | 0.18 | 3 | 0.81 | 1 | 0.04 | 3 | 0.13 | 19 |
| TR.1-32 | 0.80 | 1 | 0.20 | 7 | 0.80 | 1 | 0.05 | 7 | 0.13 | 31 |
| TR.1-33 | 0.80 | 1 | 0.25 | 27 | 0.80 | 1 | 0.06 | 11 | 0.17 | 27 |
| TR.1-34 | 0.79 | 1 | 0.28 | 27 | 0.79 | 1 | 0.07 | 11 | 0.17 | 27 |
| TR.1-35 | 0.79 | 1 | 0.35 | 11 | 0.79 | 1 | 0.09 | 11 | 0.22 | 27 |
| TR.1-36 | 0.77 | 1 | 0.37 | 11 | 0.77 | 1 | 0.09 | 11 | 0.22 | 27 |
| TR.1-37 | 0.86 | 1 | 0.27 | 27 | 0.86 | 1 | 0.11 | 11 | 0.27 | 27 |
| TR.1-38 | 0.83 | 1 | 0.28 | 27 | 0.83 | 1 | 0.12 | 11 | 0.27 | 27 |
| TR.1-39 | 0.83 | 1 | 0.33 | 11 | 0.83 | 1 | 0.14 | 11 | 0.32 | 27 |
| TR.1-40 | 0.79 | 1 | 0.34 | 11 | 0.79 | 1 | 0.15 | 11 | 0.32 | 27 |
| TR.1-41 | 0.79 | 1 | 0.38 | 27 | 0.79 | 1 | 0.16 | 11 | 0.37 | 27 |
| TR.1-42 | 0.74 | 1 | 0.39 | 27 | 0.74 | 1 | 0.17 | 11 | 0.37 | 27 |
| TR.1-43 | 0.74 | 1 | 0.44 | 27 | 0.74 | 1 | 0.18 | 11 | 0.42 | 27 |
| TR.1-44 | 0.68 | 1 | 0.45 | 27 | 0.68 | 1 | 0.19 | 11 | 0.42 | 27 |
| TR.1-45 | 0.68 | 1 | 0.49 | 27 | 0.68 | 1 | 0.21 | 11 | 0.47 | 27 |
| TR.1-46 | 0.61 | 1 | 0.51 | 27 | 0.61 | 1 | 0.22 | 11 | 0.47 | 27 |
| TR.1-47 | 0.62 | 1 | 0.55 | 27 | 0.62 | 1 | 0.23 | 11 | 0.52 | 27 |
| TR.1-48 | 0.54 | 1 | 0.57 | 27 | 0.57 | 27 | 0.24 | 11 | 0.52 | 27 |
| TR.1-49 | 0.70 | 1 | 0.49 | 27 | 0.70 | 1 | 0.24 | 11 | 0.60 | 27 |
| TR.1-50 | 0.59 | 1 | 0.51 | 27 | 0.59 | 1 | 0.25 | 11 | 0.60 | 27 |
| TR.1-51 | 0.60 | 1 | 0.54 | 27 | 0.60 | 1 | 0.27 | 11 | 0.67 | 27 |
| TR.1-52 | 0.47 | 1 | 0.56 | 27 | 0.56 | 27 | 0.27 | 11 | 0.67 | 27 |
| TR.1-53 | 0.47 | 1 | 0.59 | 27 | 0.59 | 27 | 0.29 | 11 | 0.71 | 27 |
| TR.1-54 | 0.34 | 1 | 0.60 | 27 | 0.60 | 27 | 0.30 | 11 | 0.60 | 34 |
| TR.1-55 | 0.35 | 1 | 0.65 | 27 | 0.65 | 27 | 0.31 | 27 | 0.61 | 34 |
| TR.1-56 | 0.25 | 5 | 0.67 | 27 | 0.67 | 27 | 0.32 | 27 | 0.61 | 34 |
| TR.1-57 | 0.24 | 3 | 0.70 | 27 | 0.70 | 27 | 0.34 | 27 | 0.61 | 34 |
| TR.1-58 | 0.16 | 5 | 0.71 | 27 | 0.71 | 27 | 0.42 | 27 | 0.61 | 34 |
| TR.1-59 | 0.16 | 1 | 0.01 | 6 | 0.16 | 1 | 0.00 | 30 | 0.65 | 34 |
| TR.1-60 | 0.16 | 1 | 0.00 | 6 | 0.16 | 1 | 0.00 | 30 | 0.65 | 33 |

Tabella 55 – Trave n°1. Tassi di sfruttamento SLU.

TRAVE n°2

| TASSI DI SFRUTTAMENTO DELLE VERIFICHE SLU | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|--------------|-------|-----------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|
| Sezione | SLU - Pressoflessione | | SLU - Taglio | | SLU - Interazione V-M | | SLU - Saldature | | SLU - Pioli | |
| | $\eta_1[-]$ | comb. | $\eta_3[-]$ | comb. | $\eta_{VM}[-]$ | comb. | $\eta_{sald}[-]$ | comb. | $\eta_{pioli}[-]$ | comb. |
| TR.2-1 | 0.14 | 1 | 0.00 | | 0.14 | 1 | 0.00 | | 0.65 | 33 |
| TR.2-2 | 0.14 | 5 | 0.07 | 3 | 0.14 | 5 | 0.04 | 27 | 0.65 | 3 |
| TR.2-3 | 0.28 | 29 | 0.79 | 4 | 0.79 | 4 | 0.46 | 12 | 0.62 | 28 |
| TR.2-4 | 0.33 | 5 | 0.74 | 4 | 0.74 | 4 | 0.37 | 4 | 0.58 | 28 |
| TR.2-5 | 0.33 | 5 | 0.72 | 4 | 0.72 | 4 | 0.41 | 28 | 0.59 | 34 |
| TR.2-6 | 0.43 | 5 | 0.67 | 4 | 0.67 | 4 | 0.33 | 4 | 0.59 | 34 |
| TR.2-7 | 0.42 | 5 | 0.65 | 4 | 0.65 | 4 | 0.33 | 4 | 0.60 | 34 |
| TR.2-8 | 0.54 | 5 | 0.61 | 4 | 0.61 | 4 | 0.31 | 4 | 0.70 | 20 |
| TR.2-9 | 0.54 | 5 | 0.60 | 4 | 0.60 | 4 | 0.30 | 4 | 0.69 | 20 |
| TR.2-10 | 0.65 | 5 | 0.56 | 4 | 0.65 | 5 | 0.28 | 4 | 0.64 | 20 |
| TR.2-11 | 0.64 | 5 | 0.55 | 4 | 0.64 | 5 | 0.28 | 4 | 0.64 | 20 |
| TR.2-12 | 0.75 | 1 | 0.51 | 4 | 0.75 | 1 | 0.26 | 4 | 0.59 | 20 |
| TR.2-13 | 0.57 | 1 | 0.61 | 4 | 0.61 | 4 | 0.26 | 12 | 0.55 | 20 |
| TR.2-14 | 0.64 | 1 | 0.56 | 4 | 0.64 | 1 | 0.24 | 12 | 0.50 | 20 |
| TR.2-15 | 0.64 | 1 | 0.56 | 4 | 0.64 | 1 | 0.24 | 12 | 0.51 | 20 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| TASSI DI SFRUTTAMENTO DELLE VERIFICHE SLU | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|--------------|-------|-----------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|
| Sezione | SLU - Pressoflessione | | SLU - Taglio | | SLU - Interazione V-M | | SLU - Saldature | | SLU - Pioli | |
| | $\eta_1[-]$ | comb. | $\eta_3[-]$ | comb. | $\eta_{VM}[-]$ | comb. | $\eta_{sald}[-]$ | comb. | $\eta_{pioli}[-]$ | comb. |
| TR.2-16 | 0.70 | 1 | 0.51 | 4 | 0.70 | 1 | 0.22 | 12 | 0.47 | 20 |
| TR.2-17 | 0.70 | 1 | 0.50 | 4 | 0.70 | 1 | 0.22 | 12 | 0.46 | 20 |
| TR.2-18 | 0.75 | 1 | 0.46 | 4 | 0.75 | 1 | 0.20 | 12 | 0.42 | 20 |
| TR.2-19 | 0.75 | 1 | 0.46 | 4 | 0.75 | 1 | 0.19 | 12 | 0.43 | 20 |
| TR.2-20 | 0.79 | 1 | 0.41 | 4 | 0.79 | 1 | 0.17 | 12 | 0.38 | 20 |
| TR.2-21 | 0.79 | 1 | 0.40 | 20 | 0.79 | 1 | 0.17 | 12 | 0.38 | 20 |
| TR.2-22 | 0.83 | 1 | 0.35 | 20 | 0.83 | 1 | 0.15 | 12 | 0.33 | 20 |
| TR.2-23 | 0.83 | 1 | 0.36 | 4 | 0.83 | 1 | 0.15 | 12 | 0.34 | 20 |
| TR.2-24 | 0.86 | 1 | 0.31 | 4 | 0.86 | 1 | 0.13 | 12 | 0.30 | 20 |
| TR.2-25 | 0.77 | 1 | 0.48 | 20 | 0.77 | 1 | 0.12 | 12 | 0.29 | 20 |
| TR.2-26 | 0.78 | 1 | 0.41 | 20 | 0.78 | 1 | 0.10 | 4 | 0.25 | 20 |
| TR.2-27 | 0.78 | 1 | 0.41 | 4 | 0.78 | 1 | 0.10 | 4 | 0.26 | 20 |
| TR.2-28 | 0.79 | 1 | 0.33 | 4 | 0.79 | 1 | 0.08 | 4 | 0.22 | 20 |
| TR.2-29 | 0.79 | 1 | 0.33 | 20 | 0.79 | 1 | 0.08 | 28 | 0.22 | 20 |
| TR.2-30 | 0.79 | 1 | 0.26 | 3 | 0.79 | 1 | 0.06 | 27 | 0.19 | 11 |
| TR.2-31 | 0.79 | 1 | 0.26 | 4 | 0.79 | 1 | 0.06 | 4 | 0.19 | 12 |
| TR.2-32 | 0.79 | 1 | 0.33 | 23 | 0.79 | 1 | 0.08 | 31 | 0.21 | 23 |
| TR.2-33 | 0.79 | 1 | 0.33 | 7 | 0.79 | 1 | 0.08 | 7 | 0.21 | 23 |
| TR.2-34 | 0.78 | 1 | 0.41 | 7 | 0.78 | 1 | 0.10 | 7 | 0.26 | 23 |
| TR.2-35 | 0.78 | 1 | 0.40 | 23 | 0.78 | 1 | 0.10 | 15 | 0.25 | 23 |
| TR.2-36 | 0.76 | 1 | 0.47 | 23 | 0.76 | 1 | 0.12 | 15 | 0.28 | 23 |
| TR.2-37 | 0.84 | 1 | 0.30 | 7 | 0.84 | 1 | 0.13 | 15 | 0.29 | 23 |
| TR.2-38 | 0.81 | 1 | 0.35 | 3 | 0.81 | 1 | 0.15 | 11 | 0.34 | 19 |
| TR.2-39 | 0.81 | 1 | 0.35 | 23 | 0.81 | 1 | 0.15 | 15 | 0.33 | 23 |
| TR.2-40 | 0.78 | 1 | 0.39 | 23 | 0.78 | 1 | 0.17 | 15 | 0.37 | 23 |
| TR.2-41 | 0.78 | 1 | 0.40 | 7 | 0.78 | 1 | 0.17 | 15 | 0.37 | 23 |
| TR.2-42 | 0.73 | 1 | 0.45 | 7 | 0.73 | 1 | 0.19 | 15 | 0.42 | 23 |
| TR.2-43 | 0.73 | 1 | 0.45 | 7 | 0.73 | 1 | 0.19 | 15 | 0.41 | 23 |
| TR.2-44 | 0.68 | 1 | 0.49 | 3 | 0.68 | 1 | 0.21 | 11 | 0.45 | 19 |
| TR.2-45 | 0.68 | 1 | 0.50 | 3 | 0.68 | 1 | 0.21 | 11 | 0.45 | 19 |
| TR.2-46 | 0.61 | 1 | 0.55 | 3 | 0.61 | 1 | 0.24 | 3 | 0.49 | 19 |
| TR.2-47 | 0.61 | 1 | 0.54 | 3 | 0.61 | 1 | 0.23 | 3 | 0.48 | 19 |
| TR.2-48 | 0.54 | 1 | 0.59 | 3 | 0.59 | 3 | 0.26 | 3 | 0.52 | 19 |
| TR.2-49 | 0.71 | 1 | 0.49 | 3 | 0.71 | 1 | 0.25 | 3 | 0.57 | 19 |
| TR.2-50 | 0.60 | 1 | 0.53 | 3 | 0.60 | 1 | 0.27 | 3 | 0.62 | 19 |
| TR.2-51 | 0.60 | 1 | 0.53 | 3 | 0.60 | 1 | 0.27 | 3 | 0.60 | 19 |
| TR.2-52 | 0.48 | 1 | 0.57 | 3 | 0.57 | 3 | 0.29 | 3 | 0.65 | 19 |
| TR.2-53 | 0.48 | 1 | 0.58 | 3 | 0.58 | 3 | 0.29 | 3 | 0.65 | 19 |
| TR.2-54 | 0.35 | 1 | 0.62 | 3 | 0.62 | 3 | 0.31 | 3 | 0.60 | 34 |
| TR.2-55 | 0.35 | 1 | 0.64 | 3 | 0.64 | 3 | 0.32 | 3 | 0.58 | 34 |
| TR.2-56 | 0.23 | 5 | 0.69 | 3 | 0.69 | 3 | 0.34 | 3 | 0.58 | 34 |
| TR.2-57 | 0.23 | 1 | 0.70 | 3 | 0.70 | 3 | 0.35 | 3 | 0.57 | 34 |
| TR.2-58 | 0.14 | 5 | 0.76 | 3 | 0.76 | 3 | 0.43 | 27 | 0.59 | 27 |
| TR.2-59 | 0.14 | 5 | 0.07 | 4 | 0.14 | 5 | 0.04 | 28 | 0.65 | 4 |
| TR.2-60 | 0.14 | 1 | 0.00 | 4 | 0.14 | 1 | 0.00 | 28 | 0.65 | 33 |

Tabella 56 – Trave n°2. Tassi di sfruttamento SLU.

| | | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

B.1 Verifiche del concio "sezione tipo 1"

TRAVE n°1 – η1 MASSIMO

TR.1 - sez.12 - Combinazione n°1 (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -40 | -343 | -280 | 188 | -2206 | -5443 | 0 | 0 | -8124 |
| Med | [kNm] | 6275 | 8680 | 12008 | 270 | 1136 | 4705 | 0 | 0 | 33074 |
| Ved | [kN] | -733 | -1053 | -1392 | -41 | 1 | 31 | 0 | 0 | -3188 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE | | | |
|--|-------|-----------------|---|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | -11.9 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| σ sol,i | [Mpa] | -8.4 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|--|-----|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastoplastico: Aeff = beta^k * Ac,eff dove k = b_lorda / Le | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

| CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1) | | | | |
|---|-------|----------|--------|--------|
| Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta. | | | | |
| | | Anima | Pb sup | Pb inf |
| σ sup | [MPa] | -173.3 | -177.4 | 244.6 |
| σ inf | [Mpa] | 239.7 | -177.4 | 244.6 |
| ε | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.814 |
| ψ | [-] | -1.383 | - | - |
| k | [-] | 1.397 | - | - |
| c int / t | [-] | 127.3 | 14.6 | 19.6 |
| c est / t | [-] | - | 14.6 | 19.6 |
| limite cl. 3 | [-] | 197.5 | - | - |
| Classe pan. | [-] | 3 | 1 | 1 |
| Classe sezione | [-] | 3 | | |

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING) | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | |
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 | |
| zG | [mm] | 1415 | 711 | 326 | 326 | 326 | 697 | 711 | 326 | |
| A | [mm ²] | 103106 | 181633 | 311232 | 311232 | 311232 | 184433 | 181633 | 311232 | |
| A n | [mm ²] | 1.03E+20 | 3.14E+06 | 1.96E+06 | 1.96E+06 | 1.96E+06 | 3.08E+06 | 3.14E+06 | 1.96E+06 | |
| J | [mm ⁴] | 1.08E+11 | 2.27E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.93E+11 | 2.30E+11 | 2.27E+11 | 2.93E+11 | |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.61E+09 | -2.62E+09 | -2.62E+09 | -2.62E+09 | -3.57E+09 | -3.61E+09 | -2.62E+09 | |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.23E+08 | -4.63E+08 | -4.63E+08 | -4.63E+08 | -2.29E+08 | -2.23E+08 | -4.63E+08 | |
| W pb,s | [mm ³] | -7.67E+07 | -3.20E+08 | -8.99E+08 | -8.99E+08 | -8.99E+08 | -3.30E+08 | -3.20E+08 | -8.99E+08 | |
| W an,s | [mm ³] | -7.81E+07 | -3.31E+08 | -9.74E+08 | -9.74E+08 | -9.74E+08 | -3.42E+08 | -3.31E+08 | -9.74E+08 | |
| W an,i | [mm ³] | 9.39E+07 | 1.22E+08 | 1.31E+08 | 1.31E+08 | 1.31E+08 | 1.23E+08 | 1.22E+08 | 1.31E+08 | |
| W pb,i | [mm ³] | 9.15E+07 | 1.20E+08 | 1.29E+08 | 1.29E+08 | 1.29E+08 | 1.21E+08 | 1.20E+08 | 1.29E+08 | |
| Δ baricentro | [mm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| TENSIONI NORMALI - VERIFICA | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|------|-------|-----|-----|--------|-------|------|--|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rd | η1 | |
| σ sol,s | [MPa] | 0.0 | -2.5 | -4.7 | 0.0 | -0.1 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | -6.0 | 21.3 | 0.28 | |
| σ arm,s | [MPa] | 0.0 | -40.7 | -26.8 | 0.0 | -9.5 | -50.1 | 0.0 | 0.0 | -127.1 | 391.3 | 0.32 | |
| σ pb,s | [MPa] | -82.2 | -29.0 | -14.3 | 0.3 | -8.4 | -43.8 | 0.0 | 0.0 | -177.4 | 338.1 | 0.52 | |
| σ an,s | [MPa] | -80.8 | -28.1 | -13.2 | 0.3 | -8.3 | -43.3 | 0.0 | 0.0 | -173.3 | 338.1 | 0.51 | |
| σ an,i | [MPa] | 66.4 | 69.1 | 91.0 | 2.7 | 1.6 | 8.9 | 0.0 | 0.0 | 239.7 | 338.1 | 0.71 | |
| σ pb,i | [MPa] | 68.2 | 70.2 | 92.2 | 2.7 | 1.7 | 9.5 | 0.0 | 0.0 | 244.6 | 338.1 | 0.72 | |

Tasso di sfruttamento η1

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

η_1 [-] **0.72**

VERIFICA SLU A TAGLIO

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | |
|---------------|-------|------------|------|-------|--|
| bw | [mm] | 2545 | 531 | 2014 | Altezza pannello d'anima |
| t | [mm] | 20 | 20 | 20 | Spessore pannello d'anima |
| a | [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η | [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t | [-] | 127.3 | 26.6 | 100.7 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| κ_t | [-] | 12.87 | 5.49 | 7.57 | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica | [-] | 75.4 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica | [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σ_E | [Mpa] | 11.7 | - | 18.7 | Tensione critica Euleriana |
| τ_{cr} | [Mpa] | 150.9 | - | 141.6 | Tensione tangenziale critica |
| λ_w | [-] | 1.166 | - | 1.203 | Snellezza adimensionale |
| end post | [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw | [mm] | 0.712 | | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd | [kN] | 6752 | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

| | | | | | |
|-------|------|-------|--|--|--|
| Ved | [kN] | -3188 | | | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd | [kN] | 6752 | | | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd | [kN] | 9936 | | | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 |

Tasso di sfruttamento η_3

η_3 [-] **0.47**

VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO

A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$.

Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$

| | | | | | |
|---------------|-------|-------|--|--|---|
| Mf,Rd | [kNm] | 16308 | | | Momento resistente dato dalle sole flange |
| MeI,Rd | [kNm] | 45722 | | | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd | [-] | 2.03 | | | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η_3^* | [-] | 0.47 | | | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. | [-] | NO | | | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η_1^* | [-] | 0.72 | | | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |

Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η_{VM}

η_{VM} [-] **0.72**

TRAVE n°2 - η_1 MASSIMO

TR.2 - sez.12 - Combinazione n°1 (Tempo infinito)

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | TOT |
|----------------|-------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|----------|
| Ned | [kN] | 6 | 300 | 1262 | -9 | -1584 | -3859 | 0 | -3884 |
| Med | [kNm] | 6158 | 7721 | 11952 | 30 | 1038 | 4542 | 0 | 31441 |
| Ved | [kN] | -715 | -939 | -944 | -23 | -1 | -31 | 0 | -2652 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | | |
|------------------|-------|-----------------|---|
| $\sigma_{sol,s}$ | [Mpa] | -12.2 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| $\sigma_{sol,i}$ | [Mpa] | -8.6 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta \cdot k \cdot A_{c,eff}$ dove $k = b_{lorda} / L_e$

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|------------|-----|---------|---------|---------|---------|
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^*k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1)

Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|--------------------|--------|--------|--------|---|
| σ sup [MPa] | -172.3 | -176.4 | 252.1 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ inf [Mpa] | 247.2 | -176.4 | 252.1 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ϵ [-] | 0.814 | 0.814 | 0.814 | Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$ |
| ψ [-] | -1.435 | - | - | Rapporto σ max / σ min |
| k [-] | 1.401 | - | - | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$ |
| c int / t [-] | 127.3 | 14.6 | 19.6 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t [-] | - | 14.6 | 19.6 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 [-] | 206.1 | - | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. [-] | 3 | 1 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione [-] | 3 | | | Classe della sezione |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| n [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG [mm] | 1415 | 848 | 460 | 460 | 460 | 835 | 848 | 460 |
| A [mm ²] | 103106 | 158237 | 249224 | 249224 | 249224 | 160203 | 158237 | 249224 |
| A n [mm ²] | 1.03E+20 | 2.74E+06 | 1.57E+06 | 1.57E+06 | 1.57E+06 | 2.67E+06 | 2.74E+06 | 1.57E+06 |
| J [mm ⁴] | 1.08E+11 | 2.04E+11 | 2.70E+11 | 2.70E+11 | 2.70E+11 | 2.06E+11 | 2.04E+11 | 2.70E+11 |
| W sol,s [mm ³] | - | -2.88E+09 | -2.03E+09 | -2.03E+09 | -2.03E+09 | -2.84E+09 | -2.88E+09 | -2.03E+09 |
| W arm,s [mm ³] | - | -1.77E+08 | -3.52E+08 | -3.52E+08 | -3.52E+08 | -1.81E+08 | -1.77E+08 | -3.52E+08 |
| W pb,s [mm ³] | -7.67E+07 | -2.41E+08 | -5.87E+08 | -5.87E+08 | -5.87E+08 | -2.47E+08 | -2.41E+08 | -5.87E+08 |
| W an,s [mm ³] | -7.81E+07 | -2.48E+08 | -6.21E+08 | -6.21E+08 | -6.21E+08 | -2.55E+08 | -2.48E+08 | -6.21E+08 |
| W an,i [mm ³] | 9.39E+07 | 1.19E+08 | 1.28E+08 | 1.28E+08 | 1.28E+08 | 1.19E+08 | 1.19E+08 | 1.28E+08 |
| W pb,i [mm ³] | 9.15E+07 | 1.17E+08 | 1.26E+08 | 1.26E+08 | 1.26E+08 | 1.17E+08 | 1.17E+08 | 1.26E+08 |
| Δ baricentro [mm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TENSIONI NORMALI - VERIFICA

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | Ed | Rd | $\eta 1$ |
|----------------------|-------|-------|-------|------|------|--------------|--------------|-----|--------|-------|----------|
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | -2.6 | -5.1 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | -6.4 | 21.3 | 0.30 |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | -41.8 | -28.9 | -0.1 | -9.3 | -49.2 | 0.0 | 0.0 | -129.2 | 391.3 | 0.33 |
| σ pb,s [MPa] | -80.3 | -30.2 | -15.3 | -0.1 | -8.1 | -42.5 | 0.0 | 0.0 | -176.4 | 338.1 | 0.52 |
| σ an,s [MPa] | -78.8 | -29.2 | -14.2 | -0.1 | -8.0 | -41.9 | 0.0 | 0.0 | -172.3 | 338.1 | 0.51 |
| σ an,i [MPa] | 65.6 | 67.0 | 98.4 | 0.2 | 1.8 | 14.1 | 0.0 | 0.0 | 247.2 | 338.1 | 0.73 |
| σ pb,i [MPa] | 67.3 | 68.2 | 99.8 | 0.2 | 1.9 | 14.8 | 0.0 | 0.0 | 252.1 | 338.1 | 0.75 |

Tasso di sfruttamento $\eta 1$

$\eta 1$ [-] **0.75**

VERIFICA SLU A TAGLIO

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | |
|-------------------|------------|--------|-------|---|--|
| bw [mm] | 2545 | 531 | 2014 | | Altezza pannello d'anima |
| t [mm] | 20 | 20 | 20 | | Spessore pannello d'anima |
| a [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t [-] | 127.3 | 26.6 | 100.7 | | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| k_t [-] | 12.87 | 5.49 | 7.57 | | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica [-] | 75.4 | 48.8 | 48.8 | | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica [-] | SI | NO | SI | | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σE [Mpa] | 11.7 | - | 18.7 | | Tensione critica Euleriana |
| τ_{cr} [Mpa] | 150.9 | - | 141.6 | | Tensione tangenziale critica |
| λ_w [-] | 1.166 | - | 1.203 | | Snellezza adimensionale |
| end post [-] | Non rigidi | | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw [mm] | 0.712 | | | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd [kN] | 6752 | | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

Ved [kN] -2652

Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima)

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

Vb,Rd [kN] 6752
Vc,Rd [kN] 9936

Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6
Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4

Tasso di sfruttamento η_3

η_3 [-] **0.39**

VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO

A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$.

Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$

| | | |
|-------------------|-------|---|
| Mf,Rd [kNm] | 16308 | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Mel,Rd [kNm] | 42163 | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd [-] | 1.93 | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η_3^* [-] | 0.39 | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. [-] | NO | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η_1^* [-] | 0.75 | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |

Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η_{VM}

η_{VM} [-] **0.75**

TRAVE n°1 – η_3 MASSIMO

TR.1 - sez.3 - Combinazione n°28 (Tempo zero)

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | TOT |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|--------------|--------------|----------|-------|
| Ned [kN] | -13 | -65 | -21 | -2 | 2234 | 0 | 0 | 0 | 2132 |
| Med [kNm] | -66 | -86 | -57 | -12 | -1152 | 0 | 0 | 0 | -1372 |
| Ved [kN] | -1159 | -1547 | -2035 | -90 | -2 | 0 | 0 | 0 | -4833 |
| Ted [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ sol [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | -4.50E-05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | |
|----------------------|-------------|---|
| σ sol,s [Mpa] | 1.6 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| σ sol,i [Mpa] | 1.4 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta [-] | Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta \cdot k \cdot A_c$, dove $k = b_{lorda} / L_e$

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|---------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| β [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $\beta \cdot k$ [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1)

Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|--------------------|----------|--------|--------|---|
| σ sup [MPa] | 5.2 | 33.5 | 5.2 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ inf [Mpa] | 5.2 | 33.5 | 5.2 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ϵ [-] | 0.814 | 0.814 | 0.814 | Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$ |
| ψ [-] | - | - | - | Rapporto $\sigma_{max} / \sigma_{min}$ |
| k [-] | - | - | - | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$ |
| c int / t [-] | 127.3 | 14.6 | 19.6 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t [-] | - | 14.6 | 19.6 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 [-] | - | - | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. [-] | 1 | 1 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione [-] | 1 | | | Classe della sezione |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|
| n [-] | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 | 1E+15 |
| zG [mm] | 1415 | 1303 | 1303 | 1303 | 1303 | 1303 | 1303 | 1303 |
| A [mm ²] | 103106 | 110805 | 110805 | 110805 | 110805 | 110805 | 110805 | 110805 |
| A n [mm ²] | 1.03E+20 | 1.11E+20 | 1.11E+20 | 1.11E+20 | 1.11E+20 | 1.11E+20 | 1.11E+20 | 1.11E+20 |
| J [mm ⁴] | 1.08E+11 | 1.27E+11 | 1.27E+11 | 1.27E+11 | 1.27E+11 | 1.27E+11 | 1.27E+11 | 1.27E+11 |

| | |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | Progetto Lotto Codifica IN17 10 EI2CLVI0005006 C |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| W sol,s [mm3] | - | -7.57E+22 |
| W arm,s [mm3] | - | -7.91E+07 |
| W pb,s [mm3] | -7.67E+07 | -9.77E+07 |
| W an,s [mm3] | -7.81E+07 | -9.96E+07 |
| W an,i [mm3] | 9.39E+07 | 1.00E+08 |
| W pb,i [mm3] | 9.15E+07 | 9.81E+07 |
| Δ baricentro [mm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TENSIONI NORMALI - VERIFICA

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rd | η1 |
|---------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|-------|------|
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 21.3 | 0.00 |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.1 | 34.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 35.9 | 391.3 | 0.09 |
| σ pb,s [MPa] | 0.7 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 32.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 33.5 | 338.1 | 0.10 |
| σ an,s [MPa] | 0.7 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 31.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 33.2 | 338.1 | 0.10 |
| σ an,i [MPa] | -0.8 | -1.4 | -0.8 | -0.1 | 8.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.5 | 338.1 | 0.02 |
| σ pb,i [MPa] | -0.9 | -1.5 | -0.8 | -0.1 | 8.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 338.1 | 0.02 |

Tasso di sfruttamento η1

η1 [-] **0.10**

VERIFICA SLU A TAGLIO

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | |
|-------------------|------------|--------|-------|---|--|
| bw [mm] | 2545 | 531 | 2014 | | Altezza pannello d'anima |
| t [mm] | 20 | 20 | 20 | | Spessore pannello d'anima |
| a [mm] | 2800 | 2800 | 2800 | | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t [-] | 127.3 | 26.6 | 100.7 | | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| κt [-] | 12.45 | 5.48 | 7.41 | | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica [-] | 74.2 | 48.8 | 48.8 | | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica [-] | SI | NO | SI | | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σE [Mpa] | 11.7 | - | 18.7 | | Tensione critica Euleriana |
| τcr [Mpa] | 146.0 | - | 138.7 | | Tensione tangenziale critica |
| λw [-] | 1.185 | - | 1.216 | | Snellezza adimensionale |
| end post [-] | Non rigidi | | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw [mm] | 0.700 | | | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd [kN] | 6642 | | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

| | | | | | |
|------------|-------|--|--|--|--|
| Ved [kN] | -4833 | | | | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd [kN] | 6642 | | | | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd [kN] | 9936 | | | | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 |

Tasso di sfruttamento η3

η3 [-] **0.73**

VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO

A favore di sicurezza al posto di Mpl,Rd è stato considerato Mel,Rd = Med/η1, per cui η1* = η1 .

Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, η3* = η3

| | | | | | |
|-------------------|--------|--|--|--|---|
| Mf,Rd [kNm] | -16308 | | | | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Mel,Rd [kNm] | -13861 | | | | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd [-] | 0.08 | | | | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η3* [-] | 0.73 | | | | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. [-] | NO | | | | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η1* [-] | 0.10 | | | | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |

Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η VM

η VM [-] **0.73**

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

TRAVE n°2 – n3 MASSIMO

TR.2 - sez.3 - Combinazione n°4 (Tempo infinito)

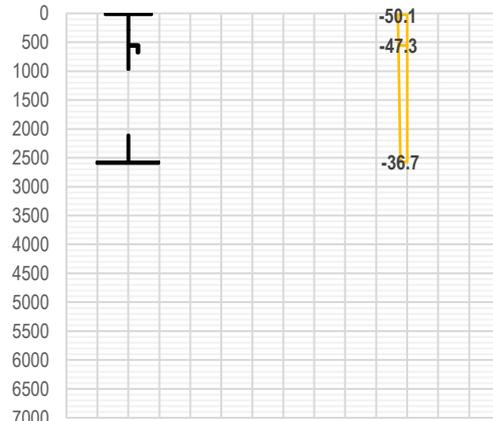
| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -12 | 49 | -1469 | -134 | -1555 | -3819 | 0 | 0 | -6939 |
| Med | [kNm] | -40 | 29 | -3599 | -330 | 840 | 3575 | 0 | 0 | 1222 |
| Ved | [kN] | -1069 | -1301 | -2645 | -50 | -2 | -206 | 0 | 0 | -5273 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE | | | |
|--|-------|-----------------|---|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | -3.7 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| σ sol,i | [Mpa] | -4.0 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|--|-------|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta \cdot k \cdot A_c$, eff dove $k = b \cdot l_{ord} / L_e$ | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

| CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1) | | | | |
|---|-------|----------|--------|--------|
| Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta. | | | | |
| | | Anima | Pb sup | Pb inf |
| σ sup | [MPa] | -46.2 | -46.4 | -23.9 |
| σ inf | [Mpa] | -24.1 | -46.4 | -23.9 |
| ε | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.814 |
| ψ | [-] | 0.522 | - | 1.000 |
| k | [-] | 2.705 | - | 3.765 |
| c int / t | [-] | 127.3 | 14.6 | 16.3 |
| c est / t | [-] | - | 14.6 | 16.3 |
| limite cl. 3 | [-] | 109.7 | - | 42.9 |
| Classe pan. | [-] | 4 | 1 | 3 |
| Classe sezione | [-] | 4 | | |

| INSTABILITA' LOCALE DEI SOTTOPANNELLI D'ANIMA. CALCOLO DELLE PORZIONI EFFICACI | | | |
|--|-------|--------------|--------------|
| Pannello | ID | 1 | 2 |
| t | [mm] | 20 | 20 |
| a | [mm] | 2800 | 2800 |
| b | [mm] | 531 | 2014 |
| z sup | [mm] | 25 | 556 |
| z inf | [mm] | 556 | 2570 |
| σ sup | [MPa] | -50.1 | -47.3 |
| σ inf | [MPa] | -47.3 | -36.7 |
| ψ | [-] | 0.944 | 0.774 |
| κσ | [-] | 4.113 | 4.495 |
| σ cr,p | [MPa] | 1107.4 | 84.1 |
| λp | [-] | 0.567 | 2.056 |
| ρ loc | [-] | 1.000 | 0.437 |
| σ cr,c | [MPa] | 9.7 | 9.7 |
| λc | [-] | 6.055 | 6.055 |
| Φ | [-] | 19.445 | 19.445 |
| χc | [-] | 0.026 | 0.026 |
| ξ | [-] | 1.000 | 1.000 |
| ρc loc | [-] | 1.000 | 0.437 |
| bt | [mm] | 0 | 0 |
| bc,sup | [mm] | 262 | 953 |
| bc,inf | [mm] | 269 | 1061 |
| bc,eff,sup | [mm] | 262 | 417 |
| bc,eff,inf | [mm] | 269 | 464 |



| | | | |
|--|--|---|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 10 |
| | | Codifica | |
| | | EI2CLVI0005006 | |
| | | C | |

h foro [mm] 0 1133
z foro [mm] 287 1539

INSTABILITÀ DEL PANNELLO D'ANIMA IRRIGIDITO

Calcolo della tensione critica di piastra e del coefficiente di instabilità a piastra del pannello irrigidito

| | | |
|---------------------------|----------|--------------|
| Irrig. $\sigma < 0$ | ID | 1 |
| A sl [mm ²] | | 27904 |
| J sl [mm ⁴] | 50522253 | |
| b1 [mm] | | 531 |
| b2 [mm] | | 2014 |
| a c [mm] | | 5620 |
| $\sigma_{cr,p,sl}$ [MPa] | | 507.9 |
| $\sigma_{cr,p}$ [MPa] | | 538.1 |
| $\sigma_{cr,p,min}$ [MPa] | | 538.1 |
| $\beta_{A,c}$ [-] | | 0.616 |
| λ_p [-] | | 0.637 |
| ψ [-] | | 0.731 |
| ρ [-] | | 1.000 |

Calcolo della tensione critica di colonna e del coefficiente di instabilità a colonna del pannello irrigidito

| | | |
|--------------------------|----|--------------|
| Irrig. σ_{max} | ID | 1 |
| $\sigma_{cr,c,sl}$ [MPa] | | 478.6 |
| $\sigma_{cr,c}$ [MPa] | | 507.1 |
| α_e [-] | | 0.709 |
| λ_c [-] | | 0.656 |
| Φ [-] | | 0.877 |
| χ_c [-] | | 0.685 |

Influenza dell'instabilità a colonna sul comportamento post-critico. Interazione tra instabilità di piastra e di colonna

| | | |
|--------------|--|--------------|
| ξ [-] | | 0.061 |
| ρ_c [-] | | 0.723 |

INSTABILITÀ LOCALE DELLE PIATTABANDE

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|---|
| t [mm] | 25 | 25 | 30 | 30 | | Spessore piattabanda |
| b [mm] | 365 | 365 | 490 | 490 | | Larghezza piattabanda |
| λ_p [-] | - | - | - | - | | Snellezza adimensionale per $\Psi=1$ |
| ρ [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | Coefficiente riduttivo per instabilità locale |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| n [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG [mm] | 1440 | 726 | 345 | 345 | 345 | 712 | 726 | 345 |
| A [mm ²] | 75677 | 133226 | 224213 | 224213 | 224213 | 135192 | 133226 | 224213 |
| A n [mm ²] | 7.57E+19 | 2.31E+06 | 1.41E+06 | 1.41E+06 | 1.41E+06 | 2.26E+06 | 2.31E+06 | 1.41E+06 |
| J [mm ⁴] | 1.05E+11 | 1.94E+11 | 2.43E+11 | 2.43E+11 | 2.43E+11 | 1.96E+11 | 1.94E+11 | 2.43E+11 |
| W sol,s [mm ³] | - | -3.05E+09 | -2.12E+09 | -2.12E+09 | -2.12E+09 | -3.00E+09 | -3.05E+09 | -2.12E+09 |
| W arm,s [mm ³] | - | -1.88E+08 | -3.73E+08 | -3.73E+08 | -3.73E+08 | -1.92E+08 | -1.88E+08 | -3.73E+08 |
| W pb,s [mm ³] | -7.26E+07 | -2.68E+08 | -7.05E+08 | -7.05E+08 | -7.05E+08 | -2.75E+08 | -2.68E+08 | -7.05E+08 |
| W an,s [mm ³] | -7.39E+07 | -2.77E+08 | -7.60E+08 | -7.60E+08 | -7.60E+08 | -2.85E+08 | -2.77E+08 | -7.60E+08 |
| W an,i [mm ³] | 9.25E+07 | 1.05E+08 | 1.09E+08 | 1.09E+08 | 1.09E+08 | 1.06E+08 | 1.05E+08 | 1.09E+08 |
| W pb,i [mm ³] | 9.02E+07 | 1.04E+08 | 1.08E+08 | 1.08E+08 | 1.08E+08 | 1.04E+08 | 1.04E+08 | 1.08E+08 |
| Δ baricentro [mm] | 25 | -106 | -109 | -109 | -109 | -107 | -106 | -109 |

TENSIONI NORMALI - VERIFICA

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | Ed | Rd | η_1 |
|------------------------|------|-----|-------|------|------|--------------|--------------|-----|-------|-------|----------|
| $\sigma_{sol,s}$ [MPa] | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.1 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 21.3 | 0.10 |
| $\sigma_{arm,s}$ [MPa] | 0.0 | 0.2 | 3.1 | 0.3 | -9.2 | -46.8 | 0.0 | 0.0 | -52.4 | 391.3 | 0.13 |
| $\sigma_{pb,s}$ [MPa] | 0.4 | 0.3 | -1.4 | -0.1 | -8.1 | -41.2 | 0.0 | 0.0 | -50.3 | 338.1 | 0.15 |
| $\sigma_{an,s}$ [MPa] | 0.4 | 0.3 | -1.8 | -0.2 | -8.0 | -40.8 | 0.0 | 0.0 | -50.2 | 338.1 | 0.15 |
| $\sigma_{an,i}$ [MPa] | -0.6 | 0.6 | -39.5 | -3.6 | 0.8 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | -36.7 | 338.1 | 0.11 |
| $\sigma_{pb,i}$ [MPa] | -0.6 | 0.7 | -40.0 | -3.7 | 0.9 | 6.2 | 0.0 | 0.0 | -36.5 | 338.1 | 0.11 |

Tasso di sfruttamento η_1

η_1 [-] **0.15**

VERIFICA SLU A TAGLIO

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 |
|----------|----|--------|---|---|
|----------|----|--------|---|---|

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | |
|-------------------|------------|------|-------|--|
| bw [mm] | 2545 | 531 | 2014 | Altezza pannello d'anima |
| t [mm] | 20 | 20 | 20 | Spessore pannello d'anima |
| a [mm] | 2800 | 2800 | 2800 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t [-] | 127.3 | 26.6 | 100.7 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| $k\tau$ [-] | 12.45 | 5.48 | 7.41 | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica [-] | 74.2 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σE [Mpa] | 11.7 | - | 18.7 | Tensione critica Euleriana |
| τ_{cr} [Mpa] | 146.0 | - | 138.7 | Tensione tangenziale critica |
| λ_w [-] | 1.185 | - | 1.216 | Snellezza adimensionale |
| end post [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw [mm] | 0.700 | | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd [kN] | 6642 | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

| | | |
|------------|-------|--|
| Ved [kN] | -5273 | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd [kN] | 6642 | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd [kN] | 9936 | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 |

Tasso di sfruttamento η_3

η_3 [-] **0.79**

VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO

A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$.

Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$

| | | |
|-------------------|-------|---|
| Mf,Rd [kNm] | 16308 | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Mel,Rd [kNm] | 8218 | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd [-] | 0.07 | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η_3^* [-] | 0.79 | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. [-] | NO | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η_1^* [-] | 0.15 | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |

Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η_{VM}

η_{VM} [-] **0.79**

B.2 Verifiche del concio "sezione tipo 2"

TRAVE n°1 - η_1 MASSIMO

TR.1 - sez.24 - Combinazione n°1 (Tempo infinito)

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | TOT |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|-------|
| Ned [kN] | -35 | -544 | -485 | 328 | -2190 | -5325 | 0 | 0 | -8250 |
| Med [kNm] | 10142 | 14046 | 18785 | 301 | 1388 | 5615 | 0 | 0 | 50277 |
| Ved [kN] | -242 | -383 | -449 | -20 | 0 | 1 | 0 | 0 | -1094 |
| Ted [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ sol [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | |
|------------------------|-----------------|---|
| $\sigma_{sol,s}$ [Mpa] | -14.7 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| $\sigma_{sol,i}$ [Mpa] | -10.6 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta \cdot k \cdot A_c$, eff dove $k = b_{lorda} / L_e$

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|----------|----|---------|---------|---------|---------|
|----------|----|---------|---------|---------|---------|

| | | | |
|--|--|---|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 10 |
| | | Codifica | |
| | | EI2CLVI0005006 | |
| | | C | |

| | | | | | |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1)

Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|----------------|-------|----------|--------|--------|---|
| σ sup | [MPa] | -229.1 | -235.0 | 276.3 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ inf | [Mpa] | 266.4 | -235.0 | 276.3 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ϵ | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.838 | Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$ |
| ψ | [-] | -1.163 | - | - | Rapporto $\sigma_{max} / \sigma_{min}$ |
| k | [-] | 1.215 | - | - | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$ |
| c int / t | [-] | 140.0 | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t | [-] | - | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 | [-] | 142.9 | - | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. | [-] | 3 | 1 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione | [-] | 3 | | | Classe della sezione |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E |
|---------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1563 | 862 | 437 | 437 | 437 | 847 | 862 | 437 |
| A | [mm ²] | 121316 | 200504 | 331195 | 331195 | 331195 | 203328 | 200504 | 331195 |
| A n | [mm ²] | 1.21E+20 | 3.47E+06 | 2.09E+06 | 2.09E+06 | 2.09E+06 | 3.39E+06 | 3.47E+06 | 2.09E+06 |
| J | [mm ⁴] | 1.36E+11 | 2.88E+11 | 3.80E+11 | 3.80E+11 | 3.80E+11 | 2.91E+11 | 2.88E+11 | 3.80E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -4.02E+09 | -2.94E+09 | -2.94E+09 | -2.94E+09 | -3.96E+09 | -4.02E+09 | -2.94E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.46E+08 | -5.11E+08 | -5.11E+08 | -5.11E+08 | -2.52E+08 | -2.46E+08 | -5.11E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.69E+07 | -3.34E+08 | -8.70E+08 | -8.70E+08 | -8.70E+08 | -3.44E+08 | -3.34E+08 | -8.70E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.86E+07 | -3.46E+08 | -9.34E+08 | -9.34E+08 | -9.34E+08 | -3.56E+08 | -3.46E+08 | -9.34E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.38E+08 | 1.70E+08 | 1.80E+08 | 1.80E+08 | 1.80E+08 | 1.71E+08 | 1.70E+08 | 1.80E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.31E+08 | 1.65E+08 | 1.76E+08 | 1.76E+08 | 1.76E+08 | 1.66E+08 | 1.65E+08 | 1.76E+08 |
| Δ baricentro | [mm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TENSIONI NORMALI - VERIFICA

| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | Ed | Rd | η_1 |
|----------------|-------|--------|-------|-------|-----|------|--------------|--------------|-----|--------|-------|----------|
| σ sol,s | [MPa] | 0.0 | -3.7 | -6.6 | 0.1 | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | -8.9 | 21.3 | 0.42 |
| σ arm,s | [MPa] | 0.0 | -59.8 | -38.2 | 0.4 | -9.3 | -48.5 | 0.0 | 0.0 | -155.3 | 391.3 | 0.40 |
| σ pb,s | [MPa] | -117.1 | -44.8 | -23.1 | 0.6 | -8.2 | -42.5 | 0.0 | 0.0 | -235.0 | 338.1 | 0.70 |
| σ an,s | [MPa] | -114.8 | -43.3 | -21.6 | 0.7 | -8.1 | -42.0 | 0.0 | 0.0 | -229.1 | 338.1 | 0.68 |
| σ an,i | [MPa] | 73.4 | 79.7 | 102.9 | 2.7 | 1.1 | 6.7 | 0.0 | 0.0 | 266.4 | 338.1 | 0.79 |
| σ pb,i | [MPa] | 77.1 | 82.2 | 105.3 | 2.7 | 1.3 | 7.7 | 0.0 | 0.0 | 276.3 | 319.0 | 0.87 |

Tasso di sfruttamento η_1

| | | |
|----------|-----|-------------|
| η_1 | [-] | 0.87 |
|----------|-----|-------------|

VERIFICA SLU A TAGLIO

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | |
|---------------|-------|------------|------|-------|--|
| bw | [mm] | 2520 | 526 | 1994 | Altezza pannello d'anima |
| t | [mm] | 18 | 18 | 18 | Spessore pannello d'anima |
| a | [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η | [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t | [-] | 140.0 | 29.2 | 110.8 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| kt | [-] | 13.11 | 5.49 | 7.52 | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica | [-] | 76.1 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica | [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σ_E | [Mpa] | 9.7 | - | 15.5 | Tensione critica Euleriana |
| τ_{cr} | [Mpa] | 127.0 | - | 116.3 | Tensione tangenziale critica |
| λ_w | [-] | 1.271 | - | 1.328 | Snellezza adimensionale |
| end post | [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw | [mm] | 0.653 | | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd | [kN] | 5520 | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

| | | | |
|-------|------|-------|--|
| Ved | [kN] | -1094 | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd | [kN] | 5520 | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |

| | | | | | | | |
|--------------------|--|-------|----------------|-------------------|---|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | ALTA SORVEGLIANZA |  | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | | | | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | | | | C |

| | | |
|--------------------------------|-------------|--|
| Vc,rd [kN] | 8854 | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 |
| Tasso di sfruttamento η_3 | | |
| η_3 [-] | 0.20 | |

| VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO | | |
|---|-------------|---|
| A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$. | | |
| Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$ | | |
| Mf,Rd [kNm] | 19474 | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Me,Rd [kNm] | 58059 | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd [-] | 2.58 | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η_3^* [-] | 0.20 | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. [-] | NO | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η_1^* [-] | 0.87 | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |
| Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η_{VM} | | |
| η_{VM} [-] | 0.87 | |

TRAVE n°2 - η_1 MASSIMO

TR.2 - sez.24 - Combinazione n°1 (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | TOT |
| Ned [kN] | 13 | 490 | 1418 | 81 | -1599 | -3981 | 0 | 0 | 0 | -3578 |
| Med [kNm] | 10055 | 12470 | 17064 | 124 | 1262 | 5132 | 0 | 0 | 0 | 46107 |
| Ved [kN] | -241 | -350 | -229 | -5 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | -825 |
| Ted [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ_{sol} [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE | | |
|--|-----------------|---|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | |
| $\sigma_{sol,s}$ [Mpa] | -15.0 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| $\sigma_{sol,i}$ [Mpa] | -10.9 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|--|-------|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta k * A_c$, dove $k = b_{lorda} / L_e$ | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

| CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1) | | | | |
|---|----------|--------|--------|---|
| Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta. | | | | |
| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
| σ_{sup} [MPa] | -230.1 | -236.0 | 273.3 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ_{inf} [Mpa] | 263.5 | -236.0 | 273.3 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ϵ [-] | 0.814 | 0.814 | 0.838 | Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$ |
| ψ [-] | -1.145 | - | - | Rapporto $\sigma_{max} / \sigma_{min}$ |
| k [-] | 1.212 | - | - | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$ |
| c int / t [-] | 140.0 | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t [-] | - | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 [-] | 140.4 | - | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. [-] | 3 | 1 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione [-] | 3 | | | Classe della sezione |

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING) | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E |
| n [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG [mm] | 1563 | 1008 | 593 | 593 | 593 | 593 | 995 | 1008 | 593 |
| A [mm ²] | 121316 | 176447 | 267434 | 267434 | 267434 | 267434 | 178413 | 176447 | 267434 |
| A n [mm ²] | 1.21E+20 | 3.05E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 1.68E+06 | 2.98E+06 | 3.05E+06 | 1.68E+06 |
| J [mm ⁴] | 1.36E+11 | 2.56E+11 | 3.46E+11 | 3.46E+11 | 3.46E+11 | 3.46E+11 | 2.59E+11 | 2.56E+11 | 3.46E+11 |
| W sol,s [mm ³] | - | -3.20E+09 | -2.25E+09 | -2.25E+09 | -2.25E+09 | -2.25E+09 | -3.15E+09 | -3.20E+09 | -2.25E+09 |

| | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|-------|----------|--|------|----|----------------|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | | | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>10</td> <td>EI2CLVI0005006</td> <td>C</td> </tr> </table> | Progetto | Lotto | Codifica | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |
| Progetto | Lotto | Codifica | | | | | | | |
| IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| W arm,s [mm3] | - | -1.95E+08 | -3.85E+08 | -3.85E+08 | -3.85E+08 | -1.99E+08 | -1.95E+08 | -3.85E+08 |
| W pb,s [mm3] | -8.69E+07 | -2.54E+08 | -5.85E+08 | -5.85E+08 | -5.85E+08 | -2.60E+08 | -2.54E+08 | -5.85E+08 |
| W an,s [mm3] | -8.86E+07 | -2.62E+08 | -6.16E+08 | -6.16E+08 | -6.16E+08 | -2.68E+08 | -2.62E+08 | -6.16E+08 |
| W an,i [mm3] | 1.38E+08 | 1.66E+08 | 1.77E+08 | 1.77E+08 | 1.77E+08 | 1.66E+08 | 1.66E+08 | 1.77E+08 |
| W pb,i [mm3] | 1.31E+08 | 1.61E+08 | 1.73E+08 | 1.73E+08 | 1.73E+08 | 1.61E+08 | 1.61E+08 | 1.73E+08 |
| Δ baricentro [mm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| TENSIONI NORMALI - VERIFICA | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------|-------|-----|------|-------|-----|-----|--------|-------|------|--|
| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rd | η1 | |
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | -3.7 | -6.7 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | -9.1 | 21.3 | 0.43 | |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | -61.3 | -39.0 | 0.0 | -9.3 | -48.1 | 0.0 | 0.0 | -157.7 | 391.3 | 0.40 | |
| σ pb,s [MPa] | -115.7 | -46.4 | -23.9 | 0.1 | -8.1 | -42.0 | 0.0 | 0.0 | -236.0 | 338.1 | 0.70 | |
| σ an,s [MPa] | -113.4 | -44.9 | -22.4 | 0.1 | -8.0 | -41.4 | 0.0 | 0.0 | -230.1 | 338.1 | 0.68 | |
| σ an,i [MPa] | 73.2 | 77.9 | 101.7 | 1.0 | 1.2 | 8.5 | 0.0 | 0.0 | 263.5 | 338.1 | 0.78 | |
| σ pb,i [MPa] | 76.9 | 80.4 | 104.2 | 1.0 | 1.3 | 9.5 | 0.0 | 0.0 | 273.3 | 319.0 | 0.86 | |
| Tasso di sfruttamento η1 | | | | | | | | | | | | |
| η1 [-] | 0.86 | | | | | | | | | | | |

| VERIFICA SLU A TAGLIO | | | | | |
|---|-------|------------|------|-------|--|
| Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima | | | | | |
| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | |
| bw | [mm] | 2520 | 526 | 1994 | Altezza pannello d'anima |
| t | [mm] | 18 | 18 | 18 | Spessore pannello d'anima |
| a | [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η | [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t | [-] | 140.0 | 29.2 | 110.8 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| κt | [-] | 13.11 | 5.49 | 7.52 | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica | [-] | 76.1 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica | [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σE | [Mpa] | 9.7 | - | 15.5 | Tensione critica Euleriana |
| τcr | [Mpa] | 127.0 | - | 116.3 | Tensione tangenziale critica |
| λw | [-] | 1.271 | - | 1.328 | Snellezza adimensionale |
| end post | [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw | [mm] | 0.653 | | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd | [kN] | 5520 | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande
A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

| Verifica a taglio | | | |
|--------------------------|-------------|------|--|
| Ved | [kN] | -825 | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd | [kN] | 5520 | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd | [kN] | 8854 | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 |
| Tasso di sfruttamento η3 | | | |
| η3 [-] | 0.15 | | |

| VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO | | | |
|--|-------------|-------|---|
| A favore di sicurezza al posto di Mpl,Rd è stato considerato Mel,Rd = Med/η1, per cui η1* = η1 . | | | |
| Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, η3* = η3 | | | |
| Mf,Rd | [kNm] | 19474 | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Mel,Rd | [kNm] | 53821 | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd | [-] | 2.37 | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η3* | [-] | 0.15 | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. | [-] | NO | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η1* | [-] | 0.86 | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |
| Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η VM | | | |
| η VM [-] | 0.86 | | |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

TRAVE n°1 – η3 MASSIMO

TR.1 - sez.13 - Combinazione n°28 (Tempo zero)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -40 | -368 | -200 | 225 | 2202 | 0 | 0 | 0 | 1820 |
| Med | [kNm] | 6281 | 8761 | 11018 | 222 | -1392 | 0 | 0 | 0 | 24889 |
| Ved | [kN] | -733 | -933 | -1393 | -42 | -1 | 0 | 0 | 0 | -3102 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | -4.50E-05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE | | | | | |
|--|-------|-----------------|---|--|--|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | -5.5 | Tensione su lembo superiore soletta. | | |
| σ sol,i | [Mpa] | -2.9 | Tensione su lembo inferiore soletta. | | |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata | | |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|--|-----|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastoplastico: Aeff = beta^k * Ac,eff dove k = b_lorda / Le | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

| CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1) | | | | | |
|---|-------|----------|--------|--------|--|
| Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta. | | | | | |
| | | Anima | Pb sup | Pb inf | |
| σ sup | [MPa] | -85.7 | -88.6 | 159.1 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ inf | [Mpa] | 154.4 | -88.6 | 159.1 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ε | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.838 | Coefficiente pari a (235 / fyk)^0.5 |
| ψ | [-] | -1.800 | - | - | Rapporto σ max / σ min |
| k | [-] | 1.986 | - | - | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a (fyd / σc)^0.5 |
| c int / t | [-] | 140.0 | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t | [-] | - | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 | [-] | 376.4 | - | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. | [-] | 3 | 1 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione | [-] | 3 | | | Classe della sezione |

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING) | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E |
| n | [-] | 1E+15 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1563 | 441 | 441 | 441 | 441 | 441 | 441 | 441 |
| A | [mm ²] | 121316 | 329442 | 329442 | 329442 | 329442 | 329442 | 329442 | 329442 |
| A n | [mm ²] | 1.21E+20 | 2.07E+06 |
| J | [mm ⁴] | 1.36E+11 | 3.80E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -2.92E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -5.08E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.69E+07 | -8.61E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.86E+07 | -9.24E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.38E+08 | 1.80E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.31E+08 | 1.76E+08 |
| Δ baricentro | [mm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| TENSIONI NORMALI - VERIFICA | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|------|-----|-----|-----|-------|-------|------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rd | η1 |
| σ sol,s | [MPa] | 0.0 | -3.2 | -3.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -7.0 | 21.3 | 0.33 |
| σ arm,s | [MPa] | 0.0 | -18.4 | -22.3 | 0.2 | 9.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -31.0 | 391.3 | 0.08 |
| σ pb,s | [MPa] | -72.6 | -11.3 | -13.4 | 0.4 | 8.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -88.6 | 338.1 | 0.26 |
| σ an,s | [MPa] | -71.2 | -10.6 | -12.5 | 0.4 | 8.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -85.7 | 338.1 | 0.25 |
| σ an,i | [MPa] | 45.3 | 47.6 | 60.6 | 1.9 | -1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 154.4 | 338.1 | 0.46 |
| σ pb,i | [MPa] | 47.6 | 48.7 | 62.1 | 1.9 | -1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 159.1 | 319.0 | 0.50 |

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Tasso di sfruttamento η1 | |
| η1 | [-] 0.50 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------|--|-------|----------------|--|-------------------|---|--|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | | ALTA SORVEGLIANZA |  | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | | | | | | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | | | | | | C |

VERIFICA SLU A TAGLIO

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | |
|---------------|-------|------------|------|-------|--|
| bw | [mm] | 2520 | 526 | 1994 | Altezza pannello d'anima |
| t | [mm] | 18 | 18 | 18 | Spessore pannello d'anima |
| a | [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η | [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t | [-] | 140.0 | 29.2 | 110.8 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| kt | [-] | 13.11 | 5.49 | 7.52 | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica | [-] | 76.1 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica | [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σ_E | [Mpa] | 9.7 | - | 15.5 | Tensione critica Euleriana |
| τ_{cr} | [Mpa] | 127.0 | - | 116.3 | Tensione tangenziale critica |
| λ_w | [-] | 1.271 | - | 1.328 | Snellezza adimensionale |
| end post | [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw | [mm] | 0.653 | | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd | [kN] | 5520 | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

| | | | | | |
|-------|------|-------|--|--|--|
| Ved | [kN] | -3102 | | | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd | [kN] | 5520 | | | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd | [kN] | 8854 | | | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 |

Tasso di sfruttamento η_3

η_3 [-] **0.56**

VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO

A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$.

Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$

| | | | | | |
|---------------|-------|-------|--|--|---|
| Mf,Rd | [kNm] | 19474 | | | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Mel,Rd | [kNm] | 49905 | | | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd | [-] | 1.28 | | | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η_3^* | [-] | 0.56 | | | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. | [-] | SI | | | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η_1^* | [-] | 0.50 | | | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |

Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η_{VM}

η_{VM} [-] **0.56**

TRAVE n°2 – η_3 MASSIMO

TR.2 - sez.13 - Combinazione n°4 (Tempo infinito)

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | TOT |
|----------------|-------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|----------|
| Ned | [kN] | 6 | 326 | -581 | 5 | -1587 | -3863 | 0 | -5695 |
| Med | [kNm] | 6157 | 7638 | 7041 | 19 | 1258 | 5214 | 0 | 27289 |
| Ved | [kN] | -715 | -851 | -1773 | -16 | -1 | -20 | 0 | -3376 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | | | | |
|------------------|-------|-----------------|--|--|---|
| $\sigma_{sol,s}$ | [Mpa] | -10.3 | | | Tensione su lembo superiore soletta. |
| $\sigma_{sol,i}$ | [Mpa] | -8.1 | | | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | | | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta^k * A_c$, dove $k = b_{lorda} / L_e$

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|----------|-------|---------|---------|---------|---------|
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

| | | | |
|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  |  | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | C |

β^k [-] 1.000 1.000 1.000 1.000

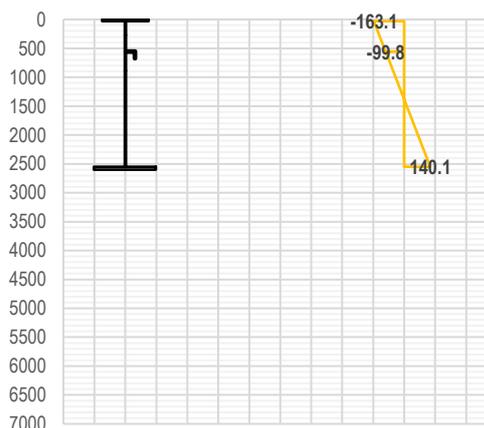
CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1)

Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|--------------------|----------|--------|--------|---|
| σ sup [MPa] | -159.4 | -163.0 | 147.0 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ inf [MPa] | 141.0 | -163.0 | 147.0 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ϵ [-] | 0.814 | 0.814 | 0.838 | Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$ |
| ψ [-] | -0.885 | - | - | Rapporto $\sigma_{max} / \sigma_{min}$ |
| k [-] | 1.456 | - | - | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$ |
| c int / t [-] | 140.0 | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t [-] | - | 12.2 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 [-] | 131.7 | - | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. [-] | 4 | 1 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione [-] | 4 | | | Classe della sezione |

INSTABILITÀ LOCALE DEI SOTTOPANNELLI D'ANIMA. CALCOLO DELLE PORZIONI EFFICACI

| Pannello | ID | 1 | 2 |
|-----------------------|----|--------------|--------------|
| t [mm] | | 18 | 18 |
| a [mm] | | 2700 | 2700 |
| b [mm] | | 526 | 1994 |
| z sup [mm] | | 30 | 556 |
| z inf [mm] | | 556 | 2550 |
| σ sup [MPa] | | -163.1 | -99.8 |
| σ inf [MPa] | | -99.8 | 140.1 |
| ψ [-] | | 0.612 | -1.403 |
| $k\sigma$ [-] | | 4.934 | 34.529 |
| $\sigma_{cr,p}$ [MPa] | | 1096.6 | 534.0 |
| λ_p [-] | | 0.569 | 0.816 |
| ρ_{loc} [-] | | 1.000 | 1.000 |
| $\sigma_{cr,c}$ [MPa] | | 8.4 | 8.4 |
| λ_c [-] | | 6.487 | 6.487 |
| Φ [-] | | 22.202 | 22.202 |
| χ_c [-] | | 0.023 | 0.023 |
| ξ [-] | | 1.000 | 1.000 |
| $\rho_{c,loc}$ [-] | | 1.000 | 1.000 |
| bt [mm] | | 0 | 1164 |
| bc,sup [mm] | | 240 | 332 |
| bc,inf [mm] | | 286 | 498 |
| bc,eff,sup [mm] | | 240 | 332 |
| bc,eff,inf [mm] | | 286 | 498 |
| h foro [mm] | | 0 | 0 |
| z foro [mm] | | 270 | 888 |



INSTABILITÀ DEL PANNELLO D'ANIMA IRRIGIDITO

Calcolo della tensione critica di piastra e del coefficiente di instabilità a piastra del pannello irrigidito

| Irrig. $\sigma < 0$ | ID | 1 |
|---------------------------|----|---------------|
| A sl [mm ²] | | 14583 |
| J sl [mm ⁴] | | 43937905 |
| b1 [mm] | | 526 |
| b2 [mm] | | 1994 |
| a c [mm] | | 5831 |
| $\sigma_{cr,p,sl}$ [MPa] | | 895.6 |
| $\sigma_{cr,p}$ [MPa] | | 1463.4 |
| $\sigma_{cr,p,min}$ [MPa] | | 1463.4 |
| $\beta_{A,c}$ [-] | | 1.000 |
| λ_p [-] | | 0.493 |
| ψ [-] | | -0.859 |
| ρ [-] | | 1.000 |

Calcolo della tensione critica di colonna e del coefficiente di instabilità a colonna del pannello irrigidito

| Irrig. σ_{max} | ID | 1 |
|--------------------------|----|---------------|
| $\sigma_{cr,c,sl}$ [MPa] | | 856.6 |
| $\sigma_{cr,c}$ [MPa] | | 1399.6 |
| α_e [-] | | 0.636 |
| λ_c [-] | | 0.504 |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Φ [-] 0.723
 χc [-] 0.805

Influenza dell'instabilità a colonna sul comportamento post-critico. Interazione tra instabilità di piastra e di colonna

ξ [-] 0.046
 ρc [-] **0.822**

INSTABILITÀ LOCALE DELLE PIATTABANDE

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | |
|-------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| t | [mm] | 30 | 30 | 50 | 50 | Spessore piattabanda |
| b | [mm] | 366 | 366 | 491 | 491 | Larghezza piattabanda |
| λp | [-] | - | - | - | - | Snellezza adimensionale per $\Psi=1$ |
| ρ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente riduttivo per instabilità locale |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | |
|---------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|-----------|
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1590 | 1018 | 595 | 595 | 595 | 1004 | 1018 | 595 |
| A | [mm ²] | 118721 | 173852 | 264839 | 264839 | 264839 | 175818 | 173852 | 264839 |
| A n | [mm ²] | 1.19E+20 | 3.01E+06 | 1.67E+06 | 1.67E+06 | 1.67E+06 | 2.93E+06 | 3.01E+06 | 1.67E+06 |
| J | [mm ⁴] | 1.33E+11 | 2.56E+11 | 3.47E+11 | 3.47E+11 | 3.47E+11 | 2.59E+11 | 2.56E+11 | 3.47E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.17E+09 | -2.25E+09 | -2.25E+09 | -2.25E+09 | -3.12E+09 | -3.17E+09 | -2.25E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -1.93E+08 | -3.85E+08 | -3.85E+08 | -3.85E+08 | -1.97E+08 | -1.93E+08 | -3.85E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.36E+07 | -2.51E+08 | -5.84E+08 | -5.84E+08 | -5.84E+08 | -2.58E+08 | -2.51E+08 | -5.84E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.52E+07 | -2.59E+08 | -6.15E+08 | -6.15E+08 | -6.15E+08 | -2.65E+08 | -2.59E+08 | -6.15E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.38E+08 | 1.67E+08 | 1.78E+08 | 1.78E+08 | 1.78E+08 | 1.67E+08 | 1.67E+08 | 1.78E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.32E+08 | 1.62E+08 | 1.73E+08 | 1.73E+08 | 1.73E+08 | 1.62E+08 | 1.62E+08 | 1.73E+08 |
| Δ baricentro | [mm] | 27 | 10 | 2 | 2 | 2 | 10 | 10 | 2 |

TENSIONI NORMALI - VERIFICA

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | Ed | Rd | $\eta 1$ |
|----------------------|-------|-------|-------|-----|------|--------------|--------------|-----|--------|-------|----------|
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | -2.3 | -3.5 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | -4.4 | 21.3 | 0.21 |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | -37.7 | -20.5 | 0.0 | -9.3 | -48.4 | 0.0 | 0.0 | -115.9 | 391.3 | 0.30 |
| σ pb,s [MPa] | -73.6 | -28.5 | -14.3 | 0.0 | -8.1 | -42.2 | 0.0 | 0.0 | -166.8 | 338.1 | 0.49 |
| σ an,s [MPa] | -72.3 | -27.6 | -13.7 | 0.0 | -8.0 | -41.6 | 0.0 | 0.0 | -163.2 | 338.1 | 0.48 |
| σ an,i [MPa] | 44.5 | 47.6 | 37.5 | 0.1 | 1.1 | 9.2 | 0.0 | 0.0 | 140.0 | 338.1 | 0.41 |
| σ pb,i [MPa] | 46.9 | 49.1 | 38.5 | 0.1 | 1.3 | 10.2 | 0.0 | 0.0 | 146.0 | 319.0 | 0.46 |

Tasso di sfruttamento $\eta 1$

$\eta 1$ [-] **0.49**

VERIFICA SLU A TAGLIO

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | |
|---------------|-------|------------|------|-------|--|
| bw | [mm] | 2520 | 526 | 1994 | Altezza pannello d'anima |
| t | [mm] | 18 | 18 | 18 | Spessore pannello d'anima |
| a | [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η | [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t | [-] | 140.0 | 29.2 | 110.8 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| κt | [-] | 13.11 | 5.49 | 7.52 | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica | [-] | 76.1 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica | [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σE | [Mpa] | 9.7 | - | 15.5 | Tensione critica Euleriana |
| τcr | [Mpa] | 127.0 | - | 116.3 | Tensione tangenziale critica |
| λw | [-] | 1.271 | - | 1.328 | Snellezza adimensionale |
| end post | [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw | [mm] | 0.653 | | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd | [kN] | 5520 | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

Ved [kN] -3376 Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima)
Vb,rd [kN] 5520 Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6
Vc,rd [kN] 8854 Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4

Tasso di sfruttamento $\eta 3$

$\eta 3$ [-] **0.61**

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO

A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$.

Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$

| | | |
|---|-------------|---|
| $M_{f,Rd}$ [kNm] | 19474 | Momento resistente dato dalle sole flange |
| $M_{el,Rd}$ [kNm] | 55306 | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / $M_{f,Rd}$ [-] | 1.40 | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η_3^* [-] | 0.61 | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. | SI | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η_1^* [-] | 0.49 | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |
| Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η_{VM} | | |
| η_{VM} [-] | 0.61 | |

B.3 Verifiche del concio "sezione tipo 3"

TRAVE n°1 - η_1 MASSIMO

TR.1 - sez.31 - Combinazione n°1 (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -29 | -569 | -548 | 356 | -2188 | -5310 | 0 | 0 | -8288 |
| Med | [kNm] | 10625 | 14751 | 19531 | 299 | 1471 | 5994 | 0 | 0 | 52641 |
| Ved | [kN] | -6 | 49 | 176 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 222 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | |
|------------------------|-----------------|---|
| $\sigma_{sol,s}$ [Mpa] | -15.0 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| $\sigma_{sol,i}$ [Mpa] | -11.0 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta^k k \cdot A_c$, dove $k = b_{lorda} / L_e$

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|---------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| β [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

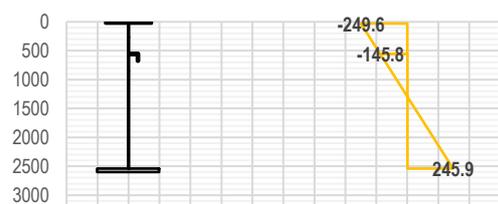
CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1)

Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|----------------------|----------|--------|--------|---|
| σ_{sup} [MPa] | -245.1 | -251.0 | 258.5 | Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello |
| σ_{inf} [Mpa] | 246.8 | -251.0 | 258.5 | Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello |
| ϵ [-] | 0.814 | 0.814 | 0.838 | Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$ |
| ψ [-] | -1.007 | - | - | Rapporto $\sigma_{max} / \sigma_{min}$ |
| k [-] | 1.175 | - | - | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$ |
| c int / t [-] | 179.3 | 12.3 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t [-] | - | 12.3 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 [-] | 119.3 | - | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. | 4 | 1 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione [-] | 4 | | | Classe della sezione |

INSTABILITA' LOCALE DEI SOTTOPANNELLI D'ANIMA. CALCOLO DELLE PORZIONI EFFICACI

| Pannello | ID | 1 | 2 |
|----------|------|------|------|
| t | [mm] | 14 | 14 |
| a | [mm] | 2700 | 2700 |
| b | [mm] | 526 | 1984 |
| z sup | [mm] | 30 | 556 |



| | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  IRICAV2 | |  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | |
|----------------|-------|--------------|--------------|
| z inf | [mm] | 556 | 2540 |
| σ sup | [MPa] | -249.6 | -145.8 |
| σ inf | [MPa] | -145.8 | 245.9 |
| ψ | [-] | 0.584 | -1.687 |
| $\kappa\alpha$ | [-] | 5.018 | 43.168 |
| σ cr,p | [MPa] | 674.7 | 408.0 |
| λp | [-] | 0.726 | 0.933 |
| ρ loc | [-] | 1.000 | 0.988 |
| σ cr,c | [MPa] | 5.1 | 5.1 |
| λc | [-] | 8.341 | 8.341 |
| Φ | [-] | 36.138 | 36.138 |
| χc | [-] | 0.014 | 0.014 |
| ξ | [-] | 1.000 | 1.000 |
| ρc loc | [-] | 1.000 | 0.988 |
| bt | [mm] | 0 | 1246 |
| bc,sup | [mm] | 238 | 295 |
| bc,inf | [mm] | 288 | 443 |
| bc,eff,sup | [mm] | 238 | 292 |
| bc,eff,inf | [mm] | 288 | 438 |
| h foro | [mm] | 0 | 9 |
| z foro | [mm] | 268 | 852 |

INSTABILITÀ DEL PANNELLO D'ANIMA IRRIGIDITO

Calcolo della tensione critica di piastra e del coefficiente di instabilità a piastra del pannello irrigidito

| | | |
|---------------------|--------------------|---------------|
| Irrig. $\sigma < 0$ | ID | 1 |
| A sl | [mm ²] | 11620 |
| J sl | [mm ⁴] | 39781517 |
| b1 | [mm] | 526 |
| b2 | [mm] | 1984 |
| a c | [mm] | 6857 |
| σ cr,p,sl | [MPa] | 996.5 |
| σ cr,p | [MPa] | 1706.4 |
| σ cr,p,min | [MPa] | 1706.4 |
| β A,c | [-] | 0.996 |
| λp | [-] | 0.455 |
| ψ | [-] | -0.985 |
| ρ | [-] | 1.000 |

Calcolo della tensione critica di colonna e del coefficiente di instabilità a colonna del pannello irrigidito

| | | |
|-----------------------|-------|---------------|
| Irrig. σ_{max} | ID | 1 |
| σ cr,c,sl | [MPa] | 973.3 |
| σ cr,c | [MPa] | 1666.7 |
| αe | [-] | 0.614 |
| λc | [-] | 0.461 |
| Φ | [-] | 0.686 |
| χc | [-] | 0.837 |

Influenza dell'instabilità a colonna sul comportamento post-critico. Interazione tra instabilità di piastra e di colonna

| | | |
|----------|-----|--------------|
| ξ | [-] | 0.024 |
| ρc | [-] | 0.845 |

INSTABILITÀ LOCALE DELLE PIATTABANDE

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | |
|-------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| t | [mm] | 30 | 30 | 60 | 60 | Spessore piattabanda |
| b | [mm] | 368 | 368 | 493 | 493 | Larghezza piattabanda |
| λp | [-] | - | - | - | - | Snellezza adimensionale per $\Psi=1$ |
| ρ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente riduttivo per instabilità locale |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | |
|---------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|-----------|
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1686 | 928 | 475 | 475 | 475 | 912 | 928 | 475 |
| A | [mm ²] | 119179 | 198368 | 329058 | 329058 | 329058 | 201191 | 198368 | 329058 |
| A n | [mm ²] | 1.19E+20 | 3.43E+06 | 2.07E+06 | 2.07E+06 | 2.07E+06 | 3.36E+06 | 3.43E+06 | 2.07E+06 |
| J | [mm ⁴] | 1.35E+11 | 3.08E+11 | 4.12E+11 | 4.12E+11 | 4.12E+11 | 3.11E+11 | 3.08E+11 | 4.12E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -4.08E+09 | -3.04E+09 | -3.04E+09 | -3.04E+09 | -4.03E+09 | -4.08E+09 | -3.04E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.49E+08 | -5.27E+08 | -5.27E+08 | -5.27E+08 | -2.55E+08 | -2.49E+08 | -5.27E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.02E+07 | -3.31E+08 | -8.67E+08 | -8.67E+08 | -8.67E+08 | -3.41E+08 | -3.31E+08 | -8.67E+08 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------------|--|
| W an,s [mm3] | -8.17E+07 | -3.43E+08 | -9.26E+08 | -9.26E+08 | -9.26E+08 | -3.53E+08 | -3.43E+08 | -9.26E+08 | | | | |
| W an,i [mm3] | 1.58E+08 | 1.91E+08 | 1.99E+08 | 1.99E+08 | 1.99E+08 | 1.91E+08 | 1.91E+08 | 1.99E+08 | | | | |
| W pb,i [mm3] | 1.48E+08 | 1.84E+08 | 1.94E+08 | 1.94E+08 | 1.94E+08 | 1.84E+08 | 1.84E+08 | 1.94E+08 | | | | |
| Δ baricentro [mm] | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | | | | |
| TENSIONI NORMALI - VERIFICA | | | | | | | | | | | | |
| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rd | η1 | |
| σ sol,s [MPa] | 0.0 | -3.8 | -6.7 | 0.1 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | -9.2 | 21.3 | 0.43 | |
| σ arm,s [MPa] | 0.0 | -62.1 | -38.7 | 0.5 | -9.4 | -49.9 | 0.0 | 0.0 | -159.6 | 391.3 | 0.41 | |
| σ pb,s [MPa] | -132.6 | -47.4 | -24.2 | 0.7 | -8.3 | -44.0 | 0.0 | 0.0 | -255.8 | 338.1 | 0.76 | |
| σ an,s [MPa] | -130.3 | -45.9 | -22.8 | 0.8 | -8.2 | -43.4 | 0.0 | 0.0 | -249.8 | 338.1 | 0.74 | |
| σ an,i [MPa] | 66.8 | 74.4 | 96.4 | 2.6 | 0.7 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 245.9 | 338.1 | 0.73 | |
| σ pb,i [MPa] | 71.5 | 77.3 | 99.2 | 2.6 | 0.9 | 6.1 | 0.0 | 0.0 | 257.7 | 319.0 | 0.81 | |
| Tasso di sfruttamento η1 | | | | | | | | | | | | |
| η1 [-] | | | | | | | | | | | 0.81 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|--------|-------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| VERIFICA SLU A TAGLIO | | | | | | | | | | | | |
| <i>Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima</i> | | | | | | | | | | | | |
| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | | | | | | | | |
| bw [mm] | 2510 | 526 | 1984 | | | | | | Altezza pannello d'anima | | | |
| t [mm] | 14 | 14 | 14 | | | | | | Spessore pannello d'anima | | | |
| a [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | | | | | | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi | | | |
| η [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | | | | | | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 | | | |
| bw / t [-] | 179.3 | 37.6 | 141.7 | | | | | | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima | | | |
| κt [-] | 14.07 | 5.49 | 7.50 | | | | | | Coefficiente di imbozzamento a taglio | | | |
| Lim. Verifica [-] | 78.8 | 48.8 | 48.8 | | | | | | Limite per il quale è richiesta la verifica | | | |
| Nec. Verifica [-] | SI | NO | SI | | | | | | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? | | | |
| σE [Mpa] | 5.9 | - | 9.5 | | | | | | Tensione critica Euleriana | | | |
| τcr [Mpa] | 83.1 | - | 70.9 | | | | | | Tensione tangenziale critica | | | |
| λw [-] | 1.571 | - | 1.701 | | | | | | Snellezza adimensionale | | | |
| end post [-] | Non rigidi | | | | | | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio | | | |
| Xw [mm] | 0.528 | | | | | | | | Coefficiente di instabilità a taglio | | | |
| Vbw,Rd [kN] | 3459 | | | | | | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------|--|
| <i>Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande</i> | | | | | | | | | | | | |
| A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande | | | | | | | | | | | | |
| <i>Verifica a taglio</i> | | | | | | | | | | | | |
| Ved [kN] | 222 | | | | | | | | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) | | | |
| Vb,rd [kN] | 3459 | | | | | | | | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 | | | |
| Vc,rd [kN] | 6859 | | | | | | | | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 | | | |
| Tasso di sfruttamento η3 | | | | | | | | | | | | |
| η3 [-] | | | | | | | | | | | 0.06 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|---|--|-------------|--|
| VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO | | | | | | | | | | | | |
| A favore di sicurezza al posto di Mpl,Rd è stato considerato Mel,Rd = Med/η1, per cui η1* = η1 . | | | | | | | | | | | | |
| Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, η3* = η3 | | | | | | | | | | | | |
| Mf,Rd [kNm] | 19436 | | | | | | | | Momento resistente dato dalle sole flange | | | |
| Mel,Rd [kNm] | 65171 | | | | | | | | Momento resistente elastico della sezione | | | |
| Med / Mf,Rd [-] | 2.71 | | | | | | | | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange | | | |
| η3* [-] | 0.06 | | | | | | | | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima | | | |
| Nec. Interaz. [-] | NO | | | | | | | | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? | | | |
| η1* [-] | 0.81 | | | | | | | | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione | | | |
| Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η VM | | | | | | | | | | | | |
| η VM [-] | | | | | | | | | | | 0.81 | |

TRAVE n°2 - η1 MASSIMO

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|---|-----|--|--|--|
| TR.2 - sez.31 - Combinazione n°1 (Tempo infinito) | | | | | | | | | | | | |
| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | | | |
| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT | | | |

| | | | | | | | |
|--------------------|--|-------|----------------|-------------------|---|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | ALTA SORVEGLIANZA |  | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | | | | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | | | C | |

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| Ned | [kN] | 18 | 521 | 1407 | 99 | -1600 | -3995 | 0 | 0 | -3550 |
| Med | [kNm] | 10552 | 13036 | 17473 | 124 | 1340 | 5436 | 0 | 0 | 47936 |
| Ved | [kN] | 14 | 55 | -42 | -3 | 0 | -3 | 0 | 0 | 20 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | | |
|---------|-------|-----------------|---|
| σ sol,s | [Mpa] | -15.2 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| σ sol,i | [Mpa] | -11.3 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta \cdot k \cdot A_c$, eff dove $k = b_{lorda} / L_e$

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|----------|-----|---------|---------|---------|---------|
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β*k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

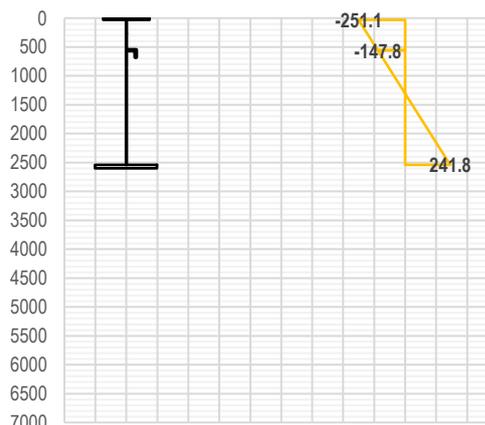
CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1)

Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|----------------|-------|----------|--------|----------------------|
| σ sup | [MPa] | -246.2 | -252.1 | 254.4 |
| σ inf | [Mpa] | 242.7 | -252.1 | 254.4 |
| ε | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.838 |
| ψ | [-] | -0.986 | - | - |
| k | [-] | 1.172 | - | - |
| c int / t | [-] | 179.3 | 12.3 | 16.4 |
| c est / t | [-] | - | 12.3 | 16.4 |
| limite cl. 3 | [-] | 116.2 | - | - |
| Classe pan. | [-] | 4 | 1 | 1 |
| Classe sezione | [-] | 4 | | Classe della sezione |

INSTABILITÀ LOCALE DEI SOTTOPANNELLI D'ANIMA. CALCOLO DELLE PORZIONI EFFICACI

| Pannello | ID | 1 | 2 |
|------------|-------|--------------|--------------|
| t | [mm] | 14 | 14 |
| a | [mm] | 2700 | 2700 |
| b | [mm] | 526 | 1984 |
| z sup | [mm] | 30 | 556 |
| z inf | [mm] | 556 | 2540 |
| σ sup | [MPa] | -251.1 | -147.8 |
| σ inf | [MPa] | -147.8 | 241.8 |
| ψ | [-] | 0.589 | -1.636 |
| kσ | [-] | 5.004 | 41.548 |
| σ cr,p | [MPa] | 672.8 | 392.7 |
| λp | [-] | 0.727 | 0.951 |
| ρ loc | [-] | 1.000 | 0.968 |
| σ cr,c | [MPa] | 5.1 | 5.1 |
| λc | [-] | 8.341 | 8.341 |
| Φ | [-] | 36.138 | 36.138 |
| χc | [-] | 0.014 | 0.014 |
| ξ | [-] | 1.000 | 1.000 |
| ρc loc | [-] | 1.000 | 0.968 |
| bt | [mm] | 0 | 1231 |
| bc,sup | [mm] | 238 | 301 |
| bc,inf | [mm] | 288 | 452 |
| bc,eff,sup | [mm] | 238 | 291 |
| bc,eff,inf | [mm] | 288 | 437 |
| h foro | [mm] | 0 | 24 |
| z foro | [mm] | 268 | 859 |



INSTABILITÀ DEL PANNELLO D'ANIMA IRRIGIDITO

Calcolo della tensione critica di piastra e del coefficiente di instabilità a piastra del pannello irrigidito

| Irrig. σ < 0 | ID | 1 |
|--------------|--------------------|----------|
| A sl | [mm ²] | 11696 |
| J sl | [mm ⁴] | 39871551 |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | |
|---------------------|-------|---------------|
| b1 | [mm] | 526 |
| b2 | [mm] | 1984 |
| a c | [mm] | 6861 |
| $\sigma_{cr,p,sl}$ | [MPa] | 992.2 |
| $\sigma_{cr,p}$ | [MPa] | 1685.6 |
| $\sigma_{cr,p,min}$ | [MPa] | 1685.6 |
| $\beta_{A,c}$ | [-] | 0.989 |
| λ_p | [-] | 0.456 |
| ψ | [-] | -0.963 |
| ρ | [-] | 1.000 |

Calcolo della tensione critica di colonna e del coefficiente di instabilità a colonna del pannello irrigidito

| | | |
|-----------------------|-------|---------------|
| Irrig. σ_{max} | ID | 1 |
| $\sigma_{cr,c,sl}$ | [MPa] | 969.2 |
| $\sigma_{cr,c}$ | [MPa] | 1646.5 |
| α_e | [-] | 0.615 |
| λ_c | [-] | 0.462 |
| Φ | [-] | 0.687 |
| χ_c | [-] | 0.836 |

Influenza dell'instabilità a colonna sul comportamento post-critico. Interazione tra instabilità di piastra e di colonna

| | | |
|----------|-----|--------------|
| ξ | [-] | 0.024 |
| ρ_c | [-] | 0.844 |

INSTABILITÀ LOCALE DELLE PIATTABANDE

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | |
|-------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| t | [mm] | 30 | 30 | 60 | 60 | Spessore piattabanda |
| b | [mm] | 368 | 368 | 493 | 493 | Larghezza piattabanda |
| λ_p | [-] | - | - | - | - | Snellezza adimensionale per $\Psi=1$ |
| ρ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente riduttivo per instabilità locale |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | |
|---------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|-----------|
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1688 | 1086 | 640 | 640 | 640 | 1071 | 1086 | 640 |
| A | [mm ²] | 118956 | 174087 | 265074 | 265074 | 265074 | 176053 | 174087 | 265074 |
| A n | [mm ²] | 1.19E+20 | 3.01E+06 | 1.67E+06 | 1.67E+06 | 1.67E+06 | 2.94E+06 | 3.01E+06 | 1.67E+06 |
| J | [mm ⁴] | 1.35E+11 | 2.72E+11 | 3.74E+11 | 3.74E+11 | 3.74E+11 | 2.75E+11 | 2.72E+11 | 3.74E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.22E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -3.17E+09 | -3.22E+09 | -2.31E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -1.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -2.00E+08 | -1.95E+08 | -3.95E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.01E+07 | -2.50E+08 | -5.84E+08 | -5.84E+08 | -5.84E+08 | -2.57E+08 | -2.50E+08 | -5.84E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.15E+07 | -2.57E+08 | -6.13E+08 | -6.13E+08 | -6.13E+08 | -2.64E+08 | -2.57E+08 | -6.13E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.59E+08 | 1.87E+08 | 1.97E+08 | 1.97E+08 | 1.97E+08 | 1.87E+08 | 1.87E+08 | 1.97E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.48E+08 | 1.79E+08 | 1.91E+08 | 1.91E+08 | 1.91E+08 | 1.80E+08 | 1.79E+08 | 1.91E+08 |
| Δ baricentro | [mm] | 22 | 8 | 2 | 2 | 2 | 7 | 8 | 2 |

TENSIONI NORMALI - VERIFICA

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | Ed | Rd | η_1 | |
|------------------|-------|--------|-------|-------|-----|--------------|--------------|-----|-----|--------|----------|------|
| $\sigma_{sol,s}$ | [MPa] | 0.0 | -3.9 | -6.7 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | -9.4 | 21.3 | 0.44 |
| $\sigma_{arm,s}$ | [MPa] | 0.0 | -63.8 | -39.0 | 0.1 | -9.4 | -49.9 | 0.0 | 0.0 | -162.1 | 391.3 | 0.41 |
| $\sigma_{pb,s}$ | [MPa] | -131.6 | -49.1 | -24.6 | 0.2 | -8.3 | -43.9 | 0.0 | 0.0 | -257.4 | 338.1 | 0.76 |
| $\sigma_{an,s}$ | [MPa] | -129.3 | -47.7 | -23.2 | 0.2 | -8.2 | -43.3 | 0.0 | 0.0 | -251.5 | 338.1 | 0.74 |
| $\sigma_{an,i}$ | [MPa] | 66.7 | 72.7 | 94.2 | 1.0 | 0.8 | 6.3 | 0.0 | 0.0 | 241.8 | 338.1 | 0.72 |
| $\sigma_{pb,i}$ | [MPa] | 71.4 | 75.6 | 97.0 | 1.0 | 1.0 | 7.5 | 0.0 | 0.0 | 253.5 | 319.0 | 0.79 |

Tasso di sfruttamento η_1

| | | |
|----------|-----|-------------|
| η_1 | [-] | 0.79 |
|----------|-----|-------------|

VERIFICA SLU A TAGLIO

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | |
|---------------|------|--------|------|-------|---|
| bw | [mm] | 2510 | 526 | 1984 | Altezza pannello d'anima |
| t | [mm] | 14 | 14 | 14 | Spessore pannello d'anima |
| a | [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η | [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t | [-] | 179.3 | 37.6 | 141.7 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| k_t | [-] | 14.07 | 5.49 | 7.50 | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica | [-] | 78.8 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | | | |
|---------------|-------|------------|--|-------|--|
| Nec. Verifica | [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σ_E | [Mpa] | 5.9 | - | 9.5 | Tensione critica Euleriana |
| τ_{cr} | [Mpa] | 83.1 | - | 70.9 | Tensione tangenziale critica |
| λ_w | [-] | 1.571 | - | 1.701 | Snellezza adimensionale |
| end post | [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw | [mm] | 0.528 | Coefficiente di instabilità a taglio | | |
| Vbw,Rd | [kN] | 3459 | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio | | |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

| | | | |
|-------|------|------|--|
| Ved | [kN] | 20 | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd | [kN] | 3459 | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd | [kN] | 6859 | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 |

Tasso di sfruttamento η_3

η_3 [-] **0.01**

VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO

A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$.

Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$

| | | | |
|---------------|-------|-------|---|
| Mf,Rd | [kNm] | 19436 | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Mel,Rd | [kNm] | 60321 | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd | [-] | 2.47 | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η_3^* | [-] | 0.01 | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. | [-] | NO | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η_1^* | [-] | 0.79 | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |

Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η_{VM}

η_{VM} [-] **0.79**

TRAVE n°1 – η_3 MASSIMO

TR.1 - sez.25 - Combinazione n°12 (Tempo infinito)

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | TOT |
|------------------|-------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|----------|
| Ned | [kN] | -35 | -553 | -868 | 343 | 2189 | -5322 | 0 | -4247 |
| Med | [kNm] | 10147 | 14094 | 11100 | 278 | -1468 | 5977 | 0 | 40096 |
| Ved | [kN] | -242 | -267 | -747 | -17 | 0 | -4 | 0 | -1277 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ_{sol} | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | -4.50E-05 | 3.46E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | | |
|------------------|-------|-----------------|---|
| $\sigma_{sol,s}$ | [Mpa] | -9.1 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| $\sigma_{sol,i}$ | [Mpa] | -6.6 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta^k * A_c$, eff dove $k = b_{lorda} / L_e$

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|-----------|-----|---------|---------|---------|---------|
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| β^k | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1)

Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|----------------|-------|--------|--------|-------|
| σ_{sup} | [MPa] | -212.9 | -217.8 | 204.9 |
| σ_{inf} | [MPa] | 195.1 | -217.8 | 204.9 |
| ϵ | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.838 |
| ψ | [-] | -0.916 | - | - |
| k | [-] | 1.260 | - | - |
| c int / t | [-] | 179.3 | 12.3 | 16.4 |

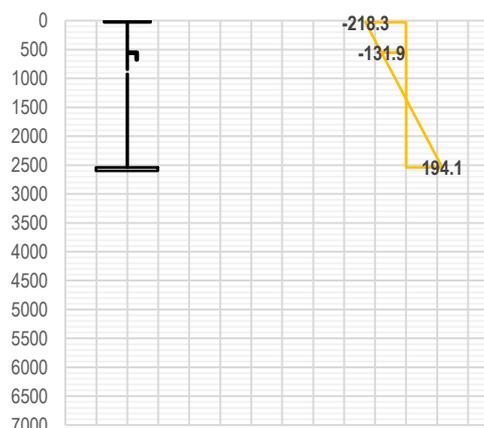
Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello
Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello
Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$
Rapporto $\sigma_{max} / \sigma_{min}$
Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$
Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno)

| | | | | |
|--|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  IRICAV2 | |  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | |
|----------------|-----|----------|------|------|---|
| c est / t | [-] | - | 12.3 | 16.4 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 | [-] | 117.1 | - | - | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. | [-] | 4 | 1 | 1 | Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3) |
| Classe sezione | [-] | 4 | | | Classe della sezione |

INSTABILITÀ LOCALE DEI SOTTOPANNELLI D'ANIMA. CALCOLO DELLE PORZIONI EFFICACI

| Pannello | ID | 1 | 2 |
|------------|-------|--------------|--------------|
| t | [mm] | 14 | 14 |
| a | [mm] | 2700 | 2700 |
| b | [mm] | 526 | 1984 |
| z sup | [mm] | 30 | 556 |
| z inf | [mm] | 556 | 2540 |
| σ sup | [MPa] | -218.3 | -131.9 |
| σ inf | [MPa] | -131.9 | 194.1 |
| ψ | [-] | 0.604 | -1.472 |
| kσ | [-] | 4.957 | 36.538 |
| σ cr,p | [MPa] | 666.5 | 345.3 |
| λp | [-] | 0.730 | 1.015 |
| ρ loc | [-] | 0.998 | 0.904 |
| σ cr,c | [MPa] | 5.1 | 5.1 |
| λc | [-] | 8.341 | 8.341 |
| Φ | [-] | 36.138 | 36.138 |
| χc | [-] | 0.014 | 0.014 |
| ξ | [-] | 1.000 | 1.000 |
| ρc loc | [-] | 0.998 | 0.904 |
| bt | [mm] | 0 | 1181 |
| bc,sup | [mm] | 239 | 321 |
| bc,inf | [mm] | 287 | 482 |
| bc,eff,sup | [mm] | 239 | 290 |
| bc,eff,inf | [mm] | 286 | 435 |
| h foro | [mm] | 1 | 77 |
| z foro | [mm] | 269 | 885 |



INSTABILITÀ DEL PANNELLO D'ANIMA IRRIGIDITO

Calcolo della tensione critica di piastra e del coefficiente di instabilità a piastra del pannello irrigidito

| Irrig. σ < 0 | ID | 1 |
|--------------|--------------------|---------------|
| A sl | [mm ²] | 11964 |
| J sl | [mm ⁴] | 40178705 |
| b1 | [mm] | 526 |
| b2 | [mm] | 1984 |
| a c | [mm] | 6874 |
| σ cr,p,sl | [MPa] | 977.3 |
| σ cr,p | [MPa] | 1617.8 |
| σ cr,p,min | [MPa] | 1617.8 |
| β A,c | [-] | 0.963 |
| λp | [-] | 0.460 |
| ψ | [-] | -0.889 |
| ρ | [-] | 1.000 |

Calcolo della tensione critica di colonna e del coefficiente di instabilità a colonna del pannello irrigidito

| Irrig. σmax | ID | 1 |
|-------------|-------|---------------|
| σ cr,c,sl | [MPa] | 954.8 |
| σ cr,c | [MPa] | 1580.5 |
| α e | [-] | 0.617 |
| λc | [-] | 0.465 |
| Φ | [-] | 0.690 |
| χc | [-] | 0.834 |

Influenza dell'instabilità a colonna sul comportamento post-critico. Interazione tra instabilità di piastra e di colonna

| | | |
|-----|-----|--------------|
| ξ | [-] | 0.024 |
| ρ c | [-] | 0.841 |

INSTABILITÀ LOCALE DELLE PIATTABANDE

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | |
|----------|------|---------|---------|---------|---------|---------------------------------|
| t | [mm] | 30 | 30 | 60 | 60 | Spessore piattabanda |
| b | [mm] | 368 | 368 | 493 | 493 | Larghezza piattabanda |
| λp | [-] | - | - | - | - | Snellezza adimensionale per Ψ=1 |

| | | | |
|--|--|---|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 10 |
| | | Codifica | |
| | | EI2CLVI0005006 | |
| | | C | |

| ρ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente riduttivo per instabilità locale | | | | | | |
|---|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|--------------|--------------|-----------|--------|-------|----------|
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING) | | | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | | | |
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 | | | |
| zG | [mm] | 1693 | 928 | 473 | 473 | 473 | 912 | 928 | 473 | | | |
| A | [mm ²] | 118171 | 197360 | 328050 | 328050 | 328050 | 200183 | 197360 | 328050 | | | |
| A n | [mm ²] | 1.18E+20 | 3.42E+06 | 2.07E+06 | 2.07E+06 | 2.07E+06 | 3.34E+06 | 3.42E+06 | 2.07E+06 | | | |
| J | [mm ⁴] | 1.35E+11 | 3.08E+11 | 4.11E+11 | 4.11E+11 | 4.11E+11 | 3.11E+11 | 3.08E+11 | 4.11E+11 | | | |
| W sol,s | [mm ³] | - | -4.08E+09 | -3.04E+09 | -3.04E+09 | -3.04E+09 | -4.03E+09 | -4.08E+09 | -3.04E+09 | | | |
| W arm,s | [mm ³] | - | -2.49E+08 | -5.28E+08 | -5.28E+08 | -5.28E+08 | -2.55E+08 | -2.49E+08 | -5.28E+08 | | | |
| W pb,s | [mm ³] | -7.95E+07 | -3.31E+08 | -8.69E+08 | -8.69E+08 | -8.69E+08 | -3.41E+08 | -3.31E+08 | -8.69E+08 | | | |
| W an,s | [mm ³] | -8.10E+07 | -3.42E+08 | -9.28E+08 | -9.28E+08 | -9.28E+08 | -3.53E+08 | -3.42E+08 | -9.28E+08 | | | |
| W an,i | [mm ³] | 1.59E+08 | 1.91E+08 | 1.99E+08 | 1.99E+08 | 1.99E+08 | 1.91E+08 | 1.91E+08 | 1.99E+08 | | | |
| W pb,i | [mm ³] | 1.49E+08 | 1.84E+08 | 1.93E+08 | 1.93E+08 | 1.93E+08 | 1.84E+08 | 1.84E+08 | 1.93E+08 | | | |
| Δ baricentro | [mm] | 27 | 5 | -1 | -1 | -1 | 5 | 5 | -1 | | | |
| TENSIONI NORMALI - VERIFICA | | | | | | | | | | | | |
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | Ed | Rd | $\eta 1$ |
| σ sol,s | [MPa] | 0.0 | -3.6 | -4.1 | 0.1 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | -6.3 | 21.3 | 0.30 |
| σ arm,s | [MPa] | 0.0 | -59.4 | -23.7 | 0.5 | 9.5 | -50.0 | 0.0 | 0.0 | -123.1 | 391.3 | 0.31 |
| σ pb,s | [MPa] | -127.9 | -45.3 | -15.4 | 0.7 | 8.4 | -44.1 | 0.0 | 0.0 | -223.6 | 338.1 | 0.66 |
| σ an,s | [MPa] | -125.6 | -44.0 | -14.6 | 0.7 | 8.3 | -43.5 | 0.0 | 0.0 | -218.7 | 338.1 | 0.65 |
| σ an,i | [MPa] | 63.5 | 71.0 | 53.1 | 2.4 | -0.7 | 4.7 | 0.0 | 0.0 | 194.0 | 338.1 | 0.57 |
| σ pb,i | [MPa] | 68.0 | 73.8 | 54.7 | 2.5 | -0.9 | 5.8 | 0.0 | 0.0 | 203.9 | 319.0 | 0.64 |
| Tasso di sfruttamento $\eta 1$ | | | | | | | | | | | | |
| $\eta 1$ | [-] | 0.66 | | | | | | | | | | |

| VERIFICA SLU A TAGLIO | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|------------|------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <i>Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima</i> | | | | | | | | | | | | |
| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | | | | | | | | |
| bw | [mm] | 2510 | 526 | 1984 | Altezza pannello d'anima | | | | | | | |
| t | [mm] | 14 | 14 | 14 | Spessore pannello d'anima | | | | | | | |
| a | [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi | | | | | | | |
| η | [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 | | | | | | | |
| bw / t | [-] | 179.3 | 37.6 | 141.7 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima | | | | | | | |
| κt | [-] | 14.07 | 5.49 | 7.50 | Coefficiente di imbozzamento a taglio | | | | | | | |
| Lim. Verifica | [-] | 78.8 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica | | | | | | | |
| Nec. Verifica | [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? | | | | | | | |
| σE | [Mpa] | 5.9 | - | 9.5 | Tensione critica Euleriana | | | | | | | |
| τcr | [Mpa] | 83.1 | - | 70.9 | Tensione tangenziale critica | | | | | | | |
| λw | [-] | 1.571 | - | 1.701 | Snellezza adimensionale | | | | | | | |
| end post | [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio | | | | | | | |
| Xw | [mm] | 0.528 | | | Coefficiente di instabilità a taglio | | | | | | | |
| Vbw,Rd | [kN] | 3459 | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio | | | | | | | |
| <i>Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande</i> | | | | | | | | | | | | |
| A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande | | | | | | | | | | | | |
| <i>Verifica a taglio</i> | | | | | | | | | | | | |
| Ved | [kN] | -1277 | | | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) | | | | | | | |
| Vb,rd | [kN] | 3459 | | | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 | | | | | | | |
| Vc,rd | [kN] | 6859 | | | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 | | | | | | | |
| Tasso di sfruttamento $\eta 3$ | | | | | | | | | | | | |
| $\eta 3$ | [-] | 0.37 | | | | | | | | | | |

| VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta 1$, per cui $\eta 1^* = \eta 1$. | | | | | | | | | | | | |
| Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta 3^* = \eta 3$ | | | | | | | | | | | | |
| Mf,Rd | [kNm] | 19436 | | | Momento resistente dato dalle sole flange | | | | | | | |
| Mel,Rd | [kNm] | 60615 | | | Momento resistente elastico della sezione | | | | | | | |
| Med / Mf,Rd | [-] | 2.06 | | | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange | | | | | | | |
| $\eta 3^*$ | [-] | 0.37 | | | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima | | | | | | | |
| Nec. Interaz. | [-] | NO | | | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? | | | | | | | |
| $\eta 1^*$ | [-] | 0.66 | | | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione | | | | | | | |
| Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento ηVM | | | | | | | | | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

η_{VM} [-] **0.66**

TRAVE n°2 – n3 MASSIMO

TR.2 - sez.25 - Combinazione n°20 (Tempo zero)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | $\epsilon 2$ | $\epsilon 4$ | E | TOT |
| Ned | [kN] | 13 | 500 | -113 | 87 | -1599 | 0 | 0 | 0 | -1113 |
| Med | [kNm] | 10054 | 12422 | 10167 | 115 | 1340 | 0 | 0 | 0 | 34096 |
| Ved | [kN] | -241 | -258 | -1163 | -3 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1665 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ϵ sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.50E-05 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse le tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni

| | | | |
|----------------|-------|-----------------|---|
| σ sol,s | [Mpa] | -11.1 | Tensione su lembo superiore soletta. |
| σ sol,i | [Mpa] | -7.7 | Tensione su lembo inferiore soletta. |
| Soletta | [-] | Non Fess | Soletta non fessurata/fessurata/parzializzata |

EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE

Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta \cdot k \cdot A_c$, eff dove $k = b_{lorda} / L_e$

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
|-----------------|-----|---------|---------|---------|---------|
| β | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $\beta \cdot k$ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2008-§4.2.3.1)

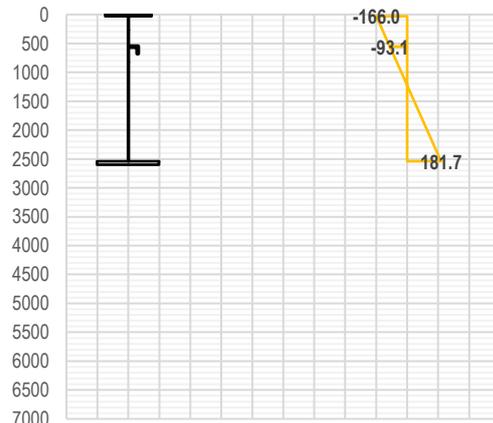
Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|----------------|-------|----------|--------|-------|
| σ sup | [MPa] | -162.5 | -166.7 | 190.4 |
| σ inf | [Mpa] | 182.1 | -166.7 | 190.4 |
| ϵ | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.838 |
| ψ | [-] | -1.121 | - | - |
| k | [-] | 1.442 | - | - |
| c int / t | [-] | 179.3 | 12.3 | 16.4 |
| c est / t | [-] | - | 12.3 | 16.4 |
| limite cl. 3 | [-] | 163.3 | - | - |
| Classe pan. | [-] | 4 | 1 | 1 |
| Classe sezione | [-] | 4 | | |

Tensione al lembo superiore (sinistro per le pb) del pannello
Tensione al lembo inferiore (destra per le pb) del pannello
Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$
Rapporto $\sigma_{max} / \sigma_{min}$
Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$
Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno)
Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno)
Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4
Classe del pannello (se <3 assunta come classe 3)
Classe della sezione

INSTABILITA' LOCALE DEI SOTTOPANNELLI D'ANIMA. CALCOLO DELLE PORZIONI EFFICACI

| Pannello | ID | 1 | 2 |
|-----------------|-------|--------------|--------------|
| t | [mm] | 14 | 14 |
| a | [mm] | 2700 | 2700 |
| b | [mm] | 526 | 1984 |
| z sup | [mm] | 30 | 556 |
| z inf | [mm] | 556 | 2540 |
| σ sup | [MPa] | -166.0 | -93.1 |
| σ inf | [MPa] | -93.1 | 181.7 |
| ψ | [-] | 0.561 | -1.952 |
| $k\sigma$ | [-] | 5.090 | 52.121 |
| $\sigma_{cr,p}$ | [MPa] | 684.4 | 492.6 |
| λ_p | [-] | 0.721 | 0.850 |
| ρ_{loc} | [-] | 1.000 | 1.000 |
| $\sigma_{cr,c}$ | [MPa] | 5.1 | 5.1 |
| λ_c | [-] | 8.341 | 8.341 |
| Φ | [-] | 36.138 | 36.138 |
| χ_c | [-] | 0.014 | 0.014 |
| ξ | [-] | 1.000 | 1.000 |
| $\rho_{c,loc}$ | [-] | 1.000 | 1.000 |
| bt | [mm] | 0 | 1312 |
| bc,sup | [mm] | 237 | 269 |



| | | | | | | | |
|--------------------|--|--|--|-------------------|---|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | ALTA SORVEGLIANZA |  | | |
| | | | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | |
|------------|------|-----|-----|
| bc,inf | [mm] | 289 | 403 |
| bc,eff,sup | [mm] | 237 | 269 |
| bc,eff,inf | [mm] | 289 | 403 |
| h foro | [mm] | 0 | 0 |
| z foro | [mm] | 267 | 825 |

INSTABILITÀ DEL PANNELLO D'ANIMA IRRIGIDITO

Calcolo della tensione critica di piastra e del coefficiente di instabilità a piastra del pannello irrigidito

| | | |
|---------------------|--------------------|---------------|
| Irrig. $\sigma < 0$ | ID | 1 |
| A sl | [mm ²] | 11266 |
| J sl | [mm ⁴] | 39347443 |
| b1 | [mm] | 526 |
| b2 | [mm] | 1984 |
| a c | [mm] | 6839 |
| $\sigma_{cr,p,sl}$ | [MPa] | 1016.9 |
| $\sigma_{cr,p}$ | [MPa] | 1812.9 |
| $\sigma_{cr,p,min}$ | [MPa] | 1812.9 |
| $\beta_{A,c}$ | [-] | 1.000 |
| λ_p | [-] | 0.443 |
| ψ | [-] | -1.095 |
| ρ | [-] | 1.000 |

Calcolo della tensione critica di colonna e del coefficiente di instabilità a colonna del pannello irrigidito

| | | |
|-----------------------|-------|---------------|
| Irrig. σ_{max} | ID | 1 |
| $\sigma_{cr,c,sl}$ | [MPa] | 993.0 |
| $\sigma_{cr,c}$ | [MPa] | 1770.3 |
| α_e | [-] | 0.611 |
| λ_c | [-] | 0.448 |
| Φ | [-] | 0.676 |
| χ_c | [-] | 0.846 |

Influenza dell'instabilità a colonna sul comportamento post-critico. Interazione tra instabilità di piastra e di colonna

| | | |
|----------|-----|--------------|
| ξ | [-] | 0.024 |
| ρ_c | [-] | 0.853 |

INSTABILITÀ LOCALE DELLE PIATTABANDE

| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est | |
|-------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| t | [mm] | 30 | 30 | 60 | 60 | Spessore piattabanda |
| b | [mm] | 368 | 368 | 493 | 493 | Larghezza piattabanda |
| λ_p | [-] | - | - | - | - | Snellezza adimensionale per $\Psi=1$ |
| ρ | [-] | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | Coefficiente riduttivo per instabilità locale |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E |
|---------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| n | [-] | 1E+15 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1684 | 640 | 640 | 640 | 640 | 640 | 640 |
| A | [mm ²] | 119440 | 265559 | 265559 | 265559 | 265559 | 265559 | 265559 |
| A n | [mm ²] | 1.19E+20 | 1.67E+06 | 1.67E+06 | 1.67E+06 | 1.67E+06 | 1.67E+06 | 1.67E+06 |
| J | [mm ⁴] | 1.36E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 | 3.73E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 | -2.31E+09 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 | -3.95E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -8.05E+07 | -5.84E+08 | -5.84E+08 | -5.84E+08 | -5.84E+08 | -5.84E+08 | -5.84E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -8.20E+07 | -6.12E+08 | -6.12E+08 | -6.12E+08 | -6.12E+08 | -6.12E+08 | -6.12E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 1.58E+08 | 1.97E+08 | 1.97E+08 | 1.97E+08 | 1.97E+08 | 1.97E+08 | 1.97E+08 |
| W pb,i | [mm ³] | 1.48E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 | 1.90E+08 |
| Δ baricentro | [mm] | 18 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

TENSIONI NORMALI - VERIFICA

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ϵ_2 | ϵ_4 | E | Ed | Rd | η_1 |
|------------------|-------|--------|-------|-------|-----|--------------|--------------|-----|--------|-------|----------|
| $\sigma_{sol,s}$ | [MPa] | 0.0 | -5.1 | -4.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -9.6 | 21.3 | 0.45 |
| $\sigma_{arm,s}$ | [MPa] | 0.0 | -29.6 | -26.2 | 0.0 | -9.4 | 0.0 | 0.0 | -65.2 | 391.3 | 0.17 |
| $\sigma_{pb,s}$ | [MPa] | -124.8 | -19.4 | -17.8 | 0.1 | -8.3 | 0.0 | 0.0 | -170.2 | 338.1 | 0.50 |
| $\sigma_{an,s}$ | [MPa] | -122.5 | -18.4 | -17.0 | 0.1 | -8.2 | 0.0 | 0.0 | -166.0 | 338.1 | 0.49 |
| $\sigma_{an,i}$ | [MPa] | 63.6 | 65.1 | 51.3 | 0.9 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 181.7 | 338.1 | 0.54 |
| $\sigma_{pb,i}$ | [MPa] | 68.1 | 67.1 | 52.9 | 0.9 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 190.0 | 319.0 | 0.60 |

Tasso di sfruttamento η_1

| | | |
|----------|-----|-------------|
| η_1 | [-] | 0.60 |
|----------|-----|-------------|

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

VERIFICA SLU A TAGLIO

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | 1 | 2 | |
|---------------|-------|------------|------|-------|--|
| bw | [mm] | 2510 | 526 | 1984 | Altezza pannello d'anima |
| t | [mm] | 14 | 14 | 14 | Spessore pannello d'anima |
| a | [mm] | 2700 | 2700 | 2700 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η | [-] | 1.20 | 1.20 | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2009 |
| bw / t | [-] | 179.3 | 37.6 | 141.7 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| κt | [-] | 14.07 | 5.49 | 7.50 | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica | [-] | 78.8 | 48.8 | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica | [-] | SI | NO | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σE | [Mpa] | 5.9 | - | 9.5 | Tensione critica Euleriana |
| τ_{cr} | [Mpa] | 83.1 | - | 70.9 | Tensione tangenziale critica |
| λw | [-] | 1.571 | - | 1.701 | Snellezza adimensionale |
| end post | [-] | Non rigidi | | | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw | [mm] | 0.528 | | | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd | [kN] | 3459 | | | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

| | | | | | |
|-------|------|-------|--|--|--|
| Ved | [kN] | -1665 | | | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd | [kN] | 3459 | | | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd | [kN] | 6859 | | | Resistenza a taglio NTC2008 §4.2.4.1.2.4 |

Tasso di sfruttamento η_3

| | | |
|----------|-----|------|
| η_3 | [-] | 0.48 |
|----------|-----|------|

VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO

A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$.

Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$

| | | | | | |
|------------------|-------|-------|--|--|---|
| $M_{f,Rd}$ | [kNm] | 19436 | | | Momento resistente dato dalle sole flange |
| $M_{el,Rd}$ | [kNm] | 57240 | | | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / $M_{f,Rd}$ | [-] | 1.75 | | | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η_3^* | [-] | 0.48 | | | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. | [-] | NO | | | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η_1^* | [-] | 0.60 | | | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |

Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η_{VM}

| | | |
|-------------|-----|------|
| η_{VM} | [-] | 0.60 |
|-------------|-----|------|

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

ALLEGATO C VERIFICHE SLE DELLE TRAVI DI IMPALCATO - VERIFICHE IN FORMA ESTESA E TABULATI DI VERIFICA

Si riportano, in formato tabulare, i risultati delle verifiche SLE delle travi miste di impalcato e dei pioli.

Nelle tabelle, accanto al valore del massimo della tensione o della fessura, si riporta la corrispondente combinazione per la quale si è ottenuto.

Per le armature si fa riferimento all'allineamento superiore, in quanto maggiormente sollecitato.

Si indica con $\sigma_{arm,s}$, σ_{sol} e W_k , rispettivamente, la tensione sull'armatura superiore, la tensione sulla fibra superiore della soletta in calcestruzzo e la dimensione dell'apertura delle fessure.

Con σ_{id} si indica la tensione ideale nell'acciaio utilizzata per la verifica secondo il criterio di Von Mises.

Le verifiche dei pioli sono espresse in termini di tasso di sfruttamento. La verifica è soddisfatta se tale valore risulta minore del 60%.

Per l'individuazione della sezione e per le sue caratteristiche geometriche si rimanda al capitolo 8.

Per la descrizione delle combinazioni si rimanda all'Allegato A.

Per la descrizione delle modalità di verifica e per i risultati delle verifiche in forma grafica si rimanda al capitolo 9.

TRAVE n°1

| VERIFICA SLE-RARA: CONTROLLO TENSIONALE SU ANIMA E PIATTABANDE (Von Mises) | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| Sezione | Piattabanda sup. | | Anima - fibra sup. | | Anima - fibra inf. | | Piattabanda inf | |
| | $\sigma_{id,pb,s} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,an,s} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,an,i} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,pb,i} / f_{yk}$ | comb. |
| TR.1-1 | -0.13 | 69 | 0.13 | 69 | 0.03 | 69 | 0.04 | 69 |
| TR.1-2 | -0.13 | 69 | 0.13 | 70 | 0.03 | 70 | 0.04 | 69 |
| TR.1-3 | -0.13 | 70 | 0.33 | 64 | 0.32 | 64 | 0.04 | 41 |
| TR.1-4 | -0.18 | 40 | 0.35 | 40 | 0.33 | 56 | 0.14 | 37 |
| TR.1-5 | -0.18 | 41 | 0.34 | 40 | 0.32 | 56 | 0.14 | 37 |
| TR.1-6 | -0.24 | 37 | 0.37 | 40 | 0.37 | 40 | 0.24 | 37 |
| TR.1-7 | -0.24 | 41 | 0.35 | 40 | 0.35 | 40 | 0.24 | 37 |
| TR.1-8 | -0.29 | 41 | 0.38 | 40 | 0.41 | 37 | 0.33 | 37 |
| TR.1-9 | -0.29 | 41 | 0.37 | 40 | 0.40 | 37 | 0.33 | 37 |
| TR.1-10 | -0.33 | 41 | 0.40 | 40 | 0.47 | 37 | 0.41 | 37 |
| TR.1-11 | -0.33 | 41 | 0.39 | 40 | 0.46 | 37 | 0.41 | 37 |
| TR.1-12 | -0.37 | 41 | 0.42 | 40 | 0.52 | 37 | 0.48 | 37 |
| TR.1-13 | -0.35 | 41 | 0.41 | 40 | 0.40 | 37 | 0.37 | 37 |
| TR.1-14 | -0.38 | 41 | 0.43 | 40 | 0.44 | 37 | 0.42 | 37 |
| TR.1-15 | -0.38 | 41 | 0.42 | 40 | 0.43 | 37 | 0.42 | 37 |
| TR.1-16 | -0.41 | 41 | 0.44 | 40 | 0.46 | 37 | 0.46 | 37 |
| TR.1-17 | -0.41 | 41 | 0.44 | 44 | 0.45 | 37 | 0.46 | 37 |
| TR.1-18 | -0.44 | 41 | 0.46 | 44 | 0.49 | 37 | 0.50 | 37 |
| TR.1-19 | -0.44 | 41 | 0.45 | 44 | 0.48 | 37 | 0.50 | 37 |
| TR.1-20 | -0.46 | 41 | 0.47 | 41 | 0.50 | 37 | 0.53 | 37 |
| TR.1-21 | -0.46 | 41 | 0.46 | 41 | 0.50 | 37 | 0.53 | 37 |
| TR.1-22 | -0.48 | 41 | 0.48 | 41 | 0.52 | 37 | 0.56 | 37 |
| TR.1-23 | -0.48 | 41 | 0.47 | 41 | 0.51 | 37 | 0.56 | 37 |
| TR.1-24 | -0.49 | 41 | 0.48 | 41 | 0.53 | 37 | 0.58 | 37 |

| | | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| VERIFICA SLE-RARA: CONTROLLO TENSIONALE SU ANIMA E PIATTABANDE (Von Mises) | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| Sezione | Piattabanda sup. | | Anima - fibra sup. | | Anima - fibra inf. | | Piattabanda inf | | comb. |
| | $\sigma_{id,pb,s} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,an,s} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,an,i} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,pb,i} / f_{yk}$ | comb. | |
| TR.1-25 | -0.51 | 41 | 0.50 | 41 | 0.47 | 37 | 0.52 | 37 | |
| TR.1-26 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.1-27 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.1-28 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.49 | 37 | 0.54 | 37 | |
| TR.1-29 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.54 | 37 | |
| TR.1-30 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.49 | 37 | 0.54 | 37 | |
| TR.1-31 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.49 | 37 | 0.54 | 37 | |
| TR.1-32 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.54 | 37 | |
| TR.1-33 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.49 | 37 | 0.54 | 37 | |
| TR.1-34 | -0.51 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.1-35 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.1-36 | -0.50 | 41 | 0.50 | 41 | 0.47 | 37 | 0.51 | 37 | |
| TR.1-37 | -0.49 | 41 | 0.49 | 41 | 0.53 | 37 | 0.57 | 37 | |
| TR.1-38 | -0.48 | 41 | 0.47 | 41 | 0.51 | 37 | 0.55 | 37 | |
| TR.1-39 | -0.48 | 41 | 0.48 | 41 | 0.52 | 37 | 0.55 | 37 | |
| TR.1-40 | -0.46 | 41 | 0.46 | 41 | 0.49 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.1-41 | -0.46 | 41 | 0.47 | 41 | 0.50 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.1-42 | -0.44 | 41 | 0.45 | 41 | 0.47 | 37 | 0.49 | 37 | |
| TR.1-43 | -0.44 | 41 | 0.46 | 43 | 0.48 | 37 | 0.49 | 37 | |
| TR.1-44 | -0.41 | 41 | 0.44 | 43 | 0.45 | 37 | 0.45 | 37 | |
| TR.1-45 | -0.41 | 41 | 0.44 | 39 | 0.45 | 37 | 0.45 | 37 | |
| TR.1-46 | -0.38 | 41 | 0.42 | 43 | 0.42 | 37 | 0.41 | 37 | |
| TR.1-47 | -0.38 | 41 | 0.43 | 39 | 0.43 | 37 | 0.41 | 37 | |
| TR.1-48 | -0.35 | 41 | 0.41 | 39 | 0.40 | 37 | 0.36 | 37 | |
| TR.1-49 | -0.37 | 41 | 0.42 | 39 | 0.51 | 37 | 0.47 | 37 | |
| TR.1-50 | -0.33 | 41 | 0.39 | 39 | 0.45 | 37 | 0.40 | 37 | |
| TR.1-51 | -0.33 | 41 | 0.40 | 39 | 0.46 | 37 | 0.40 | 37 | |
| TR.1-52 | -0.29 | 41 | 0.37 | 39 | 0.39 | 37 | 0.32 | 37 | |
| TR.1-53 | -0.29 | 41 | 0.38 | 39 | 0.40 | 37 | 0.32 | 37 | |
| TR.1-54 | -0.24 | 41 | 0.35 | 39 | 0.34 | 39 | 0.23 | 37 | |
| TR.1-55 | -0.24 | 37 | 0.36 | 39 | 0.36 | 39 | 0.23 | 37 | |
| TR.1-56 | -0.18 | 41 | 0.33 | 39 | 0.31 | 63 | 0.14 | 37 | |
| TR.1-57 | -0.18 | 69 | 0.34 | 39 | 0.33 | 63 | 0.14 | 37 | |
| TR.1-58 | -0.13 | 70 | 0.32 | 63 | 0.31 | 63 | 0.04 | 37 | |
| TR.1-59 | -0.13 | 69 | 0.13 | 70 | 0.03 | 70 | 0.04 | 69 | |
| TR.1-60 | -0.13 | 69 | 0.13 | 69 | 0.03 | 69 | 0.04 | 69 | |

Tabella 57 – Controllo tensionale sulla carpenteria metallica per SLE. Trave n°1

| VERIFICHE SLE IN SOLETTA: LIMITAZIONE TENSIONALE E APERTURA DELLE FESSURE (effetti globali) | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------|----------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|---------------------|-------|
| Sezione | Tens. Acciaio armature [Mpa] - Rara | | | | Tens. cls [Mpa] - Rara | | Tens. cls [Mpa] - Q.P. | | Fessure [mm] - Rara | |
| | $\sigma_{arm,s,max}$ | comb. | $\sigma_{arm,s,min}$ | comb. | $\sigma_{sol,s}$ | comb. | $\sigma_{sol,s}$ | comb. | wk,max | comb. |
| TR.1-1 | 23.20 | 61 | -54.22 | 69 | -0.06 | 53 | -0.06 | 111 | 0.12 | 97 |
| TR.1-2 | 23.21 | 66 | -54.22 | 69 | -0.06 | 53 | -0.06 | 111 | 0.12 | 102 |
| TR.1-3 | 25.94 | 62 | -54.05 | 70 | -0.09 | 57 | -0.06 | 111 | 0.13 | 98 |
| TR.1-4 | 9.54 | 66 | -59.26 | 37 | -1.38 | 53 | -0.62 | 113 | 0.08 | 102 |
| TR.1-5 | 8.16 | 66 | -59.89 | 41 | -1.41 | 53 | -0.62 | 111 | 0.07 | 102 |
| TR.1-6 | -6.34 | 66 | -70.39 | 37 | -2.69 | 53 | -1.46 | 112 | 0.03 | 102 |
| TR.1-7 | -5.10 | 66 | -70.89 | 41 | -2.71 | 53 | -1.39 | 112 | 0.03 | 102 |
| TR.1-8 | -1.26 | 66 | -79.05 | 37 | -3.77 | 53 | -1.60 | 113 | 0.00 | - |
| TR.1-9 | -1.49 | 62 | -79.46 | 41 | -3.80 | 57 | -1.61 | 111 | 0.00 | - |
| TR.1-10 | -3.38 | 66 | -86.87 | 37 | -4.77 | 53 | -2.00 | 113 | 0.00 | - |
| TR.1-11 | -3.43 | 62 | -87.25 | 41 | -4.80 | 57 | -2.02 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-12 | -5.41 | 62 | -93.85 | 41 | -5.63 | 57 | -2.36 | 115 | 0.00 | - |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| VERIFICHE SLE IN SOLETTA: LIMITAZIONE TENSIONALE E APERTURA DELLE FESSURE (effetti globali) | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------|--------------------|-------|-----------------------|-------|------------------------|-------|---------------------|-------|
| Sezione | Tens. Acciaio armature [Mpa] - Rara | | | | Tens. cls [Mpa]- Rara | | Tens. cls [Mpa] - Q.P. | | Fessure [mm] - Rara | |
| | σ arm,s, max | comb. | σ arm,s,min | comb. | σ sol,s | comb. | σ sol,s | comb. | wk,max | comb. |
| TR.1-13 | -4.64 | 62 | -89.49 | 41 | -5.13 | 57 | -2.17 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-14 | -6.25 | 62 | -94.89 | 41 | -5.80 | 57 | -2.44 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-15 | -6.30 | 62 | -95.15 | 41 | -5.84 | 57 | -2.47 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-16 | -7.82 | 62 | -99.70 | 41 | -6.39 | 57 | -2.70 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-17 | -7.82 | 62 | -100.01 | 41 | -6.44 | 57 | -2.72 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-18 | -9.24 | 62 | -104.15 | 41 | -6.93 | 57 | -2.94 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-19 | -9.32 | 62 | -104.29 | 41 | -6.95 | 57 | -2.96 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-20 | -10.41 | 62 | -107.82 | 41 | -7.36 | 57 | -3.14 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-21 | -10.47 | 62 | -107.98 | 41 | -7.39 | 57 | -3.15 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-22 | -11.37 | 62 | -110.93 | 41 | -7.74 | 57 | -3.30 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-23 | -11.42 | 62 | -111.05 | 41 | -7.76 | 57 | -3.31 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-24 | -12.15 | 62 | -113.22 | 41 | -8.01 | 57 | -3.43 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-25 | -11.69 | 62 | -113.00 | 41 | -7.80 | 57 | -3.35 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-26 | -12.23 | 62 | -114.58 | 41 | -7.98 | 57 | -3.43 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-27 | -12.24 | 62 | -114.66 | 41 | -7.99 | 57 | -3.44 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-28 | -12.59 | 62 | -115.49 | 41 | -8.08 | 57 | -3.48 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-29 | -12.57 | 62 | -115.55 | 41 | -8.09 | 57 | -3.49 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-30 | -12.86 | 62 | -115.84 | 41 | -8.12 | 57 | -3.50 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-31 | -12.82 | 62 | -115.88 | 41 | -8.13 | 57 | -3.50 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-32 | -12.85 | 62 | -115.40 | 41 | -8.07 | 57 | -3.49 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-33 | -12.78 | 62 | -115.41 | 41 | -8.07 | 57 | -3.48 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-34 | -12.62 | 62 | -114.39 | 41 | -7.95 | 57 | -3.43 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-35 | -12.51 | 62 | -114.39 | 41 | -7.95 | 57 | -3.43 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-36 | -12.18 | 62 | -112.63 | 41 | -7.73 | 57 | -3.35 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-37 | -12.55 | 62 | -112.90 | 41 | -7.95 | 57 | -3.43 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-38 | -12.01 | 62 | -110.55 | 41 | -7.67 | 57 | -3.31 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-39 | -11.87 | 62 | -110.49 | 41 | -7.66 | 57 | -3.30 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-40 | -11.14 | 62 | -107.38 | 41 | -7.28 | 57 | -3.15 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-41 | -11.11 | 62 | -107.28 | 41 | -7.27 | 57 | -3.14 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-42 | -10.19 | 62 | -103.60 | 41 | -6.82 | 57 | -2.95 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-43 | -9.98 | 62 | -103.51 | 41 | -6.81 | 57 | -2.93 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-44 | -8.69 | 62 | -99.16 | 41 | -6.28 | 57 | -2.72 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-45 | -8.69 | 62 | -98.91 | 41 | -6.25 | 57 | -2.70 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-46 | -7.07 | 62 | -94.31 | 41 | -5.68 | 57 | -2.46 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-47 | -6.91 | 62 | -94.10 | 41 | -5.66 | 57 | -2.44 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-48 | -5.37 | 62 | -88.64 | 41 | -4.98 | 57 | -2.17 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-49 | -6.16 | 62 | -92.90 | 41 | -5.45 | 57 | -2.36 | 115 | 0.00 | - |
| TR.1-50 | -4.21 | 62 | -86.26 | 41 | -4.62 | 57 | -2.02 | 115 | 0.00 | 100 |
| TR.1-51 | -4.01 | 66 | -86.00 | 37 | -4.62 | 53 | -2.01 | 113 | 0.00 | - |
| TR.1-52 | -2.02 | 62 | -78.59 | 41 | -3.65 | 57 | -1.61 | 111 | 0.00 | - |
| TR.1-53 | -1.71 | 66 | -78.26 | 37 | -3.63 | 53 | -1.60 | 113 | 0.00 | - |
| TR.1-54 | -1.52 | 68 | -70.21 | 41 | -2.59 | 53 | -1.39 | 112 | 0.02 | 102 |
| TR.1-55 | -7.56 | 67 | -69.83 | 37 | -2.59 | 53 | -1.46 | 112 | 0.02 | 102 |
| TR.1-56 | 6.87 | 66 | -59.56 | 41 | -1.35 | 53 | -0.62 | 111 | 0.07 | 102 |
| TR.1-57 | 8.83 | 66 | -59.03 | 37 | -1.33 | 53 | -0.62 | 113 | 0.07 | 102 |
| TR.1-58 | 25.40 | 62 | -54.05 | 70 | -0.09 | 57 | -0.06 | 111 | 0.13 | 98 |
| TR.1-59 | 23.21 | 66 | -54.22 | 69 | -0.06 | 53 | -0.06 | 111 | 0.12 | 102 |
| TR.1-60 | 23.20 | 61 | -54.22 | 69 | -0.06 | 53 | -0.06 | 111 | 0.12 | 97 |

Tabella 58 – Verifiche SLE in soletta. Trave n°1

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

| VERIFICHE SLE PIOLI | | |
|------------------------------------|--------------------|-------|
| Scorrimento sui pioli [Mpa] - Rara | | |
| Sezione | $\eta_{pioli,sle}$ | comb. |
| TR.1-1 | 0.55 | 69 |
| TR.1-2 | 0.55 | 70 |
| TR.1-3 | 0.51 | 70 |
| TR.1-4 | 0.51 | 70 |
| TR.1-5 | 0.51 | 70 |
| TR.1-6 | 0.51 | 70 |
| TR.1-7 | 0.51 | 70 |
| TR.1-8 | 0.49 | 64 |
| TR.1-9 | 0.46 | 64 |
| TR.1-10 | 0.46 | 64 |
| TR.1-11 | 0.41 | 64 |
| TR.1-12 | 0.41 | 64 |
| TR.1-13 | 0.35 | 64 |
| TR.1-14 | 0.35 | 64 |
| TR.1-15 | 0.31 | 64 |
| TR.1-16 | 0.31 | 64 |
| TR.1-17 | 0.28 | 64 |
| TR.1-18 | 0.28 | 64 |
| TR.1-19 | 0.25 | 64 |
| TR.1-20 | 0.25 | 64 |
| TR.1-21 | 0.22 | 64 |
| TR.1-22 | 0.22 | 64 |
| TR.1-23 | 0.18 | 64 |
| TR.1-24 | 0.18 | 64 |
| TR.1-25 | 0.15 | 64 |
| TR.1-26 | 0.15 | 64 |
| TR.1-27 | 0.12 | 64 |
| TR.1-28 | 0.12 | 64 |
| TR.1-29 | 0.09 | 56 |
| TR.1-30 | 0.09 | 56 |
| TR.1-31 | 0.09 | 55 |
| TR.1-32 | 0.09 | 59 |
| TR.1-33 | 0.12 | 63 |
| TR.1-34 | 0.12 | 63 |
| TR.1-35 | 0.15 | 63 |
| TR.1-36 | 0.15 | 63 |
| TR.1-37 | 0.18 | 63 |
| TR.1-38 | 0.18 | 63 |
| TR.1-39 | 0.22 | 63 |
| TR.1-40 | 0.22 | 63 |
| TR.1-41 | 0.25 | 63 |
| TR.1-42 | 0.25 | 63 |
| TR.1-43 | 0.29 | 63 |
| TR.1-44 | 0.29 | 63 |
| TR.1-45 | 0.32 | 63 |
| TR.1-46 | 0.32 | 63 |
| TR.1-47 | 0.36 | 63 |
| TR.1-48 | 0.36 | 63 |
| TR.1-49 | 0.41 | 63 |
| TR.1-50 | 0.41 | 63 |
| TR.1-51 | 0.45 | 63 |
| TR.1-52 | 0.45 | 63 |
| TR.1-53 | 0.48 | 63 |
| TR.1-54 | 0.51 | 70 |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| VERIFICHE SLE PIOLI | | |
|------------------------------------|--------------------|-------|
| Scorrimento sui pioli [Mpa] - Rara | | |
| Sezione | $\eta_{pioli,sle}$ | comb. |
| TR.1-55 | 0.51 | 70 |
| TR.1-56 | 0.51 | 70 |
| TR.1-57 | 0.51 | 70 |
| TR.1-58 | 0.51 | 70 |
| TR.1-59 | 0.55 | 70 |
| TR.1-60 | 0.55 | 69 |

Tabella 59 – Verifiche SLE dei pioli. Trave n°1

TRAVE n°2

| VERIFICA SLE-RARA: CONTROLLO TENSIONALE SU ANIMA E PIATTABANDE (Von Mises) | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| Sezione | Piattabanda sup. | | Anima - fibra sup. | | Anima - fibra inf. | | Piattabanda inf. | | comb. |
| | $\sigma_{id,pb,s} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,an,s} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,an,i} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,pb,i} / f_{yk}$ | comb. | |
| TR.2-1 | -0.12 | 69 | 0.12 | 69 | 0.03 | 69 | 0.03 | 69 | |
| TR.2-2 | -0.12 | 70 | 0.12 | 69 | 0.04 | 39 | 0.03 | 70 | |
| TR.2-3 | 0.14 | 62 | 0.37 | 40 | 0.36 | 48 | 0.19 | 65 | |
| TR.2-4 | -0.17 | 40 | 0.37 | 40 | 0.34 | 40 | 0.22 | 41 | |
| TR.2-5 | -0.17 | 44 | 0.36 | 40 | 0.33 | 40 | 0.22 | 41 | |
| TR.2-6 | -0.23 | 40 | 0.38 | 40 | 0.36 | 41 | 0.29 | 41 | |
| TR.2-7 | -0.23 | 44 | 0.37 | 40 | 0.37 | 37 | 0.28 | 41 | |
| TR.2-8 | -0.28 | 40 | 0.39 | 40 | 0.42 | 37 | 0.36 | 41 | |
| TR.2-9 | -0.28 | 44 | 0.38 | 40 | 0.42 | 37 | 0.36 | 41 | |
| TR.2-10 | -0.33 | 40 | 0.41 | 40 | 0.47 | 37 | 0.44 | 41 | |
| TR.2-11 | -0.33 | 41 | 0.40 | 40 | 0.47 | 37 | 0.43 | 41 | |
| TR.2-12 | -0.37 | 37 | 0.43 | 40 | 0.52 | 37 | 0.50 | 37 | |
| TR.2-13 | -0.34 | 41 | 0.42 | 40 | 0.40 | 37 | 0.38 | 37 | |
| TR.2-14 | -0.38 | 41 | 0.44 | 40 | 0.42 | 37 | 0.43 | 37 | |
| TR.2-15 | -0.38 | 41 | 0.43 | 40 | 0.43 | 37 | 0.43 | 37 | |
| TR.2-16 | -0.41 | 41 | 0.45 | 40 | 0.45 | 37 | 0.47 | 37 | |
| TR.2-17 | -0.41 | 41 | 0.45 | 40 | 0.45 | 37 | 0.47 | 37 | |
| TR.2-18 | -0.43 | 41 | 0.46 | 40 | 0.47 | 37 | 0.50 | 37 | |
| TR.2-19 | -0.43 | 41 | 0.46 | 40 | 0.47 | 37 | 0.50 | 37 | |
| TR.2-20 | -0.46 | 41 | 0.47 | 44 | 0.49 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.2-21 | -0.46 | 41 | 0.47 | 44 | 0.49 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.2-22 | -0.48 | 41 | 0.48 | 44 | 0.51 | 37 | 0.55 | 37 | |
| TR.2-23 | -0.47 | 41 | 0.48 | 44 | 0.51 | 37 | 0.55 | 37 | |
| TR.2-24 | -0.49 | 41 | 0.49 | 44 | 0.52 | 37 | 0.57 | 37 | |
| TR.2-25 | -0.50 | 41 | 0.51 | 44 | 0.47 | 37 | 0.51 | 37 | |
| TR.2-26 | -0.51 | 41 | 0.51 | 44 | 0.47 | 37 | 0.52 | 37 | |
| TR.2-27 | -0.51 | 41 | 0.51 | 44 | 0.48 | 37 | 0.52 | 37 | |
| TR.2-28 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.2-29 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.2-30 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.2-31 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.2-32 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.2-33 | -0.52 | 41 | 0.51 | 41 | 0.48 | 37 | 0.53 | 37 | |
| TR.2-34 | -0.51 | 41 | 0.51 | 41 | 0.47 | 37 | 0.52 | 37 | |
| TR.2-35 | -0.51 | 41 | 0.51 | 43 | 0.47 | 37 | 0.52 | 37 | |
| TR.2-36 | -0.50 | 41 | 0.51 | 43 | 0.47 | 37 | 0.51 | 37 | |
| TR.2-37 | -0.49 | 41 | 0.48 | 43 | 0.52 | 37 | 0.57 | 37 | |
| TR.2-38 | -0.48 | 41 | 0.48 | 43 | 0.51 | 37 | 0.55 | 37 | |
| TR.2-39 | -0.48 | 41 | 0.48 | 43 | 0.50 | 37 | 0.55 | 37 | |
| TR.2-40 | -0.46 | 41 | 0.47 | 43 | 0.49 | 37 | 0.52 | 37 | |

| | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| VERIFICA SLE-RARA: CONTROLLO TENSIONALE SU ANIMA E PIATTABANDE (Von Mises) | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| Sezione | Piattabanda sup. | | Anima - fibra sup. | | Anima - fibra inf. | | Piattabanda inf | | comb. |
| | $\sigma_{id,pb,s} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,an,s} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,an,i} / f_{yk}$ | comb. | $\sigma_{id,pb,i} / f_{yk}$ | comb. | |
| TR.2-41 | -0.46 | 41 | 0.47 | 43 | 0.49 | 37 | 0.52 | 37 | |
| TR.2-42 | -0.43 | 41 | 0.46 | 43 | 0.47 | 37 | 0.49 | 37 | |
| TR.2-43 | -0.44 | 41 | 0.46 | 43 | 0.46 | 37 | 0.49 | 37 | |
| TR.2-44 | -0.41 | 41 | 0.44 | 43 | 0.44 | 37 | 0.45 | 37 | |
| TR.2-45 | -0.41 | 41 | 0.44 | 43 | 0.44 | 37 | 0.45 | 37 | |
| TR.2-46 | -0.38 | 41 | 0.43 | 43 | 0.42 | 37 | 0.41 | 37 | |
| TR.2-47 | -0.38 | 41 | 0.43 | 43 | 0.42 | 39 | 0.41 | 37 | |
| TR.2-48 | -0.34 | 41 | 0.41 | 43 | 0.40 | 39 | 0.36 | 37 | |
| TR.2-49 | -0.37 | 41 | 0.42 | 43 | 0.50 | 37 | 0.47 | 37 | |
| TR.2-50 | -0.33 | 41 | 0.40 | 43 | 0.45 | 37 | 0.40 | 37 | |
| TR.2-51 | -0.33 | 41 | 0.40 | 39 | 0.45 | 39 | 0.40 | 37 | |
| TR.2-52 | -0.28 | 41 | 0.37 | 39 | 0.40 | 39 | 0.32 | 37 | |
| TR.2-53 | -0.28 | 41 | 0.38 | 39 | 0.41 | 39 | 0.32 | 37 | |
| TR.2-54 | -0.23 | 41 | 0.36 | 39 | 0.36 | 37 | 0.24 | 37 | |
| TR.2-55 | -0.23 | 41 | 0.36 | 43 | 0.36 | 39 | 0.24 | 37 | |
| TR.2-56 | -0.17 | 41 | 0.35 | 39 | 0.33 | 39 | 0.14 | 37 | |
| TR.2-57 | -0.17 | 37 | 0.35 | 39 | 0.34 | 39 | 0.14 | 37 | |
| TR.2-58 | -0.12 | 70 | 0.35 | 39 | 0.34 | 39 | 0.03 | 37 | |
| TR.2-59 | -0.12 | 70 | 0.12 | 69 | 0.04 | 40 | 0.03 | 70 | |
| TR.2-60 | -0.12 | 69 | 0.12 | 69 | 0.03 | 69 | 0.03 | 69 | |

Tabella 60 – Controllo tensionale sulla carpenteria metallica per SLE. Trave n°2

| VERIFICHE SLE IN SOLETTA: LIMITAZIONE TENSIONALE E APERTURA DELLE FESSURE (effetti globali) | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------|----------------------|-------|-----------------------|-------|------------------------|-------|---------------------|-------|
| Sezione | Tens. Acciaio armature [Mpa] - Rara | | | | Tens. cls [Mpa]- Rara | | Tens. cls [Mpa] - Q.P. | | Fessure [mm] - Rara | |
| | $\sigma_{arm,s,max}$ | comb. | $\sigma_{arm,s,min}$ | comb. | $\sigma_{sol,s}$ | comb. | $\sigma_{sol,s}$ | comb. | wk,max | comb. |
| TR.2-1 | 18.69 | 61 | -48.46 | 69 | 0.00 | - | 0.00 | - | 0.10 | 97 |
| TR.2-2 | 21.79 | 62 | -48.47 | 70 | -0.01 | 57 | 0.00 | - | 0.10 | 98 |
| TR.2-3 | 61.34 | 62 | -48.17 | 41 | -0.92 | 57 | 0.00 | - | 0.17 | 98 |
| TR.2-4 | 28.10 | 62 | -57.85 | 41 | -1.91 | 65 | -0.58 | 115 | 0.09 | 98 |
| TR.2-5 | 30.15 | 62 | -57.05 | 41 | -1.87 | 65 | -0.56 | 115 | 0.10 | 98 |
| TR.2-6 | 6.81 | 62 | -68.96 | 41 | -2.90 | 65 | -1.30 | 112 | 0.05 | 98 |
| TR.2-7 | 7.25 | 62 | -69.14 | 41 | -2.94 | 57 | -1.36 | 112 | 0.05 | 98 |
| TR.2-8 | -1.42 | 66 | -79.15 | 37 | -4.09 | 57 | -1.59 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-9 | -1.07 | 62 | -78.47 | 41 | -4.01 | 57 | -1.58 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-10 | -4.15 | 66 | -87.34 | 37 | -5.02 | 53 | -2.03 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-11 | -3.92 | 62 | -86.86 | 41 | -4.97 | 57 | -2.01 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-12 | -6.54 | 66 | -95.03 | 37 | -5.94 | 53 | -2.43 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-13 | -5.54 | 62 | -88.35 | 41 | -5.18 | 65 | -2.14 | 116 | 0.00 | - |
| TR.2-14 | -7.71 | 66 | -94.82 | 37 | -5.94 | 53 | -2.49 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-15 | -7.49 | 62 | -94.36 | 41 | -5.87 | 57 | -2.46 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-16 | -9.35 | 66 | -100.17 | 37 | -6.56 | 53 | -2.77 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-17 | -9.19 | 62 | -99.78 | 41 | -6.50 | 57 | -2.75 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-18 | -10.84 | 66 | -104.66 | 37 | -7.08 | 53 | -3.01 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-19 | -10.66 | 62 | -104.28 | 41 | -7.02 | 57 | -3.00 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-20 | -12.03 | 62 | -108.52 | 41 | -7.53 | 53 | -3.22 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-21 | -11.91 | 62 | -108.23 | 41 | -7.48 | 57 | -3.21 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-22 | -13.02 | 62 | -111.60 | 41 | -7.88 | 57 | -3.39 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-23 | -12.91 | 62 | -111.33 | 41 | -7.84 | 57 | -3.38 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-24 | -13.75 | 62 | -114.10 | 41 | -8.17 | 57 | -3.52 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-25 | -13.12 | 62 | -113.54 | 41 | -7.87 | 57 | -3.41 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-26 | -13.72 | 62 | -115.40 | 41 | -8.09 | 57 | -3.51 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-27 | -13.66 | 62 | -115.21 | 41 | -8.06 | 57 | -3.50 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-28 | -14.01 | 62 | -116.48 | 41 | -8.22 | 57 | -3.56 | 115 | 0.00 | - |

| | | | | | |
|---|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| VERIFICHE SLE IN SOLETTA: LIMITAZIONE TENSIONALE E APERTURA DELLE FESSURE (effetti globali) | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------|----------------------|-------|-----------------------|-------|------------------------|-------|---------------------|-------|
| Sezione | Tens. Acciaio armature [Mpa] - Rara | | | | Tens. cls [Mpa]- Rara | | Tens. cls [Mpa] - Q.P. | | Fessure [mm] - Rara | |
| | $\sigma_{arm,s, max}$ | comb. | $\sigma_{arm,s,min}$ | comb. | $\sigma_{sol,s}$ | comb. | $\sigma_{sol,s}$ | comb. | wk,max | comb. |
| TR.2-29 | -14.02 | 62 | -116.32 | 41 | -8.19 | 57 | -3.56 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-30 | -14.12 | 62 | -116.72 | 41 | -8.24 | 57 | -3.58 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-31 | -14.14 | 62 | -116.60 | 41 | -8.22 | 57 | -3.58 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-32 | -14.00 | 62 | -116.41 | 41 | -8.20 | 57 | -3.56 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-33 | -14.05 | 62 | -116.34 | 41 | -8.19 | 57 | -3.56 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-34 | -13.67 | 62 | -115.27 | 41 | -8.06 | 57 | -3.50 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-35 | -13.77 | 62 | -115.23 | 41 | -8.06 | 57 | -3.51 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-36 | -13.15 | 62 | -113.57 | 41 | -7.87 | 57 | -3.41 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-37 | -13.85 | 62 | -113.87 | 41 | -8.13 | 57 | -3.52 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-38 | -13.00 | 62 | -111.28 | 41 | -7.82 | 57 | -3.38 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-39 | -13.14 | 62 | -111.33 | 41 | -7.82 | 57 | -3.39 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-40 | -12.04 | 62 | -108.13 | 41 | -7.45 | 57 | -3.21 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-41 | -12.17 | 62 | -108.21 | 41 | -7.46 | 57 | -3.22 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-42 | -10.85 | 62 | -104.11 | 41 | -6.97 | 57 | -3.00 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-43 | -11.04 | 62 | -104.27 | 41 | -6.99 | 57 | -3.01 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-44 | -9.43 | 62 | -99.54 | 41 | -6.44 | 57 | -2.75 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-45 | -9.60 | 62 | -99.71 | 41 | -6.47 | 57 | -2.76 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-46 | -7.81 | 62 | -94.05 | 41 | -5.80 | 57 | -2.46 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-47 | -8.02 | 62 | -94.28 | 41 | -5.83 | 57 | -2.48 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-48 | -5.99 | 62 | -87.90 | 41 | -5.08 | 65 | -2.15 | 116 | 0.00 | - |
| TR.2-49 | -7.31 | 66 | -94.04 | 37 | -5.74 | 53 | -2.43 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-50 | -4.85 | 62 | -85.97 | 41 | -4.78 | 53 | -2.01 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-51 | -5.10 | 62 | -86.59 | 41 | -4.85 | 53 | -2.03 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-52 | -2.37 | 62 | -77.44 | 41 | -3.79 | 57 | -1.57 | 115 | 0.00 | - |
| TR.2-53 | -2.62 | 62 | -78.11 | 41 | -3.87 | 53 | -1.59 | 113 | 0.00 | - |
| TR.2-54 | -1.79 | 64 | -67.79 | 41 | -2.66 | 57 | -1.36 | 112 | 0.01 | 102 |
| TR.2-55 | -1.52 | 66 | -68.84 | 41 | -2.80 | 65 | -1.30 | 112 | 0.01 | 98 |
| TR.2-56 | 5.52 | 62 | -55.62 | 41 | -1.43 | 65 | -0.54 | 115 | 0.06 | 98 |
| TR.2-57 | 5.77 | 66 | -57.11 | 37 | -1.60 | 61 | -0.56 | 113 | 0.05 | 102 |
| TR.2-58 | 22.83 | 62 | -47.31 | 70 | 0.00 | - | 0.00 | - | 0.11 | 98 |
| TR.2-59 | 21.72 | 62 | -48.47 | 70 | 0.00 | 57 | 0.00 | - | 0.10 | 98 |
| TR.2-60 | 18.69 | 61 | -48.46 | 69 | 0.00 | - | 0.00 | - | 0.10 | 97 |

Tabella 61 – Verifiche SLE in soletta. Trave n°2

| VERIFICHE SLE PIOLI | | |
|------------------------------------|--------------------|-------|
| Scorrimento sui pioli [Mpa] - Rara | | |
| Sezione | $\eta_{pioli,sle}$ | comb. |
| TR.2-1 | 0.55 | 69 |
| TR.2-2 | 0.55 | 69 |
| TR.2-3 | 0.48 | 70 |
| TR.2-4 | 0.48 | 70 |
| TR.2-5 | 0.49 | 70 |
| TR.2-6 | 0.49 | 70 |
| TR.2-7 | 0.50 | 70 |
| TR.2-8 | 0.48 | 56 |
| TR.2-9 | 0.47 | 56 |
| TR.2-10 | 0.44 | 56 |
| TR.2-11 | 0.44 | 56 |
| TR.2-12 | 0.40 | 56 |
| TR.2-13 | 0.37 | 56 |
| TR.2-14 | 0.34 | 56 |
| TR.2-15 | 0.35 | 56 |
| TR.2-16 | 0.32 | 56 |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| VERIFICHE SLE PIOLI | | |
|------------------------------------|--------------------|-------|
| Scorrimento sui pioli [Mpa] - Rara | | |
| Sezione | $\eta_{pioli,sle}$ | comb. |
| TR.2-17 | 0.31 | 56 |
| TR.2-18 | 0.29 | 56 |
| TR.2-19 | 0.29 | 56 |
| TR.2-20 | 0.26 | 56 |
| TR.2-21 | 0.26 | 56 |
| TR.2-22 | 0.23 | 56 |
| TR.2-23 | 0.24 | 56 |
| TR.2-24 | 0.21 | 56 |
| TR.2-25 | 0.20 | 56 |
| TR.2-26 | 0.17 | 56 |
| TR.2-27 | 0.18 | 56 |
| TR.2-28 | 0.15 | 56 |
| TR.2-29 | 0.15 | 56 |
| TR.2-30 | 0.13 | 39 |
| TR.2-31 | 0.13 | 40 |
| TR.2-32 | 0.15 | 59 |
| TR.2-33 | 0.15 | 59 |
| TR.2-34 | 0.18 | 59 |
| TR.2-35 | 0.17 | 59 |
| TR.2-36 | 0.19 | 59 |
| TR.2-37 | 0.20 | 59 |
| TR.2-38 | 0.23 | 55 |
| TR.2-39 | 0.22 | 59 |
| TR.2-40 | 0.25 | 59 |
| TR.2-41 | 0.25 | 59 |
| TR.2-42 | 0.28 | 59 |
| TR.2-43 | 0.28 | 59 |
| TR.2-44 | 0.30 | 55 |
| TR.2-45 | 0.31 | 55 |
| TR.2-46 | 0.34 | 55 |
| TR.2-47 | 0.33 | 55 |
| TR.2-48 | 0.36 | 55 |
| TR.2-49 | 0.39 | 55 |
| TR.2-50 | 0.42 | 55 |
| TR.2-51 | 0.41 | 55 |
| TR.2-52 | 0.44 | 55 |
| TR.2-53 | 0.45 | 55 |
| TR.2-54 | 0.50 | 70 |
| TR.2-55 | 0.49 | 70 |
| TR.2-56 | 0.49 | 70 |
| TR.2-57 | 0.48 | 70 |
| TR.2-58 | 0.48 | 70 |
| TR.2-59 | 0.55 | 69 |
| TR.2-60 | 0.55 | 69 |

Tabella 62 – Verifiche SLE dei pioli. Trave n°2

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

ALLEGATO D VERIFICHE A FATICA DELLE TRAVI DI IMPALCATO - TABULATI DI VERIFICA

Si riportano, in formato tabulare:

- le massime escursioni causate dal treno di carico LM71 corrispondente ai due binari;
- le massime escursioni di calcolo $\Delta\sigma_{Ed}$ e $\Delta\tau_{Ed}$ utilizzate per le verifiche a fatica delle travi miste di impalcato e dei pioli. Nelle stesse tabelle si riportano i valori dei coefficienti λ_1 e λ_4 assunti nel calcolo. Per i valori dei coefficienti λ_2 e λ_3 si rimanda al §9.6 della presente relazione.

Per l'individuazione della sezione e per le sue caratteristiche geometriche si rimanda al capitolo 8.

Per la descrizione delle combinazioni si rimanda all'Allegato A .

Per la descrizione delle modalità di verifica e per i risultati delle verifiche in forma grafica si rimanda al capitolo 9.

TRAVE n°1

| VERIFICHE A FATICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Sezione | MASSIME ESCURSIONI DI TENSIONI PER LM71 SU BINARIO PARI | | | | | | | | MASSIME ESCURSIONI DI TENSIONI PER LM71 SU BINARIO DISPARI | | | | | | | |
| | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ |
| TR.1-1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 |
| TR.1-2 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.08 | - | 0.07 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 |
| TR.1-3 | 0.09 | 0.11 | 2.40 | 2.43 | 19.80 | - | 16.65 | 33.84 | 0.06 | 0.08 | 1.74 | 1.76 | 4.23 | - | 3.56 | 7.24 |
| TR.1-4 | 1.65 | 1.55 | 8.77 | 8.90 | 19.64 | - | 16.51 | 33.58 | 0.29 | 0.25 | 3.58 | 3.62 | 4.23 | - | 3.56 | 7.24 |
| TR.1-5 | 1.38 | 1.28 | 8.53 | 8.64 | 18.81 | - | 15.81 | 32.16 | 0.66 | 0.62 | 3.82 | 3.87 | 3.98 | - | 3.34 | 6.80 |
| TR.1-6 | 2.90 | 2.69 | 18.74 | 18.99 | 18.65 | - | 15.69 | 31.84 | 0.98 | 0.92 | 5.97 | 6.05 | 3.98 | - | 3.35 | 6.79 |
| TR.1-7 | 2.83 | 2.67 | 13.97 | 14.17 | 17.40 | - | 14.63 | 29.71 | 1.23 | 1.12 | 9.73 | 9.86 | 3.34 | - | 2.81 | 5.71 |
| TR.1-8 | 4.11 | 3.85 | 22.92 | 23.23 | 17.24 | - | 14.50 | 58.92 | 1.46 | 1.34 | 11.42 | 11.57 | 3.34 | - | 2.81 | 11.42 |
| TR.1-9 | 3.90 | 3.65 | 22.74 | 23.05 | 16.57 | - | 13.94 | 56.63 | 1.79 | 1.67 | 11.60 | 11.76 | 3.19 | - | 2.68 | 10.89 |
| TR.1-10 | 5.08 | 4.73 | 31.34 | 31.77 | 16.42 | - | 13.80 | 56.13 | 2.00 | 1.85 | 13.25 | 13.42 | 3.19 | - | 2.68 | 10.89 |
| TR.1-11 | 5.08 | 4.78 | 26.64 | 27.01 | 15.28 | - | 12.84 | 52.22 | 2.21 | 2.04 | 16.67 | 16.89 | 2.58 | - | 2.17 | 8.84 |
| TR.1-12 | 6.13 | 5.74 | 34.40 | 34.87 | 15.12 | - | 12.71 | 51.72 | 2.35 | 2.17 | 17.96 | 18.20 | 2.58 | - | 2.17 | 8.84 |
| TR.1-13 | 6.18 | 5.83 | 24.82 | 25.42 | 16.30 | - | 12.99 | 46.54 | 2.77 | 2.60 | 13.14 | 13.45 | 2.72 | - | 2.17 | 7.77 |
| TR.1-14 | 7.19 | 6.75 | 30.10 | 30.83 | 16.13 | - | 12.85 | 46.08 | 2.90 | 2.72 | 14.02 | 14.35 | 2.72 | - | 2.17 | 7.78 |
| TR.1-15 | 7.13 | 6.73 | 27.25 | 27.93 | 15.14 | - | 12.06 | 43.25 | 3.13 | 2.92 | 16.02 | 16.39 | 2.22 | - | 1.77 | 6.34 |
| TR.1-16 | 7.98 | 7.53 | 31.88 | 32.66 | 14.97 | - | 11.92 | 42.78 | 3.22 | 3.00 | 16.65 | 17.04 | 2.22 | - | 1.77 | 6.34 |
| TR.1-17 | 7.85 | 7.40 | 31.80 | 32.57 | 14.40 | - | 11.47 | 41.16 | 3.48 | 3.26 | 16.73 | 17.12 | 2.09 | - | 1.66 | 5.96 |
| TR.1-18 | 8.68 | 8.17 | 35.96 | 36.84 | 14.23 | - | 11.33 | 40.67 | 3.58 | 3.35 | 17.34 | 17.75 | 2.09 | - | 1.66 | 5.96 |
| TR.1-19 | 8.61 | 8.13 | 33.78 | 34.61 | 13.58 | - | 10.82 | 38.81 | 3.78 | 3.53 | 18.81 | 19.25 | 1.73 | - | 1.38 | 4.95 |
| TR.1-20 | 9.28 | 8.75 | 37.15 | 38.06 | 13.41 | - | 10.68 | 38.32 | 3.84 | 3.58 | 19.23 | 19.68 | 1.73 | - | 1.38 | 4.95 |
| TR.1-21 | 9.16 | 8.63 | 37.08 | 37.99 | 13.00 | - | 10.35 | 37.15 | 4.04 | 3.79 | 19.29 | 19.75 | 1.61 | - | 1.28 | 4.59 |
| TR.1-22 | 9.74 | 9.17 | 40.14 | 41.12 | 12.82 | - | 10.22 | 36.65 | 4.10 | 3.84 | 19.68 | 20.14 | 1.61 | - | 1.28 | 4.59 |
| TR.1-23 | 9.68 | 9.13 | 38.62 | 39.57 | 12.51 | - | 9.96 | 35.75 | 4.25 | 3.97 | 20.72 | 21.21 | 1.35 | - | 1.07 | 3.85 |
| TR.1-24 | 10.11 | 9.52 | 40.81 | 41.80 | 12.34 | - | 9.83 | 35.26 | 4.27 | 3.99 | 20.91 | 21.40 | 1.35 | - | 1.07 | 3.85 |
| TR.1-25 | 10.07 | 9.53 | 36.84 | 37.95 | 15.67 | - | 9.36 | 33.93 | 4.43 | 4.17 | 18.95 | 19.50 | 1.56 | - | 0.93 | 3.39 |
| TR.1-26 | 10.41 | 9.85 | 38.53 | 39.69 | 15.45 | - | 9.23 | 33.44 | 4.45 | 4.19 | 19.12 | 19.67 | 1.56 | - | 0.93 | 3.39 |
| TR.1-27 | 10.37 | 9.82 | 37.80 | 38.93 | 15.39 | - | 9.19 | 33.32 | 4.54 | 4.27 | 19.62 | 20.19 | 1.37 | - | 0.82 | 2.96 |
| TR.1-28 | 10.54 | 9.98 | 38.68 | 39.84 | 15.17 | - | 9.06 | 32.84 | 4.53 | 4.26 | 19.63 | 20.20 | 1.37 | - | 0.82 | 2.96 |
| TR.1-29 | 10.50 | 9.94 | 38.66 | 39.82 | 15.13 | - | 9.03 | 32.75 | 4.59 | 4.32 | 19.64 | 20.21 | 1.20 | - | 0.71 | 2.59 |
| TR.1-30 | 10.59 | 10.02 | 39.25 | 40.43 | 14.98 | - | 8.95 | 32.44 | 4.59 | 4.32 | 19.65 | 20.22 | 1.20 | - | 0.71 | 2.59 |
| TR.1-31 | 10.57 | 10.00 | 39.20 | 40.38 | 14.93 | - | 8.91 | 32.31 | 4.62 | 4.35 | 19.68 | 20.25 | 1.21 | - | 0.72 | 2.62 |
| TR.1-32 | 10.52 | 9.95 | 38.86 | 40.02 | 15.00 | - | 8.96 | 32.47 | 4.58 | 4.31 | 19.49 | 20.06 | 1.21 | - | 0.72 | 2.62 |
| TR.1-33 | 10.51 | 9.94 | 38.86 | 40.03 | 14.98 | - | 8.95 | 32.43 | 4.56 | 4.29 | 19.49 | 20.05 | 1.32 | - | 0.79 | 2.86 |
| TR.1-34 | 10.38 | 9.82 | 38.23 | 39.37 | 15.20 | - | 9.08 | 32.90 | 4.53 | 4.26 | 19.31 | 19.88 | 1.32 | - | 0.79 | 2.86 |
| TR.1-35 | 10.37 | 9.81 | 38.88 | 40.05 | 15.16 | - | 9.05 | 32.82 | 4.48 | 4.22 | 18.86 | 19.41 | 1.74 | - | 1.04 | 3.77 |

| | | | |
|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  |  | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | C |

| VERIFICHE A FATICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Sezione | MASSIME ESCURSIONI DI TENSIONI PER LM71 SU BINARIO PARI | | | | | | | | MASSIME ESCURSIONI DI TENSIONI PER LM71 SU BINARIO DISPARI | | | | | | | |
| | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ |
| TR.1-36 | 10.07 | 9.53 | 37.44 | 38.56 | 15.38 | - | 9.19 | 33.30 | 4.42 | 4.17 | 18.54 | 19.09 | 1.74 | - | 1.04 | 3.77 |
| TR.1-37 | 10.06 | 9.47 | 41.45 | 42.46 | 12.07 | - | 9.62 | 34.50 | 4.30 | 4.03 | 20.47 | 20.95 | 1.47 | - | 1.17 | 4.21 |
| TR.1-38 | 9.68 | 9.12 | 39.50 | 40.47 | 12.24 | - | 9.75 | 34.99 | 4.25 | 3.98 | 20.13 | 20.60 | 1.47 | - | 1.17 | 4.21 |
| TR.1-39 | 9.70 | 9.12 | 40.94 | 41.93 | 12.50 | - | 9.96 | 35.72 | 4.14 | 3.88 | 19.13 | 19.58 | 1.87 | - | 1.49 | 5.34 |
| TR.1-40 | 9.15 | 8.61 | 38.10 | 39.02 | 12.67 | - | 10.09 | 36.21 | 4.05 | 3.80 | 18.60 | 19.04 | 1.87 | - | 1.49 | 5.34 |
| TR.1-41 | 9.23 | 8.69 | 38.16 | 39.09 | 13.06 | - | 10.40 | 37.33 | 3.87 | 3.63 | 18.54 | 18.98 | 1.96 | - | 1.56 | 5.60 |
| TR.1-42 | 8.60 | 8.11 | 34.99 | 35.84 | 13.23 | - | 10.54 | 37.82 | 3.78 | 3.54 | 17.99 | 18.41 | 1.96 | - | 1.56 | 5.60 |
| TR.1-43 | 8.64 | 8.12 | 37.12 | 38.01 | 13.87 | - | 11.05 | 39.66 | 3.61 | 3.39 | 16.55 | 16.95 | 2.34 | - | 1.87 | 6.69 |
| TR.1-44 | 7.84 | 7.37 | 33.10 | 33.90 | 14.05 | - | 11.19 | 40.15 | 3.49 | 3.28 | 15.84 | 16.21 | 2.34 | - | 1.87 | 6.69 |
| TR.1-45 | 7.95 | 7.49 | 33.18 | 33.98 | 14.64 | - | 11.66 | 41.84 | 3.24 | 3.03 | 15.76 | 16.13 | 2.42 | - | 1.93 | 6.92 |
| TR.1-46 | 7.12 | 6.71 | 28.71 | 29.41 | 14.81 | - | 11.80 | 42.32 | 3.13 | 2.93 | 15.04 | 15.39 | 2.42 | - | 1.93 | 6.92 |
| TR.1-47 | 7.17 | 6.73 | 31.45 | 32.21 | 15.95 | - | 12.71 | 45.57 | 2.92 | 2.74 | 13.09 | 13.40 | 2.87 | - | 2.29 | 8.20 |
| TR.1-48 | 6.18 | 5.81 | 26.25 | 26.89 | 16.12 | - | 12.85 | 46.03 | 2.77 | 2.61 | 12.17 | 12.46 | 2.87 | - | 2.29 | 8.20 |
| TR.1-49 | 6.12 | 5.71 | 36.32 | 36.81 | 15.10 | - | 12.69 | 51.65 | 2.37 | 2.19 | 16.64 | 16.86 | 2.63 | - | 2.21 | 8.99 |
| TR.1-50 | 5.07 | 4.75 | 28.52 | 28.91 | 15.26 | - | 12.83 | 52.15 | 2.22 | 2.06 | 15.34 | 15.54 | 2.63 | - | 2.21 | 8.99 |
| TR.1-51 | 5.08 | 4.71 | 33.22 | 33.67 | 16.71 | - | 14.05 | 57.13 | 2.00 | 1.87 | 11.93 | 12.09 | 3.03 | - | 2.55 | 10.37 |
| TR.1-52 | 3.88 | 3.61 | 24.43 | 24.76 | 16.87 | - | 14.18 | 57.63 | 1.80 | 1.70 | 10.40 | 10.54 | 3.03 | - | 2.55 | 10.36 |
| TR.1-53 | 4.09 | 3.81 | 24.59 | 24.93 | 17.68 | - | 14.86 | 60.40 | 1.47 | 1.36 | 10.23 | 10.37 | 3.10 | - | 2.61 | 10.60 |
| TR.1-54 | 2.79 | 2.62 | 15.39 | 15.60 | 17.83 | - | 15.00 | 30.45 | 1.25 | 1.16 | 8.69 | 8.81 | 3.10 | - | 2.61 | 5.30 |
| TR.1-55 | 2.91 | 2.70 | 19.65 | 19.91 | 19.09 | - | 16.06 | 32.60 | 0.97 | 0.91 | 5.36 | 5.43 | 3.72 | - | 3.12 | 6.34 |
| TR.1-56 | 1.36 | 1.26 | 9.19 | 9.31 | 19.25 | - | 16.18 | 32.92 | 0.67 | 0.63 | 3.36 | 3.41 | 3.72 | - | 3.12 | 6.35 |
| TR.1-57 | 1.66 | 1.55 | 9.37 | 9.50 | 20.15 | - | 16.94 | 34.46 | 0.29 | 0.26 | 3.16 | 3.20 | 3.98 | - | 3.34 | 6.80 |
| TR.1-58 | 0.06 | 0.08 | 2.04 | 2.07 | 20.31 | - | 17.08 | 34.71 | 0.03 | 0.05 | 1.41 | 1.43 | 3.98 | - | 3.34 | 6.80 |
| TR.1-59 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.08 | - | 0.07 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 |
| TR.1-60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 |

Tabella 63 – Massime escursioni di tensione corrispondenti al treno di carico LM71. Trave n°1

| VERIFICHE A FATICA | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--|
| Sezione | ESCURSIONI TENSIONALI EQUIVALENTI $\Delta\sigma$ ed (MPa) \ $\Delta\tau$ ed (Mpa) PER VERIFICHE A DANNEGGIAMENTO | | | | | | | | | | | | | | |
| | $\lambda_{1,\sigma}$ | $\lambda_{1,\tau}$ | $\lambda_{1,v}$ | $\lambda_{4,\sigma}$ | $\lambda_{4,\tau}$ | $\lambda_{4,v}$ | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ | |
| TR.1-1 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | 0.87 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | |
| TR.1-2 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | - | 0.04 | 0.10 | |
| TR.1-3 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.90 | 0.91 | 0.08 | 0.10 | 2.19 | 2.21 | 13.82 | - | 11.62 | 28.07 | |
| TR.1-4 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.91 | 0.90 | 0.91 | 1.13 | 1.05 | 7.21 | 7.30 | 13.72 | - | 11.54 | 27.88 | |
| TR.1-5 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.84 | 0.90 | 0.91 | 1.10 | 1.03 | 6.67 | 6.76 | 13.12 | - | 11.03 | 26.64 | |
| TR.1-6 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.87 | 0.90 | 0.91 | 2.15 | 2.00 | 13.70 | 13.89 | 13.02 | - | 10.95 | 26.40 | |
| TR.1-7 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 2.21 | 2.06 | 12.90 | 13.08 | 12.03 | - | 10.11 | 24.34 | |
| TR.1-8 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.86 | 0.91 | 0.92 | 3.08 | 2.86 | 18.97 | 19.23 | 11.93 | - | 10.03 | 48.31 | |
| TR.1-9 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 3.08 | 2.89 | 18.62 | 18.88 | 11.46 | - | 9.63 | 46.39 | |
| TR.1-10 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.86 | 0.91 | 0.92 | 3.88 | 3.60 | 24.44 | 24.77 | 11.36 | - | 9.55 | 46.03 | |
| TR.1-11 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 3.97 | 3.71 | 23.57 | 23.89 | 10.45 | - | 8.78 | 42.24 | |
| TR.1-12 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.86 | 0.91 | 0.92 | 4.66 | 4.35 | 28.76 | 29.15 | 10.35 | - | 8.70 | 41.87 | |
| TR.1-13 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 4.86 | 4.57 | 20.61 | 21.11 | 11.14 | - | 8.88 | 37.60 | |
| TR.1-14 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 5.52 | 5.18 | 24.14 | 24.72 | 11.03 | - | 8.79 | 37.26 | |
| TR.1-15 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.93 | 5.58 | 5.25 | 23.53 | 24.10 | 10.25 | - | 8.17 | 34.57 | |
| TR.1-16 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.86 | 0.92 | 0.93 | 6.13 | 5.76 | 26.56 | 27.20 | 10.14 | - | 8.08 | 34.22 | |
| TR.1-17 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.93 | 6.16 | 5.79 | 26.37 | 27.00 | 9.75 | - | 7.76 | 32.87 | |
| TR.1-18 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.93 | 6.70 | 6.29 | 29.12 | 29.82 | 9.64 | - | 7.68 | 32.50 | |
| TR.1-19 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.93 | 0.94 | 6.74 | 6.34 | 28.60 | 29.29 | 9.12 | - | 7.27 | 30.71 | |
| TR.1-20 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.93 | 0.94 | 7.16 | 6.73 | 30.79 | 31.53 | 9.01 | - | 7.18 | 30.35 | |
| TR.1-21 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.93 | 0.94 | 7.18 | 6.75 | 30.64 | 31.38 | 8.72 | - | 6.94 | 29.34 | |
| TR.1-22 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.93 | 0.94 | 7.55 | 7.10 | 32.63 | 33.42 | 8.61 | - | 6.86 | 28.97 | |
| TR.1-23 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.94 | 0.94 | 7.58 | 7.13 | 32.27 | 33.05 | 8.33 | - | 6.64 | 28.02 | |
| TR.1-24 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.94 | 0.94 | 7.84 | 7.37 | 33.65 | 34.47 | 8.22 | - | 6.55 | 27.65 | |
| TR.1-25 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.94 | 0.95 | 7.88 | 7.45 | 30.34 | 31.24 | 10.41 | - | 6.22 | 26.49 | |
| TR.1-26 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.94 | 0.95 | 8.10 | 7.65 | 31.41 | 32.34 | 10.27 | - | 6.13 | 26.13 | |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| VERIFICHE A FATICA | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| ESCURSIONI TENSIONALI EQUIVALENTI $\Delta\sigma$ ed (MPa) \ $\Delta\tau$ ed (Mpa) PER VERIFICHE A DANNEGGIAMENTO | | | | | | | | | | | | | | |
| Sezione | $\lambda_{1,\sigma}$ | $\lambda_{1,\tau}$ | $\lambda_{1,v}$ | $\lambda_{4,\sigma}$ | $\lambda_{4,\tau}$ | $\lambda_{4,v}$ | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ |
| TR.1-27 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 0.95 | 8.11 | 7.66 | 31.23 | 32.16 | 10.18 | - | 6.08 | 25.89 |
| TR.1-28 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 0.95 | 8.21 | 7.76 | 31.76 | 32.70 | 10.04 | - | 5.99 | 25.53 |
| TR.1-29 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 0.96 | 8.21 | 7.76 | 31.71 | 32.66 | 9.96 | - | 5.95 | 25.33 |
| TR.1-30 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 0.96 | 8.27 | 7.81 | 32.06 | 33.01 | 9.87 | - | 5.90 | 25.10 |
| TR.1-31 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 0.95 | 8.26 | 7.80 | 32.03 | 32.98 | 9.84 | - | 5.88 | 25.01 |
| TR.1-32 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 0.95 | 8.21 | 7.76 | 31.75 | 32.69 | 9.88 | - | 5.90 | 25.13 |
| TR.1-33 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 0.95 | 8.20 | 7.75 | 31.76 | 32.70 | 9.90 | - | 5.91 | 25.18 |
| TR.1-34 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 0.95 | 8.11 | 7.66 | 31.31 | 32.23 | 10.04 | - | 6.00 | 25.54 |
| TR.1-35 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.94 | 0.94 | 8.09 | 7.64 | 31.43 | 32.36 | 10.13 | - | 6.05 | 25.81 |
| TR.1-36 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.94 | 0.94 | 7.88 | 7.45 | 30.44 | 31.35 | 10.27 | - | 6.13 | 26.17 |
| TR.1-37 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.93 | 0.94 | 7.83 | 7.36 | 33.73 | 34.55 | 8.09 | - | 6.44 | 27.23 |
| TR.1-38 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.93 | 0.94 | 7.57 | 7.12 | 32.43 | 33.21 | 8.20 | - | 6.53 | 27.59 |
| TR.1-39 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.93 | 7.54 | 7.08 | 32.73 | 33.52 | 8.47 | - | 6.75 | 28.59 |
| TR.1-40 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.93 | 7.17 | 6.74 | 30.82 | 31.56 | 8.58 | - | 6.84 | 28.95 |
| TR.1-41 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.93 | 7.15 | 6.72 | 30.94 | 31.68 | 8.86 | - | 7.06 | 29.89 |
| TR.1-42 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.93 | 6.73 | 6.33 | 28.81 | 29.50 | 8.97 | - | 7.14 | 30.25 |
| TR.1-43 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 6.69 | 6.28 | 29.29 | 29.99 | 9.49 | - | 7.56 | 32.07 |
| TR.1-44 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.92 | 6.16 | 5.79 | 26.59 | 27.23 | 9.60 | - | 7.65 | 32.43 |
| TR.1-45 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.92 | 6.12 | 5.75 | 26.76 | 27.40 | 10.00 | - | 7.96 | 33.78 |
| TR.1-46 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.92 | 0.92 | 5.58 | 5.25 | 23.78 | 24.36 | 10.11 | - | 8.05 | 34.12 |
| TR.1-47 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 5.52 | 5.18 | 24.36 | 24.95 | 10.96 | - | 8.74 | 37.08 |
| TR.1-48 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 4.86 | 4.57 | 20.86 | 21.37 | 11.07 | - | 8.82 | 37.42 |
| TR.1-49 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.86 | 0.91 | 0.92 | 4.66 | 4.34 | 29.07 | 29.46 | 10.35 | - | 8.70 | 41.89 |
| TR.1-50 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 3.96 | 3.71 | 23.85 | 24.18 | 10.45 | - | 8.79 | 42.26 |
| TR.1-51 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.86 | 0.91 | 0.92 | 3.88 | 3.60 | 24.75 | 25.08 | 11.49 | - | 9.66 | 46.52 |
| TR.1-52 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 3.08 | 2.88 | 18.86 | 19.11 | 11.59 | - | 9.75 | 46.88 |
| TR.1-53 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.86 | 0.91 | 0.92 | 3.07 | 2.85 | 19.23 | 19.49 | 12.13 | - | 10.20 | 49.02 |
| TR.1-54 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.91 | 0.92 | 2.20 | 2.05 | 13.07 | 13.25 | 12.22 | - | 10.28 | 24.69 |
| TR.1-55 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.87 | 0.91 | 0.92 | 2.16 | 2.00 | 13.89 | 14.07 | 13.21 | - | 11.11 | 26.74 |
| TR.1-56 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.84 | 0.91 | 0.92 | 1.10 | 1.02 | 6.77 | 6.86 | 13.31 | - | 11.19 | 26.98 |
| TR.1-57 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.91 | 0.90 | 0.91 | 1.14 | 1.06 | 7.31 | 7.41 | 13.96 | - | 11.74 | 28.31 |
| TR.1-58 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.84 | 0.90 | 0.92 | 0.05 | 0.07 | 1.85 | 1.87 | 14.06 | - | 11.82 | 28.49 |
| TR.1-59 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | - | 0.04 | 0.10 |
| TR.1-60 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 |

Tabella 64 – Coefficienti λ e massime escursioni di progetto. Trave n°1

TRAVE n°2

| VERIFICHE A FATICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Sezione | MASSIME ESCURSIONI DI TENSIONI PER LM71 SU BINARIO PARI | | | | | | | | MASSIME ESCURSIONI DI TENSIONI PER LM71 SU BINARIO DISPARI | | | | | | | |
| | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ |
| TR.2-1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 |
| TR.2-2 | 2.24 | 2.20 | 2.08 | 2.13 | 5.81 | - | 6.49 | 9.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 |
| TR.2-3 | 12.61 | 12.39 | 26.75 | 27.21 | 25.01 | - | 27.93 | 40.81 | 0.48 | 0.46 | 17.78 | 18.00 | 6.27 | - | 5.38 | 10.23 |
| TR.2-4 | 2.51 | 2.54 | 12.72 | 12.86 | 22.29 | - | 19.11 | 36.37 | 0.67 | 0.52 | 19.89 | 20.13 | 6.27 | - | 5.38 | 10.23 |
| TR.2-5 | 2.00 | 2.03 | 12.65 | 12.80 | 22.34 | - | 19.16 | 36.46 | 0.65 | 0.50 | 19.80 | 20.04 | 6.39 | - | 5.47 | 10.42 |
| TR.2-6 | 3.80 | 3.73 | 10.61 | 10.76 | 21.00 | - | 18.02 | 34.18 | 1.46 | 1.26 | 22.51 | 22.79 | 6.39 | - | 5.48 | 10.39 |
| TR.2-7 | 3.34 | 3.23 | 8.74 | 8.88 | 21.31 | - | 18.29 | 34.68 | 1.49 | 1.31 | 19.24 | 19.48 | 6.70 | - | 5.75 | 10.90 |
| TR.2-8 | 5.10 | 4.90 | 15.13 | 15.37 | 20.25 | - | 17.38 | 65.92 | 2.27 | 2.05 | 22.03 | 22.31 | 6.70 | - | 5.75 | 21.80 |
| TR.2-9 | 4.71 | 4.52 | 14.99 | 15.22 | 20.09 | - | 17.24 | 65.38 | 2.26 | 2.04 | 22.07 | 22.35 | 6.67 | - | 5.73 | 21.72 |
| TR.2-10 | 5.88 | 5.63 | 20.28 | 20.58 | 19.77 | - | 16.96 | 64.34 | 3.03 | 2.78 | 25.02 | 25.35 | 6.67 | - | 5.73 | 21.72 |
| TR.2-11 | 5.59 | 5.31 | 22.67 | 23.00 | 19.31 | - | 16.57 | 62.87 | 3.17 | 2.94 | 21.02 | 21.30 | 6.53 | - | 5.60 | 21.26 |
| TR.2-12 | 6.73 | 6.39 | 27.82 | 28.22 | 18.62 | - | 15.98 | 60.61 | 3.87 | 3.60 | 24.27 | 24.59 | 6.53 | - | 5.60 | 21.26 |
| TR.2-13 | 6.44 | 6.13 | 20.02 | 20.54 | 20.68 | - | 16.78 | 55.97 | 3.89 | 3.64 | 17.61 | 18.03 | 7.22 | - | 5.86 | 19.55 |
| TR.2-14 | 7.33 | 6.97 | 22.87 | 23.46 | 20.47 | - | 16.61 | 55.41 | 4.56 | 4.28 | 19.87 | 20.34 | 7.22 | - | 5.86 | 19.55 |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| VERIFICHE A FATICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Sezione | MASSIME ESCURSIONI DI TENSIONI PER LM71 SU BINARIO PARI | | | | | | | | MASSIME ESCURSIONI DI TENSIONI PER LM71 SU BINARIO DISPARI | | | | | | | |
| | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ |
| TR.2-15 | 7.02 | 6.64 | 25.18 | 25.82 | 20.26 | - | 16.44 | 54.84 | 4.56 | 4.30 | 18.05 | 18.50 | 7.24 | - | 5.87 | 19.59 |
| TR.2-16 | 7.80 | 7.38 | 27.79 | 28.49 | 19.79 | - | 16.05 | 53.55 | 5.21 | 4.91 | 20.26 | 20.76 | 7.24 | - | 5.87 | 19.59 |
| TR.2-17 | 7.59 | 7.17 | 27.70 | 28.39 | 19.67 | - | 15.96 | 53.24 | 5.16 | 4.86 | 20.30 | 20.80 | 6.93 | - | 5.62 | 18.75 |
| TR.2-18 | 8.13 | 7.69 | 29.49 | 30.23 | 19.83 | - | 16.09 | 53.67 | 5.77 | 5.44 | 22.35 | 22.91 | 6.93 | - | 5.62 | 18.75 |
| TR.2-19 | 7.93 | 7.47 | 31.25 | 32.02 | 19.85 | - | 16.10 | 53.71 | 5.74 | 5.43 | 20.97 | 21.50 | 6.32 | - | 5.13 | 17.11 |
| TR.2-20 | 8.51 | 8.02 | 33.20 | 34.02 | 19.25 | - | 15.62 | 52.09 | 6.19 | 5.85 | 22.48 | 23.04 | 6.32 | - | 5.13 | 17.11 |
| TR.2-21 | 8.37 | 7.89 | 33.13 | 33.94 | 19.28 | - | 15.65 | 52.19 | 6.15 | 5.81 | 22.51 | 23.07 | 6.10 | - | 4.95 | 16.50 |
| TR.2-22 | 8.74 | 8.24 | 34.35 | 35.19 | 19.31 | - | 15.67 | 52.26 | 6.53 | 6.18 | 23.83 | 24.43 | 6.10 | - | 4.95 | 16.50 |
| TR.2-23 | 8.61 | 8.09 | 35.62 | 36.48 | 19.31 | - | 15.67 | 52.26 | 6.51 | 6.16 | 22.91 | 23.48 | 5.87 | - | 4.76 | 15.88 |
| TR.2-24 | 8.96 | 8.42 | 36.75 | 37.65 | 18.89 | - | 15.33 | 51.12 | 6.85 | 6.49 | 24.05 | 24.66 | 5.87 | - | 4.76 | 15.88 |
| TR.2-25 | 8.83 | 8.34 | 33.16 | 34.16 | 24.32 | - | 14.75 | 50.01 | 6.82 | 6.48 | 21.71 | 22.39 | 7.27 | - | 4.41 | 14.96 |
| TR.2-26 | 8.97 | 8.47 | 33.56 | 34.57 | 24.61 | - | 14.92 | 50.61 | 7.09 | 6.74 | 22.55 | 23.25 | 7.27 | - | 4.41 | 14.96 |
| TR.2-27 | 8.88 | 8.37 | 34.21 | 35.22 | 24.76 | - | 15.02 | 50.93 | 7.09 | 6.74 | 22.12 | 22.81 | 6.90 | - | 4.18 | 14.19 |
| TR.2-28 | 9.11 | 8.59 | 34.85 | 35.89 | 24.07 | - | 14.60 | 49.50 | 7.17 | 6.82 | 22.36 | 23.05 | 6.90 | - | 4.18 | 14.19 |
| TR.2-29 | 9.02 | 8.51 | 34.85 | 35.89 | 24.24 | - | 14.70 | 49.84 | 7.19 | 6.84 | 22.36 | 23.06 | 6.88 | - | 4.17 | 14.15 |
| TR.2-30 | 9.06 | 8.54 | 34.92 | 35.96 | 24.35 | - | 14.77 | 50.08 | 7.19 | 6.85 | 22.40 | 23.10 | 6.88 | - | 4.17 | 14.15 |
| TR.2-31 | 9.00 | 8.48 | 34.95 | 35.99 | 24.41 | - | 14.80 | 50.21 | 7.23 | 6.88 | 22.38 | 23.07 | 6.92 | - | 4.20 | 14.24 |
| TR.2-32 | 9.02 | 8.51 | 35.05 | 36.09 | 24.26 | - | 14.71 | 49.89 | 7.20 | 6.85 | 22.21 | 22.90 | 6.92 | - | 4.20 | 14.24 |
| TR.2-33 | 8.98 | 8.47 | 35.06 | 36.10 | 24.08 | - | 14.60 | 49.53 | 7.26 | 6.91 | 22.20 | 22.90 | 6.92 | - | 4.20 | 14.23 |
| TR.2-34 | 8.80 | 8.29 | 34.59 | 35.61 | 24.77 | - | 15.02 | 50.94 | 7.15 | 6.80 | 21.85 | 22.54 | 6.92 | - | 4.20 | 14.23 |
| TR.2-35 | 8.77 | 8.26 | 34.00 | 35.01 | 24.54 | - | 14.88 | 50.47 | 7.23 | 6.88 | 22.24 | 22.94 | 7.33 | - | 4.44 | 15.07 |
| TR.2-36 | 8.69 | 8.19 | 33.80 | 34.81 | 24.33 | - | 14.75 | 50.03 | 6.92 | 6.58 | 21.27 | 21.94 | 7.33 | - | 4.44 | 15.07 |
| TR.2-37 | 8.68 | 8.14 | 37.44 | 38.34 | 18.80 | - | 15.26 | 50.89 | 7.04 | 6.68 | 23.58 | 24.18 | 5.93 | - | 4.81 | 16.05 |
| TR.2-38 | 8.41 | 7.88 | 36.56 | 37.44 | 19.28 | - | 15.65 | 52.19 | 6.65 | 6.31 | 22.25 | 22.82 | 5.93 | - | 4.81 | 16.05 |
| TR.2-39 | 8.39 | 7.88 | 35.32 | 36.18 | 19.21 | - | 15.58 | 51.98 | 6.78 | 6.42 | 23.16 | 23.75 | 6.30 | - | 5.11 | 17.04 |
| TR.2-40 | 8.11 | 7.61 | 34.41 | 35.24 | 19.21 | - | 15.59 | 51.99 | 6.33 | 6.00 | 21.63 | 22.17 | 6.30 | - | 5.11 | 17.04 |
| TR.2-41 | 8.07 | 7.57 | 34.46 | 35.29 | 19.03 | - | 15.44 | 51.51 | 6.50 | 6.17 | 21.61 | 22.16 | 6.60 | - | 5.35 | 17.85 |
| TR.2-42 | 7.59 | 7.11 | 32.87 | 33.66 | 19.70 | - | 15.98 | 53.31 | 5.98 | 5.67 | 19.85 | 20.36 | 6.60 | - | 5.35 | 17.85 |
| TR.2-43 | 7.59 | 7.13 | 31.12 | 31.88 | 19.41 | - | 15.75 | 52.54 | 6.15 | 5.82 | 21.23 | 21.77 | 7.55 | - | 6.13 | 20.44 |
| TR.2-44 | 7.20 | 6.76 | 29.83 | 30.55 | 19.32 | - | 15.67 | 52.28 | 5.43 | 5.14 | 18.83 | 19.31 | 7.55 | - | 6.13 | 20.44 |
| TR.2-45 | 7.17 | 6.73 | 29.90 | 30.63 | 19.17 | - | 15.56 | 51.88 | 5.65 | 5.36 | 18.81 | 19.29 | 8.03 | - | 6.51 | 21.72 |
| TR.2-46 | 6.57 | 6.16 | 27.88 | 28.55 | 19.73 | - | 16.01 | 53.39 | 4.87 | 4.62 | 16.19 | 16.60 | 8.03 | - | 6.51 | 21.72 |
| TR.2-47 | 6.60 | 6.23 | 25.56 | 26.19 | 19.54 | - | 15.85 | 52.88 | 5.05 | 4.78 | 18.00 | 18.45 | 8.45 | - | 6.86 | 22.87 |
| TR.2-48 | 5.96 | 5.62 | 23.40 | 23.98 | 19.74 | - | 16.01 | 53.41 | 4.23 | 4.00 | 15.21 | 15.59 | 8.45 | - | 6.86 | 22.87 |
| TR.2-49 | 5.94 | 5.56 | 32.45 | 32.90 | 17.35 | - | 14.89 | 56.47 | 4.44 | 4.19 | 20.99 | 21.28 | 7.96 | - | 6.83 | 25.92 |
| TR.2-50 | 5.07 | 4.75 | 28.37 | 28.76 | 18.12 | - | 15.55 | 58.99 | 3.56 | 3.36 | 16.85 | 17.09 | 7.96 | - | 6.83 | 25.92 |
| TR.2-51 | 5.18 | 4.89 | 24.87 | 25.22 | 17.49 | - | 15.01 | 56.95 | 3.74 | 3.51 | 19.94 | 20.22 | 8.92 | - | 7.65 | 29.02 |
| TR.2-52 | 4.32 | 4.07 | 20.80 | 21.09 | 17.65 | - | 15.14 | 57.44 | 2.72 | 2.54 | 15.18 | 15.39 | 8.92 | - | 7.65 | 29.02 |
| TR.2-53 | 4.40 | 4.15 | 20.96 | 21.25 | 17.22 | - | 14.78 | 56.06 | 2.95 | 2.77 | 15.16 | 15.37 | 9.34 | - | 8.02 | 30.40 |
| TR.2-54 | 3.23 | 3.05 | 15.58 | 15.80 | 18.25 | - | 15.67 | 29.71 | 1.87 | 1.76 | 10.16 | 10.30 | 9.34 | - | 8.02 | 15.20 |
| TR.2-55 | 3.51 | 3.32 | 15.53 | 15.76 | 17.33 | - | 14.88 | 28.21 | 2.08 | 1.95 | 11.06 | 11.21 | 9.44 | - | 8.10 | 15.37 |
| TR.2-56 | 2.05 | 1.94 | 9.02 | 9.15 | 18.82 | - | 16.13 | 30.71 | 0.91 | 0.85 | 5.85 | 5.93 | 9.44 | - | 8.10 | 15.41 |
| TR.2-57 | 2.37 | 2.25 | 9.24 | 9.38 | 18.26 | - | 15.66 | 29.80 | 1.09 | 1.03 | 5.81 | 5.89 | 9.59 | - | 8.22 | 15.65 |
| TR.2-58 | 3.03 | 2.98 | 3.85 | 3.93 | 21.30 | - | 23.80 | 34.75 | 0.39 | 0.38 | 1.15 | 1.17 | 9.59 | - | 10.72 | 15.65 |
| TR.2-59 | 2.24 | 2.20 | 2.08 | 2.13 | 5.81 | - | 6.49 | 9.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 |
| TR.2-60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 |

Tabella 65 – Massime escursioni di tensione corrispondenti al treno di carico LM71. Trave n°2

| VERIFICHE A FATICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--|--|
| ESCURSIONI TENSIONALI EQUIVALENTI $\Delta\sigma$ ed (MPa) \ $\Delta\tau$ ed (Mpa) PER VERIFICHE A DANNEGGIAMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sezione | $\lambda_{1,\sigma}$ | $\lambda_{1,\tau}$ | $\lambda_{1,v}$ | $\lambda_{4,\sigma}$ | $\lambda_{4,\tau}$ | $\lambda_{4,v}$ | $\Delta\sigma_{pb,s}$ | $\Delta\sigma_{an,s}$ | $\Delta\sigma_{an,i}$ | $\Delta\sigma_{pb,i}$ | $\Delta\tau_{m,an}$ | $\Delta\tau_{sald,s}$ | $\Delta\tau_{sald,i}$ | $\Delta\tau_{pioli}$ | | |
| TR.2-1 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | 0.87 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | | |
| TR.2-2 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.43 | 1.41 | 1.33 | 1.36 | 3.72 | - | 4.15 | 7.11 | | |
| TR.2-3 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.98 | 0.89 | 0.90 | 8.18 | 8.03 | 27.82 | 28.23 | 17.77 | - | 18.92 | 34.59 | | |
| TR.2-4 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.88 | 0.88 | 0.90 | 1.80 | 1.73 | 18.43 | 18.64 | 16.08 | - | 13.78 | 31.40 | | |
| TR.2-5 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.87 | 0.88 | 0.90 | 1.48 | 1.41 | 18.06 | 18.27 | 16.15 | - | 13.85 | 31.57 | | |
| TR.2-6 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.86 | 0.87 | 0.90 | 2.88 | 2.74 | 18.19 | 18.43 | 15.32 | - | 13.15 | 29.93 | | |
| TR.2-7 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.87 | 0.89 | 2.62 | 2.47 | 15.19 | 15.40 | 15.62 | - | 13.41 | 30.56 | | |
| TR.2-8 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.87 | 0.89 | 4.00 | 3.78 | 20.19 | 20.47 | 14.98 | - | 12.85 | 58.69 | | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| VERIFICHE A FATICA | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--|
| ESCURSIONI TENSIONALI EQUIVALENTI $\Delta\sigma$ ed (MPa) \ $\Delta\tau$ ed (Mpa) PER VERIFICHE A DANNEGGIAMENTO | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sezione | $\lambda_{1,\sigma}$ | $\lambda_{1,\tau}$ | $\lambda_{1,v}$ | $\lambda_{4,\sigma}$ | $\lambda_{4,\tau}$ | $\lambda_{4,v}$ | $\Delta\sigma$ pb,s | $\Delta\sigma$ an,s | $\Delta\sigma$ an,i | $\Delta\sigma$ pb,i | $\Delta\tau$ m,an | $\Delta\tau$ sald,s | $\Delta\tau$ sald,i | $\Delta\tau$ pioli | |
| TR.2-9 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.84 | 0.87 | 0.89 | 3.77 | 3.54 | 20.03 | 20.31 | 14.86 | - | 12.76 | 58.26 | |
| TR.2-10 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.84 | 0.87 | 0.89 | 4.80 | 4.52 | 24.37 | 24.71 | 14.67 | - | 12.59 | 57.52 | |
| TR.2-11 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.84 | 0.87 | 0.89 | 4.68 | 4.41 | 23.37 | 23.69 | 14.34 | - | 12.30 | 56.23 | |
| TR.2-12 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.84 | 0.86 | 0.89 | 5.66 | 5.34 | 27.84 | 28.23 | 13.91 | - | 11.94 | 54.64 | |
| TR.2-13 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 5.51 | 5.21 | 20.06 | 20.56 | 15.44 | - | 12.53 | 50.41 | |
| TR.2-14 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 6.33 | 5.99 | 22.75 | 23.32 | 15.31 | - | 12.42 | 50.01 | |
| TR.2-15 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 6.15 | 5.81 | 22.97 | 23.54 | 15.19 | - | 12.32 | 49.64 | |
| TR.2-16 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 6.90 | 6.52 | 25.50 | 26.13 | 14.90 | - | 12.09 | 48.73 | |
| TR.2-17 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 6.76 | 6.38 | 25.45 | 26.08 | 14.71 | - | 11.93 | 48.04 | |
| TR.2-18 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 7.36 | 6.95 | 27.44 | 28.12 | 14.81 | - | 12.01 | 48.34 | |
| TR.2-19 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.87 | 0.89 | 7.23 | 6.82 | 27.62 | 28.31 | 14.58 | - | 11.83 | 47.45 | |
| TR.2-20 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.87 | 0.89 | 7.78 | 7.34 | 29.45 | 30.18 | 14.22 | - | 11.53 | 46.31 | |
| TR.2-21 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.87 | 0.89 | 7.68 | 7.24 | 29.41 | 30.14 | 14.15 | - | 11.48 | 46.04 | |
| TR.2-22 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.87 | 0.89 | 8.07 | 7.61 | 30.74 | 31.50 | 14.17 | - | 11.50 | 46.09 | |
| TR.2-23 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.87 | 0.90 | 7.99 | 7.53 | 30.91 | 31.67 | 14.09 | - | 11.43 | 45.75 | |
| TR.2-24 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 8.35 | 7.87 | 32.10 | 32.90 | 13.83 | - | 11.22 | 44.94 | |
| TR.2-25 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.26 | 7.82 | 28.97 | 29.85 | 17.70 | - | 10.73 | 43.66 | |
| TR.2-26 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.47 | 8.02 | 29.60 | 30.50 | 17.88 | - | 10.84 | 44.08 | |
| TR.2-27 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.42 | 7.97 | 29.71 | 30.61 | 17.84 | - | 10.82 | 43.90 | |
| TR.2-28 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.59 | 8.13 | 30.18 | 31.10 | 17.41 | - | 10.56 | 42.88 | |
| TR.2-29 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.55 | 8.10 | 30.18 | 31.09 | 17.50 | - | 10.61 | 43.10 | |
| TR.2-30 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.57 | 8.12 | 30.23 | 31.15 | 17.58 | - | 10.66 | 43.27 | |
| TR.2-31 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.56 | 8.10 | 30.23 | 31.15 | 17.63 | - | 10.69 | 43.41 | |
| TR.2-32 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.55 | 8.10 | 30.20 | 31.11 | 17.53 | - | 10.63 | 43.19 | |
| TR.2-33 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.56 | 8.11 | 30.19 | 31.11 | 17.42 | - | 10.57 | 42.92 | |
| TR.2-34 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.41 | 7.95 | 29.75 | 30.65 | 17.85 | - | 10.82 | 43.93 | |
| TR.2-35 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.90 | 8.43 | 7.98 | 29.64 | 30.54 | 17.86 | - | 10.83 | 44.05 | |
| TR.2-36 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.87 | 0.90 | 8.23 | 7.79 | 29.05 | 29.93 | 17.72 | - | 10.75 | 43.73 | |
| TR.2-37 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 8.29 | 7.82 | 32.17 | 32.96 | 13.80 | - | 11.19 | 44.87 | |
| TR.2-38 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 7.95 | 7.49 | 31.02 | 31.79 | 14.09 | - | 11.44 | 45.80 | |
| TR.2-39 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 8.00 | 7.54 | 30.83 | 31.59 | 14.18 | - | 11.51 | 46.19 | |
| TR.2-40 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 7.62 | 7.18 | 29.57 | 30.30 | 14.18 | - | 11.51 | 46.20 | |
| TR.2-41 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 7.68 | 7.24 | 29.56 | 30.30 | 14.19 | - | 11.51 | 46.31 | |
| TR.2-42 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 7.16 | 6.75 | 27.82 | 28.50 | 14.60 | - | 11.84 | 47.58 | |
| TR.2-43 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.86 | 0.89 | 7.24 | 6.83 | 27.60 | 28.28 | 14.80 | - | 12.01 | 48.52 | |
| TR.2-44 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.86 | 0.89 | 6.67 | 6.29 | 25.70 | 26.34 | 14.74 | - | 11.96 | 48.33 | |
| TR.2-45 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.85 | 0.88 | 6.76 | 6.38 | 25.69 | 26.33 | 14.84 | - | 12.04 | 48.81 | |
| TR.2-46 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.85 | 0.89 | 6.04 | 5.70 | 23.29 | 23.86 | 15.18 | - | 12.31 | 49.86 | |
| TR.2-47 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.82 | 0.85 | 0.88 | 6.16 | 5.81 | 23.00 | 23.57 | 15.24 | - | 12.36 | 50.18 | |
| TR.2-48 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.85 | 0.88 | 5.40 | 5.09 | 20.44 | 20.94 | 15.36 | - | 12.46 | 50.55 | |
| TR.2-49 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.85 | 0.88 | 5.48 | 5.16 | 28.23 | 28.63 | 13.72 | - | 11.77 | 54.49 | |
| TR.2-50 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.85 | 0.88 | 4.57 | 4.29 | 23.95 | 24.28 | 14.18 | - | 12.17 | 56.22 | |
| TR.2-51 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.84 | 0.88 | 4.72 | 4.44 | 23.71 | 24.04 | 14.22 | - | 12.20 | 56.70 | |
| TR.2-52 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.84 | 0.88 | 3.74 | 3.52 | 19.14 | 19.41 | 14.31 | - | 12.28 | 57.04 | |
| TR.2-53 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.84 | 0.88 | 3.90 | 3.67 | 19.16 | 19.43 | 14.24 | - | 12.22 | 56.96 | |
| TR.2-54 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.84 | 0.88 | 2.73 | 2.57 | 13.75 | 13.95 | 14.85 | - | 12.74 | 29.62 | |
| TR.2-55 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | 0.84 | 0.88 | 2.98 | 2.81 | 14.19 | 14.39 | 14.36 | - | 12.32 | 28.70 | |
| TR.2-56 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.84 | 0.88 | 1.61 | 1.51 | 8.08 | 8.19 | 15.23 | - | 13.06 | 30.43 | |
| TR.2-57 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.85 | 0.84 | 0.88 | 1.87 | 1.78 | 8.15 | 8.27 | 14.97 | - | 12.83 | 29.96 | |
| TR.2-58 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 0.93 | 0.85 | 0.88 | 2.04 | 2.00 | 2.98 | 3.04 | 16.77 | - | 18.74 | 33.36 | |
| TR.2-59 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.43 | 1.41 | 1.33 | 1.36 | 3.72 | - | 4.15 | 7.11 | |
| TR.2-60 | 0.64 | 0.64 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | |

Tabella 66 – Coefficienti λ e massime escursioni di progetto. Trave n°1

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

ALLEGATO E VERIFICHE DEI DIAFRAMMI E DEI CONTROVENTI INFERIORI – TABULATI DI VERIFICA

Si riportano, in formato tabulare, i risultati delle verifiche SLU e a fatica delle aste componenti i diaframmi e i controventi inferiori.

In tali tabelle si riportano, per ogni elemento:

- i valori massimo e minimo dello sforzo normale per le combinazioni elencate nel §A.2 . Vieni inoltre indicata la combinazione corrispondente a tale condizione;
- Le resistenze nei confronti dei vari meccanismi di collasso, col il corrispondente tasso di sfruttamento;

In giallo vengono evidenziati i tassi di sfruttamento maggiori all'80%.

Per la descrizione delle combinazioni si rimanda all'Allegato A .

Per la descrizione delle modalità di verifica si rimanda al capitolo11.

Si indica con:

TR-DG le aste diagonali dei traversi;

TR-BS le briglie superiori dei traversi;

TR-BI le briglie inferiori dei traversi;

CV-INF le aste dei controventi inferiori.

Nelle immagini seguenti viene riportata la numerazione dei vari elementi assunta nel modello di calcolo. Tale numerazione rispecchia quella indicata nelle tabelle.



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

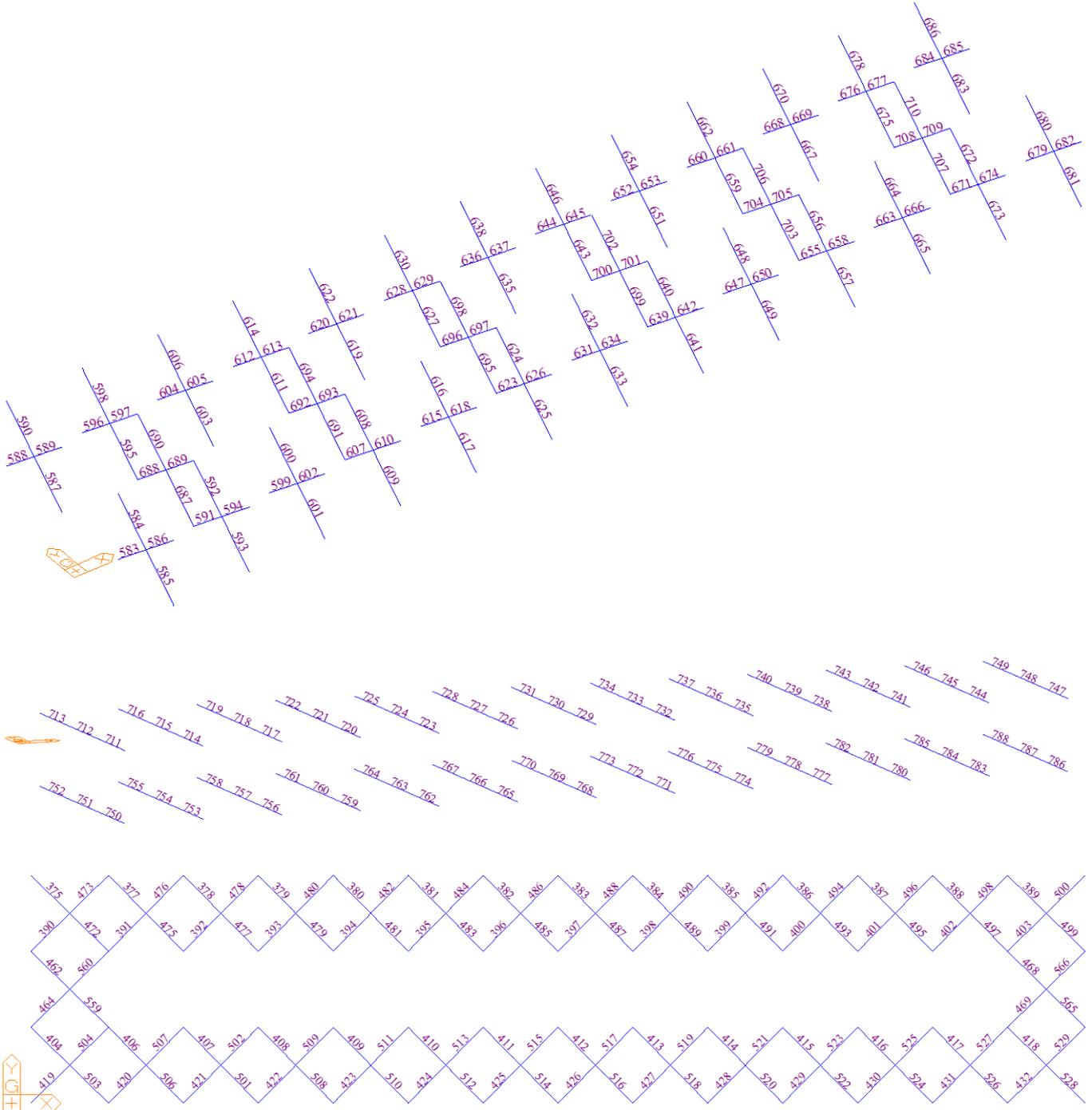


Figura 247- Numerazione delle aste nel modello

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| VERIFICHE SLU DELLE ASTE E DEI COLLEGAMENTI | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|-----------|------|------------------------|-----------|---------------------|-----------|-------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|---------------|-----------|
| ASTA | Nmax | | Nmin | | Verifica a instabilità | | Verifica a trazione | | Verifica taglio bulloni | | Rifollamento piastra | | Rifollamento profilo | | Block tearing | |
| | Nmax [kN] | Comb | Nmin [kN] | comb | Nb,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nt,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | V,rd [kN] | $\eta[-]$ |
| TR-DG-583 | 197 | 104 | -224 | 25 | 330 | 0.68 | 517.2 | 0.38 | 102.5 | 0.36 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.47 | 222 | 0.45 |
| TR-DG-584 | 117 | 52 | -201 | 77 | 330 | 0.61 | 517.2 | 0.23 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.42 | 222 | 0.26 |
| TR-DG-585 | 117 | 52 | -202 | 77 | 330 | 0.61 | 517.2 | 0.23 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.42 | 222 | 0.26 |
| TR-DG-586 | 198 | 104 | -223 | 25 | 330 | 0.68 | 517.2 | 0.38 | 102.5 | 0.36 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.47 | 222 | 0.45 |
| TR-DG-587 | 194 | 100 | -225 | 29 | 330 | 0.68 | 517.2 | 0.37 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.47 | 222 | 0.44 |
| TR-DG-588 | 116 | 56 | -198 | 73 | 330 | 0.60 | 517.2 | 0.22 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.41 | 222 | 0.26 |
| TR-DG-589 | 116 | 56 | -197 | 73 | 330 | 0.60 | 517.2 | 0.23 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.41 | 222 | 0.26 |
| TR-DG-590 | 194 | 100 | -225 | 29 | 330 | 0.68 | 517.2 | 0.38 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.47 | 222 | 0.44 |
| TR-DG-591 | 186 | 100 | -210 | 29 | 330 | 0.64 | 517.2 | 0.36 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.44 | 222 | 0.42 |
| TR-DG-592 | 83 | 116 | -231 | 13 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.19 |
| TR-DG-593 | 82 | 116 | -232 | 13 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.49 | 222 | 0.18 |
| TR-DG-594 | 187 | 100 | -209 | 29 | 330 | 0.63 | 517.2 | 0.36 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.44 | 222 | 0.42 |
| TR-DG-595 | 186 | 100 | -209 | 29 | 330 | 0.63 | 517.2 | 0.36 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.44 | 222 | 0.42 |
| TR-DG-596 | 82 | 120 | -230 | 9 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.18 |
| TR-DG-597 | 83 | 120 | -229 | 9 | 330 | 0.69 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.19 |
| TR-DG-598 | 187 | 100 | -208 | 29 | 330 | 0.63 | 517.2 | 0.36 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.44 | 222 | 0.42 |
| TR-DG-599 | 171 | 100 | -189 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.31 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.40 | 222 | 0.39 |
| TR-DG-600 | 74 | 116 | -230 | 13 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.17 |
| TR-DG-601 | 73 | 116 | -231 | 13 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-602 | 172 | 100 | -188 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.31 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.39 |
| TR-DG-603 | 178 | 100 | -187 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.34 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.40 |
| TR-DG-604 | 73 | 120 | -233 | 9 | 330 | 0.71 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.49 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-605 | 74 | 120 | -232 | 9 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.17 |
| TR-DG-606 | 179 | 100 | -187 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.35 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.40 |
| TR-DG-607 | 164 | 100 | -189 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.31 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.39 | 222 | 0.37 |
| TR-DG-608 | 71 | 84 | -232 | 45 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-609 | 70 | 84 | -232 | 45 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.49 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-610 | 165 | 100 | -187 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.37 |
| TR-DG-611 | 174 | 100 | -186 | 29 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.34 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.39 |
| TR-DG-612 | 70 | 88 | -237 | 41 | 330 | 0.72 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.49 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-613 | 71 | 88 | -236 | 41 | 330 | 0.72 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.49 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-614 | 175 | 100 | -185 | 29 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.34 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.39 |
| TR-DG-615 | 155 | 100 | -178 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.30 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.35 |
| TR-DG-616 | 70 | 84 | -233 | 45 | 330 | 0.71 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.49 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-617 | 69 | 84 | -234 | 45 | 330 | 0.71 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.49 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-618 | 156 | 100 | -177 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.30 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.35 |
| TR-DG-619 | 167 | 100 | -177 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-620 | 69 | 88 | -241 | 41 | 330 | 0.73 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.39 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.50 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-621 | 70 | 88 | -240 | 41 | 330 | 0.73 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.39 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.50 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-622 | 168 | 100 | -176 | 29 | 330 | 0.53 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-623 | 159 | 100 | -181 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-624 | 73 | 84 | -230 | 45 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-625 | 71 | 84 | -230 | 45 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-626 | 160 | 100 | -180 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-627 | 169 | 100 | -180 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-628 | 72 | 88 | -239 | 41 | 330 | 0.72 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.39 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.50 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-629 | 73 | 88 | -238 | 41 | 330 | 0.72 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.39 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.50 | 222 | 0.17 |
| TR-DG-630 | 170 | 100 | -179 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-631 | 167 | 100 | -180 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-632 | 80 | 84 | -239 | 45 | 330 | 0.72 | 517.2 | 0.15 | 102.5 | 0.39 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.50 | 222 | 0.18 |
| TR-DG-633 | 79 | 84 | -239 | 45 | 330 | 0.73 | 517.2 | 0.15 | 102.5 | 0.39 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.50 | 222 | 0.18 |
| TR-DG-634 | 168 | 100 | -179 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-635 | 176 | 100 | -182 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.34 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.40 |
| TR-DG-636 | 80 | 88 | -248 | 41 | 330 | 0.75 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.40 | 299.0 | 0.14 | 80 | 0.52 | 222 | 0.18 |
| TR-DG-637 | 82 | 88 | -247 | 41 | 330 | 0.75 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.40 | 299.0 | 0.14 | 80 | 0.52 | 222 | 0.18 |
| TR-DG-638 | 177 | 100 | -181 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.34 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.40 |
| TR-DG-639 | 160 | 100 | -182 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-640 | 72 | 84 | -227 | 45 | 330 | 0.69 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.47 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-641 | 70 | 84 | -228 | 45 | 330 | 0.69 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.16 |

| | | | |
|--|--|---|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 10 |
| | | Codifica | |
| | | EI2CLVI0005006 | |
| | | C | |

| VERIFICHE SLU DELLE ASTE E DEI COLLEGAMENTI | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|-----------|------|------------------------|-----------|---------------------|-----------|-------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|---------------|-----------|
| ASTA | Nmax | | Nmin | | Verifica a instabilità | | Verifica a trazione | | Verifica taglio bulloni | | Rifollamento piastra | | Rifollamento profilo | | Block tearing | |
| | Nmax [kN] | Comb | Nmin [kN] | comb | Nb,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nt,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | V,rd [kN] | $\eta[-]$ |
| TR-DG-642 | 161 | 100 | -180 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-643 | 170 | 100 | -181 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-644 | 72 | 88 | -237 | 41 | 330 | 0.72 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.39 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.50 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-645 | 73 | 88 | -237 | 41 | 330 | 0.72 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.49 | 222 | 0.17 |
| TR-DG-646 | 171 | 100 | -180 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.39 |
| TR-DG-647 | 155 | 100 | -178 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.30 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.35 |
| TR-DG-648 | 68 | 84 | -226 | 45 | 330 | 0.69 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.47 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-649 | 67 | 84 | -227 | 45 | 330 | 0.69 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.47 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-650 | 156 | 100 | -177 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.30 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.35 |
| TR-DG-651 | 166 | 100 | -177 | 29 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-652 | 68 | 88 | -237 | 41 | 330 | 0.72 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.39 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.50 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-653 | 69 | 88 | -237 | 41 | 330 | 0.72 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.38 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.49 | 222 | 0.16 |
| TR-DG-654 | 167 | 100 | -176 | 29 | 330 | 0.53 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-655 | 160 | 100 | -187 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-656 | 67 | 84 | -219 | 45 | 330 | 0.66 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.36 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.46 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-657 | 66 | 84 | -220 | 45 | 330 | 0.67 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.36 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.46 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-658 | 161 | 100 | -186 | 29 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-659 | 171 | 100 | -185 | 29 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-660 | 67 | 88 | -230 | 41 | 330 | 0.70 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-661 | 68 | 88 | -229 | 41 | 330 | 0.69 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.37 | 299.0 | 0.13 | 80 | 0.48 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-662 | 172 | 100 | -184 | 29 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.39 |
| TR-DG-663 | 158 | 100 | -183 | 29 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.30 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-664 | 65 | 116 | -208 | 13 | 330 | 0.63 | 517.2 | 0.12 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.44 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-665 | 64 | 116 | -209 | 13 | 330 | 0.63 | 517.2 | 0.12 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.44 | 222 | 0.14 |
| TR-DG-666 | 159 | 100 | -182 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-667 | 169 | 100 | -182 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-668 | 65 | 120 | -219 | 9 | 330 | 0.66 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.36 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.46 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-669 | 66 | 120 | -218 | 9 | 330 | 0.66 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.35 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.46 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-670 | 170 | 100 | -181 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-671 | 158 | 100 | -196 | 29 | 330 | 0.60 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.41 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-672 | 65 | 116 | -196 | 13 | 330 | 0.59 | 517.2 | 0.12 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.41 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-673 | 64 | 116 | -197 | 13 | 330 | 0.60 | 517.2 | 0.12 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.41 | 222 | 0.14 |
| TR-DG-674 | 159 | 100 | -195 | 29 | 330 | 0.59 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.41 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-675 | 169 | 100 | -199 | 29 | 330 | 0.60 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.42 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-676 | 66 | 120 | -205 | 9 | 330 | 0.62 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.43 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-677 | 67 | 120 | -204 | 9 | 330 | 0.62 | 517.2 | 0.13 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.43 | 222 | 0.15 |
| TR-DG-678 | 170 | 100 | -198 | 29 | 330 | 0.60 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.41 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-679 | 182 | 104 | -211 | 25 | 330 | 0.64 | 517.2 | 0.35 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.44 | 222 | 0.41 |
| TR-DG-680 | 101 | 52 | -195 | 77 | 330 | 0.59 | 517.2 | 0.19 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.41 | 222 | 0.23 |
| TR-DG-681 | 100 | 52 | -196 | 77 | 330 | 0.59 | 517.2 | 0.19 | 102.5 | 0.32 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.41 | 222 | 0.23 |
| TR-DG-682 | 182 | 104 | -210 | 25 | 330 | 0.64 | 517.2 | 0.35 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.44 | 222 | 0.41 |
| TR-DG-683 | 187 | 100 | -222 | 29 | 330 | 0.67 | 517.2 | 0.36 | 102.5 | 0.36 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.46 | 222 | 0.42 |
| TR-DG-684 | 93 | 56 | -169 | 73 | 330 | 0.51 | 517.2 | 0.18 | 102.5 | 0.27 | 299.0 | 0.09 | 80 | 0.35 | 222 | 0.21 |
| TR-DG-685 | 94 | 56 | -168 | 73 | 330 | 0.51 | 517.2 | 0.18 | 102.5 | 0.27 | 299.0 | 0.09 | 80 | 0.35 | 222 | 0.21 |
| TR-DG-686 | 187 | 100 | -222 | 29 | 330 | 0.67 | 517.2 | 0.36 | 102.5 | 0.36 | 299.0 | 0.12 | 80 | 0.46 | 222 | 0.42 |
| TR-DG-687 | 142 | 100 | -183 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.27 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.32 |
| TR-DG-688 | 140 | 104 | -179 | 25 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.27 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.32 |
| TR-DG-689 | 141 | 104 | -178 | 25 | 330 | 0.54 | 517.2 | 0.27 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.37 | 222 | 0.32 |
| TR-DG-690 | 143 | 100 | -182 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.28 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.32 |
| TR-DG-691 | 161 | 116 | -182 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-692 | 151 | 120 | -182 | 25 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.29 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.34 |
| TR-DG-693 | 151 | 120 | -181 | 25 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.29 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.34 |
| TR-DG-694 | 162 | 116 | -182 | 29 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-695 | 170 | 116 | -187 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-696 | 160 | 120 | -184 | 25 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-697 | 161 | 120 | -183 | 25 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.36 |
| TR-DG-698 | 171 | 116 | -186 | 29 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-699 | 172 | 116 | -189 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.31 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.39 | 222 | 0.39 |
| TR-DG-700 | 161 | 120 | -186 | 25 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.36 |

| | | | |
|----------|-------|----------------|---|
| Progetto | Lotto | Codifica | |
| IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| VERIFICHE SLU DELLE ASTE E DEI COLLEGAMENTI | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|-----------|------|------------------------|-----------|---------------------|-----------|-------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|---------------|-----------|
| ASTA | Nmax | | Nmin | | Verifica a instabilità | | Verifica a trazione | | Verifica taglio bulloni | | Rifollamento piastra | | Rifollamento profilo | | Block tearing | |
| | Nmax [kN] | Comb | Nmin [kN] | comb | Nb,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nt,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | V,rd [kN] | $\eta[-]$ |
| TR-DG-701 | 162 | 120 | -185 | 25 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.31 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.37 |
| TR-DG-702 | 172 | 116 | -188 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.33 | 102.5 | 0.31 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.39 |
| TR-DG-703 | 167 | 116 | -190 | 29 | 330 | 0.58 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.31 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.40 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-704 | 155 | 120 | -187 | 25 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.30 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.35 |
| TR-DG-705 | 155 | 120 | -186 | 25 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.30 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.35 |
| TR-DG-706 | 168 | 116 | -189 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.32 | 102.5 | 0.31 | 299.0 | 0.11 | 80 | 0.40 | 222 | 0.38 |
| TR-DG-707 | 150 | 116 | -188 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.29 | 102.5 | 0.31 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.34 |
| TR-DG-708 | 141 | 120 | -183 | 25 | 330 | 0.56 | 517.2 | 0.27 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.32 |
| TR-DG-709 | 142 | 120 | -183 | 25 | 330 | 0.55 | 517.2 | 0.27 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.38 | 222 | 0.32 |
| TR-DG-710 | 150 | 116 | -188 | 29 | 330 | 0.57 | 517.2 | 0.29 | 102.5 | 0.30 | 299.0 | 0.10 | 80 | 0.39 | 222 | 0.34 |
| TR-BS-711 | 50 | 83 | -155 | 62 | 377 | 0.41 | 517.2 | 0.10 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.20 | 80 | 0.37 | 222 | 0.11 |
| TR-BS-712 | 36 | 115 | -181 | 30 | 377 | 0.48 | 517.2 | 0.07 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.23 | 80 | 0.43 | 222 | 0.08 |
| TR-BS-713 | 51 | 87 | -155 | 58 | 377 | 0.41 | 517.2 | 0.10 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.20 | 80 | 0.37 | 222 | 0.11 |
| TR-BS-714 | 71 | 83 | -149 | 62 | 377 | 0.40 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.28 | 299.0 | 0.19 | 80 | 0.36 | 222 | 0.16 |
| TR-BS-715 | 34 | 116 | -191 | 29 | 377 | 0.51 | 517.2 | 0.07 | 102.5 | 0.35 | 299.0 | 0.24 | 80 | 0.46 | 222 | 0.08 |
| TR-BS-716 | 72 | 87 | -149 | 58 | 377 | 0.40 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.28 | 299.0 | 0.19 | 80 | 0.36 | 222 | 0.16 |
| TR-BS-717 | 84 | 83 | -139 | 62 | 377 | 0.37 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.26 | 299.0 | 0.18 | 80 | 0.33 | 222 | 0.19 |
| TR-BS-718 | 40 | 116 | -189 | 29 | 377 | 0.50 | 517.2 | 0.08 | 102.5 | 0.35 | 299.0 | 0.24 | 80 | 0.45 | 222 | 0.09 |
| TR-BS-719 | 85 | 87 | -139 | 58 | 377 | 0.37 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.26 | 299.0 | 0.18 | 80 | 0.33 | 222 | 0.19 |
| TR-BS-720 | 94 | 83 | -131 | 62 | 377 | 0.35 | 517.2 | 0.18 | 102.5 | 0.24 | 299.0 | 0.17 | 80 | 0.31 | 222 | 0.21 |
| TR-BS-721 | 42 | 116 | -182 | 29 | 377 | 0.48 | 517.2 | 0.08 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.23 | 80 | 0.43 | 222 | 0.09 |
| TR-BS-722 | 95 | 87 | -131 | 58 | 377 | 0.35 | 517.2 | 0.18 | 102.5 | 0.24 | 299.0 | 0.17 | 80 | 0.31 | 222 | 0.21 |
| TR-BS-723 | 105 | 83 | -123 | 62 | 377 | 0.33 | 517.2 | 0.20 | 102.5 | 0.23 | 299.0 | 0.16 | 80 | 0.29 | 222 | 0.24 |
| TR-BS-724 | 44 | 116 | -181 | 29 | 377 | 0.48 | 517.2 | 0.09 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.23 | 80 | 0.43 | 222 | 0.10 |
| TR-BS-725 | 105 | 87 | -122 | 58 | 377 | 0.32 | 517.2 | 0.20 | 102.5 | 0.23 | 299.0 | 0.16 | 80 | 0.29 | 222 | 0.24 |
| TR-BS-726 | 111 | 83 | -117 | 62 | 377 | 0.31 | 517.2 | 0.21 | 102.5 | 0.22 | 299.0 | 0.15 | 80 | 0.28 | 222 | 0.25 |
| TR-BS-727 | 44 | 116 | -178 | 29 | 377 | 0.47 | 517.2 | 0.08 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.23 | 80 | 0.42 | 222 | 0.10 |
| TR-BS-728 | 112 | 87 | -117 | 58 | 377 | 0.31 | 517.2 | 0.22 | 102.5 | 0.22 | 299.0 | 0.15 | 80 | 0.28 | 222 | 0.25 |
| TR-BS-729 | 115 | 83 | -118 | 62 | 377 | 0.31 | 517.2 | 0.22 | 102.5 | 0.22 | 299.0 | 0.15 | 80 | 0.28 | 222 | 0.26 |
| TR-BS-730 | 46 | 116 | -180 | 29 | 377 | 0.48 | 517.2 | 0.09 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.23 | 80 | 0.43 | 222 | 0.10 |
| TR-BS-731 | 116 | 87 | -117 | 58 | 377 | 0.31 | 517.2 | 0.22 | 102.5 | 0.22 | 299.0 | 0.15 | 80 | 0.28 | 222 | 0.26 |
| TR-BS-732 | 111 | 83 | -117 | 62 | 377 | 0.31 | 517.2 | 0.21 | 102.5 | 0.22 | 299.0 | 0.15 | 80 | 0.28 | 222 | 0.25 |
| TR-BS-733 | 44 | 116 | -178 | 29 | 377 | 0.47 | 517.2 | 0.08 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.23 | 80 | 0.42 | 222 | 0.10 |
| TR-BS-734 | 112 | 87 | -117 | 58 | 377 | 0.31 | 517.2 | 0.22 | 102.5 | 0.22 | 299.0 | 0.15 | 80 | 0.28 | 222 | 0.25 |
| TR-BS-735 | 104 | 83 | -123 | 62 | 377 | 0.33 | 517.2 | 0.20 | 102.5 | 0.23 | 299.0 | 0.16 | 80 | 0.29 | 222 | 0.24 |
| TR-BS-736 | 44 | 116 | -181 | 29 | 377 | 0.48 | 517.2 | 0.09 | 102.5 | 0.33 | 299.0 | 0.23 | 80 | 0.43 | 222 | 0.10 |
| TR-BS-737 | 105 | 87 | -122 | 58 | 377 | 0.32 | 517.2 | 0.20 | 102.5 | 0.23 | 299.0 | 0.16 | 80 | 0.29 | 222 | 0.24 |
| TR-BS-738 | 94 | 83 | -130 | 62 | 377 | 0.35 | 517.2 | 0.18 | 102.5 | 0.24 | 299.0 | 0.17 | 80 | 0.31 | 222 | 0.21 |
| TR-BS-739 | 42 | 116 | -181 | 29 | 377 | 0.48 | 517.2 | 0.08 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.23 | 80 | 0.43 | 222 | 0.09 |
| TR-BS-740 | 95 | 87 | -130 | 58 | 377 | 0.35 | 517.2 | 0.18 | 102.5 | 0.24 | 299.0 | 0.17 | 80 | 0.31 | 222 | 0.21 |
| TR-BS-741 | 83 | 83 | -139 | 62 | 377 | 0.37 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.26 | 299.0 | 0.18 | 80 | 0.33 | 222 | 0.19 |
| TR-BS-742 | 40 | 116 | -188 | 29 | 377 | 0.50 | 517.2 | 0.08 | 102.5 | 0.35 | 299.0 | 0.24 | 80 | 0.45 | 222 | 0.09 |
| TR-BS-743 | 84 | 87 | -138 | 58 | 377 | 0.37 | 517.2 | 0.16 | 102.5 | 0.26 | 299.0 | 0.18 | 80 | 0.33 | 222 | 0.19 |
| TR-BS-744 | 70 | 83 | -149 | 62 | 377 | 0.39 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.28 | 299.0 | 0.19 | 80 | 0.35 | 222 | 0.16 |
| TR-BS-745 | 34 | 116 | -191 | 29 | 377 | 0.51 | 517.2 | 0.06 | 102.5 | 0.35 | 299.0 | 0.24 | 80 | 0.45 | 222 | 0.08 |
| TR-BS-746 | 70 | 87 | -148 | 58 | 377 | 0.39 | 517.2 | 0.14 | 102.5 | 0.27 | 299.0 | 0.19 | 80 | 0.35 | 222 | 0.16 |
| TR-BS-747 | 50 | 83 | -156 | 62 | 377 | 0.41 | 517.2 | 0.10 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.20 | 80 | 0.37 | 222 | 0.11 |
| TR-BS-748 | 35 | 115 | -181 | 30 | 377 | 0.48 | 517.2 | 0.07 | 102.5 | 0.34 | 299.0 | 0.23 | 80 | 0.43 | 222 | 0.08 |
| TR-BS-749 | 50 | 83 | -155 | 62 | 377 | 0.41 | 517.2 | 0.10 | 102.5 | 0.29 | 299.0 | 0.20 | 80 | 0.37 | 222 | 0.11 |
| TR-BI-750 | 69 | 34 | -184 | 79 | 460 | 0.40 | 732.4 | 0.09 | 102.5 | 0.23 | 427.1 | 0.11 | 142 | 0.17 | 459 | 0.08 |
| TR-BI-751 | 75 | 100 | -190 | 13 | 460 | 0.41 | 732.4 | 0.10 | 102.5 | 0.24 | 427.1 | 0.12 | 142 | 0.17 | 459 | 0.08 |
| TR-BI-752 | 79 | 38 | -193 | 75 | 460 | 0.42 | 732.4 | 0.11 | 102.5 | 0.25 | 427.1 | 0.12 | 142 | 0.18 | 459 | 0.09 |
| TR-BI-753 | 14 | 98 | -296 | 15 | 460 | 0.64 | 732.4 | 0.02 | 102.5 | 0.38 | 427.1 | 0.18 | 142 | 0.27 | 459 | 0.01 |
| TR-BI-754 | 151 | 98 | -151 | 15 | 460 | 0.33 | 732.4 | 0.21 | 102.5 | 0.19 | 427.1 | 0.09 | 142 | 0.14 | 459 | 0.16 |
| TR-BI-755 | 24 | 102 | -297 | 11 | 460 | 0.64 | 732.4 | 0.03 | 102.5 | 0.38 | 427.1 | 0.18 | 142 | 0.27 | 459 | 0.03 |
| TR-BI-756 | 8 | 34 | -327 | 79 | 460 | 0.71 | 732.4 | 0.01 | 102.5 | 0.42 | 427.1 | 0.20 | 142 | 0.30 | 459 | 0.01 |
| TR-BI-757 | 192 | 98 | -177 | 15 | 460 | 0.39 | 732.4 | 0.26 | 102.5 | 0.25 | 427.1 | 0.12 | 142 | 0.18 | 459 | 0.21 |
| TR-BI-758 | 19 | 38 | -327 | 75 | 460 | 0.71 | 732.4 | 0.03 | 102.5 | 0.42 | 427.1 | 0.20 | 142 | 0.30 | 459 | 0.02 |
| TR-BI-759 | 0 | - | -355 | 79 | 460 | 0.77 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.45 | 427.1 | 0.22 | 142 | 0.33 | 459 | 0.00 |

| | | | |
|--|--|---|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 10 |
| | | Codifica | |
| | | EI2CLVI0005006 | |
| | | C | |

| VERIFICHE SLU DELLE ASTE E DEI COLLEGAMENTI | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|-----------|------|------------------------|-----------|---------------------|-----------|-------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|---------------|-----------|
| ASTA | Nmax | | Nmin | | Verifica a instabilità | | Verifica a trazione | | Verifica taglio bulloni | | Rifollamento piastra | | Rifollamento profilo | | Block tearing | |
| | Nmax [kN] | Comb | Nmin [kN] | comb | Nb,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nt,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | Nv,rd [kN] | $\eta[-]$ | V,rd [kN] | $\eta[-]$ |
| TR-BI-760 | 218 | 34 | -166 | 79 | 460 | 0.36 | 732.4 | 0.30 | 102.5 | 0.28 | 427.1 | 0.13 | 142 | 0.20 | 459 | 0.24 |
| TR-BI-761 | 0 | - | -352 | 75 | 460 | 0.77 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.45 | 427.1 | 0.22 | 142 | 0.32 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-762 | 0 | - | -378 | 79 | 460 | 0.82 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.48 | 427.1 | 0.23 | 142 | 0.35 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-763 | 233 | 34 | -166 | 79 | 460 | 0.36 | 732.4 | 0.32 | 102.5 | 0.30 | 427.1 | 0.14 | 142 | 0.21 | 459 | 0.25 |
| TR-BI-764 | 0 | - | -377 | 75 | 460 | 0.82 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.48 | 427.1 | 0.23 | 142 | 0.35 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-765 | 0 | - | -384 | 79 | 460 | 0.83 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.49 | 427.1 | 0.24 | 142 | 0.35 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-766 | 244 | 34 | -174 | 79 | 460 | 0.38 | 732.4 | 0.33 | 102.5 | 0.31 | 427.1 | 0.15 | 142 | 0.22 | 459 | 0.27 |
| TR-BI-767 | 0 | - | -381 | 75 | 460 | 0.83 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.49 | 427.1 | 0.23 | 142 | 0.35 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-768 | 0 | - | -379 | 79 | 460 | 0.82 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.48 | 427.1 | 0.23 | 142 | 0.35 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-769 | 266 | 34 | -205 | 79 | 460 | 0.44 | 732.4 | 0.36 | 102.5 | 0.34 | 427.1 | 0.16 | 142 | 0.24 | 459 | 0.29 |
| TR-BI-770 | 0 | - | -380 | 75 | 460 | 0.83 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.49 | 427.1 | 0.23 | 142 | 0.35 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-771 | 0 | - | -383 | 79 | 460 | 0.83 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.49 | 427.1 | 0.23 | 142 | 0.35 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-772 | 242 | 34 | -172 | 79 | 460 | 0.37 | 732.4 | 0.33 | 102.5 | 0.31 | 427.1 | 0.15 | 142 | 0.22 | 459 | 0.26 |
| TR-BI-773 | 0 | - | -378 | 75 | 460 | 0.82 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.48 | 427.1 | 0.23 | 142 | 0.35 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-774 | 0 | - | -374 | 79 | 460 | 0.81 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.48 | 427.1 | 0.23 | 142 | 0.34 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-775 | 228 | 34 | -162 | 79 | 460 | 0.35 | 732.4 | 0.31 | 102.5 | 0.29 | 427.1 | 0.14 | 142 | 0.21 | 459 | 0.25 |
| TR-BI-776 | 0 | - | -373 | 75 | 460 | 0.81 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.48 | 427.1 | 0.23 | 142 | 0.34 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-777 | 0 | - | -351 | 79 | 460 | 0.76 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.45 | 427.1 | 0.21 | 142 | 0.32 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-778 | 210 | 34 | -159 | 79 | 460 | 0.34 | 732.4 | 0.29 | 102.5 | 0.27 | 427.1 | 0.13 | 142 | 0.19 | 459 | 0.23 |
| TR-BI-779 | 0 | - | -346 | 75 | 460 | 0.75 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.44 | 427.1 | 0.21 | 142 | 0.32 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-780 | 1 | 34 | -320 | 79 | 460 | 0.70 | 732.4 | 0.00 | 102.5 | 0.41 | 427.1 | 0.20 | 142 | 0.29 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-781 | 181 | 98 | -169 | 15 | 460 | 0.37 | 732.4 | 0.25 | 102.5 | 0.23 | 427.1 | 0.11 | 142 | 0.17 | 459 | 0.20 |
| TR-BI-782 | 10 | 38 | -316 | 75 | 460 | 0.69 | 732.4 | 0.01 | 102.5 | 0.40 | 427.1 | 0.19 | 142 | 0.29 | 459 | 0.01 |
| TR-BI-783 | 4 | 98 | -288 | 15 | 460 | 0.63 | 732.4 | 0.01 | 102.5 | 0.37 | 427.1 | 0.18 | 142 | 0.26 | 459 | 0.00 |
| TR-BI-784 | 143 | 98 | -150 | 15 | 460 | 0.32 | 732.4 | 0.20 | 102.5 | 0.19 | 427.1 | 0.09 | 142 | 0.14 | 459 | 0.16 |
| TR-BI-785 | 8 | 102 | -280 | 11 | 460 | 0.61 | 732.4 | 0.01 | 102.5 | 0.36 | 427.1 | 0.17 | 142 | 0.26 | 459 | 0.01 |
| TR-BI-786 | 106 | 34 | -242 | 79 | 460 | 0.53 | 732.4 | 0.14 | 102.5 | 0.31 | 427.1 | 0.15 | 142 | 0.22 | 459 | 0.12 |
| TR-BI-787 | 77 | 100 | -203 | 13 | 460 | 0.44 | 732.4 | 0.11 | 102.5 | 0.26 | 427.1 | 0.12 | 142 | 0.19 | 459 | 0.08 |
| TR-BI-788 | 92 | 34 | -227 | 79 | 460 | 0.49 | 732.4 | 0.13 | 102.5 | 0.29 | 427.1 | 0.14 | 142 | 0.21 | 459 | 0.10 |
| CV-INF-375 | 400 | 67 | -225 | 46 | 589 | 0.38 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-377 | 496 | 67 | -162 | 46 | 589 | 0.27 | 866.5 | 0.57 | 147.7 | 0.42 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.49 | 422 | 0.59 |
| CV-INF-378 | 489 | 65 | -125 | 48 | 589 | 0.21 | 866.5 | 0.56 | 147.7 | 0.41 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.48 | 422 | 0.58 |
| CV-INF-379 | 456 | 65 | -88 | 48 | 589 | 0.15 | 866.5 | 0.53 | 147.7 | 0.39 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.54 |
| CV-INF-380 | 464 | 1 | -23 | 112 | 589 | 0.04 | 866.5 | 0.54 | 147.7 | 0.39 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.55 |
| CV-INF-381 | 439 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.51 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-382 | 409 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.47 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.40 | 422 | 0.49 |
| CV-INF-383 | 385 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.44 | 147.7 | 0.33 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.38 | 422 | 0.46 |
| CV-INF-384 | 395 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.33 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-385 | 405 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.47 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.40 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-386 | 406 | 5 | -60 | 108 | 589 | 0.10 | 866.5 | 0.47 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.40 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-387 | 437 | 37 | -109 | 76 | 589 | 0.18 | 866.5 | 0.50 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-388 | 476 | 37 | -219 | 76 | 589 | 0.37 | 866.5 | 0.55 | 147.7 | 0.40 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.47 | 422 | 0.56 |
| CV-INF-389 | 350 | 33 | -252 | 80 | 589 | 0.43 | 866.5 | 0.40 | 147.7 | 0.30 | 318.5 | 0.14 | 127 | 0.34 | 422 | 0.41 |
| CV-INF-390 | 544 | 33 | -491 | 80 | 589 | 0.83 | 866.5 | 0.63 | 147.7 | 0.46 | 318.5 | 0.21 | 127 | 0.53 | 422 | 0.65 |
| CV-INF-391 | 536 | 37 | -284 | 76 | 589 | 0.48 | 866.5 | 0.62 | 147.7 | 0.45 | 318.5 | 0.21 | 127 | 0.53 | 422 | 0.64 |
| CV-INF-392 | 473 | 37 | -157 | 76 | 589 | 0.27 | 866.5 | 0.55 | 147.7 | 0.40 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.46 | 422 | 0.56 |
| CV-INF-393 | 425 | 5 | -84 | 108 | 589 | 0.14 | 866.5 | 0.49 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.42 | 422 | 0.50 |
| CV-INF-394 | 417 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.49 |
| CV-INF-395 | 400 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-396 | 383 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.44 | 147.7 | 0.32 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.38 | 422 | 0.45 |
| CV-INF-397 | 401 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-398 | 427 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.49 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.42 | 422 | 0.51 |
| CV-INF-399 | 452 | 1 | -15 | 112 | 589 | 0.03 | 866.5 | 0.52 | 147.7 | 0.38 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.44 | 422 | 0.54 |
| CV-INF-400 | 454 | 65 | -87 | 48 | 589 | 0.15 | 866.5 | 0.52 | 147.7 | 0.38 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.54 |
| CV-INF-401 | 495 | 65 | -130 | 48 | 589 | 0.22 | 866.5 | 0.57 | 147.7 | 0.42 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.49 | 422 | 0.59 |
| CV-INF-402 | 488 | 65 | -168 | 48 | 589 | 0.29 | 866.5 | 0.56 | 147.7 | 0.41 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.48 | 422 | 0.58 |
| CV-INF-403 | 323 | 67 | -182 | 46 | 589 | 0.31 | 866.5 | 0.37 | 147.7 | 0.27 | 318.5 | 0.13 | 127 | 0.32 | 422 | 0.38 |
| CV-INF-404 | 605 | 37 | -482 | 76 | 589 | 0.82 | 866.5 | 0.70 | 147.7 | 0.51 | 318.5 | 0.24 | 127 | 0.59 | 422 | 0.72 |
| CV-INF-406 | 590 | 33 | -265 | 80 | 589 | 0.45 | 866.5 | 0.68 | 147.7 | 0.50 | 318.5 | 0.23 | 127 | 0.58 | 422 | 0.70 |

| | | | |
|--|--|---|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 10 |
| | | Codifica | |
| | | EI2CLVI0005006 | |
| | | C | |

| VERIFICHE SLU DELLE ASTE E DEI COLLEGAMENTI | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|-----------|------|------------------------|------------|---------------------|------------|-------------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|---------------|------------|
| ASTA | Nmax | | Nmin | | Verifica a instabilità | | Verifica a trazione | | Verifica taglio bulloni | | Rifollamento piastra | | Rifollamento profilo | | Block tearing | |
| | Nmax [kN] | Comb | Nmin [kN] | comb | Nb,rd [kN] | η [-] | Nt,rd [kN] | η [-] | Nv,rd [kN] | η [-] | Nv,rd [kN] | η [-] | Nv,rd [kN] | η [-] | V,rd [kN] | η [-] |
| CV-INF-407 | 506 | 33 | -136 | 80 | 589 | 0.23 | 866.5 | 0.58 | 147.7 | 0.43 | 318.5 | 0.20 | 127 | 0.50 | 422 | 0.60 |
| CV-INF-408 | 443 | 1 | -64 | 112 | 589 | 0.11 | 866.5 | 0.51 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.53 |
| CV-INF-409 | 428 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.49 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.42 | 422 | 0.51 |
| CV-INF-410 | 402 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-411 | 381 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.44 | 147.7 | 0.32 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.37 | 422 | 0.45 |
| CV-INF-412 | 396 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-413 | 413 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.49 |
| CV-INF-414 | 435 | 5 | -26 | 108 | 589 | 0.04 | 866.5 | 0.50 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-415 | 435 | 69 | -103 | 44 | 589 | 0.18 | 866.5 | 0.50 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-416 | 469 | 69 | -150 | 44 | 589 | 0.26 | 866.5 | 0.54 | 147.7 | 0.40 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.46 | 422 | 0.56 |
| CV-INF-417 | 442 | 69 | -187 | 44 | 589 | 0.32 | 866.5 | 0.51 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-418 | 304 | 67 | -210 | 46 | 589 | 0.36 | 866.5 | 0.35 | 147.7 | 0.26 | 318.5 | 0.12 | 127 | 0.30 | 422 | 0.36 |
| CV-INF-419 | 376 | 71 | -264 | 42 | 589 | 0.45 | 866.5 | 0.43 | 147.7 | 0.32 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.37 | 422 | 0.45 |
| CV-INF-420 | 460 | 71 | -201 | 42 | 589 | 0.34 | 866.5 | 0.53 | 147.7 | 0.39 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.55 |
| CV-INF-421 | 462 | 69 | -146 | 44 | 589 | 0.25 | 866.5 | 0.53 | 147.7 | 0.39 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.55 |
| CV-INF-422 | 433 | 69 | -105 | 44 | 589 | 0.18 | 866.5 | 0.50 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.51 |
| CV-INF-423 | 441 | 5 | -36 | 108 | 589 | 0.06 | 866.5 | 0.51 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-424 | 420 | 5 | -3 | 108 | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.50 |
| CV-INF-425 | 403 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.47 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.40 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-426 | 384 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.44 | 147.7 | 0.33 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.38 | 422 | 0.46 |
| CV-INF-427 | 397 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-428 | 413 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.49 |
| CV-INF-429 | 417 | 1 | -50 | 112 | 589 | 0.09 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.49 |
| CV-INF-430 | 454 | 33 | -98 | 80 | 589 | 0.17 | 866.5 | 0.52 | 147.7 | 0.38 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.54 |
| CV-INF-431 | 507 | 33 | -197 | 80 | 589 | 0.33 | 866.5 | 0.59 | 147.7 | 0.43 | 318.5 | 0.20 | 127 | 0.50 | 422 | 0.60 |
| CV-INF-432 | 508 | 37 | -330 | 76 | 589 | 0.56 | 866.5 | 0.59 | 147.7 | 0.43 | 318.5 | 0.20 | 127 | 0.50 | 422 | 0.60 |
| CV-INF-462 | 420 | 7 | -249 | 106 | 589 | 0.42 | 866.5 | 0.49 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.41 | 422 | 0.50 |
| CV-INF-464 | 370 | 3 | -279 | 110 | 589 | 0.47 | 866.5 | 0.43 | 147.7 | 0.31 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.36 | 422 | 0.44 |
| CV-INF-468 | 500 | 3 | -494 | 110 | 589 | 0.84 | 866.5 | 0.58 | 147.7 | 0.42 | 318.5 | 0.20 | 127 | 0.49 | 422 | 0.59 |
| CV-INF-469 | 389 | 3 | -266 | 110 | 589 | 0.45 | 866.5 | 0.45 | 147.7 | 0.33 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.38 | 422 | 0.46 |
| CV-INF-472 | 397 | 67 | -223 | 46 | 589 | 0.38 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-473 | 542 | 33 | -489 | 80 | 589 | 0.83 | 866.5 | 0.63 | 147.7 | 0.46 | 318.5 | 0.21 | 127 | 0.53 | 422 | 0.64 |
| CV-INF-475 | 494 | 67 | -161 | 46 | 589 | 0.27 | 866.5 | 0.57 | 147.7 | 0.42 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.49 | 422 | 0.59 |
| CV-INF-476 | 534 | 37 | -283 | 76 | 589 | 0.48 | 866.5 | 0.62 | 147.7 | 0.45 | 318.5 | 0.21 | 127 | 0.52 | 422 | 0.63 |
| CV-INF-477 | 488 | 65 | -124 | 48 | 589 | 0.21 | 866.5 | 0.56 | 147.7 | 0.41 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.48 | 422 | 0.58 |
| CV-INF-478 | 473 | 37 | -154 | 76 | 589 | 0.26 | 866.5 | 0.55 | 147.7 | 0.40 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.46 | 422 | 0.56 |
| CV-INF-479 | 456 | 65 | -88 | 48 | 589 | 0.15 | 866.5 | 0.53 | 147.7 | 0.39 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.54 |
| CV-INF-480 | 424 | 5 | -83 | 108 | 589 | 0.14 | 866.5 | 0.49 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.42 | 422 | 0.50 |
| CV-INF-481 | 463 | 1 | -23 | 112 | 589 | 0.04 | 866.5 | 0.53 | 147.7 | 0.39 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.55 |
| CV-INF-482 | 416 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.49 |
| CV-INF-483 | 439 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.51 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-484 | 400 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-485 | 409 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.47 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.40 | 422 | 0.49 |
| CV-INF-486 | 383 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.44 | 147.7 | 0.32 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.38 | 422 | 0.45 |
| CV-INF-487 | 385 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.44 | 147.7 | 0.33 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.38 | 422 | 0.46 |
| CV-INF-488 | 401 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-489 | 395 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.33 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-490 | 427 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.49 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.42 | 422 | 0.51 |
| CV-INF-491 | 405 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.47 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.40 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-492 | 452 | 1 | -15 | 112 | 589 | 0.03 | 866.5 | 0.52 | 147.7 | 0.38 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.44 | 422 | 0.54 |
| CV-INF-493 | 407 | 5 | -60 | 108 | 589 | 0.10 | 866.5 | 0.47 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.40 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-494 | 454 | 65 | -87 | 48 | 589 | 0.15 | 866.5 | 0.52 | 147.7 | 0.38 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.54 |
| CV-INF-495 | 438 | 37 | -109 | 76 | 589 | 0.19 | 866.5 | 0.51 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-496 | 496 | 65 | -130 | 48 | 589 | 0.22 | 866.5 | 0.57 | 147.7 | 0.42 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.49 | 422 | 0.59 |
| CV-INF-497 | 477 | 37 | -220 | 76 | 589 | 0.37 | 866.5 | 0.55 | 147.7 | 0.40 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.47 | 422 | 0.57 |
| CV-INF-498 | 488 | 65 | -168 | 48 | 589 | 0.29 | 866.5 | 0.56 | 147.7 | 0.41 | 318.5 | 0.19 | 127 | 0.48 | 422 | 0.58 |
| CV-INF-499 | 350 | 33 | -251 | 80 | 589 | 0.43 | 866.5 | 0.40 | 147.7 | 0.30 | 318.5 | 0.14 | 127 | 0.34 | 422 | 0.41 |
| CV-INF-500 | 325 | 67 | -183 | 46 | 589 | 0.31 | 866.5 | 0.37 | 147.7 | 0.28 | 318.5 | 0.13 | 127 | 0.32 | 422 | 0.39 |
| CV-INF-501 | 505 | 33 | -136 | 80 | 589 | 0.23 | 866.5 | 0.58 | 147.7 | 0.43 | 318.5 | 0.20 | 127 | 0.50 | 422 | 0.60 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| VERIFICHE SLU DELLE ASTE E DEI COLLEGAMENTI | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------|-----------|------|------------------------|------------|---------------------|------------|-------------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|---------------|------------|
| ASTA | Nmax | | Nmin | | Verifica a instabilità | | Verifica a trazione | | Verifica taglio bulloni | | Rifollamento piastra | | Rifollamento profilo | | Block tearing | |
| | Nmax [kN] | Comb | Nmin [kN] | comb | Nb,rd [kN] | η [-] | Nt,rd [kN] | η [-] | Nv,rd [kN] | η [-] | Nv,rd [kN] | η [-] | Nv,rd [kN] | η [-] | V,rd [kN] | η [-] |
| CV-INF-502 | 462 | 69 | -145 | 44 | 589 | 0.25 | 866.5 | 0.53 | 147.7 | 0.39 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.55 |
| CV-INF-503 | 602 | 37 | -480 | 76 | 589 | 0.82 | 866.5 | 0.69 | 147.7 | 0.51 | 318.5 | 0.24 | 127 | 0.59 | 422 | 0.71 |
| CV-INF-504 | 373 | 71 | -262 | 42 | 589 | 0.45 | 866.5 | 0.43 | 147.7 | 0.32 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.37 | 422 | 0.44 |
| CV-INF-506 | 587 | 33 | -265 | 80 | 589 | 0.45 | 866.5 | 0.68 | 147.7 | 0.50 | 318.5 | 0.23 | 127 | 0.58 | 422 | 0.70 |
| CV-INF-507 | 458 | 71 | -201 | 42 | 589 | 0.34 | 866.5 | 0.53 | 147.7 | 0.39 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.54 |
| CV-INF-508 | 442 | 1 | -63 | 112 | 589 | 0.11 | 866.5 | 0.51 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-509 | 433 | 69 | -104 | 44 | 589 | 0.18 | 866.5 | 0.50 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.42 | 422 | 0.51 |
| CV-INF-510 | 428 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.49 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.42 | 422 | 0.51 |
| CV-INF-511 | 440 | 5 | -36 | 108 | 589 | 0.06 | 866.5 | 0.51 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-512 | 402 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-513 | 420 | 5 | -3 | 108 | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.50 |
| CV-INF-514 | 381 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.44 | 147.7 | 0.32 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.37 | 422 | 0.45 |
| CV-INF-515 | 403 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.47 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.40 | 422 | 0.48 |
| CV-INF-516 | 396 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-517 | 384 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.44 | 147.7 | 0.33 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.38 | 422 | 0.46 |
| CV-INF-518 | 413 | 5 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.49 |
| CV-INF-519 | 397 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.46 | 147.7 | 0.34 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.39 | 422 | 0.47 |
| CV-INF-520 | 435 | 5 | -26 | 108 | 589 | 0.04 | 866.5 | 0.50 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-521 | 414 | 1 | 0 | - | 589 | 0.00 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.49 |
| CV-INF-522 | 435 | 69 | -103 | 44 | 589 | 0.18 | 866.5 | 0.50 | 147.7 | 0.37 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.52 |
| CV-INF-523 | 418 | 1 | -50 | 112 | 589 | 0.09 | 866.5 | 0.48 | 147.7 | 0.35 | 318.5 | 0.16 | 127 | 0.41 | 422 | 0.50 |
| CV-INF-524 | 469 | 69 | -151 | 44 | 589 | 0.26 | 866.5 | 0.54 | 147.7 | 0.40 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.46 | 422 | 0.56 |
| CV-INF-525 | 455 | 33 | -98 | 80 | 589 | 0.17 | 866.5 | 0.53 | 147.7 | 0.39 | 318.5 | 0.18 | 127 | 0.45 | 422 | 0.54 |
| CV-INF-526 | 443 | 69 | -186 | 44 | 589 | 0.32 | 866.5 | 0.51 | 147.7 | 0.38 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.43 | 422 | 0.53 |
| CV-INF-527 | 509 | 33 | -197 | 80 | 589 | 0.33 | 866.5 | 0.59 | 147.7 | 0.43 | 318.5 | 0.20 | 127 | 0.50 | 422 | 0.60 |
| CV-INF-528 | 304 | 67 | -208 | 46 | 589 | 0.35 | 866.5 | 0.35 | 147.7 | 0.26 | 318.5 | 0.12 | 127 | 0.30 | 422 | 0.36 |
| CV-INF-529 | 510 | 37 | -330 | 76 | 589 | 0.56 | 866.5 | 0.59 | 147.7 | 0.43 | 318.5 | 0.20 | 127 | 0.50 | 422 | 0.61 |
| CV-INF-559 | 421 | 7 | -250 | 106 | 589 | 0.42 | 866.5 | 0.49 | 147.7 | 0.36 | 318.5 | 0.17 | 127 | 0.41 | 422 | 0.50 |
| CV-INF-560 | 370 | 3 | -280 | 110 | 589 | 0.48 | 866.5 | 0.43 | 147.7 | 0.31 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.36 | 422 | 0.44 |
| CV-INF-565 | 502 | 3 | -497 | 110 | 589 | 0.85 | 866.5 | 0.58 | 147.7 | 0.42 | 318.5 | 0.20 | 127 | 0.49 | 422 | 0.60 |
| CV-INF-566 | 389 | 3 | -267 | 110 | 589 | 0.45 | 866.5 | 0.45 | 147.7 | 0.33 | 318.5 | 0.15 | 127 | 0.38 | 422 | 0.46 |

Tabella 67 – Verifiche delle aste dei diaframmi e dei controventi inferiori

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

ALLEGATO F VERIFICHE INTEGRATIVE DEL DIAFRAMMA DI APPOGGIO

Si riportano ulteriori verifiche del traverso di appoggio per completezza dei risultati.

F.1 Verifiche sezionali SLU

Al §13.2.1 è riportata la verifica a cui corrisponde il massimo tasso di sfruttamento. Di seguito si riportano le verifiche per le combinazioni a momento massimo, momento minimo e taglio massimo.

Verifica a momento massimo:

Diaframma Appoggio - Comb.SLV-Mmax (elem. 931-I) (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -19 | -55 | 4 | 0 | 8 | -1258 | 0 | 2679 | 1358 |
| Med | [kNm] | -33 | -20 | 102 | 0 | 13 | 492 | 0 | 6428 | 6981 |
| Ved | [kN] | -24 | -37 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1860 | 1850 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 2.50E-05 | 2.88E-04 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | - |

VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE

| | | |
|--|-------|--|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse se tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | |
| σ sol,s | [Mpa] | -6.9 Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| σ sol,i | [Mpa] | -3.8 Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| Soletta | [-] | Non Fess Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata |

| | | | | | |
|--|-----|---------|---------|---------|---------|
| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
| Criterio di calcolo elastoplastico: $A_{eff} = \beta \cdot k \cdot A_{c,eff}$ dove $k = b \cdot l_{ord} / L_e$ | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 0.479 | 0.479 | 0.479 | 0.479 |
| β^k | [-] | 0.879 | 0.879 | 0.879 | 0.879 |

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2018-§4.2.3.1)
Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta.

| | Anima | Pb sup | Pb inf | |
|----------------|-------|----------|--------|---|
| σ sup | [MPa] | -33.0 | -34.2 | 125.4 Tensione al lembo superiore del pannello |
| σ inf | [MPa] | 124.2 | -34.2 | 125.4 Tensione al lembo inferiore del pannello |
| ε | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.814 Coefficiente pari a $(235 / f_{yk})^{0.5}$ |
| ψ | [-] | -3.767 | - | - Rapporto σ max / σ min |
| k | [-] | 3.203 | - | - Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a $(f_{yd} / \sigma_c)^{0.5}$ |
| c int / t | [-] | 142.2 | 12.1 | 12.1 Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t | [-] | - | 12.1 | 12.1 Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 | [-] | 1495.0 | - | - Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. | [-] | 3 | 1 | 1 Classe del pannello |
| Classe sezione | [-] | 3 | | Classe della sezione |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING)

| | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | |
|---------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| n | [-] | 1E+15 | 17.312 | 6.298 | 6.298 | 6.298 | 16.682 | 17.312 | 6.298 |
| zG | [mm] | 1300 | 986 | 667 | 667 | 667 | 977 | 986 | 667 |
| A | [mm ²] | 63660 | 80307 | 109423 | 109423 | 109423 | 80936 | 80307 | 109423 |
| A n | [mm ²] | 6.37E+19 | 1.39E+06 | 6.89E+05 | 6.89E+05 | 6.89E+05 | 1.35E+06 | 1.39E+06 | 6.89E+05 |
| J | [mm ⁴] | 5.44E+10 | 8.48E+10 | 1.16E+11 | 1.16E+11 | 1.16E+11 | 8.57E+10 | 8.48E+10 | 1.16E+11 |
| W sol,s | [mm ³] | - | -1.08E+09 | -6.98E+08 | -6.98E+08 | -6.98E+08 | -1.06E+09 | -1.08E+09 | -6.98E+08 |
| W arm,s | [mm ³] | - | -6.48E+07 | -1.17E+08 | -1.17E+08 | -1.17E+08 | -6.60E+07 | -6.48E+07 | -1.17E+08 |
| W pb,s | [mm ³] | -4.19E+07 | -8.60E+07 | -1.74E+08 | -1.74E+08 | -1.74E+08 | -8.77E+07 | -8.60E+07 | -1.74E+08 |
| W an,s | [mm ³] | -4.25E+07 | -8.78E+07 | -1.79E+08 | -1.79E+08 | -1.79E+08 | -8.96E+07 | -8.78E+07 | -1.79E+08 |
| W an,i | [mm ³] | 4.25E+07 | 5.32E+07 | 6.06E+07 | 6.06E+07 | 6.06E+07 | 5.35E+07 | 5.32E+07 | 6.06E+07 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | | | |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| W pb,i [mm ³] | 4.19E+07 | 5.26E+07 | 5.99E+07 | 5.99E+07 | 5.99E+07 | 5.28E+07 | 5.26E+07 | 5.99E+07 |
| Δ baricentro [mm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| TENSIONI NORMALI - VERIFICA | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|-------------|------|------|-----|-----|-------|-----|-------|-------|-------|------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rd | η1 |
| σ sol,s [MPa] | | 0.0 | 0.0 | -0.1 | 0.0 | 0.8 | 2.2 | 0.0 | -5.3 | -2.4 | 21.3 | 0.11 |
| σ arm,s [MPa] | | 0.0 | -0.4 | -0.8 | 0.0 | 0.0 | -23.0 | 0.0 | -30.4 | -54.7 | 391.3 | 0.14 |
| σ pb,s [MPa] | | 0.5 | -0.5 | -0.5 | 0.0 | 0.0 | -21.1 | 0.0 | -12.5 | -34.2 | 338.1 | 0.10 |
| σ an,s [MPa] | | 0.5 | -0.5 | -0.5 | 0.0 | 0.0 | -21.0 | 0.0 | -11.4 | -33.0 | 338.1 | 0.10 |
| σ an,i [MPa] | | -1.1 | -1.1 | 1.7 | 0.0 | 0.3 | -6.3 | 0.0 | 130.6 | 124.2 | 338.1 | 0.37 |
| σ pb,i [MPa] | | -1.1 | -1.1 | 1.7 | 0.0 | 0.3 | -6.2 | 0.0 | 131.7 | 125.4 | 338.1 | 0.37 |
| Tasso di sfruttamento η1 | | | | | | | | | | | | |
| η1 [-] | | 0.37 | | | | | | | | | | |

| VERIFICA SLU A TAGLIO | | |
|---|----|------------|
| Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima | | |
| Pannello | ID | INTERO |
| bw [mm] | | 2560 |
| t [mm] | | 18 |
| a [mm] | | 2750 |
| η [-] | | 1.20 |
| bw / t [-] | | 142.2 |
| κτ [-] | | 8.81 |
| Lim. Verifica [-] | | 48.8 |
| Nec. Verifica [-] | | SI |
| σE [Mpa] | | 9.4 |
| τcr [Mpa] | | 82.6 |
| λw [-] | | 1.575 |
| end post [-] | | Non rigidi |
| Xw [mm] | | 0.527 |
| Vbw,Rd [kN] | | 4524 |

| Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande | | |
|--|-------------|--|
| A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande | | |
| Verifica a taglio | | |
| | | |
| Ved [kN] | 1850 | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd [kN] | 4524 | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd [kN] | 8995 | Resistenza a taglio NTC2018 §4.2.4.1.2.4 |
| Tasso di sfruttamento η3 | | |
| η3 [-] | 0.41 | |

| VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO | | |
|--|-------------|---|
| A favore di sicurezza al posto di Mpl,Rd è stato considerato Mel,Rd = Med/η1, per cui η1* = η1 . | | |
| Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, η3* = η3 | | |
| | | |
| Mf,Rd [kNm] | 8723 | Momento resistente dato dalle sole flange |
| Mel,Rd [kNm] | 18825 | Momento resistente elastico della sezione |
| Med / Mf,Rd [-] | 0.80 | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η3* [-] | 0.41 | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. [-] | NO | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η1* [-] | 0.37 | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |
| Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η VM | | |
| η VM [-] | 0.41 | |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Verifica a taglio massimo:

Diaframma_Appoggio - Comb.SLV-Vmax (elem. 930-J) (Tempo infinito)

| SOLLECITAZIONI DI PROGETTO SLU SULLA TRAVE | | | | | | | | | | |
|--|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | TOT |
| Ned | [kN] | -10 | -28 | -6 | 0 | 9 | -1220 | 0 | -1682 | -2937 |
| Med | [kNm] | -8 | -18 | -110 | 0 | 2 | 210 | 0 | -5394 | -4863 |
| Ved | [kN] | 13 | 38 | 51 | 0 | 4 | 341 | 0 | 2189 | 2635 |
| Ted | [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ε sol | [-] | 0.00E+00 | - |

| VERIFICA SLU PER PRESSO/TENSO FLESSIONE | | | |
|--|-------|-------------|---|
| FESSURAZIONE DELLA SOLETTA. Nota: sono escluse se tensioni uniformi legate all'effetto primario delle coazioni | | | |
| σ sol,s | [Mpa] | 3.8 | Tensione su lembo superiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| σ sol,i | [Mpa] | 1.5 | Tensione su lembo inferiore soletta. Calcolata su sezione lorda con soletta non fessurata |
| Soletta | [-] | Fess | Soletta fessurata/non fessurata/parzializzata |

| EFFETTO SHEAR LAG NELLE PIATTABANDE | | | | | |
|--|-----|---------|---------|---------|---------|
| Criterio di calcolo elastoplastico: Aeff = beta^k * Ac,eff dove k = b lorda / Le | | | | | |
| Pannello | pb | sup/int | sup/est | inf/int | inf/est |
| β | [-] | 0.479 | 0.479 | 0.479 | 0.479 |
| β^k | [-] | 0.879 | 0.879 | 0.879 | 0.879 |

| CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE (NTC2018-§4.2.3.1) | | | | | |
|---|-------|----------|--------|--------|--|
| Tensioni calcolate con caratteristiche inerziali lorde. Piattabanda superiore in classe 1 poiché connessa alla soletta. | | | | | |
| | | Anima | Pb sup | Pb inf | |
| σ sup | [MPa] | 68.3 | 70.0 | -162.3 | Tensione al lembo superiore del pannello |
| σ inf | [Mpa] | -160.5 | 70.0 | -162.3 | Tensione al lembo inferiore del pannello |
| ε | [-] | 0.814 | 0.814 | 0.814 | Coefficiente pari a (235 / fyk)^0.5 |
| ψ | [-] | -0.425 | - | 1.000 | Rapporto σ max / σ min |
| k | [-] | 1.451 | - | 1.443 | Coeff. correttivo del limite per la classe 3 pari a (fyd / σc)^0.5 |
| c int / t | [-] | 142.2 | 12.1 | 12.1 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (interno) |
| c est / t | [-] | - | 12.1 | 12.1 | Rapporto tra dimensione e spessore del pannello (esterno) |
| limite cl. 3 | [-] | 93.6 | - | 16.4 | Limite c/t per il quale la sezione passa da classe 3 a classe 4 |
| Classe pan. | [-] | 4 | 1 | 3 | Classe del pannello |
| Classe sezione | [-] | 4 | | | Classe della sezione |

| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE EFFICACI (SHEAR LAG E LOCAL BUCKLING) | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | |
| n | [-] | 1E+15 | |
| zG | [mm] | 1145 | 1145 | 1145 | 1145 | 1145 | 1145 | 1145 | 1145 | |
| A | [mm ²] | 44449 | 44449 | 44449 | 44449 | 44449 | 44449 | 44449 | 44449 | |
| A n | [mm ²] | 4.44E+19 | |
| J | [mm ⁴] | 4.91E+10 | |
| W sol,s | [mm ³] | - | -3.22E+22 | |
| W arm,s | [mm ³] | - | -3.34E+07 | |
| W pb,s | [mm ³] | -4.28E+07 | |
| W an,s | [mm ³] | -4.36E+07 | |
| W an,i | [mm ³] | 3.42E+07 | |
| W pb,i | [mm ³] | 3.37E+07 | |
| Δ baricentro | [mm] | -155 | -155 | -155 | -155 | -155 | -155 | -155 | -155 | |

| TENSIONI NORMALI - VERIFICA | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------------|------|------|-----|-----|-------|-----|--------|--------|-------|------|--|
| | | g1 | g2 | qt | q5 | q7 | ε2 | ε4 | E | Ed | Rd | η1 | |
| σ sol,s | [MPa] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 21.3 | 0.00 | |
| σ arm,s | [MPa] | 0.0 | -0.1 | 3.2 | 0.0 | 0.1 | -33.7 | 0.0 | 123.5 | 93.0 | 391.3 | 0.24 | |
| σ pb,s | [MPa] | 0.0 | -0.2 | 2.4 | 0.0 | 0.2 | -32.3 | 0.0 | 88.1 | 58.1 | 338.1 | 0.17 | |
| σ an,s | [MPa] | 0.0 | -0.2 | 2.4 | 0.0 | 0.2 | -32.3 | 0.0 | 85.9 | 55.9 | 338.1 | 0.17 | |
| σ an,i | [MPa] | -0.5 | -1.2 | -3.4 | 0.0 | 0.3 | -21.3 | 0.0 | -195.7 | -221.7 | 338.1 | 0.66 | |
| σ pb,i | [MPa] | -0.5 | -1.2 | -3.4 | 0.0 | 0.3 | -21.2 | 0.0 | -197.9 | -223.9 | 338.1 | 0.66 | |
| Tasso di sfruttamento η1 | | | | | | | | | | | | | |
| η1 | [-] | 0.66 | | | | | | | | | | | |

VERIFICA SLU A TAGLIO

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima

| Pannello | ID | INTERO | |
|---------------|-------|------------|--|
| bw | [mm] | 2560 | Altezza pannello d'anima |
| t | [mm] | 18 | Spessore pannello d'anima |
| a | [mm] | 2750 | Distanza tra due irrigiditori longitudinali rigidi |
| η | [-] | 1.20 | Coefficiente come da § C.4.2.4.1.3.4 Circolare 2019 |
| bw / t | [-] | 142.2 | Rapporto altezza/spessore pannello d'anima |
| $\kappa\tau$ | [-] | 8.81 | Coefficiente di imbozzamento a taglio |
| Lim. Verifica | [-] | 48.8 | Limite per il quale è richiesta la verifica |
| Nec. Verifica | [-] | SI | È richiesta la verifica di instabilità a taglio? |
| σE | [Mpa] | 9.4 | Tensione critica Euleriana |
| τ_{cr} | [Mpa] | 82.6 | Tensione tangenziale critica |
| λw | [-] | 1.575 | Snellezza adimensionale |
| end post | [-] | Non rigidi | Tipologia di irrigidimenti d'appoggio |
| Xw | [mm] | 0.527 | Coefficiente di instabilità a taglio |
| Vbw,Rd | [kN] | 4524 | Contributo dell'anima alla resistenza per instabilità a taglio |

Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande

A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande

Verifica a taglio

| | | | |
|--------------------------------|------|-------------|--|
| Ved | [kN] | 2635 | Taglio sollecitante di progetto (azione parallela all'anima) |
| Vb,rd | [kN] | 4524 | Resistenza per instabilità a taglio UNI EN 1993-1-5-cap.6 |
| Vc,rd | [kN] | 8995 | Resistenza a taglio NTC2018 §4.2.4.1.2.4 |
| Tasso di sfruttamento η_3 | | | |
| η_3 | [-] | 0.58 | |

VERIFICA SLU DI INTERAZIONE TAGLIO-MOMENTO

A favore di sicurezza al posto di $M_{pl,Rd}$ è stato considerato $M_{el,Rd} = M_{ed}/\eta_1$, per cui $\eta_1^* = \eta_1$.

Poiché il contributo alla resistenza per l'instabilità al taglio offerto dalle flange è stato trascurato, $\eta_3^* = \eta_3$

| | | | |
|---------------------|-------|-------|---|
| $M_{f,Rd}$ | [kNm] | -8723 | Momento resistente dato dalle sole flange |
| $M_{el,Rd}$ | [kNm] | -7345 | Momento resistente elastico della sezione |
| $M_{ed} / M_{f,Rd}$ | [-] | 0.56 | Tasso di utilizzo del momento resistente dato dalle sole flange |
| η_3^* | [-] | 0.58 | Tasso di utilizzo della resistenza a taglio data dall'anima |
| Nec. Interaz. | [-] | NO | Richiesta verifica di interazione taglio-momento? |
| η_1^* | [-] | 0.66 | Tasso di utilizzo della resistenza a presso-flessione |

Tasso di sfruttamento per l'iterazione taglio-momento η_{VM}

| | | | |
|-------------|-----|-------------|--|
| η_{VM} | [-] | 0.66 | |
|-------------|-----|-------------|--|

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

F.2 Verifica a taglio SLU nella sezione forata

Si riporta la verifica a taglio in corrispondenza della sezione forata del traverso. A favore di sicurezza si assume che il taglio agente sia pari al taglio massimo sul traverso.

Tale azione si assume divisa in parti uguali tra le due parti di anima poste al di sopra e al di sotto del foro.

L'altezza dell'anima resistente è dunque pari a 860mm.

Il taglio massimo combinato è pari a 2635N.

| VERIFICA SLU A TAGLIO | | |
|--|-------|-------------|
| <i>Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dall'anima</i> | | |
| Pannello | ID | INTERO |
| bw | [mm] | 860 |
| t | [mm] | 18 |
| a | [mm] | 2750 |
| η | [-] | 1.20 |
| bw / t | [-] | 47.8 |
| k_t | [-] | 5.73 |
| Lim. Verifica | [-] | 48.8 |
| Nec. Verifica | [-] | NO |
| σ_E | [Mpa] | - |
| τ_{cr} | [Mpa] | - |
| λ_w | [-] | - |
| end post | [-] | Non rigidi |
| Xw | [mm] | 1.200 |
| Vbw,Rd | [kN] | 3461 |
| <i>Resistenza per instabilità a taglio - Contributo offerto dalle piattabande</i> | | |
| A favore di sicurezza, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza a taglio offerto dalle piattabande | | |
| <i>Verifica a taglio</i> | | |
| Ved | [kN] | 1318 |
| Vb,rd | [kN] | 3461 |
| Vc,rd | [kN] | 3022 |
| Tasso di sfruttamento η_3 | | |
| η_3 | [-] | 0.44 |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

ALLEGATO G VERIFICHE FLESSIONALI DELLA SOLETTA

Nella figura seguente sono indicate le sezioni oggetto di verifica.

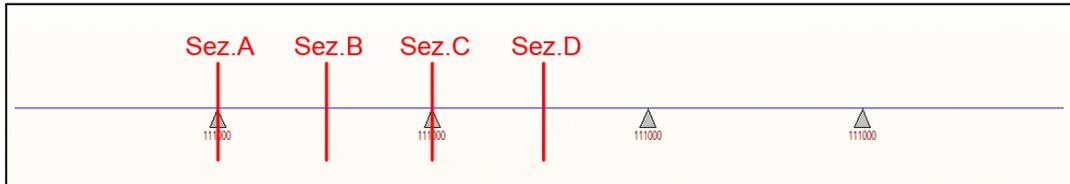


Figura 248 – Sezioni di verifica della soletta

G.1 Sezione A – sezione corrente (armatura ordinaria)

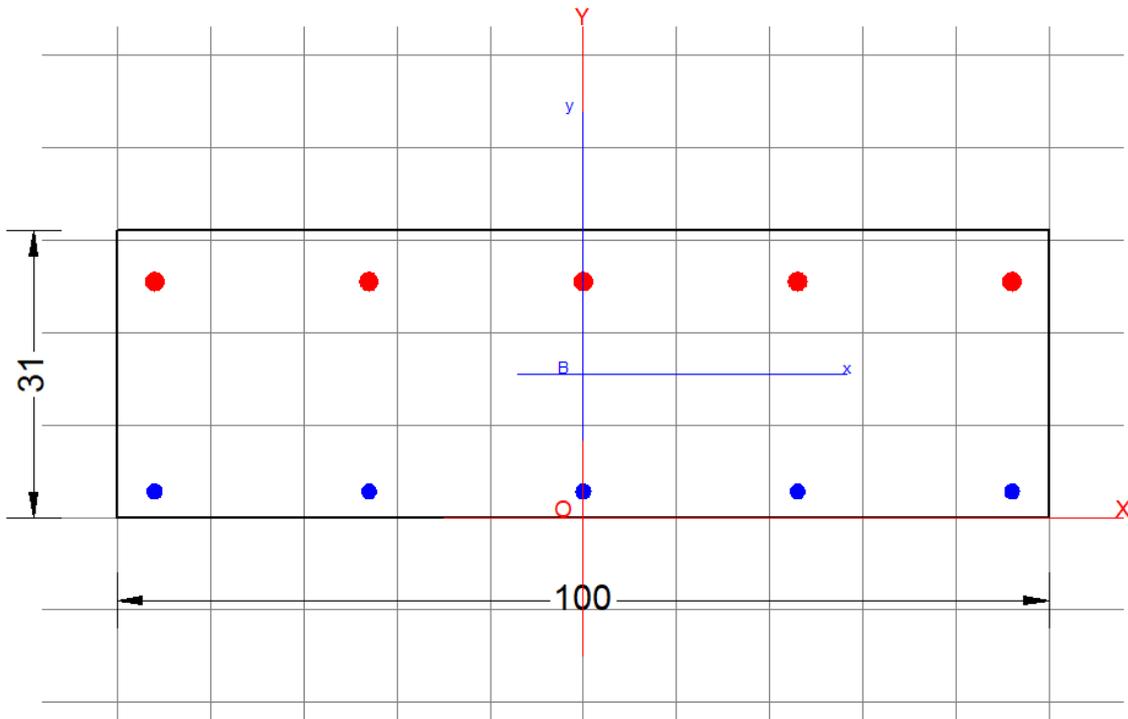


Figura 249 – Sezione A ($\Phi 20/20$ superiori + $\Phi 16/20$ inferiori; $H=31\text{cm}$)

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

NOME FILE SEZIONE: Soletta_Flessione_sez.A_NB

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza:
 Normativa di riferimento:
 Tipologia sezione:
 Forma della sezione:

Stati Limite Ultimi
 N.T.C.
 Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
 Rettangolare

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Ordinarie
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|------------------------|---|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.13 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.023 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 17.600 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): | 17.600 MPa |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 12.800 MPa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. a snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef: | 200000.0 MPa |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 337.50 MPa | |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base: | 100.0 | cm |
| Altezza: | 31.0 | cm |
| Barre inferiori: | 5Ø16 | (10.1 cm ²) |
| Barre superiori: | 5Ø20 | (15.7 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 2.8 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 5.5 | cm |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 10.0 | cm |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
 VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
 MT Momento torcente [kN m]

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|-------|--------|------|------|
| 1 | 0.00 | -20.89 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | -20.89 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 0.00 | -20.89 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | -20.89 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 0.00 | -54.84 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | -78.91 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 0.00 | -54.84 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | -38.61 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 51.67 | 19.66 | 0.00 | 0.00 |

| | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | | |
|----|-------|--------|------|------|
| 10 | 0.00 | -18.49 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 38.70 | 12.38 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | -4.46 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 3.04 | -58.01 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 0.00 | -80.45 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 5.07 | -58.51 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 0.00 | -36.63 | 0.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|--------|
| 1 | 0.00 | -20.89 |
| 2 | 0.00 | -20.89 |
| 3 | 0.00 | -20.89 |
| 4 | 0.00 | -38.61 |
| 5 | 0.00 | -55.21 |
| 6 | 0.00 | -38.61 |
| 7 | 35.70 | 6.98 |
| 8 | 0.00 | -19.30 |
| 9 | 26.80 | 1.93 |
| 10 | 2.03 | -40.25 |
| 11 | 0.00 | -55.76 |
| 12 | 3.38 | -40.57 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|-----------------|
| 1 | 0.00 | -20.89 (-58.22) |
| 2 | 0.00 | -20.89 (-58.22) |
| 3 | 0.00 | -20.89 (-58.22) |
| 4 | 0.00 | -38.61 (-58.22) |
| 5 | 0.00 | -55.21 (-58.22) |
| 6 | 0.00 | -38.61 (-58.22) |
| 7 | 28.16 | 1.31 (0.00) |
| 8 | 0.00 | -19.30 (-58.22) |
| 9 | 26.80 | 1.93 (251.48) |
| 10 | 2.03 | -39.95 (-58.38) |
| 11 | 0.00 | -55.76 (-58.22) |
| 12 | 3.38 | -40.57 (-58.48) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|------|-----------------|
| 1 | 0.00 | -20.89 (-58.22) |
| 2 | 0.00 | -38.61 (-58.22) |
| 3 | 0.00 | -19.22 (-58.22) |
| 4 | 0.00 | -37.84 (-58.22) |

| | | | | |
|---|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | |
|--|------|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 2.0 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 18.0 | cm |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione) |
| Mx | Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico |
| N Ult | Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.) |
| Mx rd | Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 |
| Yn | Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez. |
| x/d | Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC] |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | |
|--------|-----|-------|--------|-------|---------|----------|------|------|--------|------------|
| 1 | S | 0.00 | -20.89 | -0.02 | -146.41 | 7.009 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 2 | S | 0.00 | -20.89 | -0.02 | -146.41 | 7.009 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 3 | S | 0.00 | -20.89 | -0.02 | -146.41 | 7.009 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 4 | S | 0.00 | -20.89 | -0.02 | -146.41 | 7.009 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 5 | S | 0.00 | -54.84 | -0.02 | -146.41 | 2.670 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 6 | S | 0.00 | -78.91 | -0.02 | -146.41 | 1.855 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 7 | S | 0.00 | -54.84 | -0.02 | -146.41 | 2.670 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 8 | S | 0.00 | -38.61 | -0.02 | -146.41 | 3.792 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 9 | S | 51.67 | 19.66 | 51.87 | 118.60 | 6.056 | 26.4 | 0.16 | 0.70 | 25.8 (4.9) |
| 10 | S | 0.00 | -18.49 | -0.02 | -146.41 | 7.918 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 11 | S | 38.70 | 12.38 | 38.76 | 117.21 | 9.514 | 26.5 | 0.16 | 0.70 | 25.8 (4.9) |
| 12 | S | 0.00 | -4.46 | -0.02 | -146.41 | 32.828 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 13 | S | 3.04 | -58.01 | 3.26 | -146.83 | 2.531 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 14 | S | 0.00 | -80.45 | -0.02 | -146.41 | 1.820 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 15 | S | 5.07 | -58.51 | 5.07 | -147.06 | 2.513 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |
| 16 | S | 0.00 | -36.63 | -0.02 | -146.41 | 3.997 | 3.4 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.5) |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.) |

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 2 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 3 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 4 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 5 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 6 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 7 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 8 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 9 | 0.00350 | 31.0 | -0.00072 | 25.5 | -0.01813 | 2.8 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | |
|----|---------|------|----------|------|----------|------|
| 10 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 11 | 0.00350 | 31.0 | -0.00075 | 25.5 | -0.01827 | 2.8 |
| 12 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 13 | 0.00350 | 0.0 | 0.00060 | 2.8 | -0.02290 | 25.5 |
| 14 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |
| 15 | 0.00350 | 0.0 | 0.00061 | 2.8 | -0.02285 | 25.5 |
| 16 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02297 | 25.5 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|---------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa] |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa] |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| Ac eff. | Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.) |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci. |

(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la $(C4.1.11)NTC/(7.14)EC2$)

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 1.82 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -58.4 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 2 | S | 1.82 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -58.4 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 3 | S | 1.82 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -58.4 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 4 | S | 3.36 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -107.9 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 5 | S | 4.80 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -154.3 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 6 | S | 3.36 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -107.9 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 7 | S | 0.65 | 31.0 | 0.00 | 18.7 | -12.5 | 25.5 | 6.2 | 623 | 10.1 | 0.0 |
| 8 | S | 1.68 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -53.9 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 9 | S | 0.18 | 31.0 | 0.00 | 3.6 | -0.2 | 25.5 | 1.5 | 148 | 10.1 | 0.0 |
| 10 | S | 3.51 | 0.0 | 0.00 | 8.2 | -111.8 | 2.8 | 7.6 | 761 | 15.7 | 23.6 |
| 11 | S | 4.85 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -155.9 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 12 | S | 3.54 | 0.0 | 0.00 | 8.2 | -112.3 | 2.8 | 7.6 | 761 | 15.7 | 23.6 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|---------|---|
| Ver | Esito verifica |
| e1 | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| e2 | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| K2 | = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC |
| Kt | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2 |
| e sm | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es |
| srm | Distanza massima in mm tra le fessure |
| wk | Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite. |
| M fess. | Momento di prima fessurazione [kNm] |

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|----------------|---------|
| 1 | S | -0.00038 | 0.00014 | 0.50 | 0.60 | 0.000175 (0.000175) | 318 | 0.056 (990.00) | -58.22 |
| 2 | S | -0.00038 | 0.00014 | 0.50 | 0.60 | 0.000175 (0.000175) | 318 | 0.056 (990.00) | -58.22 |
| 3 | S | -0.00038 | 0.00014 | 0.50 | 0.60 | 0.000175 (0.000175) | 318 | 0.056 (990.00) | -58.22 |
| 4 | S | -0.00071 | 0.00025 | 0.50 | 0.60 | 0.000324 (0.000324) | 318 | 0.103 (990.00) | -58.22 |
| 5 | S | -0.00102 | 0.00036 | 0.50 | 0.60 | 0.000463 (0.000463) | 318 | 0.147 (990.00) | -58.22 |
| 6 | S | -0.00071 | 0.00025 | 0.50 | 0.60 | 0.000324 (0.000324) | 318 | 0.103 (990.00) | -58.22 |
| 7 | S | -0.00007 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000038 (0.000038) | 243 | 0.009 (990.00) | 80.05 |
| 8 | S | -0.00036 | 0.00013 | 0.50 | 0.60 | 0.000162 (0.000162) | 318 | 0.051 (990.00) | -58.22 |
| 9 | S | 0.00000 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000000 (0.000000) | 58 | 0.000 (990.00) | 251.48 |
| 10 | S | -0.00074 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000335 (0.000335) | 318 | 0.107 (990.00) | -58.38 |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | | | |  | | | |
| | | | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | | | | |
|----|---|----------|---------|------|------|---------------------|-----|----------------|--------|
| 11 | S | -0.00103 | 0.00036 | 0.50 | 0.60 | 0.000468 (0.000468) | 318 | 0.149 (990.00) | -58.22 |
| 12 | S | -0.00074 | 0.00027 | 0.50 | 0.60 | 0.000337 (0.000337) | 318 | 0.107 (990.00) | -58.48 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 1.82 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -58.4 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 2 | S | 1.82 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -58.4 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 3 | S | 1.82 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -58.4 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 4 | S | 3.36 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -107.9 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 5 | S | 4.80 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -154.3 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 6 | S | 3.36 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -107.9 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 7 | S | 0.15 | 31.0 | 0.01 | 0.0 | 0.4 | 25.5 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | S | 1.68 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -53.9 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 9 | S | 0.18 | 31.0 | 0.00 | 3.6 | -0.2 | 25.5 | 1.5 | 148 | 10.1 | 0.0 |
| 10 | S | 3.48 | 0.0 | 0.00 | 8.2 | -111.0 | 2.8 | 7.6 | 761 | 15.7 | 23.6 |
| 11 | S | 4.85 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -155.9 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 12 | S | 3.54 | 0.0 | 0.00 | 8.2 | -112.3 | 2.8 | 7.6 | 761 | 15.7 | 23.6 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|------|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00038 | 0.00014 | 0.50 | 0.60 | 0.000175 (0.000175) | 318 | 0.056 (0.20) | -58.22 |
| 2 | S | -0.00038 | 0.00014 | 0.50 | 0.60 | 0.000175 (0.000175) | 318 | 0.056 (0.20) | -58.22 |
| 3 | S | -0.00038 | 0.00014 | 0.50 | 0.60 | 0.000175 (0.000175) | 318 | 0.056 (0.20) | -58.22 |
| 4 | S | -0.00071 | 0.00025 | 0.50 | 0.60 | 0.000324 (0.000324) | 318 | 0.103 (0.20) | -58.22 |
| 5 | S | -0.00102 | 0.00036 | 0.50 | 0.60 | 0.000463 (0.000463) | 318 | 0.147 (0.20) | -58.22 |
| 6 | S | -0.00071 | 0.00025 | 0.50 | 0.60 | 0.000324 (0.000324) | 318 | 0.103 (0.20) | -58.22 |
| 7 | S | 0.00000 | 0.00001 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.00 |
| 8 | S | -0.00036 | 0.00013 | 0.50 | 0.60 | 0.000162 (0.000162) | 318 | 0.051 (0.20) | -58.22 |
| 9 | S | 0.00000 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000000 (0.000000) | 58 | 0.000 (0.20) | 251.48 |
| 10 | S | -0.00073 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000333 (0.000333) | 318 | 0.106 (0.20) | -58.38 |
| 11 | S | -0.00103 | 0.00036 | 0.50 | 0.60 | 0.000468 (0.000468) | 318 | 0.149 (0.20) | -58.22 |
| 12 | S | -0.00074 | 0.00027 | 0.50 | 0.60 | 0.000337 (0.000337) | 318 | 0.107 (0.20) | -58.48 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 1.82 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -58.4 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 2 | S | 3.36 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -107.9 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 3 | S | 1.67 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -53.7 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |
| 4 | S | 3.29 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -105.8 | 2.8 | 7.6 | 763 | 15.7 | 23.6 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00038 | 0.00014 | 0.50 | 0.40 | 0.000175 (0.000175) | 318 | 0.056 (0.20) | -58.22 |
| 2 | S | -0.00071 | 0.00025 | 0.50 | 0.40 | 0.000324 (0.000324) | 318 | 0.103 (0.20) | -58.22 |
| 3 | S | -0.00035 | 0.00013 | 0.50 | 0.40 | 0.000161 (0.000161) | 318 | 0.051 (0.20) | -58.22 |
| 4 | S | -0.00070 | 0.00025 | 0.50 | 0.40 | 0.000317 (0.000317) | 318 | 0.101 (0.20) | -58.22 |

| | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

G.2 Sezione A – sezione al montante della barriera (con armatura aggiuntiva)

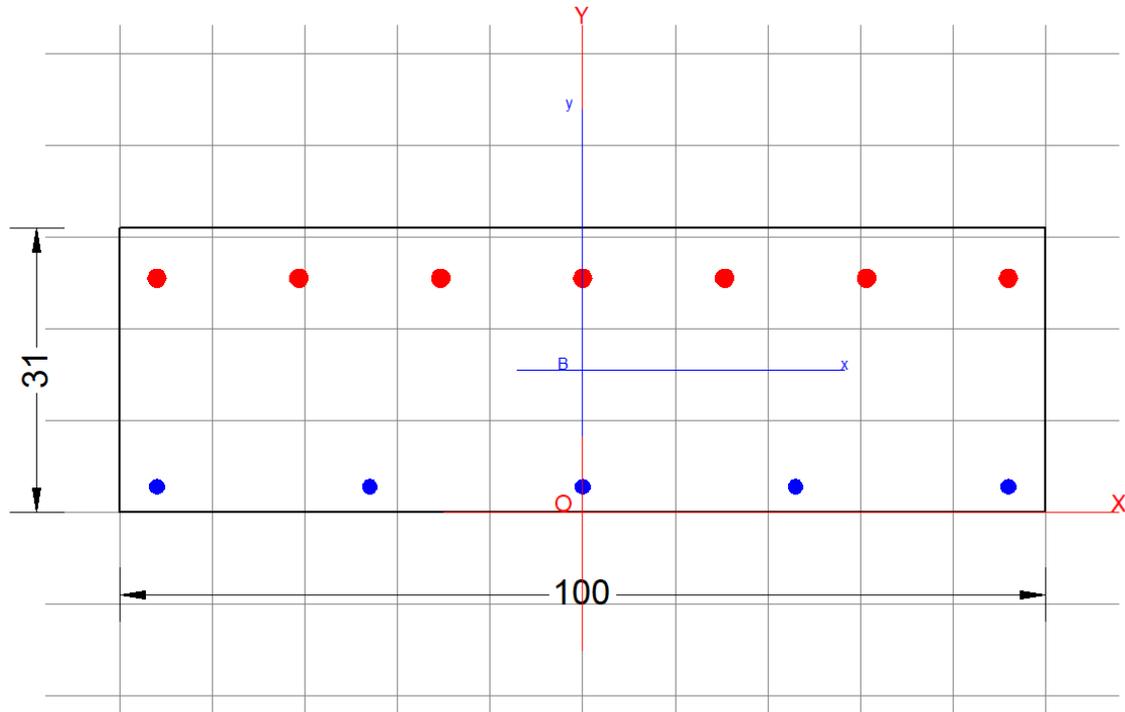


Figura 250 – Sezione A-barriera ($\Phi 20/20+3 \Phi 20$ agg. superiori + $\Phi 16/20$ inferiori; $H=31$ cm)

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

NOME FILE SEZIONE: Soletta_Flessione_sez.A_SB

| | |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione: | Rettangolare |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Ordinarie |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|--|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.13 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.023 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 17.600 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): | 17.600 MPa |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): | 0.200 mm |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 12.800 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk: 450.00 MPa
Resist. caratt. a rottura ftk: 450.00 MPa
Resist. a snerv. di progetto fyd: 391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd: 391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef: 200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
Comb.Rare - Sf Limite: 337.50 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
Altezza: 31.0 cm
Barre inferiori: 5Ø16 (10.1 cm²)
Barre superiori: 7Ø20 (22.0 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre): 2.8 cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre): 5.5 cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre): 10.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|--------|---------|------|------|
| 1 | 10.35 | -37.94 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 10.35 | -37.94 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 17.25 | -23.84 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 17.25 | -23.84 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 0.00 | -59.09 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | -112.14 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | -10.35 | -157.36 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | -112.14 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | -17.25 | -147.39 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | -76.81 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 54.71 | -0.23 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | -37.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 43.77 | 4.45 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 0.00 | -23.98 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 0.00 | -42.31 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 0.00 | -113.30 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 0.00 | -156.56 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 0.00 | -112.82 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | 0.00 | -143.47 | 0.00 | 0.00 |
| 20 | 0.00 | -74.48 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|--------|---------|
| 1 | 6.90 | -44.99 |
| 2 | 6.90 | -44.99 |
| 3 | 11.50 | -35.59 |
| 4 | 11.50 | -35.59 |
| 5 | 0.00 | -76.81 |
| 6 | -6.90 | -107.51 |
| 7 | 0.00 | -76.81 |
| 8 | -11.50 | -100.31 |
| 9 | 37.73 | -18.90 |
| 10 | 0.00 | -44.25 |
| 11 | 30.18 | -15.96 |
| 12 | 0.00 | -35.57 |
| 13 | 0.00 | -77.11 |
| 14 | 0.00 | -106.50 |
| 15 | 0.00 | -76.78 |
| 16 | 0.00 | -97.17 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|--------|------------------|
| 1 | -6.90 | -44.99 (-60.52) |
| 2 | -6.90 | -44.99 (-60.52) |
| 3 | -11.50 | -35.59 (-59.99) |
| 4 | -11.50 | -35.59 (-59.99) |
| 5 | 0.00 | -76.81 (-61.01) |
| 6 | 6.90 | -107.51 (-61.22) |
| 7 | 0.00 | -76.81 (-61.01) |
| 8 | 11.50 | -100.31 (-61.38) |
| 9 | -30.18 | -24.56 (-57.31) |
| 10 | 0.00 | -44.25 (-61.01) |
| 11 | -30.18 | -15.96 (-55.50) |
| 12 | 0.00 | -35.57 (-61.01) |
| 13 | 0.00 | -76.81 (-61.01) |
| 14 | 0.00 | -106.50 (-61.01) |
| 15 | 0.00 | -76.78 (-61.01) |
| 16 | 0.00 | -97.17 (-61.01) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|------|-----------------|
| 1 | 0.00 | -59.09 (-61.01) |
| 2 | 0.00 | -76.81 (-61.01) |
| 3 | 0.00 | -57.06 (-61.01) |
| 4 | 0.00 | -75.68 (-61.01) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | | | |
|--|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.3 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]

| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | |
|--------|-----|--------|---------|--------|---------|----------|------|------|--------|------------|
| 1 | S | 10.35 | -37.94 | 10.62 | -203.09 | 5.347 | 4.3 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 2 | S | 10.35 | -37.94 | 10.62 | -203.09 | 5.347 | 4.3 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 3 | S | 17.25 | -23.84 | 17.47 | -203.92 | 8.525 | 4.3 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 4 | S | 17.25 | -23.84 | 17.47 | -203.92 | 8.525 | 4.3 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 5 | S | 0.00 | -59.09 | -0.14 | -201.78 | 3.415 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 6 | S | 0.00 | -112.14 | -0.14 | -201.78 | 1.799 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 7 | S | -10.35 | -157.36 | -10.60 | -200.48 | 1.275 | 4.2 | 0.16 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 8 | S | 0.00 | -112.14 | -0.14 | -201.78 | 1.799 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 9 | S | -17.25 | -147.39 | -17.40 | -199.64 | 1.356 | 4.2 | 0.16 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 10 | S | 0.00 | -76.81 | -0.14 | -201.78 | 2.627 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 11 | S | 54.71 | -0.23 | 54.66 | -208.43 | 403.521 | 4.4 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 12 | S | 0.00 | -37.00 | -0.14 | -201.78 | 5.454 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 13 | S | 43.77 | 4.45 | 43.93 | 118.16 | 27.945 | 26.3 | 0.17 | 0.70 | 32.0 (4.9) |
| 14 | S | 0.00 | -23.98 | -0.14 | -201.78 | 8.415 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 15 | S | 0.00 | -42.31 | -0.14 | -201.78 | 4.769 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 16 | S | 0.00 | -113.30 | -0.14 | -201.78 | 1.781 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 17 | S | 0.00 | -156.56 | -0.14 | -201.78 | 1.289 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 18 | S | 0.00 | -112.82 | -0.14 | -201.78 | 1.789 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 19 | S | 0.00 | -143.47 | -0.14 | -201.78 | 1.406 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 20 | S | 0.00 | -74.48 | -0.14 | -201.78 | 2.709 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 21 | S | 0.00 | 0.00 | -0.14 | -201.78 | 9999.000 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |
| 22 | S | 0.00 | 0.00 | -0.14 | -201.78 | 9999.000 | 4.2 | 0.17 | 0.70 | 22.0 (4.5) |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.0 | 0.00121 | 2.8 | -0.01732 | 25.5 |
| 2 | 0.00350 | 0.0 | 0.00121 | 2.8 | -0.01732 | 25.5 |
| 3 | 0.00350 | 0.0 | 0.00123 | 2.8 | -0.01721 | 25.5 |
| 4 | 0.00350 | 0.0 | 0.00123 | 2.8 | -0.01721 | 25.5 |
| 5 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 6 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 7 | 0.00350 | 0.0 | 0.00117 | 2.8 | -0.01774 | 25.5 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | |
|----|---------|------|----------|------|----------|------|
| 8 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 9 | 0.00350 | 0.0 | 0.00115 | 2.8 | -0.01789 | 25.5 |
| 10 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 11 | 0.00350 | 0.0 | 0.00130 | 2.8 | -0.01656 | 25.5 |
| 12 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 13 | 0.00350 | 31.0 | -0.00058 | 25.5 | -0.01740 | 2.8 |
| 14 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 15 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 16 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 17 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 18 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 19 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 20 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 21 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |
| 22 | 0.00350 | 0.0 | 0.00119 | 2.8 | -0.01751 | 25.5 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|---------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa] |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa] |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| Ac eff. | Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.) |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2) |

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 3.53 | 0.0 | 0.00 | 9.5 | -89.5 | 2.8 | 7.2 | 718 | 22.0 | 15.7 |
| 2 | S | 3.53 | 0.0 | 0.00 | 9.5 | -89.5 | 2.8 | 7.2 | 718 | 22.0 | 15.7 |
| 3 | S | 2.81 | 0.0 | 0.00 | 9.6 | -69.4 | 2.8 | 7.1 | 713 | 22.0 | 15.7 |
| 4 | S | 2.81 | 0.0 | 0.00 | 9.6 | -69.4 | 2.8 | 7.1 | 713 | 22.0 | 15.7 |
| 5 | S | 5.98 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -155.6 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 6 | S | 8.36 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -219.4 | 2.8 | 7.2 | 724 | 22.0 | 15.7 |
| 7 | S | 5.98 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -155.6 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 8 | S | 7.79 | 0.0 | 0.00 | 9.2 | -205.9 | 2.8 | 7.3 | 726 | 22.0 | 15.7 |
| 9 | S | 1.55 | 0.0 | 0.00 | 11.2 | -29.8 | 2.8 | 6.6 | 662 | 22.0 | 15.7 |
| 10 | S | 3.46 | 0.0 | 0.00 | 9.4 | -89.6 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 11 | S | 1.30 | 0.0 | 0.00 | 11.1 | -25.6 | 2.8 | 6.7 | 665 | 22.0 | 15.7 |
| 12 | S | 2.78 | 0.0 | 0.00 | 9.4 | -72.1 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 13 | S | 6.01 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -156.2 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 14 | S | 8.30 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -215.7 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 15 | S | 5.98 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -155.5 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 16 | S | 7.57 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -196.8 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|---------|---|
| Ver | Esito verifica |
| e1 | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| e2 | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| K2 | = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC |
| Kt | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2 |
| e sm | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es |
| srm | Distanza massima in mm tra le fessure |
| wk | Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite. |
| M fess. | Momento di prima fessurazione [kNm] |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|----------------|---------|
| 1 | S | -0.00060 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000269 (0.000269) | 264 | 0.071 (990.00) | -61.51 |
| 2 | S | -0.00060 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000269 (0.000269) | 264 | 0.071 (990.00) | -61.51 |
| 3 | S | -0.00047 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000208 (0.000208) | 263 | 0.055 (990.00) | -62.07 |
| 4 | S | -0.00047 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000208 (0.000208) | 263 | 0.055 (990.00) | -62.07 |
| 5 | S | -0.00104 | 0.00045 | 0.50 | 0.60 | 0.000467 (0.000467) | 265 | 0.124 (990.00) | -61.01 |
| 6 | S | -0.00147 | 0.00063 | 0.50 | 0.60 | 0.000744 (0.000658) | 265 | 0.197 (990.00) | -60.81 |
| 7 | S | -0.00104 | 0.00045 | 0.50 | 0.60 | 0.000467 (0.000467) | 265 | 0.124 (990.00) | -61.01 |
| 8 | S | -0.00138 | 0.00058 | 0.50 | 0.60 | 0.000676 (0.000618) | 265 | 0.179 (990.00) | -60.65 |
| 9 | S | -0.00021 | 0.00012 | 0.50 | 0.60 | 0.000089 (0.000089) | 255 | 0.023 (990.00) | -68.16 |
| 10 | S | -0.00060 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000269 (0.000269) | 265 | 0.071 (990.00) | -61.01 |
| 11 | S | -0.00018 | 0.00010 | 0.50 | 0.60 | 0.000077 (0.000077) | 256 | 0.020 (990.00) | -67.74 |
| 12 | S | -0.00048 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000216 (0.000216) | 265 | 0.057 (990.00) | -61.01 |
| 13 | S | -0.00105 | 0.00045 | 0.50 | 0.60 | 0.000469 (0.000469) | 265 | 0.124 (990.00) | -61.01 |
| 14 | S | -0.00145 | 0.00062 | 0.50 | 0.60 | 0.000726 (0.000647) | 265 | 0.192 (990.00) | -61.01 |
| 15 | S | -0.00104 | 0.00045 | 0.50 | 0.60 | 0.000467 (0.000467) | 265 | 0.124 (990.00) | -61.01 |
| 16 | S | -0.00132 | 0.00057 | 0.50 | 0.60 | 0.000632 (0.000591) | 265 | 0.167 (990.00) | -61.01 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 3.50 | 0.0 | 0.00 | 9.2 | -92.7 | 2.8 | 7.3 | 727 | 22.0 | 15.7 |
| 2 | S | 3.50 | 0.0 | 0.00 | 9.2 | -92.7 | 2.8 | 7.3 | 727 | 22.0 | 15.7 |
| 3 | S | 2.76 | 0.0 | 0.00 | 9.1 | -74.8 | 2.8 | 7.3 | 731 | 22.0 | 15.7 |
| 4 | S | 2.76 | 0.0 | 0.00 | 9.1 | -74.8 | 2.8 | 7.3 | 731 | 22.0 | 15.7 |
| 5 | S | 5.98 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -155.6 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 6 | S | 8.39 | 0.0 | 0.00 | 9.4 | -216.2 | 2.8 | 7.2 | 721 | 22.0 | 15.7 |
| 7 | S | 5.98 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -155.6 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 8 | S | 7.84 | 0.0 | 0.00 | 9.4 | -200.5 | 2.8 | 7.2 | 719 | 22.0 | 15.7 |
| 9 | S | 1.85 | 0.0 | 0.00 | 8.4 | -56.8 | 2.8 | 7.6 | 756 | 22.0 | 15.7 |
| 10 | S | 3.46 | 0.0 | 0.00 | 9.4 | -89.6 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 11 | S | 1.17 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -39.5 | 2.8 | 7.7 | 773 | 22.0 | 15.7 |
| 12 | S | 2.78 | 0.0 | 0.00 | 9.4 | -72.1 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 13 | S | 5.98 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -155.6 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 14 | S | 8.30 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -215.7 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 15 | S | 5.98 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -155.5 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 16 | S | 7.57 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -196.8 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00062 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000278 (0.000278) | 265 | 0.074 (0.20) | -60.52 |
| 2 | S | -0.00062 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000278 (0.000278) | 265 | 0.074 (0.20) | -60.52 |
| 3 | S | -0.00050 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000224 (0.000224) | 266 | 0.060 (0.20) | -59.99 |
| 4 | S | -0.00050 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000224 (0.000224) | 266 | 0.060 (0.20) | -59.99 |
| 5 | S | -0.00104 | 0.00045 | 0.50 | 0.60 | 0.000467 (0.000467) | 265 | 0.124 (0.20) | -61.01 |
| 6 | S | -0.00145 | 0.00063 | 0.50 | 0.60 | 0.000729 (0.000649) | 264 | 0.193 (0.20) | -61.22 |
| 7 | S | -0.00104 | 0.00045 | 0.50 | 0.60 | 0.000467 (0.000467) | 265 | 0.124 (0.20) | -61.01 |
| 8 | S | -0.00135 | 0.00059 | 0.50 | 0.60 | 0.000652 (0.000602) | 264 | 0.172 (0.20) | -61.38 |
| 9 | S | -0.00038 | 0.00014 | 0.50 | 0.60 | 0.000171 (0.000171) | 270 | 0.046 (0.20) | -57.31 |
| 10 | S | -0.00060 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000269 (0.000269) | 265 | 0.071 (0.20) | -61.01 |
| 11 | S | -0.00026 | 0.00009 | 0.50 | 0.60 | 0.000118 (0.000118) | 273 | 0.032 (0.20) | -55.50 |
| 12 | S | -0.00048 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000216 (0.000216) | 265 | 0.057 (0.20) | -61.01 |
| 13 | S | -0.00104 | 0.00045 | 0.50 | 0.60 | 0.000467 (0.000467) | 265 | 0.124 (0.20) | -61.01 |
| 14 | S | -0.00145 | 0.00062 | 0.50 | 0.60 | 0.000726 (0.000647) | 265 | 0.192 (0.20) | -61.01 |
| 15 | S | -0.00104 | 0.00045 | 0.50 | 0.60 | 0.000467 (0.000467) | 265 | 0.124 (0.20) | -61.01 |
| 16 | S | -0.00132 | 0.00057 | 0.50 | 0.60 | 0.000632 (0.000591) | 265 | 0.167 (0.20) | -61.01 |

| | | | | | |
|---|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 4.60 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -119.7 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 2 | S | 5.98 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -155.6 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 3 | S | 4.44 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -115.6 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |
| 4 | S | 5.89 | 0.0 | 0.00 | 9.3 | -153.3 | 2.8 | 7.2 | 722 | 22.0 | 15.7 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00080 | 0.00035 | 0.50 | 0.40 | 0.000364 (0.000359) | 265 | 0.096 (0.20) | -61.01 |
| 2 | S | -0.00104 | 0.00045 | 0.50 | 0.40 | 0.000543 (0.000467) | 265 | 0.144 (0.20) | -61.01 |
| 3 | S | -0.00077 | 0.00033 | 0.50 | 0.40 | 0.000347 (0.000347) | 265 | 0.092 (0.20) | -61.01 |
| 4 | S | -0.00103 | 0.00044 | 0.50 | 0.40 | 0.000532 (0.000460) | 265 | 0.141 (0.20) | -61.01 |

G.3 Sezione B

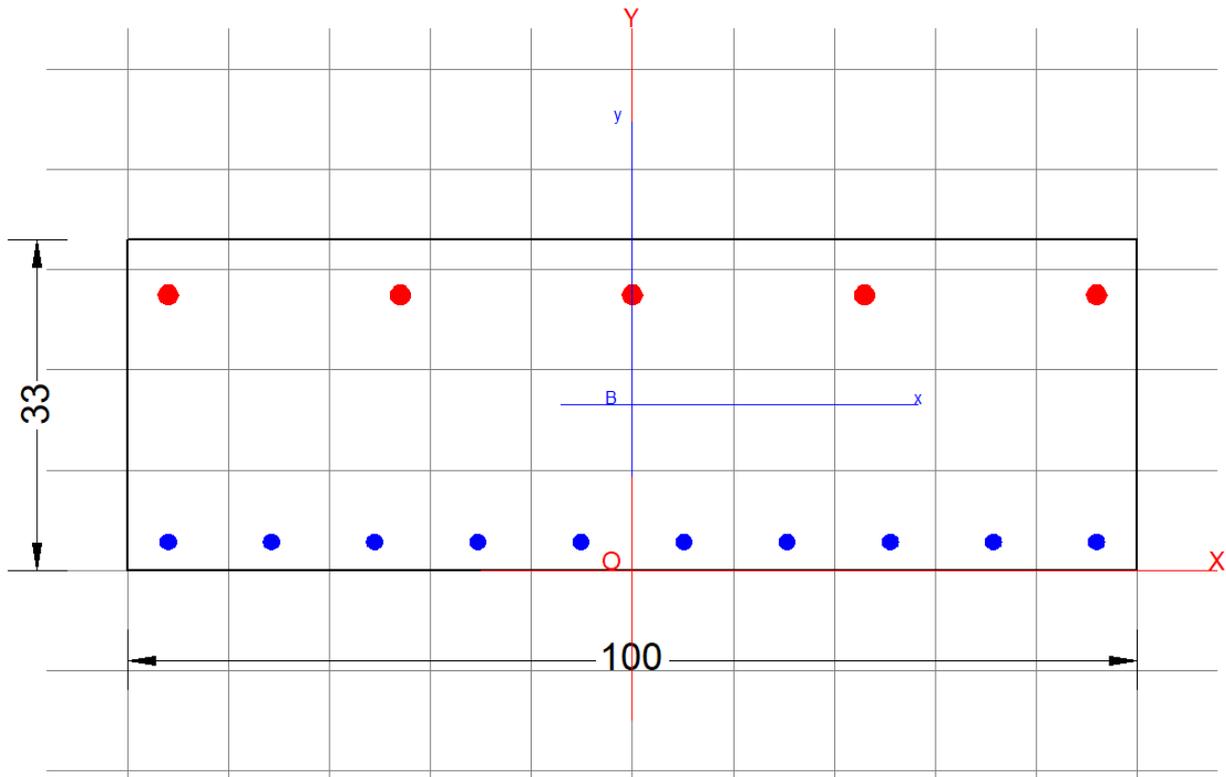


Figura 251 – Sezione C ($\Phi 20/20$ superiori + 1+1 $\Phi 16/20$ inferiori; H=33cm)

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

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

NOME FILE SEZIONE: Soletta_Flessione_sez.B

| | |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione: | Rettangolare |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Ordinarie |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|------------------------|---|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.13 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.023 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 17.600 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): | 17.600 MPa |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 12.800 MPa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. a snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef: | 200000.0 MPa |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 337.50 MPa | |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base: | 100.0 | cm |
| Altezza: | 33.0 | cm |
| Barre inferiori: | 10Ø16 | (20.1 cm ²) |
| Barre superiori: | 5Ø20 | (15.7 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 2.8 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 5.5 | cm |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 10.0 | cm |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | | |
|---------|--|--------|------|------|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) | | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione | | | |
| VY | Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale | | | |
| MT | Momento torcente [kN m] | | | |
| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
| 1 | 10.32 | 145.37 | 0.00 | 0.00 |

| | | | | |
|---|--|--|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | | |
|----|-------|--------|------|------|
| 2 | 0.00 | 1.52 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 7.73 | 114.80 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | 48.54 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 0.61 | -38.61 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | -34.20 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 1.01 | -38.71 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | -4.59 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 10.92 | 130.88 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | -8.87 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 8.74 | 104.12 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | -1.58 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 0.00 | 28.34 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 0.00 | -64.24 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 0.00 | -74.30 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 0.00 | -61.24 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 0.00 | -67.66 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 0.00 | -24.79 | 0.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|------|--------|
| 1 | 7.13 | 96.39 |
| 2 | 0.00 | -2.73 |
| 3 | 5.35 | 75.24 |
| 4 | 0.40 | -24.18 |
| 5 | 0.00 | -21.24 |
| 6 | 0.67 | -24.19 |
| 7 | 7.53 | 80.00 |
| 8 | 0.00 | -16.38 |
| 9 | 6.03 | 61.39 |
| 10 | 0.00 | -11.50 |
| 11 | 0.00 | -41.27 |
| 12 | 0.00 | -47.97 |
| 13 | 0.00 | -39.21 |
| 14 | 0.00 | -43.24 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|-----------------|
| 1 | 5.62 | 73.39 (72.42) |
| 2 | 0.00 | -2.73 (-68.68) |
| 3 | 5.35 | 75.24 (72.40) |
| 4 | 0.40 | -22.33 (-68.76) |
| 5 | 0.00 | -21.24 (-68.68) |
| 6 | 0.67 | -24.19 (-68.80) |
| 7 | -6.03 | 57.00 (71.66) |
| 8 | 0.00 | -16.38 (-68.68) |
| 9 | -6.03 | 61.39 (71.69) |
| 10 | 0.00 | -11.50 (-68.68) |
| 11 | 0.00 | -39.42 (-68.68) |
| 12 | 0.00 | -47.97 (-68.68) |
| 13 | 0.00 | -39.21 (-68.68) |

| | | | | |
|--|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

14 0.00 -43.24 (-68.68)

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|------|-----------------|
| 1 | 0.00 | -2.21 (-68.68) |
| 2 | 0.00 | -12.15 (-68.68) |
| 3 | 0.00 | -22.40 (-68.68) |
| 4 | 0.00 | -32.34 (-68.68) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC; deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]

| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | |
|--------|-----|-------|--------|-------|---------|----------|------|------|--------|------------|
| 1 | S | 10.32 | 145.37 | 10.23 | 221.32 | 1.522 | 27.5 | 0.18 | 0.70 | 35.8 (5.3) |
| 2 | S | 0.00 | 1.52 | -0.11 | 220.14 | 144.828 | 27.6 | 0.18 | 0.70 | 35.8 (5.3) |
| 3 | S | 7.73 | 114.80 | 7.75 | 221.04 | 1.925 | 27.5 | 0.18 | 0.70 | 35.8 (5.3) |
| 4 | S | 0.00 | 48.54 | -0.11 | 220.14 | 4.535 | 27.6 | 0.18 | 0.70 | 35.8 (5.3) |
| 5 | S | 0.61 | -38.61 | 0.83 | -158.80 | 4.113 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 6 | S | 0.00 | -34.20 | -0.05 | -158.68 | 4.640 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 7 | S | 1.01 | -38.71 | 0.83 | -158.80 | 4.103 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 8 | S | 0.00 | -4.59 | -0.05 | -158.68 | 34.571 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 9 | S | 10.92 | 130.88 | 11.05 | 221.41 | 1.691 | 27.5 | 0.18 | 0.70 | 35.8 (5.3) |
| 10 | S | 0.00 | -8.87 | -0.05 | -158.68 | 17.890 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 11 | S | 8.74 | 104.12 | 8.58 | 221.13 | 2.123 | 27.5 | 0.18 | 0.70 | 35.8 (5.3) |
| 12 | S | 0.00 | -1.58 | -0.05 | -158.68 | 100.431 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 13 | S | 0.00 | 28.34 | -0.11 | 220.14 | 7.768 | 27.6 | 0.18 | 0.70 | 35.8 (5.3) |
| 14 | S | 0.00 | -64.24 | -0.05 | -158.68 | 2.470 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 15 | S | 0.00 | -74.30 | -0.05 | -158.68 | 2.136 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 16 | S | 0.00 | -61.24 | -0.05 | -158.68 | 2.591 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 17 | S | 0.00 | -67.66 | -0.05 | -158.68 | 2.345 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |
| 18 | S | 0.00 | -24.79 | -0.05 | -158.68 | 6.401 | 3.1 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (4.8) |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)

| | | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 33.0 | -0.00002 | 27.5 | -0.01583 | 2.8 |
| 2 | 0.00350 | 33.0 | -0.00004 | 27.5 | -0.01594 | 2.8 |
| 3 | 0.00350 | 33.0 | -0.00003 | 27.5 | -0.01586 | 2.8 |
| 4 | 0.00350 | 33.0 | -0.00004 | 27.5 | -0.01594 | 2.8 |
| 5 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02711 | 27.5 |
| 6 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02713 | 27.5 |
| 7 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02711 | 27.5 |
| 8 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02713 | 27.5 |
| 9 | 0.00350 | 33.0 | -0.00002 | 27.5 | -0.01582 | 2.8 |
| 10 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02713 | 27.5 |
| 11 | 0.00350 | 33.0 | -0.00002 | 27.5 | -0.01585 | 2.8 |
| 12 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02713 | 27.5 |
| 13 | 0.00350 | 33.0 | -0.00004 | 27.5 | -0.01594 | 2.8 |
| 14 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02713 | 27.5 |
| 15 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02713 | 27.5 |
| 16 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02713 | 27.5 |
| 17 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02713 | 27.5 |
| 18 | 0.00350 | 0.0 | 0.00038 | 2.8 | -0.02713 | 27.5 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 6.01 | 33.0 | 0.00 | 22.9 | -179.5 | 27.5 | 7.0 | 700 | 20.1 | 10.5 |
| 2 | S | 0.20 | 0.0 | 0.00 | 9.4 | -7.0 | 2.8 | 8.3 | 835 | 15.7 | 23.6 |
| 3 | S | 4.69 | 33.0 | 0.00 | 22.9 | -140.1 | 27.5 | 7.0 | 700 | 20.1 | 10.5 |
| 4 | S | 1.66 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -61.9 | 2.8 | 8.4 | 837 | 15.7 | 23.6 |
| 5 | S | 1.46 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -54.5 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 6 | S | 1.66 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -61.8 | 2.8 | 8.4 | 837 | 15.7 | 23.6 |
| 7 | S | 4.99 | 33.0 | 0.00 | 22.9 | -148.6 | 27.5 | 7.0 | 700 | 20.1 | 10.5 |
| 8 | S | 1.13 | 0.0 | 0.00 | 8.0 | -42.0 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 9 | S | 3.83 | 33.0 | 0.00 | 22.9 | -114.0 | 27.5 | 7.0 | 700 | 20.1 | 10.5 |
| 10 | S | 0.80 | 0.0 | 0.00 | 8.0 | -29.5 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 11 | S | 2.83 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -105.9 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 12 | S | 3.29 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -123.0 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 13 | S | 2.69 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -100.6 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 14 | S | 2.96 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -110.9 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 K2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 * e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
 Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
 e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
 srm Distanza massima in mm tra le fessure
 wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
 M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|----------------|---------|
| 1 | S | -0.00102 | 0.00045 | 0.50 | 0.60 | 0.000538 (0.000538) | 163 | 0.088 (990.00) | 72.41 |
| 2 | S | -0.00004 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000021 (0.000021) | 334 | 0.007 (990.00) | -68.68 |
| 3 | S | -0.00080 | 0.00035 | 0.50 | 0.60 | 0.000420 (0.000420) | 163 | 0.068 (990.00) | 72.40 |
| 4 | S | -0.00040 | 0.00012 | 0.50 | 0.60 | 0.000186 (0.000186) | 334 | 0.062 (990.00) | -68.75 |
| 5 | S | -0.00035 | 0.00011 | 0.50 | 0.60 | 0.000163 (0.000163) | 334 | 0.055 (990.00) | -68.68 |
| 6 | S | -0.00040 | 0.00012 | 0.50 | 0.60 | 0.000185 (0.000185) | 334 | 0.062 (990.00) | -68.80 |
| 7 | S | -0.00085 | 0.00037 | 0.50 | 0.60 | 0.000446 (0.000446) | 163 | 0.073 (990.00) | 72.50 |
| 8 | S | -0.00027 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000126 (0.000126) | 334 | 0.042 (990.00) | -68.68 |
| 9 | S | -0.00065 | 0.00029 | 0.50 | 0.60 | 0.000342 (0.000342) | 163 | 0.056 (990.00) | 72.52 |
| 10 | S | -0.00019 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000088 (0.000088) | 334 | 0.030 (990.00) | -68.68 |
| 11 | S | -0.00068 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000318 (0.000318) | 334 | 0.106 (990.00) | -68.68 |
| 12 | S | -0.00079 | 0.00025 | 0.50 | 0.60 | 0.000369 (0.000369) | 334 | 0.123 (990.00) | -68.68 |
| 13 | S | -0.00064 | 0.00020 | 0.50 | 0.60 | 0.000302 (0.000302) | 334 | 0.101 (990.00) | -68.68 |
| 14 | S | -0.00071 | 0.00022 | 0.50 | 0.60 | 0.000333 (0.000333) | 334 | 0.111 (990.00) | -68.68 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 4.58 | 33.0 | 0.00 | 22.9 | -136.6 | 27.5 | 7.0 | 700 | 20.1 | 10.5 |
| 2 | S | 0.20 | 0.0 | 0.00 | 9.4 | -7.0 | 2.8 | 8.3 | 835 | 15.7 | 23.6 |
| 3 | S | 4.69 | 33.0 | 0.00 | 22.9 | -140.1 | 27.5 | 7.0 | 700 | 20.1 | 10.5 |
| 4 | S | 1.53 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -57.1 | 2.8 | 8.4 | 837 | 15.7 | 23.6 |
| 5 | S | 1.46 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -54.5 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 6 | S | 1.66 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -61.8 | 2.8 | 8.4 | 837 | 15.7 | 23.6 |
| 7 | S | 3.53 | 33.0 | 0.00 | 23.1 | -108.4 | 27.5 | 7.0 | 700 | 20.1 | 10.5 |
| 8 | S | 1.13 | 0.0 | 0.00 | 8.0 | -42.0 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 9 | S | 3.80 | 33.0 | 0.00 | 23.1 | -116.6 | 27.5 | 7.0 | 700 | 20.1 | 10.5 |
| 10 | S | 0.80 | 0.0 | 0.00 | 8.0 | -29.5 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 11 | S | 2.70 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -101.1 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 12 | S | 3.29 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -123.0 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 13 | S | 2.69 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -100.6 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 14 | S | 2.96 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -110.9 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00078 | 0.00034 | 0.50 | 0.60 | 0.000410 (0.000410) | 163 | 0.067 (0.20) | 72.42 |
| 2 | S | -0.00004 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000021 (0.000021) | 334 | 0.007 (0.20) | -68.68 |
| 3 | S | -0.00080 | 0.00035 | 0.50 | 0.60 | 0.000420 (0.000420) | 163 | 0.068 (0.20) | 72.40 |
| 4 | S | -0.00037 | 0.00011 | 0.50 | 0.60 | 0.000171 (0.000171) | 334 | 0.057 (0.20) | -68.76 |
| 5 | S | -0.00035 | 0.00011 | 0.50 | 0.60 | 0.000163 (0.000163) | 334 | 0.055 (0.20) | -68.68 |
| 6 | S | -0.00040 | 0.00012 | 0.50 | 0.60 | 0.000185 (0.000185) | 334 | 0.062 (0.20) | -68.80 |
| 7 | S | -0.00062 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000325 (0.000325) | 163 | 0.053 (0.20) | 71.66 |
| 8 | S | -0.00027 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000126 (0.000126) | 334 | 0.042 (0.20) | -68.68 |
| 9 | S | -0.00066 | 0.00029 | 0.50 | 0.60 | 0.000350 (0.000350) | 163 | 0.057 (0.20) | 71.69 |
| 10 | S | -0.00019 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000088 (0.000088) | 334 | 0.030 (0.20) | -68.68 |
| 11 | S | -0.00065 | 0.00020 | 0.50 | 0.60 | 0.000303 (0.000303) | 334 | 0.101 (0.20) | -68.68 |
| 12 | S | -0.00079 | 0.00025 | 0.50 | 0.60 | 0.000369 (0.000369) | 334 | 0.123 (0.20) | -68.68 |
| 13 | S | -0.00064 | 0.00020 | 0.50 | 0.60 | 0.000302 (0.000302) | 334 | 0.101 (0.20) | -68.68 |
| 14 | S | -0.00071 | 0.00022 | 0.50 | 0.60 | 0.000333 (0.000333) | 334 | 0.111 (0.20) | -68.68 |

| | | | | | |
|---|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 0.16 | 0.0 | 0.00 | 9.4 | -5.6 | 2.8 | 8.3 | 835 | 15.7 | 23.6 |
| 2 | S | 0.84 | 0.0 | 0.00 | 8.0 | -31.2 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 3 | S | 1.54 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -57.5 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |
| 4 | S | 2.22 | 0.0 | 0.00 | 7.9 | -83.0 | 2.8 | 8.4 | 838 | 15.7 | 23.6 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00004 | 0.00001 | 0.50 | 0.40 | 0.000017 (0.000017) | 334 | 0.006 (0.20) | -68.68 |
| 2 | S | -0.00020 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000093 (0.000093) | 334 | 0.031 (0.20) | -68.68 |
| 3 | S | -0.00037 | 0.00012 | 0.50 | 0.40 | 0.000172 (0.000172) | 334 | 0.058 (0.20) | -68.68 |
| 4 | S | -0.00053 | 0.00017 | 0.50 | 0.40 | 0.000249 (0.000249) | 334 | 0.083 (0.20) | -68.68 |

G.4 Sezione C

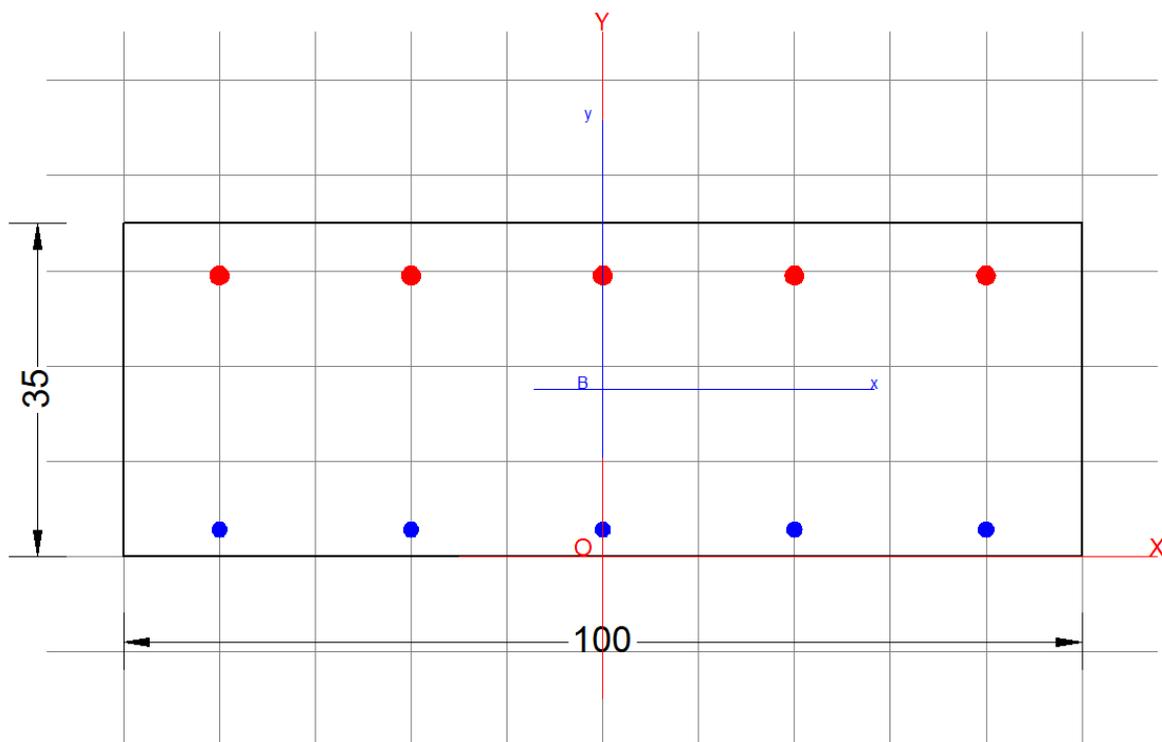


Figura 252 – Sezione C ($\Phi 20/20$ superiori + $\Phi 16/20$ inferiori; $H=35\text{cm}$)

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

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

NOME FILE SEZIONE: Soletta_Flessione_sez.C

| | |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione: | Rettangolare |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Ordinarie |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|------------------------|---|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.13 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.023 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 17.600 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): | 17.600 MPa |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): | 0.200 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 12.800 MPa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. a snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef: | 200000.0 MPa |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 337.50 MPa | |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|-------|-------------------------|
| Base: | 100.0 | cm |
| Altezza: | 35.0 | cm |
| Barre inferiori: | 5Ø16 | (10.1 cm ²) |
| Barre superiori: | 5Ø20 | (15.7 cm ²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 2.8 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 5.5 | cm |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 10.0 | cm |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | | |
|---------|--|-------|------|------|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) | | | |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione | | | |
| VY | Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale | | | |
| MT | Momento torcente [kN m] | | | |
| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
| 1 | 0.00 | 15.74 | 0.00 | 0.00 |

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| | | | | |
|----|--------|---------|------|------|
| 2 | 0.00 | 4.54 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 0.00 | 13.28 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | -2.16 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | -58.75 | -77.19 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | -9.89 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | -35.25 | -50.53 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | -21.65 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 0.63 | 23.02 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | 15.13 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 1.05 | 20.75 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | 12.69 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 0.00 | 2.49 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | -59.38 | -75.22 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 0.00 | -8.84 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | -36.30 | -50.35 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 0.00 | -9.61 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 0.00 | -16.99 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | -3.76 | 16.20 | 0.00 | 0.00 |
| 20 | 0.00 | 10.64 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | -1.93 | 15.18 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 0.00 | -9.24 | 0.00 | 0.00 |
| 23 | 25.54 | -103.75 | 0.00 | 0.00 |
| 24 | 0.00 | -8.59 | 0.00 | 0.00 |
| 25 | 14.00 | -66.99 | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 0.00 | -30.49 | 0.00 | 0.00 |
| 27 | -5.05 | 27.30 | 0.00 | 0.00 |
| 28 | 0.00 | 27.61 | 0.00 | 0.00 |
| 29 | -4.08 | 25.67 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 0.00 | 24.25 | 0.00 | 0.00 |
| 31 | 0.00 | -1.23 | 0.00 | 0.00 |
| 32 | 26.82 | -98.94 | 0.00 | 0.00 |
| 33 | 0.00 | -5.54 | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 16.15 | -64.31 | 0.00 | 0.00 |
| 35 | 0.00 | -7.71 | 0.00 | 0.00 |
| 36 | 0.00 | -22.48 | 0.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|--------|--------|
| 1 | 0.00 | 8.70 |
| 2 | 0.00 | 0.99 |
| 3 | 0.00 | 6.99 |
| 4 | -40.52 | -52.17 |
| 5 | 0.00 | -5.77 |
| 6 | -24.31 | -33.77 |
| 7 | 0.42 | 13.55 |
| 8 | 0.00 | 8.05 |
| 9 | 0.70 | 11.97 |
| 10 | 0.00 | 6.31 |
| 11 | -40.94 | -49.30 |
| 12 | 0.00 | -3.52 |
| 13 | -25.01 | -32.10 |
| 14 | 0.00 | -4.00 |
| 15 | -2.62 | 8.85 |
| 16 | 0.00 | 5.05 |
| 17 | -1.38 | 8.12 |

| | | | |
|---|--|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | C |

| | | |
|----|-------|--------|
| 18 | 17.64 | -69.87 |
| 19 | 0.00 | -4.28 |
| 20 | 9.70 | -44.49 |
| 21 | -3.48 | 16.25 |
| 22 | 0.00 | 16.37 |
| 23 | -2.81 | 15.11 |
| 24 | 0.00 | 13.97 |
| 25 | 18.50 | -63.99 |
| 26 | 0.00 | 0.42 |
| 27 | 11.13 | -40.03 |
| 28 | 0.00 | -1.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|--------|-----------------|
| 1 | 0.00 | 6.60 (72.54) |
| 2 | 0.00 | 0.99 (72.54) |
| 3 | 0.00 | 6.99 (72.54) |
| 4 | -24.31 | -33.39 (-70.70) |
| 5 | 0.00 | -5.77 (-73.86) |
| 6 | -24.31 | -33.77 (-70.74) |
| 7 | -0.42 | 11.45 (72.37) |
| 8 | 0.00 | 8.05 (72.54) |
| 9 | -0.70 | 11.97 (72.27) |
| 10 | 0.00 | 6.31 (72.54) |
| 11 | 24.73 | -30.52 (-77.72) |
| 12 | 0.00 | -3.52 (-73.86) |
| 13 | 25.01 | -32.10 (-77.56) |
| 14 | 0.00 | -4.00 (-73.86) |
| 15 | -1.93 | 7.39 (71.36) |
| 16 | 0.00 | 5.05 (72.54) |
| 17 | -1.38 | 8.12 (71.77) |
| 18 | 10.25 | -43.76 (-74.93) |
| 19 | 0.00 | -4.28 (-73.86) |
| 20 | 9.70 | -44.49 (-74.86) |
| 21 | 2.79 | 14.79 (73.42) |
| 22 | 0.00 | 16.37 (72.54) |
| 23 | 2.81 | 15.11 (73.41) |
| 24 | 0.00 | 13.97 (72.54) |
| 25 | -11.11 | -37.88 (-72.55) |
| 26 | 0.00 | 0.42 (72.54) |
| 27 | -11.13 | -40.03 (-72.62) |
| 28 | 0.00 | -1.00 (-73.86) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|------|----------------|
| 1 | 0.00 | -2.35 (-73.86) |
| 2 | 0.00 | -4.64 (-73.86) |
| 3 | 0.00 | 2.30 (72.54) |
| 4 | 0.00 | 0.01 (72.54) |
| 5 | 0.00 | 0.45 (72.54) |

| | | | | |
|--|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | |
|---|------|----------------|
| 6 | 0.00 | -3.49 (-73.86) |
| 7 | 0.00 | 8.46 (72.54) |
| 8 | 0.00 | 4.52 (72.54) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | |
|--|------|----|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 2.0 | cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 18.0 | cm |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione) |
| Mx | Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico |
| N Ult | Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.) |
| Mx rd | Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 |
| Yn | Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez. |
| x/d | Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC] |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | |
|--------|-----|--------|---------|--------|---------|----------|------|------|--------|------------|
| 1 | S | 0.00 | 15.74 | 0.07 | 128.86 | 8.187 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 2 | S | 0.00 | 4.54 | 0.07 | 128.86 | 28.382 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 3 | S | 0.00 | 13.28 | 0.07 | 128.86 | 9.703 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 4 | S | 0.00 | -2.16 | -0.25 | -170.96 | 79.150 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 5 | S | -58.75 | -77.19 | -58.86 | -162.35 | 2.117 | 3.2 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 6 | S | 0.00 | -9.89 | -0.25 | -170.96 | 17.287 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 7 | S | -35.25 | -50.53 | -35.46 | -165.80 | 3.307 | 3.3 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 8 | S | 0.00 | -21.65 | -0.25 | -170.96 | 7.897 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 9 | S | 0.63 | 23.02 | 0.74 | 128.94 | 5.601 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 10 | S | 0.00 | 15.13 | 0.07 | 128.86 | 8.517 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 11 | S | 1.05 | 20.75 | 1.07 | 128.98 | 6.217 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 12 | S | 0.00 | 12.69 | 0.07 | 128.86 | 10.154 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 13 | S | 0.00 | 2.49 | 0.07 | 128.86 | 51.749 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 14 | S | -59.38 | -75.22 | -59.35 | -162.28 | 2.172 | 3.2 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 15 | S | 0.00 | -8.84 | -0.25 | -170.96 | 19.340 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 16 | S | -36.30 | -50.35 | -36.12 | -165.71 | 3.317 | 3.3 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 17 | S | 0.00 | -9.61 | -0.25 | -170.96 | 17.790 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 18 | S | 0.00 | -16.99 | -0.25 | -170.96 | 10.063 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 19 | S | -3.76 | 16.20 | -3.93 | 128.35 | 7.898 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 20 | S | 0.00 | 10.64 | 0.07 | 128.86 | 12.110 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 21 | S | -1.93 | 15.18 | -1.93 | 128.60 | 8.457 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 22 | S | 0.00 | -9.24 | -0.25 | -170.96 | 18.503 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 23 | S | 25.54 | -103.75 | 25.26 | -174.70 | 1.684 | 3.4 | 0.12 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 24 | S | 0.00 | -8.59 | -0.25 | -170.96 | 19.903 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 25 | S | 14.00 | -66.99 | 14.14 | -173.07 | 2.583 | 3.4 | 0.12 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 26 | S | 0.00 | -30.49 | -0.25 | -170.96 | 5.607 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 27 | S | -5.05 | 27.30 | -5.27 | 128.18 | 4.685 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 28 | S | 0.00 | 27.61 | 0.07 | 128.86 | 4.667 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 29 | S | -4.08 | 25.67 | -3.93 | 128.35 | 4.990 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 30 | S | 0.00 | 24.25 | 0.07 | 128.86 | 5.314 | 30.6 | 0.14 | 0.70 | 25.8 (5.6) |
| 31 | S | 0.00 | -1.23 | -0.25 | -170.96 | 138.995 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 32 | S | 26.82 | -98.94 | 27.10 | -174.97 | 1.768 | 3.5 | 0.12 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 33 | S | 0.00 | -5.54 | -0.25 | -170.96 | 30.860 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 34 | S | 16.15 | -64.31 | 16.00 | -173.35 | 2.695 | 3.4 | 0.12 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 35 | S | 0.00 | -7.71 | -0.25 | -170.96 | 22.174 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |
| 36 | S | 0.00 | -22.48 | -0.25 | -170.96 | 7.605 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.2) |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.) |

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 2 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 3 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 4 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 5 | 0.00350 | 0.0 | 0.00044 | 2.8 | -0.02876 | 29.5 |
| 6 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 7 | 0.00350 | 0.0 | 0.00051 | 2.8 | -0.02804 | 29.5 |
| 8 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 9 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 10 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 11 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02183 | 2.8 |
| 12 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 13 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 14 | 0.00350 | 0.0 | 0.00044 | 2.8 | -0.02877 | 29.5 |
| 15 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 16 | 0.00350 | 0.0 | 0.00050 | 2.8 | -0.02806 | 29.5 |
| 17 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 18 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 19 | 0.00350 | 35.0 | -0.00084 | 29.5 | -0.02189 | 2.8 |
| 20 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 21 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02187 | 2.8 |
| 22 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 23 | 0.00350 | 0.0 | 0.00066 | 2.8 | -0.02645 | 29.5 |
| 24 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 25 | 0.00350 | 0.0 | 0.00063 | 2.8 | -0.02675 | 29.5 |
| 26 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 27 | 0.00350 | 35.0 | -0.00084 | 29.5 | -0.02191 | 2.8 |
| 28 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 29 | 0.00350 | 35.0 | -0.00084 | 29.5 | -0.02189 | 2.8 |
| 30 | 0.00350 | 35.0 | -0.00083 | 29.5 | -0.02184 | 2.8 |
| 31 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 32 | 0.00350 | 0.0 | 0.00066 | 2.8 | -0.02640 | 29.5 |
| 33 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 34 | 0.00350 | 0.0 | 0.00063 | 2.8 | -0.02670 | 29.5 |
| 35 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |
| 36 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02713 | 29.5 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|--------|--|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa] |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa] |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 0.64 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -29.7 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 2 | S | 0.07 | 35.0 | 0.00 | 27.0 | -3.4 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 3 | S | 0.52 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -23.9 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 4 | S | 3.50 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -138.3 | 2.8 | 9.0 | 896 | 15.7 | 23.6 |
| 5 | S | 0.40 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -13.8 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 6 | S | 2.27 | 0.0 | 0.00 | 8.2 | -88.9 | 2.8 | 8.9 | 894 | 15.7 | 23.6 |
| 7 | S | 1.00 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -46.1 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 8 | S | 0.59 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -27.5 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 9 | S | 0.88 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -40.6 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 10 | S | 0.47 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -21.5 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 11 | S | 3.30 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -131.5 | 2.8 | 9.0 | 898 | 15.7 | 23.6 |
| 12 | S | 0.24 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -8.4 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 13 | S | 2.15 | 0.0 | 0.00 | 8.1 | -85.1 | 2.8 | 9.0 | 896 | 15.7 | 23.6 |
| 14 | S | 0.28 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -9.6 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 15 | S | 0.65 | 35.0 | 0.00 | 27.4 | -31.4 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 16 | S | 0.38 | 35.0 | 0.00 | 27.0 | -17.2 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 17 | S | 0.60 | 35.0 | 0.00 | 27.3 | -28.4 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 18 | S | 4.84 | 0.0 | 0.00 | 9.1 | -161.7 | 2.8 | 8.6 | 862 | 15.7 | 23.6 |
| 19 | S | 0.30 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -10.3 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 20 | S | 3.08 | 0.0 | 0.00 | 9.1 | -103.5 | 2.8 | 8.6 | 863 | 15.7 | 23.6 |
| 21 | S | 1.19 | 35.0 | 0.00 | 27.3 | -57.1 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 22 | S | 1.21 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -55.9 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 23 | S | 1.11 | 35.0 | 0.00 | 27.3 | -52.9 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 24 | S | 1.03 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -47.7 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 25 | S | 4.44 | 0.0 | 0.00 | 9.2 | -147.3 | 2.8 | 8.6 | 861 | 15.7 | 23.6 |
| 26 | S | 0.03 | 35.0 | 0.00 | 27.0 | -1.4 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 27 | S | 2.77 | 0.0 | 0.00 | 9.2 | -92.3 | 2.8 | 8.6 | 861 | 15.7 | 23.6 |
| 28 | S | 0.07 | 0.0 | 0.00 | 10.7 | -2.4 | 2.8 | 8.7 | 867 | 15.7 | 23.6 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm Distanza massima in mm tra le fessure
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|----------------|---------|
| 1 | S | -0.00017 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000089 (0.000089) | 353 | 0.031 (990.00) | 72.54 |
| 2 | S | -0.00002 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000010 (0.000010) | 353 | 0.004 (990.00) | 72.54 |
| 3 | S | -0.00013 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000072 (0.000072) | 353 | 0.025 (990.00) | 72.54 |
| 4 | S | -0.00087 | 0.00026 | 0.50 | 0.60 | 0.000415 (0.000415) | 347 | 0.144 (990.00) | -70.50 |
| 5 | S | -0.00009 | 0.00003 | 0.50 | 0.60 | 0.000041 (0.000041) | 341 | 0.014 (990.00) | -73.86 |
| 6 | S | -0.00056 | 0.00017 | 0.50 | 0.60 | 0.000267 (0.000267) | 347 | 0.092 (990.00) | -70.74 |
| 7 | S | -0.00026 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000138 (0.000138) | 352 | 0.049 (990.00) | 72.68 |
| 8 | S | -0.00015 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000082 (0.000082) | 353 | 0.029 (990.00) | 72.54 |
| 9 | S | -0.00023 | 0.00007 | 0.50 | 0.60 | 0.000122 (0.000122) | 352 | 0.043 (990.00) | 72.81 |
| 10 | S | -0.00012 | 0.00003 | 0.50 | 0.60 | 0.000065 (0.000065) | 353 | 0.023 (990.00) | 72.54 |
| 11 | S | -0.00083 | 0.00025 | 0.50 | 0.60 | 0.000395 (0.000395) | 347 | 0.137 (990.00) | -70.28 |
| 12 | S | -0.00005 | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000025 (0.000025) | 341 | 0.009 (990.00) | -73.86 |

| | | | |
|--|--|---|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 10 |
| | | Codifica | |
| | | EI2CLVI0005006 | |
| | | C | |

| | | | | | | | | | |
|----|---|----------|---------|------|------|---------------------|-----|----------------|--------|
| 13 | S | -0.00053 | 0.00016 | 0.50 | 0.60 | 0.000255 (0.000255) | 347 | 0.089 (990.00) | -70.49 |
| 14 | S | -0.00006 | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000029 (0.000029) | 341 | 0.010 (990.00) | -73.86 |
| 15 | S | -0.00017 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000094 (0.000094) | 356 | 0.034 (990.00) | 71.21 |
| 16 | S | -0.00010 | 0.00003 | 0.50 | 0.60 | 0.000052 (0.000052) | 353 | 0.018 (990.00) | 72.54 |
| 17 | S | -0.00016 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000085 (0.000085) | 355 | 0.030 (990.00) | 71.77 |
| 18 | S | -0.00103 | 0.00036 | 0.50 | 0.60 | 0.000485 (0.000485) | 340 | 0.165 (990.00) | -75.02 |
| 19 | S | -0.00006 | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000031 (0.000031) | 341 | 0.011 (990.00) | -73.86 |
| 20 | S | -0.00066 | 0.00023 | 0.50 | 0.60 | 0.000310 (0.000310) | 340 | 0.105 (990.00) | -74.86 |
| 21 | S | -0.00032 | 0.00009 | 0.50 | 0.60 | 0.000171 (0.000171) | 355 | 0.061 (990.00) | 71.57 |
| 22 | S | -0.00031 | 0.00009 | 0.50 | 0.60 | 0.000168 (0.000168) | 353 | 0.059 (990.00) | 72.54 |
| 23 | S | -0.00029 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000159 (0.000159) | 355 | 0.056 (990.00) | 71.70 |
| 24 | S | -0.00027 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000143 (0.000143) | 353 | 0.050 (990.00) | 72.54 |
| 25 | S | -0.00094 | 0.00033 | 0.50 | 0.60 | 0.000442 (0.000442) | 339 | 0.150 (990.00) | -75.19 |
| 26 | S | -0.00001 | 0.00000 | 0.50 | 0.60 | 0.000004 (0.000004) | 353 | 0.002 (990.00) | 72.54 |
| 27 | S | -0.00059 | 0.00021 | 0.50 | 0.60 | 0.000277 (0.000277) | 339 | 0.094 (990.00) | -75.14 |
| 28 | S | -0.00002 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000007 (0.000007) | 341 | 0.002 (990.00) | -73.86 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 0.49 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -22.5 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 2 | S | 0.07 | 35.0 | 0.00 | 27.0 | -3.4 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 3 | S | 0.52 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -23.9 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 4 | S | 2.24 | 0.0 | 0.00 | 8.2 | -88.0 | 2.8 | 8.9 | 894 | 15.7 | 23.6 |
| 5 | S | 0.40 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -13.8 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 6 | S | 2.27 | 0.0 | 0.00 | 8.2 | -88.9 | 2.8 | 8.9 | 894 | 15.7 | 23.6 |
| 7 | S | 0.84 | 35.0 | 0.00 | 27.2 | -39.3 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 8 | S | 0.59 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -27.5 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 9 | S | 0.88 | 35.0 | 0.00 | 27.2 | -41.2 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 10 | S | 0.47 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -21.5 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 11 | S | 2.14 | 0.0 | 0.00 | 9.7 | -65.2 | 2.8 | 8.4 | 842 | 15.7 | 23.6 |
| 12 | S | 0.24 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -8.4 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 13 | S | 2.25 | 0.0 | 0.00 | 9.7 | -68.9 | 2.8 | 8.4 | 843 | 15.7 | 23.6 |
| 14 | S | 0.28 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -9.6 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 15 | S | 0.54 | 35.0 | 0.00 | 27.4 | -26.1 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 16 | S | 0.38 | 35.0 | 0.00 | 27.0 | -17.2 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 17 | S | 0.60 | 35.0 | 0.00 | 27.3 | -28.4 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 18 | S | 3.03 | 0.0 | 0.00 | 9.1 | -101.5 | 2.8 | 8.6 | 863 | 15.7 | 23.6 |
| 19 | S | 0.30 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -10.3 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 20 | S | 3.08 | 0.0 | 0.00 | 9.1 | -103.5 | 2.8 | 8.6 | 863 | 15.7 | 23.6 |
| 21 | S | 1.10 | 35.0 | 0.00 | 26.9 | -49.2 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 22 | S | 1.21 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -55.9 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 23 | S | 1.12 | 35.0 | 0.00 | 26.9 | -50.3 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 24 | S | 1.03 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -47.7 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 25 | S | 2.58 | 0.0 | 0.00 | 8.6 | -94.4 | 2.8 | 8.8 | 880 | 15.7 | 23.6 |
| 26 | S | 0.03 | 35.0 | 0.00 | 27.0 | -1.4 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 27 | S | 2.73 | 0.0 | 0.00 | 8.6 | -99.5 | 2.8 | 8.8 | 880 | 15.7 | 23.6 |
| 28 | S | 0.07 | 0.0 | 0.00 | 10.7 | -2.4 | 2.8 | 8.7 | 867 | 15.7 | 23.6 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00013 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000068 (0.000068) | 353 | 0.024 (0.20) | 72.54 |
| 2 | S | -0.00002 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000010 (0.000010) | 353 | 0.004 (0.20) | 72.54 |
| 3 | S | -0.00013 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000072 (0.000072) | 353 | 0.025 (0.20) | 72.54 |
| 4 | S | -0.00055 | 0.00017 | 0.50 | 0.60 | 0.000264 (0.000264) | 347 | 0.091 (0.20) | -70.70 |
| 5 | S | -0.00009 | 0.00003 | 0.50 | 0.60 | 0.000041 (0.000041) | 341 | 0.014 (0.20) | -73.86 |
| 6 | S | -0.00056 | 0.00017 | 0.50 | 0.60 | 0.000267 (0.000267) | 347 | 0.092 (0.20) | -70.74 |
| 7 | S | -0.00022 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000118 (0.000118) | 353 | 0.042 (0.20) | 72.37 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | | | | |
|----|---|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|--------|
| 8 | S | -0.00015 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000082 (0.000082) | 353 | 0.029 (0.20) | 72.54 |
| 9 | S | -0.00023 | 0.00007 | 0.50 | 0.60 | 0.000124 (0.000124) | 353 | 0.044 (0.20) | 72.27 |
| 10 | S | -0.00012 | 0.00003 | 0.50 | 0.60 | 0.000065 (0.000065) | 353 | 0.023 (0.20) | 72.54 |
| 11 | S | -0.00042 | 0.00016 | 0.50 | 0.60 | 0.000196 (0.000196) | 335 | 0.066 (0.20) | -77.72 |
| 12 | S | -0.00005 | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000025 (0.000025) | 341 | 0.009 (0.20) | -73.86 |
| 13 | S | -0.00044 | 0.00017 | 0.50 | 0.60 | 0.000207 (0.000207) | 336 | 0.069 (0.20) | -77.56 |
| 14 | S | -0.00006 | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000029 (0.000029) | 341 | 0.010 (0.20) | -73.86 |
| 15 | S | -0.00015 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000078 (0.000078) | 356 | 0.028 (0.20) | 71.36 |
| 16 | S | -0.00010 | 0.00003 | 0.50 | 0.60 | 0.000052 (0.000052) | 353 | 0.018 (0.20) | 72.54 |
| 17 | S | -0.00016 | 0.00004 | 0.50 | 0.60 | 0.000085 (0.000085) | 355 | 0.030 (0.20) | 71.77 |
| 18 | S | -0.00064 | 0.00023 | 0.50 | 0.60 | 0.000305 (0.000305) | 340 | 0.103 (0.20) | -74.93 |
| 19 | S | -0.00006 | 0.00002 | 0.50 | 0.60 | 0.000031 (0.000031) | 341 | 0.011 (0.20) | -73.86 |
| 20 | S | -0.00066 | 0.00023 | 0.50 | 0.60 | 0.000310 (0.000310) | 340 | 0.105 (0.20) | -74.86 |
| 21 | S | -0.00027 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000148 (0.000148) | 350 | 0.052 (0.20) | 73.42 |
| 22 | S | -0.00031 | 0.00009 | 0.50 | 0.60 | 0.000168 (0.000168) | 353 | 0.059 (0.20) | 72.54 |
| 23 | S | -0.00028 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000151 (0.000151) | 350 | 0.053 (0.20) | 73.41 |
| 24 | S | -0.00027 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000143 (0.000143) | 353 | 0.050 (0.20) | 72.54 |
| 25 | S | -0.00060 | 0.00019 | 0.50 | 0.60 | 0.000283 (0.000283) | 344 | 0.097 (0.20) | -72.55 |
| 26 | S | -0.00001 | 0.00000 | 0.50 | 0.60 | 0.000004 (0.000004) | 353 | 0.002 (0.20) | 72.54 |
| 27 | S | -0.00063 | 0.00020 | 0.50 | 0.60 | 0.000299 (0.000299) | 343 | 0.103 (0.20) | -72.62 |
| 28 | S | -0.00002 | 0.00001 | 0.50 | 0.60 | 0.000007 (0.000007) | 341 | 0.002 (0.20) | -73.86 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 0.17 | 0.0 | 0.00 | 10.7 | -5.6 | 2.8 | 8.7 | 867 | 15.7 | 23.6 |
| 2 | S | 0.32 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -11.1 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 3 | S | 0.17 | 35.0 | 0.00 | 27.0 | -7.9 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 4 | S | 0.00 | 35.0 | 0.00 | 17.7 | 0.0 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 5 | S | 0.03 | 35.0 | 0.00 | 27.0 | -1.5 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 6 | S | 0.24 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -8.4 | 2.8 | 8.7 | 871 | 15.7 | 23.6 |
| 7 | S | 0.62 | 35.0 | 0.00 | 27.1 | -28.9 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 8 | S | 0.34 | 35.0 | 0.00 | 27.0 | -15.4 | 29.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00004 | 0.00001 | 0.50 | 0.40 | 0.000017 (0.000017) | 341 | 0.006 (0.20) | -73.86 |
| 2 | S | -0.00007 | 0.00002 | 0.50 | 0.40 | 0.000033 (0.000033) | 341 | 0.011 (0.20) | -73.86 |
| 3 | S | -0.00004 | 0.00001 | 0.50 | 0.40 | 0.000024 (0.000024) | 353 | 0.008 (0.20) | 72.54 |
| 4 | S | 0.00000 | 0.00000 | 0.50 | 0.40 | 0.000000 (0.000000) | 325 | 0.000 (0.20) | 72.54 |
| 5 | S | -0.00001 | 0.00000 | 0.50 | 0.40 | 0.000005 (0.000005) | 353 | 0.002 (0.20) | 72.54 |
| 6 | S | -0.00005 | 0.00002 | 0.50 | 0.40 | 0.000025 (0.000025) | 341 | 0.009 (0.20) | -73.86 |
| 7 | S | -0.00016 | 0.00005 | 0.50 | 0.40 | 0.000087 (0.000087) | 353 | 0.031 (0.20) | 72.54 |
| 8 | S | -0.00009 | 0.00003 | 0.50 | 0.40 | 0.000046 (0.000046) | 353 | 0.016 (0.20) | 72.54 |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 C |

G.5 Sezione D

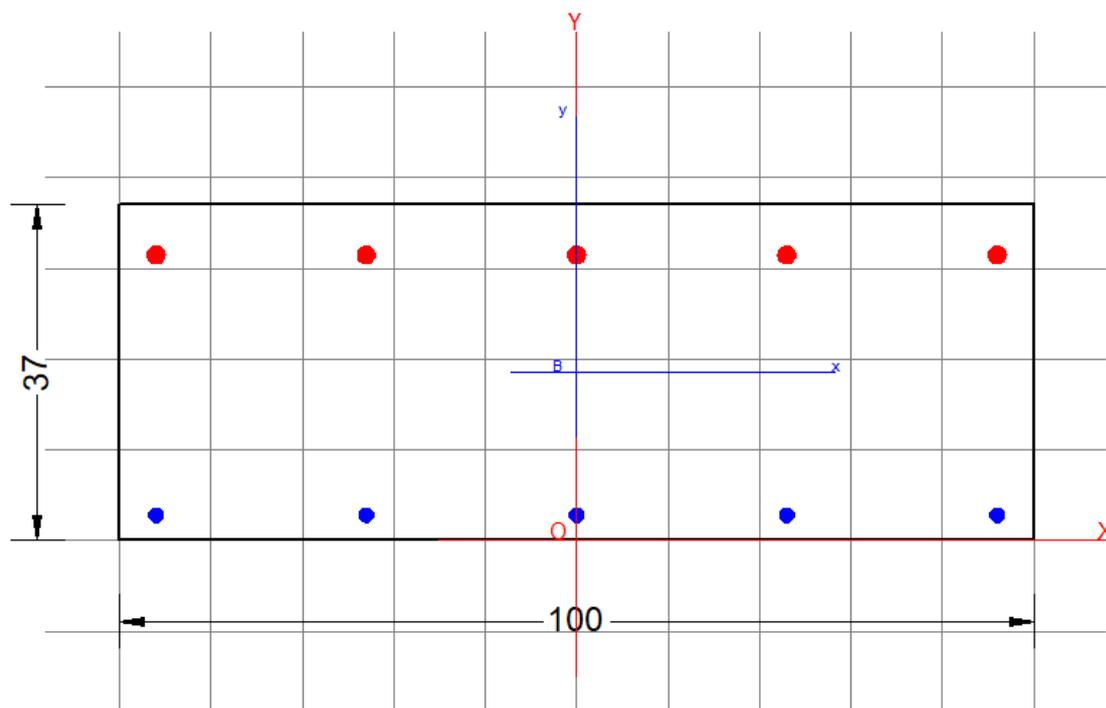


Figura 253– Sezione D ($\Phi 20/20$ superiori + $\Phi 16/20$ inferiori; $H=37\text{cm}$)

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

NOME FILE SEZIONE: Soletta_Flessione_sez.D

| | |
|-------------------------------|--|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Tipologia sezione: | Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe |
| Forma della sezione: | Rettangolare |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Ordinarie |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicit : | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|--|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.13 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33345.8 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.023 MPa |
| | Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 17.600 MPa |
| | Sc limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): | 17.600 MPa |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 10 | Codifica EI2CLVI0005006 | C |

Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Rare(Fessurazione): 0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 12.800 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk: 450.00 MPa
Resist. caratt. a rottura ftk: 450.00 MPa
Resist. a snerv. di progetto fyd: 391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd: 391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef: 200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
Comb.Rare - Sf Limite: 337.50 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
Altezza: 37.0 cm
Barre inferiori: 5Ø16 (10.1 cm²)
Barre superiori: 5Ø20 (15.7 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre): 2.8 cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre): 5.5 cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre): 10.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|-------|--------|------|------|
| 1 | -4.19 | 18.23 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 19.69 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | -3.12 | 19.27 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | 18.78 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 9.58 | -51.51 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | 10.55 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 5.46 | -29.39 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | -3.40 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | -4.40 | 26.98 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | 33.77 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | -3.48 | 25.85 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | 32.37 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 0.00 | 26.79 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 9.79 | -44.35 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 0.00 | 16.51 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 5.82 | -22.80 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 0.00 | 12.37 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 0.00 | 4.61 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | 26.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 20 | 16.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)

| | | | | |
|---|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|--------|
| 1 | -3.04 | 18.43 |
| 2 | 0.00 | 23.02 |
| 3 | -2.40 | 17.67 |
| 4 | 0.00 | 22.03 |
| 5 | 6.76 | -25.63 |
| 6 | 0.00 | 16.33 |
| 7 | 4.02 | -10.73 |
| 8 | 0.00 | 13.51 |
| 9 | -2.89 | 12.59 |
| 10 | 0.00 | 13.64 |
| 11 | -2.16 | 13.29 |
| 12 | 6.61 | -33.07 |
| 13 | 0.00 | 9.69 |
| 14 | 3.77 | -17.79 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|-------|-----------------|
| 1 | 2.28 | 12.62 (81.78) |
| 2 | 0.00 | 13.64 (80.79) |
| 3 | 2.16 | 13.29 (81.68) |
| 4 | -3.89 | -17.13 (-81.10) |
| 5 | 0.00 | 9.69 (80.79) |
| 6 | -3.77 | -17.79 (-81.18) |
| 7 | -2.42 | 18.45 (80.09) |
| 8 | 0.00 | 23.02 (80.79) |
| 9 | -2.40 | 17.67 (80.06) |
| 10 | 0.00 | 22.03 (80.79) |
| 11 | 4.04 | -9.68 (-84.58) |
| 12 | 0.00 | 16.33 (80.79) |
| 13 | 4.02 | -10.73 (-84.34) |
| 14 | 0.00 | 13.51 (80.79) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|------|---------------|
| 1 | 0.00 | 19.74 (80.79) |
| 2 | 0.00 | 15.80 (80.79) |
| 3 | 0.00 | 11.73 (80.79) |
| 4 | 0.00 | 7.79 (80.79) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.0 cm

| | | | | | |
|--|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione) |
| Mx | Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico |
| N Ult | Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.) |
| Mx rd | Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 |
| Yn | Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez. |
| x/d | Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 |
| C.Rid. | Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC] |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | |
|--------|-----|-------|--------|-------|---------|----------|------|------|--------|------------|
| 1 | S | -4.19 | 18.23 | -4.28 | 136.13 | 7.441 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 2 | S | 0.00 | 19.69 | 0.12 | 136.73 | 6.944 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 3 | S | -3.12 | 19.27 | -3.02 | 136.30 | 7.056 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 4 | S | 0.00 | 18.78 | 0.12 | 136.73 | 7.281 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 5 | S | 9.58 | -51.51 | 9.71 | -184.82 | 3.587 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.5) |
| 6 | S | 0.00 | 10.55 | 0.12 | 136.73 | 12.960 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 7 | S | 5.46 | -29.39 | 5.62 | -184.17 | 6.264 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.5) |
| 8 | S | 0.00 | -3.40 | -0.26 | -183.25 | 53.898 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.5) |
| 9 | S | -4.40 | 26.98 | -4.28 | 136.13 | 5.034 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 10 | S | 0.00 | 33.77 | 0.12 | 136.73 | 4.049 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 11 | S | -3.48 | 25.85 | -3.65 | 136.22 | 5.259 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 12 | S | 0.00 | 32.37 | 0.12 | 136.73 | 4.224 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 13 | S | 0.00 | 26.79 | 0.12 | 136.73 | 5.104 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 14 | S | 9.79 | -44.35 | 9.71 | -184.82 | 4.166 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.5) |
| 15 | S | 0.00 | 16.51 | 0.12 | 136.73 | 8.282 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 16 | S | 5.82 | -22.80 | 5.62 | -184.17 | 8.074 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.5) |
| 17 | S | 0.00 | 12.37 | 0.12 | 136.73 | 11.053 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 18 | S | 0.00 | 4.61 | 0.12 | 136.73 | 29.659 | 32.6 | 0.13 | 0.70 | 25.8 (6.0) |
| 19 | S | 26.82 | 0.00 | 27.08 | -187.54 | 9999.000 | 3.5 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.5) |
| 20 | S | 16.15 | 0.00 | 16.12 | -185.82 | 9999.000 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.5) |
| 21 | S | 0.00 | 0.00 | -0.26 | -183.25 | 9999.000 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.5) |
| 22 | S | 0.00 | 0.00 | -0.26 | -183.25 | 9999.000 | 3.4 | 0.11 | 0.70 | 15.7 (5.5) |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|--------|--|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.) |
| es min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.) |
| es max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione) |
| Ys max | Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.) |

| N°Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 37.0 | -0.00084 | 31.5 | -0.02348 | 2.8 |
| 2 | 0.00350 | 37.0 | -0.00083 | 31.5 | -0.02342 | 2.8 |
| 3 | 0.00350 | 37.0 | -0.00084 | 31.5 | -0.02346 | 2.8 |
| 4 | 0.00350 | 37.0 | -0.00083 | 31.5 | -0.02342 | 2.8 |
| 5 | 0.00350 | 0.0 | 0.00062 | 2.8 | -0.02892 | 31.5 |
| 6 | 0.00350 | 37.0 | -0.00083 | 31.5 | -0.02342 | 2.8 |
| 7 | 0.00350 | 0.0 | 0.00061 | 2.8 | -0.02904 | 31.5 |
| 8 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02921 | 31.5 |
| 9 | 0.00350 | 37.0 | -0.00084 | 31.5 | -0.02348 | 2.8 |
| 10 | 0.00350 | 37.0 | -0.00083 | 31.5 | -0.02342 | 2.8 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | |
|----|---------|------|----------|------|----------|------|
| 11 | 0.00350 | 37.0 | -0.00084 | 31.5 | -0.02347 | 2.8 |
| 12 | 0.00350 | 37.0 | -0.00083 | 31.5 | -0.02342 | 2.8 |
| 13 | 0.00350 | 37.0 | -0.00083 | 31.5 | -0.02342 | 2.8 |
| 14 | 0.00350 | 0.0 | 0.00062 | 2.8 | -0.02892 | 31.5 |
| 15 | 0.00350 | 37.0 | -0.00083 | 31.5 | -0.02342 | 2.8 |
| 16 | 0.00350 | 0.0 | 0.00061 | 2.8 | -0.02904 | 31.5 |
| 17 | 0.00350 | 37.0 | -0.00083 | 31.5 | -0.02342 | 2.8 |
| 18 | 0.00350 | 37.0 | -0.00083 | 31.5 | -0.02342 | 2.8 |
| 19 | 0.00350 | 0.0 | 0.00066 | 2.8 | -0.02842 | 31.5 |
| 20 | 0.00350 | 0.0 | 0.00063 | 2.8 | -0.02874 | 31.5 |
| 21 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02921 | 31.5 |
| 22 | 0.00350 | 0.0 | 0.00059 | 2.8 | -0.02921 | 31.5 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| | |
|---------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| Sc max | Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]) |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) |
| Sc min | Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]) |
| Yc min | Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O) |
| Sf min | Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa] |
| Ys min | Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) |
| Dw Eff. | Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre |
| Ac eff. | Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.) |
| As eff. | Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.) |
| D barre | Distanza in cm tra le barre tese efficaci. |

(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 1.22 | 37.0 | 0.00 | 29.0 | -60.4 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 2 | S | 1.53 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -73.8 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 3 | S | 1.17 | 37.0 | 0.00 | 29.0 | -57.7 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 4 | S | 1.47 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -70.6 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 5 | S | 1.60 | 0.0 | 0.00 | 9.5 | -55.1 | 2.8 | 9.2 | 915 | 15.7 | 23.6 |
| 6 | S | 1.09 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -52.3 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 7 | S | 0.68 | 0.0 | 0.00 | 9.8 | -22.7 | 2.8 | 9.1 | 911 | 15.7 | 23.6 |
| 8 | S | 0.90 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -43.3 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 9 | S | 0.84 | 37.0 | 0.00 | 29.1 | -41.7 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 10 | S | 0.91 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -43.7 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 11 | S | 0.88 | 37.0 | 0.00 | 29.0 | -43.6 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 12 | S | 2.06 | 0.0 | 0.00 | 9.5 | -71.8 | 2.8 | 9.2 | 918 | 15.7 | 23.6 |
| 13 | S | 0.65 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -31.0 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 14 | S | 1.12 | 0.0 | 0.00 | 9.6 | -38.6 | 2.8 | 9.2 | 917 | 15.7 | 23.6 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | |
|---------|---|
| Ver | Esito verifica |
| e1 | Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| e2 | Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata |
| K2 | = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC |
| Kt | fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2 |
| e sm | Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es |
| srm | Distanza massima in mm tra le fessure |
| wk | Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite. |
| M fess. | Momento di prima fessurazione [kNm] |

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|----------------|---------|
| 1 | S | -0.00033 | 0.00009 | 0.50 | 0.60 | 0.000181 (0.000181) | 377 | 0.068 (990.00) | 79.91 |
| 2 | S | -0.00041 | 0.00012 | 0.50 | 0.60 | 0.000221 (0.000221) | 375 | 0.083 (990.00) | 80.79 |
| 3 | S | -0.00032 | 0.00009 | 0.50 | 0.60 | 0.000173 (0.000173) | 377 | 0.065 (990.00) | 80.06 |

| | | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |
|  | |  | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 | C |

| | | | | | | | | | |
|----|---|----------|---------|------|------|---------------------|-----|----------------|--------|
| 4 | S | -0.00039 | 0.00011 | 0.50 | 0.60 | 0.000212 (0.000212) | 375 | 0.079 (990.00) | 80.79 |
| 5 | S | -0.00034 | 0.00012 | 0.50 | 0.60 | 0.000165 (0.000165) | 351 | 0.058 (990.00) | -83.73 |
| 6 | S | -0.00029 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000157 (0.000157) | 375 | 0.059 (990.00) | 80.79 |
| 7 | S | -0.00014 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000068 (0.000068) | 350 | 0.024 (990.00) | -84.34 |
| 8 | S | -0.00024 | 0.00007 | 0.50 | 0.60 | 0.000130 (0.000130) | 375 | 0.049 (990.00) | 80.79 |
| 9 | S | -0.00023 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000125 (0.000125) | 378 | 0.047 (990.00) | 79.57 |
| 10 | S | -0.00024 | 0.00007 | 0.50 | 0.60 | 0.000131 (0.000131) | 375 | 0.049 (990.00) | 80.79 |
| 11 | S | -0.00024 | 0.00007 | 0.50 | 0.60 | 0.000131 (0.000131) | 377 | 0.049 (990.00) | 79.92 |
| 12 | S | -0.00045 | 0.00015 | 0.50 | 0.60 | 0.000215 (0.000215) | 352 | 0.076 (990.00) | -83.37 |
| 13 | S | -0.00017 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000093 (0.000093) | 375 | 0.035 (990.00) | 80.79 |
| 14 | S | -0.00024 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000116 (0.000116) | 351 | 0.041 (990.00) | -83.44 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 0.84 | 37.0 | 0.00 | 28.7 | -39.4 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 2 | S | 0.91 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -43.7 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 3 | S | 0.89 | 37.0 | 0.00 | 28.7 | -41.6 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 4 | S | 1.05 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -39.6 | 2.8 | 9.3 | 934 | 15.7 | 23.6 |
| 5 | S | 0.65 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -31.0 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 6 | S | 1.09 | 0.0 | 0.00 | 9.0 | -41.0 | 2.8 | 9.3 | 933 | 15.7 | 23.6 |
| 7 | S | 1.23 | 37.0 | 0.00 | 29.0 | -60.2 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 8 | S | 1.53 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -73.8 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 9 | S | 1.17 | 37.0 | 0.00 | 29.0 | -57.7 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 10 | S | 1.47 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -70.6 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 11 | S | 0.61 | 0.0 | 0.00 | 9.9 | -20.4 | 2.8 | 9.1 | 909 | 15.7 | 23.6 |
| 12 | S | 1.09 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -52.3 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 13 | S | 0.68 | 0.0 | 0.00 | 9.8 | -22.7 | 2.8 | 9.1 | 911 | 15.7 | 23.6 |
| 14 | S | 0.90 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -43.3 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |

COMBINAZIONI RARE(FESSURAZIONE) IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00022 | 0.00006 | 0.50 | 0.60 | 0.000118 (0.000118) | 373 | 0.044 (0.20) | 81.78 |
| 2 | S | -0.00024 | 0.00007 | 0.50 | 0.60 | 0.000131 (0.000131) | 375 | 0.049 (0.20) | 80.79 |
| 3 | S | -0.00023 | 0.00007 | 0.50 | 0.60 | 0.000125 (0.000125) | 373 | 0.047 (0.20) | 81.68 |
| 4 | S | -0.00025 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000119 (0.000119) | 355 | 0.042 (0.20) | -81.10 |
| 5 | S | -0.00017 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000093 (0.000093) | 375 | 0.035 (0.20) | 80.79 |
| 6 | S | -0.00026 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000123 (0.000123) | 355 | 0.044 (0.20) | -81.18 |
| 7 | S | -0.00033 | 0.00009 | 0.50 | 0.60 | 0.000181 (0.000181) | 377 | 0.068 (0.20) | 80.09 |
| 8 | S | -0.00041 | 0.00012 | 0.50 | 0.60 | 0.000221 (0.000221) | 375 | 0.083 (0.20) | 80.79 |
| 9 | S | -0.00032 | 0.00009 | 0.50 | 0.60 | 0.000173 (0.000173) | 377 | 0.065 (0.20) | 80.06 |
| 10 | S | -0.00039 | 0.00011 | 0.50 | 0.60 | 0.000212 (0.000212) | 375 | 0.079 (0.20) | 80.79 |
| 11 | S | -0.00013 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000061 (0.000061) | 350 | 0.021 (0.20) | -84.58 |
| 12 | S | -0.00029 | 0.00008 | 0.50 | 0.60 | 0.000157 (0.000157) | 375 | 0.059 (0.20) | 80.79 |
| 13 | S | -0.00014 | 0.00005 | 0.50 | 0.60 | 0.000068 (0.000068) | 350 | 0.024 (0.20) | -84.34 |
| 14 | S | -0.00024 | 0.00007 | 0.50 | 0.60 | 0.000130 (0.000130) | 375 | 0.049 (0.20) | 80.79 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 1.32 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -63.2 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 2 | S | 1.05 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -50.6 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 3 | S | 0.78 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -37.6 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |
| 4 | S | 0.52 | 37.0 | 0.00 | 28.9 | -25.0 | 31.5 | 7.0 | 700 | 10.1 | 0.0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| | | | | |
|--|--|---|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | | |
|  | |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 10 | EI2CLVI0005006 |
| | | | | C |

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00035 | 0.00010 | 0.50 | 0.40 | 0.000190 (0.000190) | 375 | 0.071 (0.20) | 80.79 |
| 2 | S | -0.00028 | 0.00008 | 0.50 | 0.40 | 0.000152 (0.000152) | 375 | 0.057 (0.20) | 80.79 |
| 3 | S | -0.00021 | 0.00006 | 0.50 | 0.40 | 0.000113 (0.000113) | 375 | 0.042 (0.20) | 80.79 |
| 4 | S | -0.00014 | 0.00004 | 0.50 | 0.40 | 0.000075 (0.000075) | 375 | 0.028 (0.20) | 80.79 |