



Anas SpA

Direzione Progettazione Realizzazione Lavori

**ITINERARIO INTERNAZIONALE E78
S.G.C. GROSSETO - FANO
ADEGUAMENTO A 4 CORSIE
NEL TRATTO GROSSETO - SIENA (S.S. 223 "DI PAGANICO")
DAL KM 41+600 AL KM 53+400 - LOTTO 9**

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTISTA:

Ing. ALESSANDRO MICHELI
Ordine Ing. di Roma n. 19654

Ing. ACHILLE DEVITOFRANCESCHI
Ordine Ing. di Roma n. 19116

IL GEOLOGO:

Geol. SERENA MAJETTA
Ordine Geol. del Lazio n. 928

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. CARLO DIEMOZ

COD. PROG.

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

L0702D D 0301

**OPERE D'ARTE - VIADOTTI
VIADOTTO SUL FIUME MERSE
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
IMPALCATO E SOTTOSTRUTTURE**

| | | NOME FILE NOME FILE | REVISIONE | SCALA: |
|---|---|------------------------|-----------|------------|
| | | T00V102STRRE01 | C | |
| C | Aggiornamrento | SETT. 2017 | | |
| B | Aggiornamento e integrazioni (richiesta MIT n° 4655 del 27/04/2016) | LUG. 2016 | | |
| A | Emissione | SET. 2005 | | |
| | | DATA | REDATTO | VERIFICATO |
| | | | | APPROVATO |

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 1.1 | GENERALITÀ | 4 |
| 1.2 | DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA | 4 |
| 1.3 | FASI REALIZZATIVE DELL'INTERVENTO | 4 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 6 |
| 3 | SOFTWARE DI CALCOLO | 7 |
| 3.1 | CONVENZIONI GENERALI | 7 |
| 4 | MATERIALI | 8 |
| 4.1 | ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA | 8 |
| 4.2 | CALCESTRUZZO | 9 |
| 4.3 | ACCIAIO DA C.A. | 11 |
| 5 | IMPOSTAZIONI GENERALI DELLE ANALISI STRUTTURALI | 12 |
| 5.1 | ANALISI IMPALCATO | 12 |
| 5.1.1 | Fasi di analisi | 12 |
| 5.2 | COEFFICIENTI DI OMOGENEIZZAZIONE | 13 |
| 5.2.1 | Fase 2 – Carichi permanenti | 14 |
| 5.2.2 | Fase 2 – Ritiro | 14 |
| 5.3 | LARGHEZZE COLLABORANTI DI SOLETTA | 15 |
| 5.4 | CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI DI IMPALCATO | 16 |
| 6 | ANALISI DEI CARICHI | 25 |
| 6.1 | CARICHI AGENTI IN FASE 1 | 25 |
| 6.1.1 | Peso proprio | 25 |
| 6.2 | CARICHI AGENTI IN FASE 2 | 25 |
| 6.2.1 | Sovraccarichi permanenti portati | 25 |
| 6.2.2 | Ritiro | 25 |
| 6.3 | CARICHI AGENTI IN FASE 3 | 27 |
| 6.3.1 | Carichi mobili q1 | 27 |
| 6.3.2 | Variazioni termiche | 31 |
| 6.3.3 | Frenatura | 32 |
| 6.3.4 | Azioni sismiche | 33 |
| 7 | IMPALCATO - RISULTATI DELL'ANALISI | 35 |
| 7.1 | FASE 1 | 37 |
| 7.1.1 | Peso proprio – Momento flettente | 37 |
| 7.1.2 | Peso proprio – Taglio | 37 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.2 | FASE 2 | 38 |
| 7.2.1 | Permanenti – Momento flettente | 38 |
| 7.2.2 | Permanenti – Taglio | 38 |
| 7.3 | FASE 3 | 39 |
| 7.3.1 | Traffico mobile – Momento flettente | 39 |
| 7.3.2 | Traffico mobile – Taglio | 39 |
| 7.3.3 | Impalcato – Combinazioni di carico | 40 |
| 7.4 | COMBINAZIONI DI CARICO SLU | 40 |
| 7.4.1 | Combinazione fondamentale (carico da traffico dominante) | 40 |
| 7.4.2 | Combinazione fondamentale (sismica) | 40 |
| 7.5 | COMBINAZIONI DI CARICO SLE | 40 |
| 7.5.1 | Combinazione caratteristica (rara) (carico da traffico dominante) | 40 |
| 7.5.2 | Combinazione frequente (carico da traffico dominante) | 40 |
| 7.5.3 | Combinazione quasi-permanente | 41 |
| 8 | VERIFICHE IMPALCATO | 42 |
| 8.1 | VERIFICHE IMPALCATO IN FASE 1 | 42 |
| 8.2 | IMPALCATO – FASE 3 – VERIFICHE DI RESISTENZA A SLU | 45 |
| 8.3 | IMPALCATO – VERIFICHE DI STABILITÀ DEI PANNELLI D'ANIMA | 54 |
| 8.4 | VERIFICHE A FATICA (SLU) | 56 |
| 8.4.1 | Verifiche acciaio strutturale | 56 |
| 8.4.2 | Fattore di danno equivalente | 56 |
| 8.4.3 | Fattore di impatto | 58 |
| 8.4.4 | Calcolo del 'range' di sollecitazione | 58 |
| 8.4.5 | Verifiche | 60 |
| 8.5 | VERIFICA TRAVERSI DI CAMPATA | 64 |
| 8.6 | VERIFICA TRAVERSI SU SPALLE E PILE | 66 |
| 8.6.1 | Verifica traverso su spalle | 66 |
| 8.6.2 | Verifica traverso su pile | 67 |
| 8.7 | VERIFICA PIOLI | 68 |
| 8.8 | VERIFICA SOLETTA IN C.A. | 69 |
| 8.8.1 | Sovraccarichi permanenti portati | 69 |
| 8.8.2 | Sovraccarichi da traffico | 69 |
| 8.8.3 | Sollecitazioni e verifica | 70 |
| 9 | AZIONI SUGLI APPOGGI | 74 |
| 10 | SPALLE | 76 |
| 10.1 | PARAGHIAIA | 76 |
| 10.2 | SPALLA FISSA | 78 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 10.2.1 | Azioni agenti sulla spalla | 78 |
| 10.2.2 | Verifica del fusto della spalla | 78 |
| 10.2.3 | Analisi sollecitazioni all'estradosso della fondazione | 81 |
| 10.3 | SPALLA MOBILE | 82 |
| 10.3.1 | Azioni agenti sulla spalla | 82 |
| 10.3.2 | Verifica del fusto della spalla | 82 |
| 10.3.3 | Analisi sollecitazioni all'estradosso della fondazione | 86 |
| 11 | PILE | 87 |
| 11.1 | AZIONI AGENTI | 87 |
| 11.1.1 | Azioni agenti sulla pila 1 | 87 |
| 11.1.2 | Azioni agenti sulle pile 2-3 | 87 |
| 11.1.3 | Verifica del fusto | 88 |
| 11.1.4 | Analisi sollecitazioni all'estradosso della fondazione pila 1 | 90 |
| 11.1.5 | Analisi sollecitazioni all'estradosso della fondazione pile 2 e 3 | 91 |

1 PREMESSA

1.1 GENERALITÀ

La presente relazione riporta i calcoli svolti per il progetto del ponte bitrave a più campate con impalcato a struttura mista acciaio-calcestruzzo, nell'ambito del progetto di realizzazione di un nuovo viadotto per la SS223 sul fiume Merse. L'intervento prevede la realizzazione di due viadotti gemelli accostati.

1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La struttura è costituita da un ponte a impalcato misto in acciaio-calcestruzzo con campate di luci 25m, 40m 50m e 40m. L'impalcato è un bitrave costituito da due travi metalliche disposte ad interasse di 6.0 m, di altezza pari variabile tra 220 e 270cm e da una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 30 cm. La larghezza totale di impalcato è di 11.25 m.

Le travi sono costituite da un profilo a doppio T saldato composto ad anima verticale e sono collegate da traversi ad anima piena, disposti ad interasse pari a 5 m. La soletta in c.a. è realizzata con getto in opera mediante l'impiego di predalles autoportanti, appoggiate alle flange superiori delle travi. Il collegamento tra la struttura metallica e la soletta in cemento armato è realizzato mediante connettori tipo Nelson saldati all'ala superiore delle travi metalliche. La travata è dotata di un sistema di controventi di piano (superiore) per la fase di montaggio.

La travata è realizzata mediante conci di lunghezza massima non superiore a 25 m, per motivi di realizzabilità, trasporto e movimentazione. Vengono in seguito assemblate in sito le travi, attraverso la bullonatura dei conci parziali. I traversi ed i controventi di montaggio sono collegati mediante bullonatura ad attrito. Si prevede che il montaggio della struttura metallica avvenga attraverso sollevamento dal basso dei macro conci (acciaio) e posa in sede con mezzo meccanico.

Solo per la carreggiata destra è previsto un allargamento locale della soletta, al fine di accogliere una porzione della corsia di decelerazione per l'ingresso alla limitrofa area di servizio. Tale allargamento impegna solo la campata sottesa alla pila n° 3 e la spalla 2 e varia da 1.00m sulla pila n°3 a 3.00m sulla spalla 2.

Tale allargamento viene sostenuto aggiungendo, solo per questa campata, una terza trave metallica.

Per le finalità di progettazione definitiva viene di seguito proposto il calcolo del ponte a 2 travi (carreggiata sinistra), in quanto staticamente più impegnativo sia per la soletta, sia per le travi metalliche.

1.3 FASI REALIZZATIVE DELL'INTERVENTO

Per la realizzazione dell'intervento si prevedono in sintesi le seguenti fasi di lavorazione:

- Realizzazione delle spalle e delle pile
- Assemblaggio dei conci di impalcato fuori opera
- Montaggio dell'impalcato mediante gru
- Posizionamento delle predalles e getto della soletta d'impalcato
- Getto dei marciapiedi e completamento dell'opera mediante realizzazione delle finiture d'impalcato.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le strutture sono state dimensionate agli stati limite nel rispetto della normativa di seguito riportata:

- [1] UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- [2] UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento
- [3] UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche
- [4] UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- [5] UNI EN 1992: Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- [6] UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
- [7] UNI EN 1993-2: Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio
- [8] UNI EN 1993-1-5: Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra
- [9] UNI EN 1993-1-8: Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti
- [10] UNI EN 1993-1-9: Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica
- [11] UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per i ponti
- [12] UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- [13] UNI EN 206-1, “calcestruzzo – prestazioni, produzione, getto e criteri di conformità”;
- [14] D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni
- [15] UNI EN 1997-1:2004 – “Eurocode 7: Geotechnical Design – Part 1: General Rules”
- [16] Circolare 2 febbraio 2009, Istruzioni per l’applicazione delle “Nuova norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008

3 SOFTWARE DI CALCOLO

Analisi strutturali:

MIDAS GEN 2016

Verifiche delle sezioni in c.a.:

Dolmen

Per l'esecuzione di calcoli statici specifici, l'elaborazione di dati di input/output, la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure implementate in fogli elettronici "Excel".

3.1 CONVENZIONI GENERALI

- Le unità di misura utilizzate sono quelle relative al sistema internazionale, ovvero:
- L m (metro)
- Forza N (newton)
- Massa kg (chilogrammo)
- Tempo s (secondo)

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni e positivi i momenti che tendono le fibre inferiori. Convenzioni diverse verranno indicate nei casi specifici. Si farà riferimento, di norma, a sistemi di tipo cartesiano ortogonale, in cui, in generale, si ha piano x-y orizzontale, con x tangente al tracciato nel punto in esame ed asse z verticale.

Per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

- F_x (N) azione assiale
- F_y (Vh) azione tagliante agente nel piano orizzontale
- F_z (V) azione tagliante agente nel piano verticale
- M_x (Mt) momento torcente
- M_y (M) momento flettente agente nel piano verticale
- M_z (Mh) momento flettente agente nel piano orizzontale

4 MATERIALI

In accordo con quanto previsto dal DM 2008 si è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali:

4.1 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

L'acciaio da carpenteria risulta caratterizzato dalle seguenti grandezze:

| | |
|---------------------|----------------------------------|
| $E_s = 210'000$ MPa | modulo elastico |
| $\nu = 0.3$ | coefficiente di Poisson |
| $G_s = 80'769$ MPa | modulo di elasticità tangenziale |

Acciaio tipo : S355 J2 G3 per spessori inferiori a 40 mm

| | |
|---|-------------------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento: | $f_{yk} \geq 355$ N/mm ² |
| Tensione caratteristica di rottura: | $f_{tk} \geq 510$ N/mm ² |
| Modulo elastico: | $E_s = 210'000$ N/mm ² |

Acciaio tipo : S355 K2 G3 per spessori superiori a 40 mm

| | |
|---|-------------------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento: | $f_{yk} \geq 355$ N/mm ² |
| Tensione caratteristica di rottura: | $f_{tk} \geq 510$ N/mm ² |
| Modulo elastico: | $E_s = 210'000$ N/mm ² |

Per gli elementi non saldati, i controventi di montaggio e le piastre di collegamento si utilizza acciaio S355 J0.

Per la connessione trave-soletta vengono impiegati connettori tipo "Nelson" aventi le seguenti caratteristiche:

Materiale base: ST37-3K – DIN 17100

Tensione caratteristica di rottura : $f_{tk} \geq 450$ MPa

tensione caratteristica di snervamento : $f_{yk} \geq 355$ MPa

Per le giunzioni bullonate, realizzate tutte ad attrito, vengono impiegati bulloni ad alta resistenza aventi le seguenti caratteristiche:

- Viti di classe 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1:2001
- Dadi di classe 10 secondo UNI EN 20898-2:1994
- Rosette e piastrine C 50 secondo UNI EN 10083-2:2006

Tutte le saldature sono di I° classe e devono essere realizzate in accordo alla norma UNI EN ISO 4063:2001.

4.2 CALCESTRUZZO

In accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 e la UNI EN 206 si è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali:

Calcestruzzo soletta

| | |
|----------------------------|----------|
| Classe di resistenza: | C35/45 |
| Classe di esposizione: | XF4 |
| Classe di consistenza: | S4 |
| Contenuto cemento: | 360kg/mc |
| Ricoprimento minimo ferri: | 4.5 cm |

Calcestruzzo predalles

| | |
|----------------------------|----------|
| Classe di resistenza: | C35/45 |
| Classe di esposizione: | XF4 |
| Classe di consistenza: | S5 |
| Contenuto cemento: | 360kg/mc |
| Ricoprimento minimo ferri: | 4 cm |

Calcestruzzo elevazione spalle

| | |
|----------------------------|----------|
| Classe di resistenza: | C32/40 |
| Classe di esposizione: | XF1 |
| Classe di consistenza: | S3 |
| Contenuto cemento: | 320kg/mc |
| Ricoprimento minimo ferri: | 3.5 cm |

Calcestruzzo elevazione pile

| | |
|----------------------------|----------|
| Classe di resistenza: | C32/40 |
| Classe di esposizione: | XA2, XC4 |
| Classe di consistenza: | S3 |
| Contenuto cemento: | 340kg/mc |
| Ricoprimento minimo ferri: | 4 cm |

Calcestruzzo fondazioni

| | |
|----------------------------|----------|
| Classe di resistenza: | C28/35 |
| Classe di esposizione: | XC2 |
| Classe di consistenza: | S3 |
| Contenuto cemento: | 300kg/mc |
| Ricoprimento minimo ferri: | 4.5 cm |

Calcestruzzo pali

| | |
|----------------------------|----------|
| Classe di resistenza: | C28/35 |
| Classe di esposizione: | XC2 |
| Classe di consistenza: | S3 |
| Contenuto cemento: | 300kg/mc |
| Ricoprimento minimo ferri: | 6 cm |

Le caratteristiche delle classi utilizzate sono sintetizzate nelle seguenti tabelle:

Calcestruzzo C28/35

Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del calcestruzzo:

$$f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo:

$$f_{cd} = \alpha_{CC} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 16 \text{ N/mm}^2$$

Valore medio della resistenza caratteristica del calcestruzzo:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 36 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico del calcestruzzo:

$$E = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 32'308 \text{ N/mm}^2$$

Tensione massima del calcestruzzo per combinazione rara:

$$0.60 f_{ck} = 17 \text{ N/mm}^2$$

Tensione massima del calcestruzzo per combinazione quasi permanente:

$$0.45 f_{ck} = 13 \text{ N/mm}^2$$

Calcestruzzo C32/40

Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del calcestruzzo:

$$f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo:

$$f_{cd} = \alpha_{CC} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 18 \text{ N/mm}^2$$

Valore medio della resistenza caratteristica del calcestruzzo:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico del calcestruzzo:

$$E = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 33'346 \text{ N/mm}^2$$

Tensione massima del calcestruzzo per combinazione rara:

$$0.60 f_{ck} = 19 \text{ N/mm}^2$$

Tensione massima del calcestruzzo per combinazione quasi permanente:

$$0.45 f_{ck} = 14 \text{ N/mm}^2$$

Calcestruzzo C35/45

Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del calcestruzzo:

$$f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20 \text{ N/mm}^2$$

Valore medio della resistenza caratteristica del calcestruzzo:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 43 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico del calcestruzzo:

$$E = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 34'077 \text{ N/mm}^2$$

Tensione massima del calcestruzzo per combinazione rara:

$$0.60 f_{ck} = 21 \text{ N/mm}^2$$

Tensione massima del calcestruzzo per combinazione quasi permanente:

$$0.45 f_{ck} = 16 \text{ N/mm}^2$$

4.3 ACCIAIO DA C.A.

Si adottano barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllate in stabilimento.

Tensione di snervamento dell'acciaio:

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

Tensione di calcolo dell'acciaio:

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

Tensione massima nell'acciaio per combinazione rara:

$$0,80 \cdot f_{yk} = 0,80 \cdot 450 = 360 \text{ N/mm}^2$$

5 IMPOSTAZIONI GENERALI DELLE ANALISI STRUTTURALI

5.1 ANALISI IMPALCATO

5.1.1 Fasi di analisi

Per l'analisi della sovrastruttura si ricorre ad un modello agli elementi finiti. La travata continua viene modellata mediante elementi di tipo "thick beam" come un grigliato di travi e traversi, collegati ai sostegni mediante elementi di tipo "joint" opportunamente selezionati ed orientati allo scopo di restituire gli effettivi gradi di libertà forniti dalle apparecchiature di vincolo.

L'analisi globale dell'impalcato viene eseguita differenziando le fasi di vita della struttura come descritto nel seguito.

Fase 1

Tale fase coincide con la posa in opera delle travi metalliche e il getto della soletta in calcestruzzo; la sezione resistente della trave è relativa al solo acciaio, essendo la soletta in calcestruzzo non ancora collaborante; i carichi agenti sono quelli dovuti al peso proprio di travi e traversi ed al getto della soletta in calcestruzzo.

Fase 2

In fase 2 vengono esaminati i carichi di tipo permanente, considerati agenti a lungo termine. Le caratteristiche della struttura, in accordo alla EN 1994-2 e come specificato nel seguito, dipendono dal tipo di carico. In particolare si individuano le tipologie di carico seguenti:

Pesi permanenti portati (pavimentazione, cordoli, barriere, etc.) (Fase 2a)

La sezione resistente è quella composta acciaio/calcestruzzo; si tiene conto, per i carichi di tale fase, dell'influenza della viscosità omogeneizzando le aree in calcestruzzo all' acciaio secondo i coefficienti di omogeneizzazione descritti nel seguito.

Fase 3

In tale fase si considera, di volta in volta, la presenza di tutti i contributi di carico di tipo istantaneo, che si identificano, per l'impalcato, principalmente con i carichi seguenti.

Carichi mobili ed azioni connesse

Variazioni termiche

La sezione resistente è quella composta acciaio/calcestruzzo e l'omogeneizzazione delle aree in calcestruzzo avviene secondo il coefficiente n_0 di breve durata, definito nel seguito.

5.2 COEFFICIENTI DI OMOGENEIZZAZIONE

Lo studio dell'impalcato viene eseguito, come d'uso per strutture composte di questo tipo, "omogeneizzando" la sezione di calcestruzzo all'acciaio. In funzione della durata del carico si distinguono due tipi di coefficienti:

- n_0 coefficiente di omogeneizzazione per carichi di breve durata;
- n_L coefficiente di omogeneizzazione per carichi di lunga durata.

In particolare, il coefficiente di omogeneizzazione per carichi di breve durata risulta semplicemente pari al rapporto tra i moduli elastici di acciaio e calcestruzzo, ossia $n_0 = E_a / E_{cm}$. Nel presente caso si ha $n_0 = 6.16$.

Il coefficiente di omogeneizzazione per carichi di lunga durata, invece, viene valutato in accordo alla norma EN 1994-2 al punto 5.4.2.2, in funzione della fase di vita in esame e del tipo di carico applicato.

$$n_L = n_0 (1 + \psi_L \phi_t)$$

dove:

$$n_0 = E_a / E_{cm}$$

ψ_L = moltiplicatore di viscosità, funzione del tipo di carico applicato

ϕ_t = coefficiente di viscosità

dove:

$\psi_L = 1.10$ per i carichi permanenti

$\psi_L = 0.55$ per l'azione del ritiro

Avendo assunto:

$t_0 = 1$ g per il calcolo del ϕ_t finalizzato alla valutazione di n_L riferito al ritiro

$t_0 = 30$ g per il calcolo del ϕ_t finalizzato alla valutazione di n_L riferito ai carichi permanenti

$A_c = 3.38$ m² area del getto in c.a.

Il calcolo dei coefficienti di omogeneizzazione è esplicitato nei fogli Excel seguenti. Come si nota, in fase 2 i coefficienti di omogeneizzazione calcolati per i permanenti e per il ritiro sono simili ($n_{LR} = 15.54$; $n_{LP} = 16.11$).

Per semplicità si adotta quindi per la fase 2 un unico coefficiente pari alla media di quelli calcolati. In definitiva si ha la situazione seguente.

Fase 1 $n = 0$

Fase 2 $n_L = 15.9$

Fase 3 $n_0 = 6.16$

5.2.1 Fase 2 – Carichi permanenti

| Calcolo dei coefficienti di viscosità e omogeneizzazione | | | | |
|---|-------------------|---------|----------------------|------------------|
| Caratteristiche del materiale | | | | |
| Resistenza cilindrica cls | fck | 35 | [N/mm ²] | |
| Resistenza cilindrica media cls | fc _m | 43 | [N/mm ²] | |
| Modulo elastico del cls | E _{cm} | 34'077 | [N/mm ²] | EC2 Table 3.1 |
| Modulo elastico dell'acciaio | E _a | 210'000 | [N/mm ²] | |
| Coefficiente di omogeneizzazione breve durata | no | 6.16 | | |
| Dati | | | | |
| Area sezione cls | A _c | 3.38 | [m ²] | |
| Perimetro a contatto con atmosfera | u | 21.3 | [m] | |
| | h _o | 317 | mm | |
| Età del cls al tempo considerato | t | 20833 | giorni | EC2 3.3.2 |
| Età del cls ad inizio essiccamento | t _s | 1 | giorno | |
| Età del cls ad applicazione del carico | t _o | 30 | giorni | |
| Percentuale ambientale di umidità | RH | 80 | % | |
| Calcolo del coefficiente di viscosità | | | | |
| Coefficiente di viscosità | | | | cfr: annex B EC2 |
| $\phi(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) =$ | | 1.467 | | |
| Coefficiente di viscosità teorico | | | | |
| $\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) =$ | | 1.486 | | |
| | ϕ_{RH} | 1.203 | | |
| | $\beta(f_{cm})$ | 2.562 | | |
| | $\beta(t_0)$ | 0.482 | | |
| | $\beta_c(t, t_0)$ | 0.987 | | |
| | β_h | 930 | | |
| Calcolo del coefficiente di omogeneizzazione | | | | |
| Tipologia di carico | | P | | |
| Coefficiente dalla classe di cemento | ψ_L | 1.1 | | |
| Coefficiente di omogeneizzazione lunga durata | | | | EC4 5.2.2 |
| $n_L = n_0 \cdot (1 + \phi_L \cdot \phi) =$ | | 16.11 | | |

5.2.2 Fase 2 – Ritiro

| Calcolo dei coefficienti di viscosità e omogeneizzazione | | | | |
|---|-------------------|---------|----------------------|------------------|
| Caratteristiche del materiale | | | | |
| Resistenza cilindrica cls | fck | 35 | [N/mm ²] | |
| Resistenza cilindrica media cls | fc _m | 43 | [N/mm ²] | |
| Modulo elastico del cls | E _{cm} | 34'077 | [N/mm ²] | EC2 Table 3.1 |
| Modulo elastico dell'acciaio | E _a | 210'000 | [N/mm ²] | |
| Coefficiente di omogeneizzazione breve durata | no | 6.16 | | |
| Dati | | | | |
| Area sezione cls | A _c | 3.38 | [m ²] | |
| Perimetro a contatto con atmosfera | u | 21.3 | [m] | |
| | h _o | 317 | mm | |
| Età del cls al tempo considerato | t | 20833 | giorni | EC2 3.3.2 |
| Età del cls ad inizio essiccamento | t _s | 1 | giorno | |
| Età del cls ad applicazione del carico | t _o | 1 | giorni | |
| Percentuale ambientale di umidità | RH | 80 | % | |
| Calcolo del coefficiente di viscosità | | | | |
| Coefficiente di viscosità | | | | cfr: annex B EC2 |
| $\phi(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) =$ | | 2.766 | | |
| Coefficiente di viscosità teorico | | | | |
| $\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) =$ | | 2.803 | | |
| | ϕ_{RH} | 1.203 | | |
| | $\beta(f_{cm})$ | 2.562 | | |
| | $\beta(t_0)$ | 0.909 | | |
| | $\beta_c(t, t_0)$ | 0.987 | | |
| | β_h | 930 | | |
| Calcolo del coefficiente di omogeneizzazione | | | | |
| Tipologia di carico | | R | | |
| Coefficiente dalla classe di cemento | ψ_L | 0.55 | | |
| Coefficiente di omogeneizzazione lunga durata | | | | EC4 5.2.2 |
| $n_L = n_0 \cdot (1 + \phi_L \cdot \phi) =$ | | 15.54 | | |

5.3 LARGHEZZE COLLABORANTI DI SOLETTA

L'effettiva larghezza della soletta collaborante per le verifiche della trave (nelle analisi si utilizza una larghezza collaborante costante, pari a quella calcolata in campata) è valutata in accordo a quanto esposto nella norma UNI EN 1994-2 al punto 5.4.1.2. Il calcolo è sintetizzato nel seguito. In particolare, nelle zone di campata la larghezza collaborante viene calcolata secondo l'espressione:

$$b_{eff} = b_0 + \sum b_{e,i}$$

dove:

$$b_{e,i} = L_e/8 \leq b_{reale,i}$$

L_e = lunghezza di riferimento definita in accordo alla legenda della figura 5.1 del citato paragrafo normativo

Si ottiene infine, come sintetizzato dal foglio seguente e con riferimento alla figura:

- $B_{eff4} = 5$ m Larghezza soletta collaborante in campata, da utilizzare per le verifiche nel campo centrale e per l'analisi lungo tutta L , qualora la soletta possa ritenersi non fessurata (vedi paragrafi successivi).
- Negli appoggi, considerando la fessurazione nella soletta, non sarà considerato il contributo della soletta.

| Calcolo della larghezza collaborante della soletta | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|---------|------------|------------|---------------|---------------|------------|------------|
| Dati | | | | | | | | | |
| Interasse travi | | | | | | i | 6 | [m] | |
| Luce degli sbalzi | | | | | | Lsb | 2.625 | [m] | |
| Distanza tra i centri dei connettori a taglio più esterni | | | | | | bo | 0.4 | [m] | |
| Luce campata di riva sx | | | | | | | 25 | [m] | |
| Luce campata interna | | | | | | | 40 | [m] | |
| Luce campata interna | | | | | | | 50 | [m] | |
| Luce campata di riva dx | | | | | | | 40 | [m] | |
| Posizione | Lc [m] | Le [m] | bei [m] | be int [m] | be est [m] | β_{int} | β_{est} | beff,1 [m] | beff,2 [m] |
| Campata di bordo | 25.00 | 21.25 | 2.66 | 2.66 | 2.43 | 0.75 | 0.77 | | 5.48 |
| Appoggio centrale | 65.00 | 16.25 | 2.03 | 2.03 | 2.03 | - | - | | 4.46 |
| Campata 2 | 40.00 | 28.00 | 3.50 | 2.80 | 2.43 | - | - | 5.63 | |
| Appoggio centrale | 90.00 | 22.50 | 2.81 | 2.80 | 2.43 | - | - | | 5.63 |
| Campata 3 | 50.00 | 35.00 | 4.38 | 2.80 | 2.43 | - | - | 5.63 | |
| Appoggio centrale | 90.00 | 22.50 | 2.81 | 2.80 | 2.43 | - | - | | 5.63 |
| Appoggio di bordo | 40.00 | 34.00 | 4.25 | 2.80 | 2.43 | 0.85 | 0.90 | | 5.63 |

Key:

- $L_e = 0,85 L_1$ for $b_{eff,1}$
- $L_e = 0,25(L_1 + L_2)$ for $b_{eff,2}$
- $L_e = 0,70 L_2$ for $b_{eff,1}$
- $L_e = 2 L_3$ for $b_{eff,2}$

5.4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI DI IMPALCATO

L'impalcato risulta suddiviso nei conci seguenti:

Concio 1 (conci laterali) $L = 17.50$ m (asse appoggio - asse giunto 1)

Concio 2 (conci appoggio su pila) $L = 15.00$ m (asse giunto 1- asse giunto 2)

Concio 3 (concio centrale) $L = 25.00$ m (asse giunto 2 – asse giunto 3)

Concio 4 (conci appoggio su pila) $L = 20.00$ m (asse giunto 3 - asse giunto 4)

Concio 5 (conci intermedi) $L = 25.00$ m (asse giunto 4- asse giunto 5)

Concio 6 (conci appoggio su pila) $L = 20.00$ m (asse giunto 5 – asse giunto 6)

Concio 7 (conci laterali) $L = 20.00$ m (asse giunto 6 - asse giunto 7)

Concio 8 (conci laterali) $L = 12.50$ m (asse giunto 7 - asse appoggio)

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche delle sezioni calcolate per i conci in cui è stato suddiviso il modello di calcolo. In particolare per l'analisi strutturale si è suddiviso il modello in corrispondenza dei punti notevoli rappresentati da traversi, irrigidenti e giunti trasversali. Operando in tal modo si sono individuati gli elementi (aste) che saranno poi richiamati nelle verifiche.

| Concio tipo C1 | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------|---|----------------------|-----------------|--|----------------------|
| Sezione metallica | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | |
| fyk | 355 [N/mm ²] | | | | | | ε | 0.81 | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | |
| Anima | 22 | 2'140 | 47'080 | 1.80E+10 | 3.70 | 95.45 | 3 | | |
| Piattabanda inferiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | |
| Totali | | 2'200 | 83'080 | | 6.52 | | 3 | classe sezione composta | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso | | 0.06 m | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso | | 0.03 m | | | |
| | | | | h predalles | | 0.06 m | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 1.085 | 0.021 | 0.021 |
| Anima | 0.022 | 2.140 | 0.0471 | 1.100 | 0.052 | 0.01796730 | - | - | 0.018 |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | - 1.085 | 0.021 | 0.021 |
| Totali | | 2.200 | 0.0831 | 1.100 | 0.091 | 0.01797000 | | | 0.0604 |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.432 | 0.003 | 0.003 |
| Anima | 0.022 | 2.140 | 0.0471 | 1.100 | 0.052 | 0.01796730 | - 0.653 | 0.020 | 0.038 |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | - 1.738 | 0.054 | 0.054 |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.380 | 0.090 | 0.00018113 | 0.627 | 0.015 | 0.015 |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.380 | 0.090 | 0.00018113 | 0.627 | 0.015 | 0.015 |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.440 | 0.014 | 0.00000144 | 0.687 | 0.003 | 0.003 |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.290 | 0.013 | 0.00000144 | 0.537 | 0.002 | 0.002 |
| Totali | | 2.5000 | 0.1698 | 1.753 | 0.2976 | | | | 0.1301 |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.173 | 0.001 | 0.001 |
| Anima | 0.022 | 2.140 | 0.0471 | 1.100 | 0.052 | 0.01796730 | - 0.912 | 0.039 | 0.057 |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | - 1.997 | 0.072 | 0.072 |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.380 | 0.232 | 0.00046753 | 0.368 | 0.013 | 0.014 |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.380 | 0.232 | 0.00046753 | 0.368 | 0.013 | 0.014 |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.440 | 0.014 | 0.00000144 | 0.428 | 0.001 | 0.001 |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.290 | 0.013 | 0.00000144 | 0.278 | 0.000 | 0.000 |
| Totali | | 2.5000 | 0.2891 | 2.012 | 0.5817 | | | | 0.1582 |
| Momenti d'inerzia | | | | | | | | | |
| | FASE 1 | FASE 2 | | | FASE 3 | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.060 | [m ⁴] | JG | 0.130092 | [m ⁴] | JG | 0.158 | [m ⁴] |
| Area | A | 0.083 | [m ²] | A | 0.169811 | [m ²] | A | 0.289 | [m ²] |
| W soletta superiore | Wcs | - | [m ³] | Wcs | - 2.768158 | [m ³] | Wcs | - 1.996 | [m ³] |
| W armature sup | Was | - | [m ³] | Was | - 0.189298 | [m ³] | Was | - 0.369 | [m ³] |
| W armature inf | Wai | - | [m ³] | Wai | - 0.242151 | [m ³] | Wai | - 0.568 | [m ³] |
| W soletta inferiore | Wci | - | [m ³] | Wci | - 4.077925 | [m ³] | Wci | - 3.925 | [m ³] |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.055 | [m ³] | Wss | - 0.290881 | [m ³] | Wss | - 0.840 | [m ³] |
| W acciaio anima sup | Wsi | - 0.056 | [m ³] | Wsi | - 0.311796 | [m ³] | Wsi | - 0.999 | [m ³] |
| W acciaio anima inf | Wii | 0.056 | [m ³] | Wii | 0.075513 | [m ³] | Wii | 0.080 | [m ³] |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.055 | [m ³] | Wii | 0.074221 | [m ³] | Wii | 0.079 | [m ³] |
| Sx superiore | Sxs | 0.01953 | [m ³] | Sxs | 0.062012 | [m ³] | Sxs | 0.07886 | [m ³] |
| Sx inferiore | Sxi | 0.01953 | [m ³] | Sxi | 0.031280 | [m ³] | Sxi | 0.03594 | [m ³] |

| Concio tipo C2 | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|----------------------------|----------------------|---|-----------------------|-----------------|--|----------------------|--|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | | |
| fyk | 355 [N/mm ²] | | | | | | e | 0.81 | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | |
| Anima | 22 | 2'130 | 46'860 | 1.77E+10 | 3.68 | 95.00 | 3 | | | |
| Piattabanda inferiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | | |
| Totali | | 2'200 | 96'860 | | 7.60 | | 3 | classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | | | copriferro estradosso | | 0.06 m | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | | | copriferro intradosso | | 0.03 m | | |
| | | | | | | h predalles | | 0.06 m | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 1.238 | 0.028 | 0.028 | |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | 0.158 | 0.001 | 0.019 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 0.927 | 0.028 | 0.028 | |
| Totali | | 2.200 | 0.0969 | 0.947 | 0.092 | 0.01772221 | | | 0.0740 | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.905 | 0.015 | 0.015 | |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | - 0.175 | 0.001 | 0.019 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.260 | 0.051 | 0.051 | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.380 | - | - | 1.100 | - | - | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.380 | - | - | 1.100 | - | - | |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.440 | 0.036 | 0.00001005 | 1.160 | 0.020 | 0.020 | |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.290 | 0.034 | 0.00001005 | 1.010 | 0.015 | 0.015 | |
| Totali | | 2.5000 | 0.1266 | 1.280 | 0.1621 | | | | 0.1199 | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.905 | 0.015 | 0.015 | |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | - 0.175 | 0.001 | 0.019 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.260 | 0.051 | 0.051 | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.380 | - | - | 1.100 | - | - | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.380 | - | - | 1.100 | - | - | |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.440 | 0.036 | 0.00001005 | 1.160 | 0.020 | 0.020 | |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.290 | 0.034 | 0.00001005 | 1.010 | 0.015 | 0.015 | |
| Totali | | 2.5000 | 0.1266 | 1.280 | 0.1621 | | | | 0.1199 | |
| FASE 1 FASE 2 FASE 3 | | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.074 | [m ⁴] | JG | 0.119892 | [m ⁴] | JG | 0.120 | [m ⁴] | |
| Area | A | 0.097 | [m ²] | A | 0.126592 | [m ²] | A | 0.127 | [m ²] | |
| W soletta superiore | Wcs | - | [m ³] | Wcs | - 1.562812 | [m ³] | Wcs | - 0.605 | [m ³] | |
| W armature sup | Was | - | [m ³] | Was | - 0.103375 | [m ³] | Was | - 0.103 | [m ³] | |
| W armature inf | Wai | - | [m ³] | Wai | - 0.118731 | [m ³] | Wai | - 0.119 | [m ³] | |
| W soletta inferiore | Wci | - | [m ³] | Wci | - 1.945631 | [m ³] | Wci | - 0.754 | [m ³] | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.059 | [m ³] | Wss | - 0.130349 | [m ³] | Wss | - 0.130 | [m ³] | |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.061 | [m ³] | Ws | - 0.134744 | [m ³] | Ws | - 0.135 | [m ³] | |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.082 | [m ³] | Wi | 0.096669 | [m ³] | Wi | 0.097 | [m ³] | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.078 | [m ³] | Wii | 0.093649 | [m ³] | Wii | 0.094 | [m ³] | |
| Sx superiore | Sxs | 0.02228 | [m ³] | Sxs | 0.048538 | [m ³] | Sxs | 0.04854 | [m ³] | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.02967 | [m ³] | Sxi | 0.040327 | [m ³] | Sxi | 0.04033 | [m ³] | |

| Concio tipo C3 | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------|---|----------------------|-----------------|--|----------------------|--|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | | |
| fyk | 355 [N/mm ²] | | | | | | e | 0.81 | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | |
| Anima | 26 | 2'390 | 62'140 | 2.96E+10 | 4.88 | 90.38 | 3 | | | |
| Piattabanda inferiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | |
| Totali | | 2'450 | 98'140 | | 7.70 | | 3 | classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso | | | 0.06 m | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso | | | 0.03 m | | | |
| | | | | h predalles | | | 0.06 m | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 1.210 | 0.026 | 0.026 | |
| Anima | 0.026 | 2.390 | 0.0621 | 1.225 | 0.076 | 0.02957916 | - | - | 0.030 | |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | - 1.210 | 0.026 | 0.026 | |
| Totali | | 2.450 | 0.0981 | 1.225 | 0.120 | 0.02958186 | | | 0.0823 | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 0.552 | 0.005 | 0.005 | |
| Anima | 0.026 | 2.390 | 0.0621 | 1.225 | 0.076 | 0.02957916 | - 0.658 | 0.027 | 0.057 | |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | - 1.868 | 0.063 | 0.063 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.630 | 0.099 | 0.00018113 | 0.747 | 0.021 | 0.021 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.630 | 0.099 | 0.00018113 | 0.747 | 0.021 | 0.021 | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.690 | 0.015 | 0.00000144 | 0.807 | 0.004 | 0.004 | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.540 | 0.014 | 0.00000144 | 0.657 | 0.002 | 0.002 | |
| Totali | | 2.7500 | 0.1849 | 1.883 | 0.3482 | | | | 0.1734 | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 0.259 | 0.001 | 0.001 | |
| Anima | 0.026 | 2.390 | 0.0621 | 1.225 | 0.076 | 0.02957916 | - 0.951 | 0.056 | 0.086 | |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | - 2.161 | 0.084 | 0.084 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.630 | 0.256 | 0.00046753 | 0.454 | 0.020 | 0.021 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.630 | 0.256 | 0.00046753 | 0.454 | 0.020 | 0.021 | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.690 | 0.015 | 0.00000144 | 0.514 | 0.001 | 0.001 | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.540 | 0.014 | 0.00000144 | 0.364 | 0.001 | 0.001 | |
| Totali | | 2.7500 | 0.3042 | 2.176 | 0.6620 | | | | 0.2144 | |
| FASE 1 FASE 2 FASE 3 | | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.082 | [m ⁴] | JG | 0.173356 | [m ⁴] | JG | 0.214 | [m ⁴] | |
| Area | A | 0.098 | [m ²] | A | 0.184871 | [m ²] | A | 0.304 | [m ²] | |
| W soletta superiore | Wcs | - | [m ³] | Wcs | - 3.180049 | [m ³] | Wcs | - 2.301 | [m ³] | |
| W armature sup | Was | - | [m ³] | Was | - 0.214878 | [m ³] | Was | - 0.417 | [m ³] | |
| W armature inf | Wai | - | [m ³] | Wai | - 0.263954 | [m ³] | Wai | - 0.589 | [m ³] | |
| W soletta inferiore | Wci | - | [m ³] | Wci | - 4.397747 | [m ³] | Wci | - 3.956 | [m ³] | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.067 | [m ³] | Wss | - 0.305868 | [m ³] | Wss | - 0.783 | [m ³] | |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.069 | [m ³] | Ws | - 0.322964 | [m ³] | Ws | - 0.879 | [m ³] | |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.069 | [m ³] | Wi | 0.093542 | [m ³] | Wi | 0.100 | [m ³] | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.067 | [m ³] | Wii | 0.092052 | [m ³] | Wii | 0.099 | [m ³] | |
| Sx superiore | Sxs | 0.02178 | [m ³] | Sxs | 0.074531 | [m ³] | Sxs | 0.09801 | [m ³] | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.02178 | [m ³] | Sxi | 0.033628 | [m ³] | Sxi | 0.03890 | [m ³] | |

| Concio tipo C4 | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------|---|----------------------|-----------------|--|----------------------|--|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | | |
| fyk | 355 [N/mm ²] | | | | | e | 0.81 | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | |
| Piattabanda superiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | | |
| Anima | 26 | 2'620 | 68'120 | 3.90E+10 | 5.35 | 99.23 | 3 | | | |
| Piattabanda inferiore | 950 | 40 | 38'000 | 5.07E+06 | 2.98 | 11.38 | 3 | | | |
| Totali | | 2'700 | 138'120 | | 10.84 | | 3 | classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | copriferro estradosso | | | 0.06 m | | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | copriferro intradosso | | | 0.03 m | | | |
| | | | | h predalles | | | 0.06 m | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 2.680 | 0.086 | 0.00000427 | 1.388 | 0.062 | 0.062 | |
| Anima | 0.026 | 2.620 | 0.0681 | 1.350 | 0.092 | 0.03896691 | 0.058 | 0.000 | 0.039 | |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | - 1.272 | 0.062 | 0.062 | |
| Totali | | 2.700 | 0.1381 | 1.292 | 0.178 | 0.03897624 | | | 0.1623 | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 2.680 | 0.086 | 0.00000427 | 1.109 | 0.039 | 0.039 | |
| Anima | 0.026 | 2.620 | 0.0681 | 1.350 | 0.092 | 0.03896691 | - 0.221 | 0.003 | 0.042 | |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | - 1.551 | 0.091 | 0.091 | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - | |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.940 | 0.044 | 0.00001005 | 1.369 | 0.028 | 0.028 | |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.790 | 0.041 | 0.00001005 | 1.219 | 0.022 | 0.022 | |
| Totali | | 3.0000 | 0.1679 | 1.571 | 0.2637 | | | | 0.2230 | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 2.680 | 0.086 | 0.00000427 | 1.109 | 0.039 | 0.039 | |
| Anima | 0.026 | 2.620 | 0.0681 | 1.350 | 0.092 | 0.03896691 | - 0.221 | 0.003 | 0.042 | |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | - 1.551 | 0.091 | 0.091 | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - | |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.940 | 0.044 | 0.00001005 | 1.369 | 0.028 | 0.028 | |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.790 | 0.041 | 0.00001005 | 1.219 | 0.022 | 0.022 | |
| Totali | | 3.0000 | 0.1679 | 1.571 | 0.2637 | | | | 0.2230 | |
| FASE 1 FASE 2 FASE 3 | | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.162 | [m ⁴] | JG | 0.223044 | [m ⁴] | JG | 0.223 | [m ⁴] | |
| Area | A | 0.138 | [m ²] | A | 0.167852 | [m ²] | A | 0.168 | [m ²] | |
| W soletta superiore | Wcs | - | [m ³] | Wcs | - 2.481412 | [m ³] | Wcs | - 0.961 | [m ³] | |
| W armature sup | Was | - | [m ³] | Was | - 0.162903 | [m ³] | Was | - 0.163 | [m ³] | |
| W armature inf | Wai | - | [m ³] | Wai | - 0.182945 | [m ³] | Wai | - 0.183 | [m ³] | |
| W soletta inferiore | Wci | - | [m ³] | Wci | - 2.982208 | [m ³] | Wci | - 1.155 | [m ³] | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.115 | [m ³] | Wss | - 0.197526 | [m ³] | Wss | - 0.198 | [m ³] | |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.119 | [m ³] | Ws | - 0.204780 | [m ³] | Ws | - 0.205 | [m ³] | |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.130 | [m ³] | Wi | 0.145703 | [m ³] | Wi | 0.146 | [m ³] | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.126 | [m ³] | Wii | 0.141993 | [m ³] | Wii | 0.142 | [m ³] | |
| Sx superiore | Sxs | 0.04441 | [m ³] | Sxs | 0.073973 | [m ³] | Sxs | 0.07397 | [m ³] | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.04834 | [m ³] | Sxi | 0.058931 | [m ³] | Sxi | 0.05893 | [m ³] | |

| Concio tipo CS | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------|---|----------------------|-----------------|--|----------------------|--|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | | |
| fyk | 355 [N/mm ²] | | | | | e | 0.81 | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | |
| Anima | 26 | 2'630 | 68'380 | 3.94E+10 | 5.37 | 99.62 | 3 | | | |
| Piattabanda inferiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | | |
| Totali | | 2'700 | 118'380 | | 9.29 | | 3 | classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso | | | 0.06 m | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso | | | 0.03 m | | | |
| | | | | h predalles | | | 0.06 m | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.685 | 0.048 | 0.00000135 | 1.489 | 0.040 | 0.040 | |
| Anima | 0.026 | 2.630 | 0.0684 | 1.355 | 0.093 | 0.03941480 | 0.159 | 0.002 | 0.041 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.176 | 0.044 | 0.044 | |
| Totali | | 2.700 | 0.1184 | 1.196 | 0.142 | 0.03942042 | | | 0.1253 | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.685 | 0.048 | 0.00000135 | 0.778 | 0.011 | 0.011 | |
| Anima | 0.026 | 2.630 | 0.0684 | 1.355 | 0.093 | 0.03941480 | - 0.552 | 0.021 | 0.060 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.887 | 0.114 | 0.114 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.880 | 0.109 | 0.00018113 | 0.973 | 0.036 | 0.036 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.880 | 0.109 | 0.00018113 | 0.973 | 0.036 | 0.036 | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.940 | 0.017 | 0.00000144 | 1.033 | 0.006 | 0.006 | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.790 | 0.016 | 0.00000144 | 0.883 | 0.004 | 0.004 | |
| Totali | | 3.0000 | 0.2051 | 1.907 | 0.3912 | | | | 0.2673 | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.685 | 0.048 | 0.00000135 | 0.420 | 0.003 | 0.003 | |
| Anima | 0.026 | 2.630 | 0.0684 | 1.355 | 0.093 | 0.03941480 | - 0.910 | 0.057 | 0.096 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 2.245 | 0.161 | 0.161 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.880 | 0.281 | 0.00046753 | 0.615 | 0.037 | 0.037 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.880 | 0.281 | 0.00046753 | 0.615 | 0.037 | 0.037 | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.940 | 0.017 | 0.00000144 | 0.675 | 0.003 | 0.003 | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.790 | 0.016 | 0.00000144 | 0.525 | 0.002 | 0.002 | |
| Totali | | 3.0000 | 0.3244 | 2.265 | 0.7349 | | | | 0.3392 | |
| FASE 1 FASE 2 FASE 3 | | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.125 | [m ⁴] | JG | 0.267309 | [m ⁴] | JG | 0.339 | [m ⁴] | |
| Area | A | 0.118 | [m ²] | A | 0.205111 | [m ²] | A | 0.324 | [m ²] | |
| W soletta superiore | Wcs | - | [m ³] | Wcs | - 3.890220 | [m ³] | Wcs | - 2.844 | [m ³] | |
| W armature sup | Was | - | [m ³] | Was | - 0.258885 | [m ³] | Was | - 0.503 | [m ³] | |
| W armature inf | Wai | - | [m ³] | Wai | - 0.302887 | [m ³] | Wai | - 0.646 | [m ³] | |
| W soletta inferiore | Wci | - | [m ³] | Wci | - 4.985366 | [m ³] | Wci | - 4.223 | [m ³] | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.083 | [m ³] | Wss | - 0.337282 | [m ³] | Wss | - 0.780 | [m ³] | |
| W acciaio anima sup | Wsa | - 0.085 | [m ³] | Wsa | - 0.350552 | [m ³] | Wsa | - 0.838 | [m ³] | |
| W acciaio anima inf | Wsi | 0.108 | [m ³] | Wsi | 0.143140 | [m ³] | Wsi | 0.152 | [m ³] | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.105 | [m ³] | Wii | 0.140139 | [m ³] | Wii | 0.150 | [m ³] | |
| Sx superiore | Sxs | 0.02680 | [m ³] | Sxs | 0.098176 | [m ³] | Sxs | 0.13408 | [m ³] | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.03764 | [m ³] | Sxi | 0.060399 | [m ³] | Sxi | 0.07185 | [m ³] | |

| Concio tipo C6 | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|----------------------------|----------------------|---|-----------------------|-----------------|--|----------------------|--|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | | |
| fyk | 355 [N/mm ²] | | | | | | ε | 0.81 | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | |
| Anima | 28 | 2'630 | 73'640 | 4.24E+10 | 5.78 | 92.50 | 3 | | | |
| Piattabanda inferiore | 950 | 40 | 38'000 | 5.07E+06 | 2.98 | 11.38 | 3 | | | |
| Totali | | 2'700 | 129'640 | | 10.18 | | 3 | classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | | | copriferro estradosso | | 0.06 m | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | | | copriferro intradosso | | 0.03 m | | |
| | | | | | | h predalles | | 0.06 m | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.685 | 0.048 | 0.00000135 | 1.537 | 0.043 | 0.043 | |
| Anima | 0.028 | 2.630 | 0.0736 | 1.355 | 0.100 | 0.04244671 | 0.207 | 0.003 | 0.046 | |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | - 1.128 | 0.048 | 0.048 | |
| Totali | | 2.700 | 0.1296 | 1.148 | 0.149 | 0.04245313 | | | 0.1365 | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.685 | 0.048 | 0.00000135 | 1.216 | 0.027 | 0.027 | |
| Anima | 0.028 | 2.630 | 0.0736 | 1.355 | 0.100 | 0.04244671 | - 0.114 | 0.001 | 0.043 | |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | - 1.449 | 0.080 | 0.080 | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.411 | - | - | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.411 | - | - | |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.940 | 0.044 | 0.00001005 | 1.471 | 0.032 | 0.032 | |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.790 | 0.041 | 0.00001005 | 1.321 | 0.026 | 0.026 | |
| Totali | | 3.0000 | 0.1594 | 1.469 | 0.2341 | | | | 0.2079 | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.685 | 0.048 | 0.00000135 | 1.216 | 0.027 | 0.027 | |
| Anima | 0.028 | 2.630 | 0.0736 | 1.355 | 0.100 | 0.04244671 | - 0.114 | 0.001 | 0.043 | |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | - 1.449 | 0.080 | 0.080 | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.411 | - | - | |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.411 | - | - | |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.940 | 0.044 | 0.00001005 | 1.471 | 0.032 | 0.032 | |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.790 | 0.041 | 0.00001005 | 1.321 | 0.026 | 0.026 | |
| Totali | | 3.0000 | 0.1594 | 1.469 | 0.2341 | | | | 0.2079 | |
| FASE 1 FASE 2 FASE 3 | | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.136 | [m ⁴] | JG | 0.207940 | [m ⁴] | JG | 0.208 | [m ⁴] | |
| Area | A | 0.130 | [m ²] | A | 0.159372 | [m ²] | A | 0.159 | [m ²] | |
| W soletta superiore | Wcs | - | [m ³] | Wcs | - 2.158980 | [m ³] | Wcs | - 0.836 | [m ³] | |
| W armature sup | Was | - | [m ³] | Was | - 0.141322 | [m ³] | Was | - 0.141 | [m ³] | |
| W armature inf | Wai | - | [m ³] | Wai | - 0.157364 | [m ³] | Wai | - 0.157 | [m ³] | |
| W soletta inferiore | Wci | - | [m ³] | Wci | - 2.560216 | [m ³] | Wci | - 0.992 | [m ³] | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.088 | [m ³] | Wss | - 0.168866 | [m ³] | Wss | - 0.169 | [m ³] | |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.090 | [m ³] | Ws | - 0.173082 | [m ³] | Ws | - 0.173 | [m ³] | |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.123 | [m ³] | Wi | 0.145555 | [m ³] | Wi | 0.146 | [m ³] | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.119 | [m ³] | Wii | 0.141590 | [m ³] | Wii | 0.142 | [m ³] | |
| Sx superiore | Sxs | 0.02766 | [m ³] | Sxs | 0.063413 | [m ³] | Sxs | 0.06341 | [m ³] | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.04288 | [m ³] | Sxi | 0.055047 | [m ³] | Sxi | 0.05505 | [m ³] | |

| Concio tipo C7 | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------|---|----------------------|-----------------|--|----------------------|--|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | | |
| fyk | 355 [N/mm ²] | | | | | | ε | 0.81 | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | |
| Anima | 26 | 2'380 | 61'880 | 2.92E+10 | 4.86 | 90.00 | 3 | | | |
| Piattabanda inferiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | | |
| Totali | | 2'450 | 111'880 | | 8.78 | | 3 | classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso | | | 0.06 m | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso | | | 0.03 m | | | |
| | | | | h predalles | | | 0.06 m | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 1.357 | 0.033 | 0.033 | |
| Anima | 0.026 | 2.380 | 0.0619 | 1.230 | 0.076 | 0.02920942 | 0.152 | 0.001 | 0.031 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.058 | 0.036 | 0.036 | |
| Totali | | 2.450 | 0.1119 | 1.078 | 0.121 | 0.02921504 | | | 0.0996 | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 0.680 | 0.008 | 0.008 | |
| Anima | 0.026 | 2.380 | 0.0619 | 1.230 | 0.076 | 0.02920942 | - 0.525 | 0.017 | 0.046 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.735 | 0.096 | 0.096 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.630 | 0.099 | 0.00018113 | 0.875 | 0.029 | 0.029 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.630 | 0.099 | 0.00018113 | 0.875 | 0.029 | 0.029 | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.690 | 0.015 | 0.00000144 | 0.935 | 0.005 | 0.005 | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.540 | 0.014 | 0.00000144 | 0.785 | 0.003 | 0.003 | |
| Totali | | 2.7500 | 0.1986 | 1.755 | 0.3485 | | | | 0.2175 | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 0.352 | 0.002 | 0.002 | |
| Anima | 0.026 | 2.380 | 0.0619 | 1.230 | 0.076 | 0.02920942 | - 0.853 | 0.045 | 0.074 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 2.063 | 0.136 | 0.136 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.630 | 0.256 | 0.00046753 | 0.547 | 0.029 | 0.030 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.630 | 0.256 | 0.00046753 | 0.547 | 0.029 | 0.030 | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.690 | 0.015 | 0.00000144 | 0.607 | 0.002 | 0.002 | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.540 | 0.014 | 0.00000144 | 0.457 | 0.001 | 0.001 | |
| Totali | | 2.7500 | 0.3179 | 2.083 | 0.6624 | | | | 0.2751 | |
| FASE 1 FASE 2 FASE 3 | | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.100 | [m ⁴] | JG | 0.217460 | [m ⁴] | JG | 0.275 | [m ⁴] | |
| Area | A | 0.112 | [m ²] | A | 0.198611 | [m ²] | A | 0.318 | [m ²] | |
| W soletta superiore | Wcs | - | [m ³] | Wcs | - 3.474180 | [m ³] | Wcs | - 2.542 | [m ³] | |
| W armature sup | Was | - | [m ³] | Was | - 0.232520 | [m ³] | Was | - 0.453 | [m ³] | |
| W armature inf | Wai | - | [m ³] | Wai | - 0.276937 | [m ³] | Wai | - 0.602 | [m ³] | |
| W soletta inferiore | Wci | - | [m ³] | Wci | - 4.578215 | [m ³] | Wci | - 3.972 | [m ³] | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.073 | [m ³] | Wss | - 0.312788 | [m ³] | Wss | - 0.750 | [m ³] | |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.074 | [m ³] | Ws | - 0.326894 | [m ³] | Ws | - 0.817 | [m ³] | |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.096 | [m ³] | Wi | 0.126816 | [m ³] | Wi | 0.135 | [m ³] | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.092 | [m ³] | Wii | 0.123925 | [m ³] | Wii | 0.132 | [m ³] | |
| Sx superiore | Sxs | 0.02443 | [m ³] | Sxs | 0.087985 | [m ³] | Sxs | 0.11882 | [m ³] | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.03385 | [m ³] | Sxi | 0.055513 | [m ³] | Sxi | 0.06602 | [m ³] | |

| Concio tipo C8 | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------|---|----------------------|-----------------|--|----------------------|--|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | | |
| fyk | 355 [N/mm ²] | | | | | | e | 0.81 | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | |
| Anima | 22 | 2'130 | 46'860 | 1.77E+10 | 3.68 | 95.00 | 3 | | | |
| Piattabanda inferiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | | |
| Totali | | 2'200 | 96'860 | | 7.60 | | 3 | classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso | | 0.06 m | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso | | 0.03 m | | | | |
| | | | | h predalles | | 0.06 m | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 1.238 | 0.028 | 0.028 | |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | 0.158 | 0.001 | 0.019 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 0.927 | 0.028 | 0.028 | |
| Totali | | 2.200 | 0.0969 | 0.947 | 0.092 | 0.01772221 | | | 0.0740 | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.562 | 0.006 | 0.006 | |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | - 0.518 | 0.013 | 0.030 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.603 | 0.082 | 0.082 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.380 | 0.090 | 0.00018113 | 0.757 | 0.022 | 0.022 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.380 | 0.090 | 0.00018113 | 0.757 | 0.022 | 0.022 | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.440 | 0.014 | 0.00000144 | 0.817 | 0.004 | 0.004 | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.290 | 0.013 | 0.00000144 | 0.667 | 0.003 | 0.003 | |
| Totali | | 2.5000 | 0.1836 | 1.623 | 0.2980 | | | | 0.1681 | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.264 | 0.001 | 0.001 | |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | - 0.816 | 0.031 | 0.049 | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.901 | 0.116 | 0.116 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.380 | 0.232 | 0.00046753 | 0.459 | 0.020 | 0.021 | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.380 | 0.232 | 0.00046753 | 0.459 | 0.020 | 0.021 | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.440 | 0.014 | 0.00000144 | 0.519 | 0.002 | 0.002 | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.290 | 0.013 | 0.00000144 | 0.369 | 0.001 | 0.001 | |
| Totali | | 2.5000 | 0.3029 | 1.921 | 0.5820 | | | | 0.2101 | |
| FASE 1 FASE 2 FASE 3 | | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.074 | [m ⁴] | JG | 0.168085 | [m ⁴] | JG | 0.210 | [m ⁴] | |
| Area | A | 0.097 | [m ²] | A | 0.183591 | [m ²] | A | 0.303 | [m ²] | |
| W soletta superiore | Wcs | - | [m ³] | Wcs | - 3.048007 | [m ³] | Wcs | - 2.236 | [m ³] | |
| W armature sup | Was | - | [m ³] | Was | - 0.205780 | [m ³] | Was | - 0.405 | [m ³] | |
| W armature inf | Wai | - | [m ³] | Wai | - 0.252070 | [m ³] | Wai | - 0.570 | [m ³] | |
| W soletta inferiore | Wci | - | [m ³] | Wci | - 4.196719 | [m ³] | Wci | - 3.821 | [m ³] | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.059 | [m ³] | Wss | - 0.291400 | [m ³] | Wss | - 0.754 | [m ³] | |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.061 | [m ³] | Ws | - 0.307387 | [m ³] | Ws | - 0.845 | [m ³] | |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.082 | [m ³] | Wi | 0.106169 | [m ³] | Wi | 0.112 | [m ³] | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.078 | [m ³] | Wii | 0.103553 | [m ³] | Wii | 0.109 | [m ³] | |
| Sx superiore | Sxs | 0.02228 | [m ³] | Sxs | 0.075584 | [m ³] | Sxs | 0.09910 | [m ³] | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.02967 | [m ³] | Sxi | 0.051302 | [m ³] | Sxi | 0.06084 | [m ³] | |

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 CARICHI AGENTI IN FASE 1

6.1.1 Peso proprio

Il peso proprio dei concetti in acciaio dell'impalcato si è ricavato considerando il peso specifico dell'acciaio pari a 7850 daN/m^3 con riferimento alla sezione media di ciascun sottoelemento.

Il peso proprio della soletta risulta equamente distribuita tra le 2 travi con un'azione pari a 42.20 kN/m .

6.2 CARICHI AGENTI IN FASE 2

6.2.1 Sovraccarichi permanenti portati

Si sono considerati i seguenti carichi permanenti:

| | | |
|----------------|---|----------------------|
| Pavimentazione | $g1 = 18 \text{ kN/m}^3 \times 0.11 \text{ m} \times 9.75 \text{ m} =$ | 19.30 kN/m |
| Marciaipiedi | $g2 = 2 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.17 \text{ m} \times 0.75 \text{ m} =$ | 6.375 kN/m |
| Veletta | $g3 = 2 \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.5 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} =$ | 1.25 kN/m |
| Guard rail | $g4 = 2 \times 2 \text{ kN/m} =$ | 4 kN/m |

Il carico totale su ogni trave è quindi pari a circa 15.50 kN/m .

6.2.2 Ritiro

Il calcolo delle deformazioni da ritiro (a tempo infinito) viene effettuato in accordo alla UNI EN 1992-1-1 come somma del ritiro da essiccamento e del ritiro autogeno. Si assume come soggetta a ritiro l'area della soletta corrispondente al getto in c.a. Si assume:

$A_c = 3.38 \text{ m}^2$ (superficie elemento)

$u = 23.1 \text{ m}$ (perimetro a contatto con l'atmosfera)

$RH = 80\%$ (umidità relativa)

Dal calcolo, riportato nel foglio Excel seguente, si ottiene:

$\epsilon_s(t_0, \infty) = 3.3 \text{ E-04}$ (deformazione totale da ritiro)

| Calcolo del ritiro | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------|------------------|
| Caratteristiche del materiale | | | |
| Resistenza cilindrica cls | fck | 35 [N/mm ²] | |
| Resistenza cilindrica media cls | fcm | 43 [N/mm ²] | |
| Classe cemento | | R | |
| Calcolo del ritiro da essiccamento | | | |
| Coefficiente dalla classe di cemento | α_{ds1} | 6 | cfr: annex B EC2 |
| Coefficiente dalla classe di cemento | α_{ds2} | 0.11 | |
| | fcmo | 10 [N/mm ²] | |
| Percentuale ambientale di umidità | RH | 80% | |
| | β_{RH} | 0.756 | |
| Ritiro nominale da essiccamento | | | |
| $\epsilon_{cd,0} = 0.85 \cdot \left[(220 + 110 \alpha_{ds1}) \cdot \exp\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{fcm}{fcmo}\right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} =$ | | 0.00035256 | |
| | | | ho kh |
| Area sezione cls | Ac | 3.38 [m ²] | 100 1 |
| Perimetro a contatto con atmosfera | u | 23.1 [m] | 200 0.85 |
| Dimensione teorica | ho | 292 [mm] | 300 0.75 |
| Coefficiente kh | kh | 0.76 | 500 0.7 |
| Età del cls al tempo considerato | t | 20833 giorni | EC2 3.3.2 |
| Età del cls ad inizio essiccamento | ts | 1 giorno | |
| | β_{dc} | 1.000 | |
| Deformazione per ritiro da essiccamento | ϵ_{cd} | 0.00026717 | |
| Calcolo del ritiro autogeno | | | |
| Ritiro nominale autogeno | ϵ_{ca} | 0.0000625 | |
| | β_{as} | 1.000 | |
| Deformazione per ritiro autogeno | ϵ_{ca} | 0.00006250 | |
| Deformazione totale da ritiro | ϵ_{CS} | 0.00032967 | |

6.2.2.1 Effetto isostatico ritiro

Alla sollecitazione di ritiro, corrisponde sulla soletta uno sforzo (trazione) pari a:

$$\sigma_R = \epsilon_S \times E_s / n_{Lr} = 0.00033 \times 210'000 / 15.9 = 4.35 \text{ Mpa}$$

e sulla singola trave (n° travi = 2) una azione N (compressione) eccentrica pari a:

$$N_R = \sigma_R \times A_c / 2 = 4.35 \times 3'000'000 / 2 = 6'525 \text{ kN}$$

Il momento dovuto alla eccentricità di N rispetto al baricentro della sezione composta è calcolato sulla base della distanza baricentro trave - baricentro soletta, secondo la seguente formula:

$$M_R = N_R \times e$$

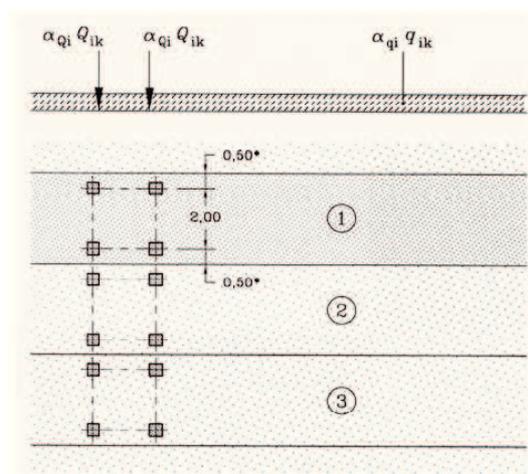
6.3 CARICHI AGENTI IN FASE 3

6.3.1 Carichi mobili q1

I carichi da traffico transitanti sui ponti sono definiti nel DM 2008. Si fa riferimento in particolare ai ponti di I categoria.

Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile pari a 9.75 m, è in grado di ospitare 3 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m. La parte rimanente risulta quindi pari a 0.75 m.

Per le verifiche globali dell'impalcato si utilizza lo schema di carico 1, mostrato in figura, composto da due sistemi accoppiati: carichi concentrati su due assi in tandem avente ciascuno un peso pari a Q_{1k} , e un carico uniformemente distribuito, avente un peso per unità di superficie pari a q_{1k} .



In funzione del numero di corsie di volta in volta caricate, i valori di Q_{1k} e q_{1k} sono quelli riportati in tabella.

| Location | Tandem system <i>TS</i> | <i>UDL</i> system |
|-----------------------------|--------------------------|--|
| | Axle loads Q_{1k} (kN) | q_{1k} (or q_{rk}) (kN/m ²) |
| Lane Number 1 | 300 | 9 |
| Lane Number 2 | 200 | 2,5 |
| Lane Number 3 | 100 | 2,5 |
| Other lanes | 0 | 2,5 |
| Remaining area (q_{rk}) | 0 | 2,5 |

I carichi concentrati sono posizionati longitudinalmente e trasversalmente in modo da massimizzare gli effetti in funzione della generica sezione in esame e del tipo di azione interna cercata.

Per quanto riguarda la posizione trasversale del carico mobile, si considera una linea di influenza trasversale lineare (che, nel caso di due travi coincide con la linea di influenza della reazione in corrispondenza della trave in esame) con cui è immediato definire gli effetti della posizione trasversale dei carichi mobili (massima reazione con carico posizionato sulla zona positiva della linea di influenza). Considerando la simmetria dell'impalcato, risulta sufficiente analizzare solo la trave n° 1.

Per la ripartizione dei carichi sulle travi si è utilizzata la relativa applicazione del software Midas che, date le posizioni delle linee di carico, distribuisce le relative azioni.

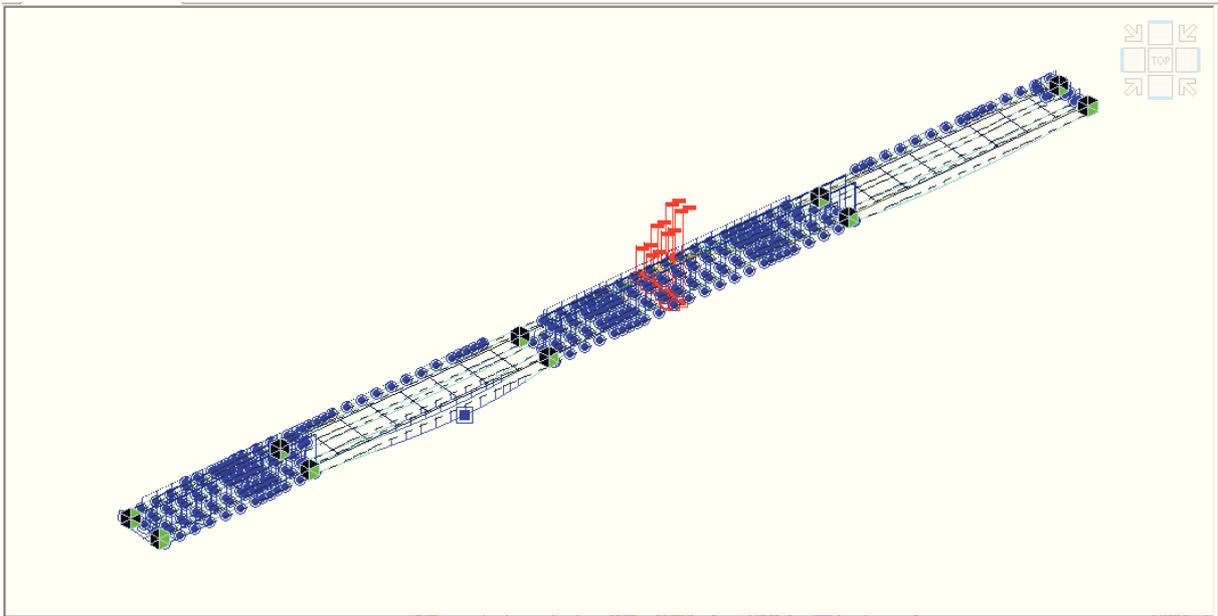


Figura 1: Esempio di ripartizione in cui sono evidenziate le linee di influenza dei carichi per il punto i-esimo

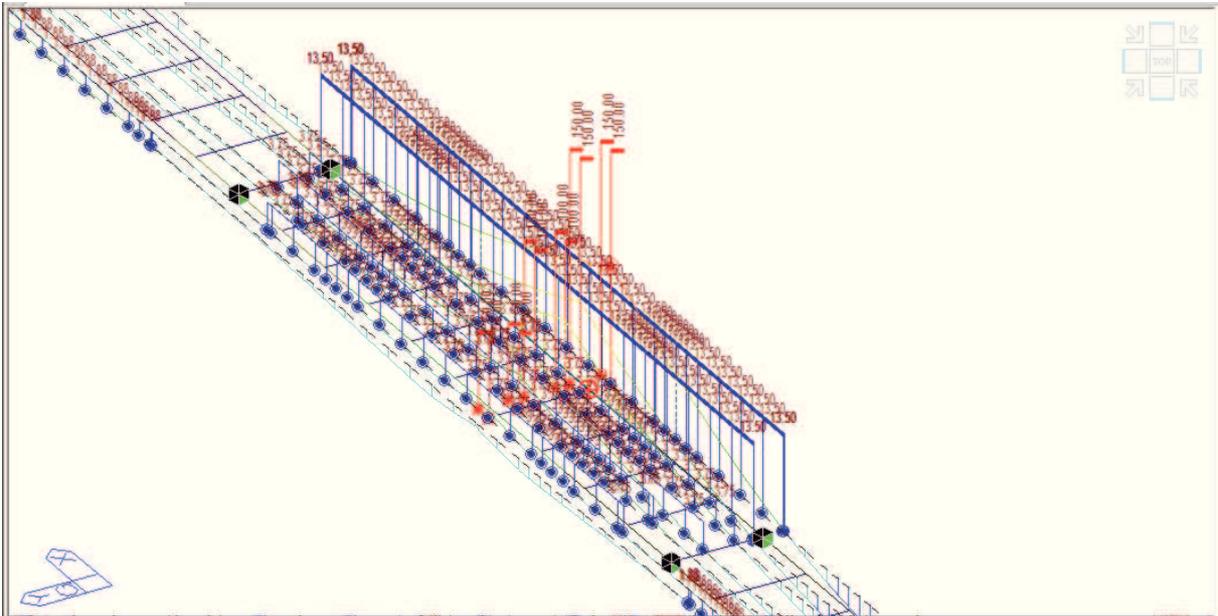


Figura 2: Particolare carichi mobili sul punto i-esimo

Al fine di validare il risultato ottenuto, si è proceduto ad una verifica parallela della ripartizione, che fornisce sulle travi le reazioni seguenti:

Sistema carichi concentrati Q_{1k} (3 corsie cariche – massima azione sulla trave 1)

$R_{1TS} = 437.5 \text{ kN}$ $R_{2TS} = 162.5 \text{ kN}$

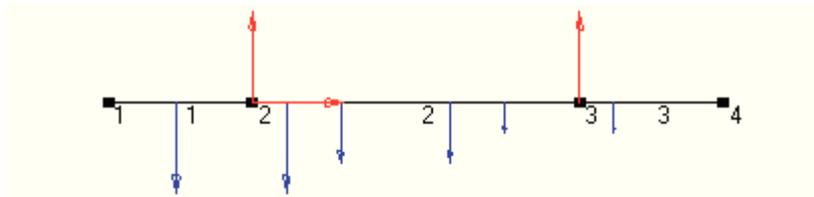


Figura 3: schema statico

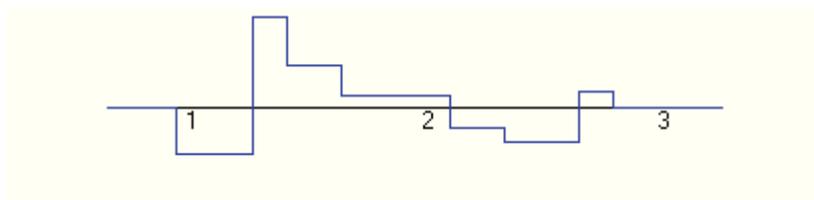


Figura 4: Taglio

Nodi e reazioni vincolari

| | | | |
|--------|----------------------|-------------------------------|------------------------|
| Nodo 1 | (0, 0) m | | |
| Nodo 2 | (2.625, 0) m | Vincolo col terreno: Cerniera | |
| | $R_x = 0 \text{ kN}$ | $R_y = 437.5 \text{ kN}$ | |
| Nodo 3 | (8.625, 0) m | Vincolo col terreno: Appoggio | inclinazione 0° |
| | $R_x = 0 \text{ kN}$ | $R_y = 162.5 \text{ kN}$ | |
| Nodo 4 | (11.25, 0) m | | |

Carichi concentrati

| | | | | |
|------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1 Trave: 1 | Posizione= 1.25 m | $F_x=0 \text{ kN}$ | $F_y=-150 \text{ kN}$ | $C=0 \text{ kN}\cdot\text{m}$ |
| 2 Trave: 2 | Posizione= 0.625 m | $F_x=0 \text{ kN}$ | $F_y=-150 \text{ kN}$ | $C=0 \text{ kN}\cdot\text{m}$ |
| 3 Trave: 2 | Posizione= 1.625 m | $F_x=0 \text{ kN}$ | $F_y=-100 \text{ kN}$ | $C=0 \text{ kN}\cdot\text{m}$ |
| 4 Trave: 2 | Posizione= 3.625 m | $F_x=0 \text{ kN}$ | $F_y=-100 \text{ kN}$ | $C=0 \text{ kN}\cdot\text{m}$ |
| 5 Trave: 2 | Posizione= 4.625 m | $F_x=0 \text{ kN}$ | $F_y=-50 \text{ kN}$ | $C=0 \text{ kN}\cdot\text{m}$ |
| 6 Trave: 3 | Posizione= 0.625 m | $F_x=0 \text{ kN}$ | $F_y=-50 \text{ kN}$ | $C=0 \text{ kN}\cdot\text{m}$ |

Sistema carichi distribuiti q_{1k} (la massima sollecitazione si ottiene con impalcato interamente caricato)

$R_{1UDL} = 32.9 \text{ kN/m}$ $R_{2UDL} = 10.97 \text{ kN/m}$

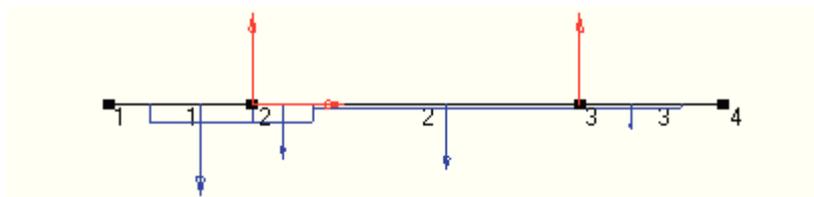


Figura 5: schema statico

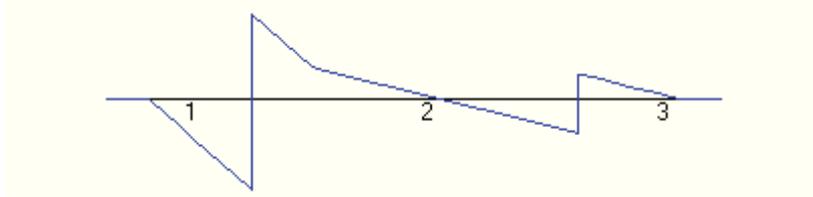


Figura 6: Taglio

Nodi e reazioni vincolari

Nodo 1 (0 , 0) m
 Nodo 2 (2.625 , 0) m
 $R_x = 0$ kN $R_y = 32.90$ kN
 Nodo 3 (8.625 , 0) m
 $R_x = 0$ kN $R_y = 10.97$ kN
 Nodo 4 (11.25 , 0) m

Vincolo col terreno: Cerniera

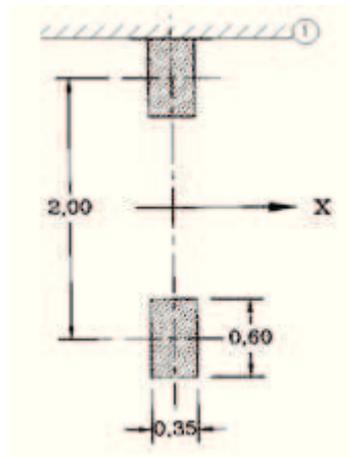
Vincolo col terreno: Appoggio inclinazione 0°

Carichi distribuiti

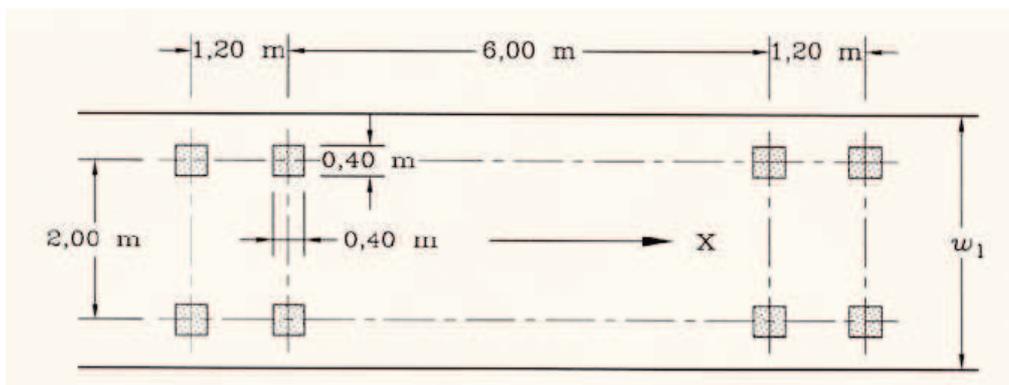
| | | | |
|------------|----------------------|----------------|-------------------|
| 1 Trave: 1 | Tra 0.75 m e 2.625 m | $p_x = 0$ kN/m | $p_y = -9$ kN/m |
| 2 Trave: 2 | Tra 0 m e 1.125 m | $p_x = 0$ kN/m | $p_y = -9$ kN/m |
| 3 Trave: 2 | Tra 1.125 m e 6 m | $p_x = 0$ kN/m | $p_y = -2.5$ kN/m |
| 4 Trave: 3 | Tra 0 m e 1.875 m | $p_x = 0$ kN/m | $p_y = -2.5$ kN/m |

La verifica condotta sui momenti attesi risulta conforme con quanto ottenuto nel modello Midas.

Per le verifiche locali della soletta d'impalcato si ricorre invece allo schema di carico 2, mostrato in figura, composto da un veicolo ad un solo asse, avente un peso complessivo pari a 400 kN.



Per le verifiche a fatica dell'impalcato si ricorre infine al Modello di carico a fatica 3 (FLM3), mostrato in figura, composto da un veicolo a quattro assi, aventi ciascuno un peso pari a 120 kN.



6.3.2 Variazioni termiche

La valutazione delle azioni da variazioni termiche viene effettuata in base ai criteri contenuti nel DM 2008 e nelle norme UNI EN 1991-1-5 (gradiente).

6.3.2.1 Variazioni termiche uniformi ΔT_N

La componente uniforme è definita come differenza tra la temperatura media attuale dell'aria esterna T e quella iniziale alla data della costruzione T_o .

$$\Delta T_u = T - T_o$$

Sul territorio nazionale, i valori massimi e minimi di temperatura dell'aria esterna e il valore di T_o (DM 2008) sono definiti dai seguenti valori:

$$T_{\min} = -15^\circ\text{C}$$

$$T_{\max} = +45^\circ\text{C}$$

$$T_o = 15^\circ\text{C}$$

Da cui:

$$\Delta T_{u\max}(\text{exp}) = T_{\max} - T_o = 45 - 15 = 30^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{u\max}(\text{con}) = T_o - T_{\min} = 15 - (-15) = 30^\circ\text{C} \text{ ovvero:}$$

$$\Delta T_u = \pm 30^\circ\text{C}$$

Tali variazioni vanno considerate per calcolare le deformazioni delle travi principali che appoggi e giunti devono assorbire.

| DEFORMAZIONI TRASVERSALI | | | |
|----------------------------|---------|------------------|---------|
| Variazioni termiche | | | |
| ΔT | 60 | $^\circ\text{C}$ | |
| Lunghezza impalcato | 6 | m | |
| k dilatazione cls | 0.00001 | | |
| ϵ | 0.0006 | | |
| ΔL | 0.0036 | m | 0.36 cm |

| DEFORMAZIONI LONGITUDINALI | | | | |
|----------------------------|---------|----|--|---------|
| Variazioni termiche | | | | |
| ΔT | 60 | °C | | |
| Lunghezza impalcato | 155 | m | | |
| k dilatazione cls | 0.00001 | | | |
| ϵ | 0.0006 | | | |
| ΔL | 0.093 | m | | 9.30 cm |

6.3.2.2 Variazioni termiche lineari ΔT_M

In accordo alla EN 1991-1-1-5 si adotta un gradiente termico discontinuo corrispondente a una differenza di temperatura di +/- 10°C tra la soletta in cls e la trave in acciaio e si procede al calcolo delle sollecitazioni come nel caso del ritiro, visto in precedenza.

Effetto isostatico gradiente termico

Alla sollecitazione da gradiente termico, corrisponde sulla soletta uno sforzo (trazione/compressione) pari a

$$\sigma_T = \alpha \times \Delta T \times E_c = 0.00001 \times 10 \times 34'077 = 3.4 \text{ Mpa}$$

e sulla singola trave (n° travi = 2) una azione N (compressione/trazione) eccentrica pari a

$$N_T = \sigma_T A_c / 2 = 3.4 \times 3'380'000 / 2 = 5'750 \text{ kN}$$

Il momento dovuto alla eccentricità di N rispetto al baricentro della sezione composta è calcolato sulla base della distanza baricentro trave - baricentro soletta. Nel caso in esame risulta:

$$M_R = N_R \times e = 5'750 \times 1.38 \text{ m} = 7'925 \text{ kNm}$$

6.3.3 Frenatura

La forza di frenatura, valutata in accordo alla norma UNI EN 1991-2, è data da un'azione longitudinale funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1. La sua intensità è pari a:

$$Q_{1k} = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L$$

Dove:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$$

$$w_1 = 3.0 \text{ m}$$

$$L = 155 \text{ m}$$

Tale valore deve inoltre risultare: $180 < Q_{1k} < 900 \text{ kN}$

$$Q_{1k} = 0.6 \times (2 \times 300) + 0.10 \times 9 \times 3 \times 155 = 778.5 \text{ kN}$$

Si distribuisce la forza sulla travata; considerando la rigidità della soletta nel suo piano, si assume che la forza calcolata si ripartisca sulle due travi. Si ha quindi (su una trave)

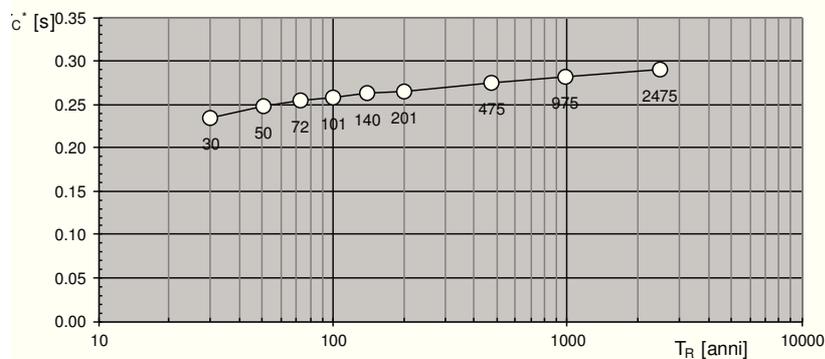
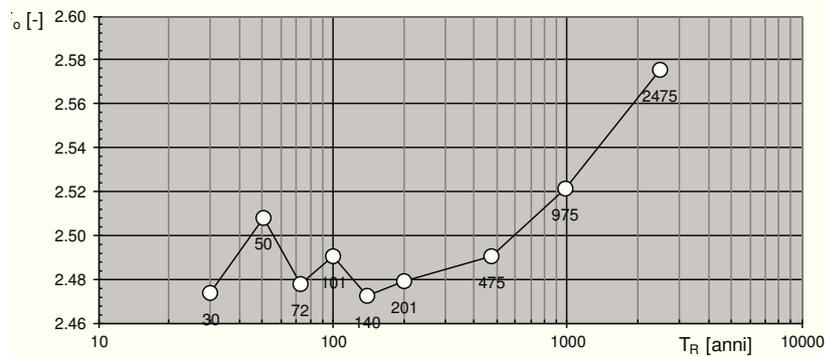
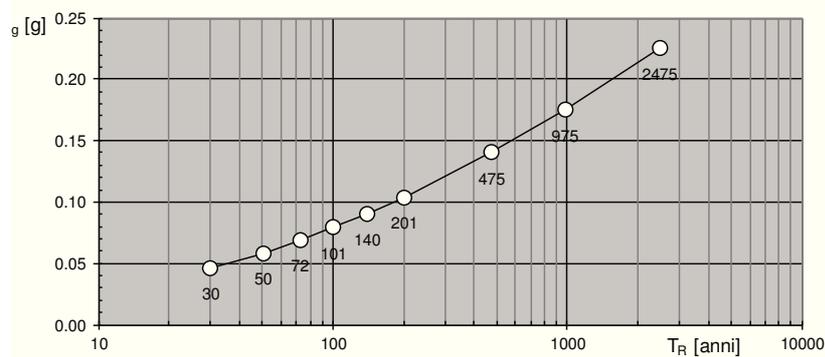
$$q_h = 778.5 / 2 / 155 = 2.51 \text{ kN/m}$$

6.3.4 Azioni sismiche

Con riferimento a quanto espresso nel DM 14/01/2008 nei capitoli 3.2 e 7.9 si procede al calcolo delle azioni sismiche.

Il ponte è situato nelle vicinanze di Monticiano in provincia di Siena, in zona sismica di categoria 3. I parametri del luogo sono i seguenti:

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



La struttura in oggetto è un ponte di importanza strategica con classe d'uso IV, pertanto la vita nominale del ponte è maggiore o uguale a 200 anni. Di conseguenza sono stati ricavati i parametri a_g , F_o , T_C^* relativi a tale

periodo di ritorno.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno S

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| SLO | 120 | 0.085 | 2.481 | 0.260 |
| SLD | 201 | 0.104 | 2.479 | 0.264 |
| SLV | 1898 | 0.210 | 2.560 | 0.287 |
| SLC | 2475 | 0.226 | 2.575 | 0.289 |

7 IMPALCATO - RISULTATI DELL'ANALISI

Per il calcolo delle caratteristiche della sollecitazione interna sono stati analizzati diversi modelli di calcolo in Midas, con i quali sono state schematizzate le diverse fasi costruttive e di comportamento della struttura che costituisce l'opera in esame. Si definiscono di seguito i modelli esaminati con le relative condizioni di carico.

Modello 1 (Fase 1)

$n = \infty \Rightarrow$ solo trave metallica

Condizioni di carico elementari considerate:

Peso proprio struttura

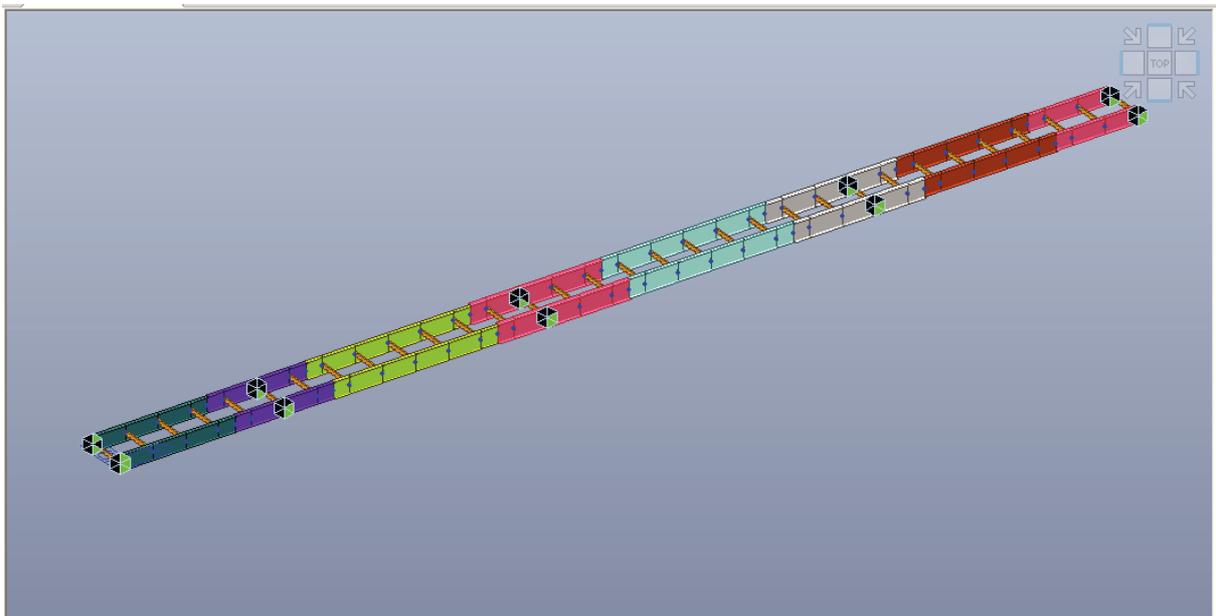


Figura 7: Modello Midas - Fase 1

Modello 2 (Fase 2)

$n = n_L \Rightarrow$ trave metallica + soletta

Condizioni di carico elementari considerate:

Carichi permanenti portati

Azioni dovute al terreno

Ritiro del calcestruzzo

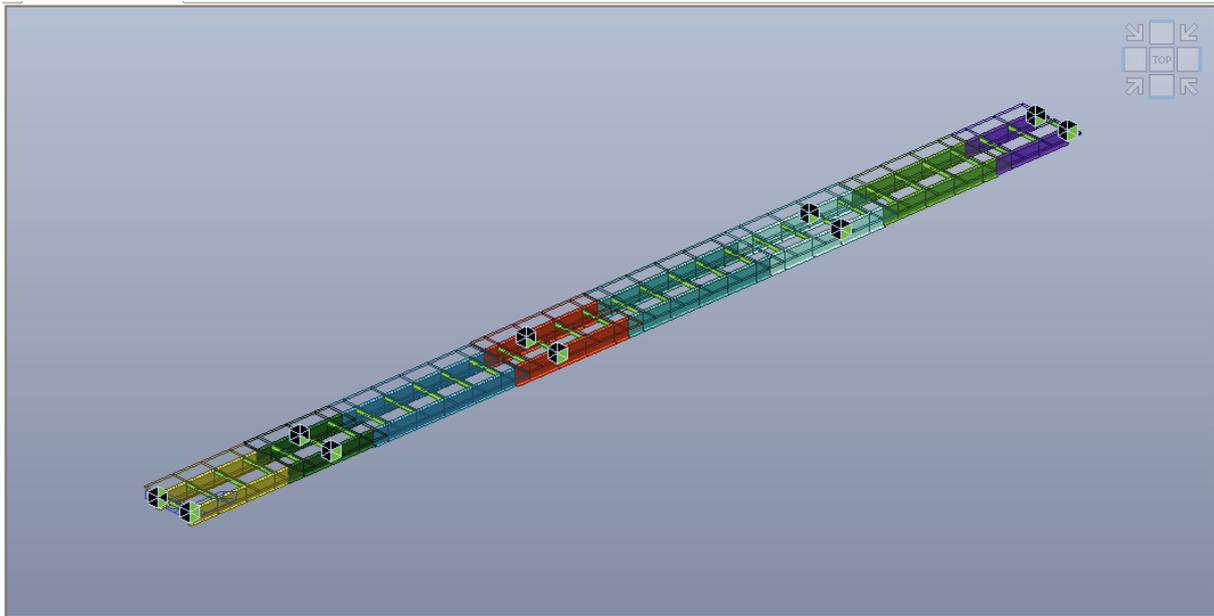


Figura 8: Modello Midas - Fase 2

Modello 3 (Fase 3)

$n = n_0 \Rightarrow$ trave metallica + soletta

Condizioni di carico elementari considerate:

Carichi mobili sistema TS

Carichi mobili sistema UDL

Gradiente termico

Azioni dovute al terreno in presenza di sisma

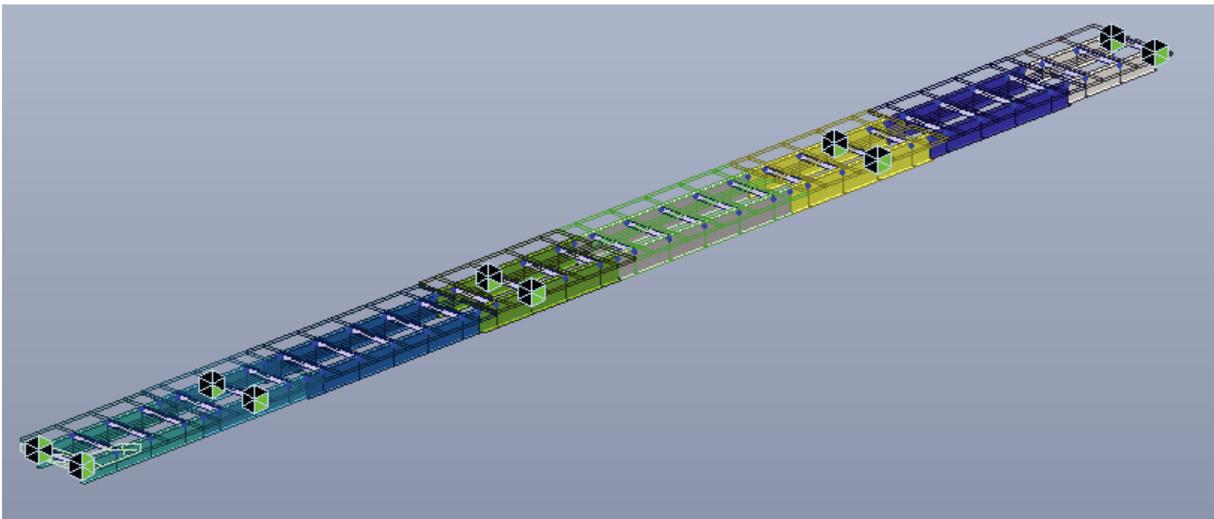
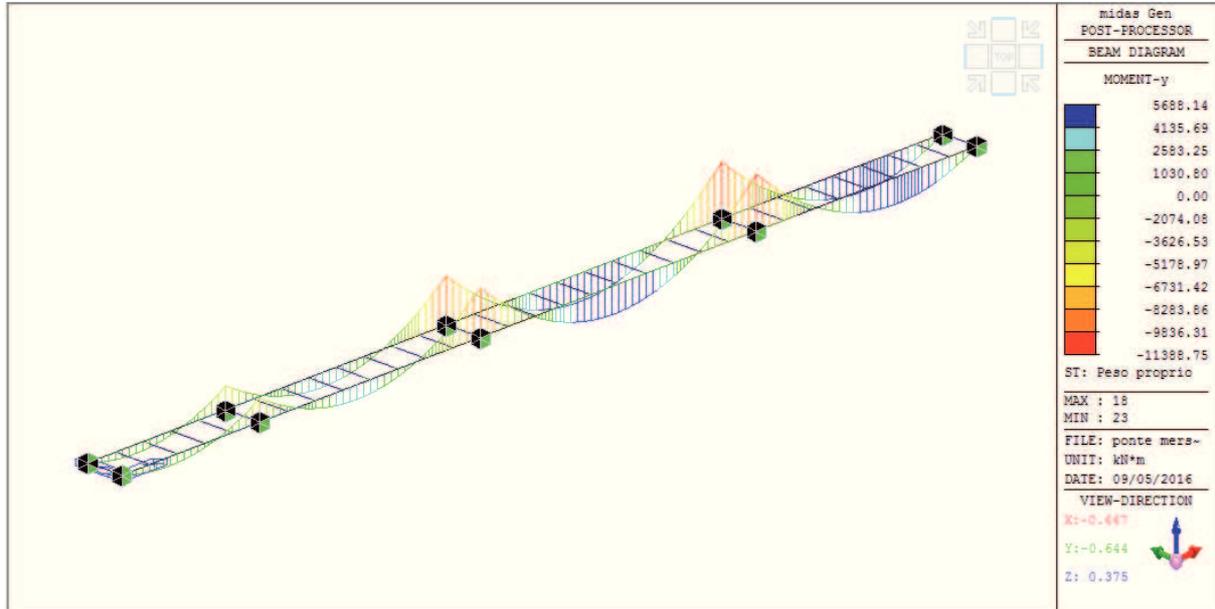


Figura 9: Modello Midas - Fase 3

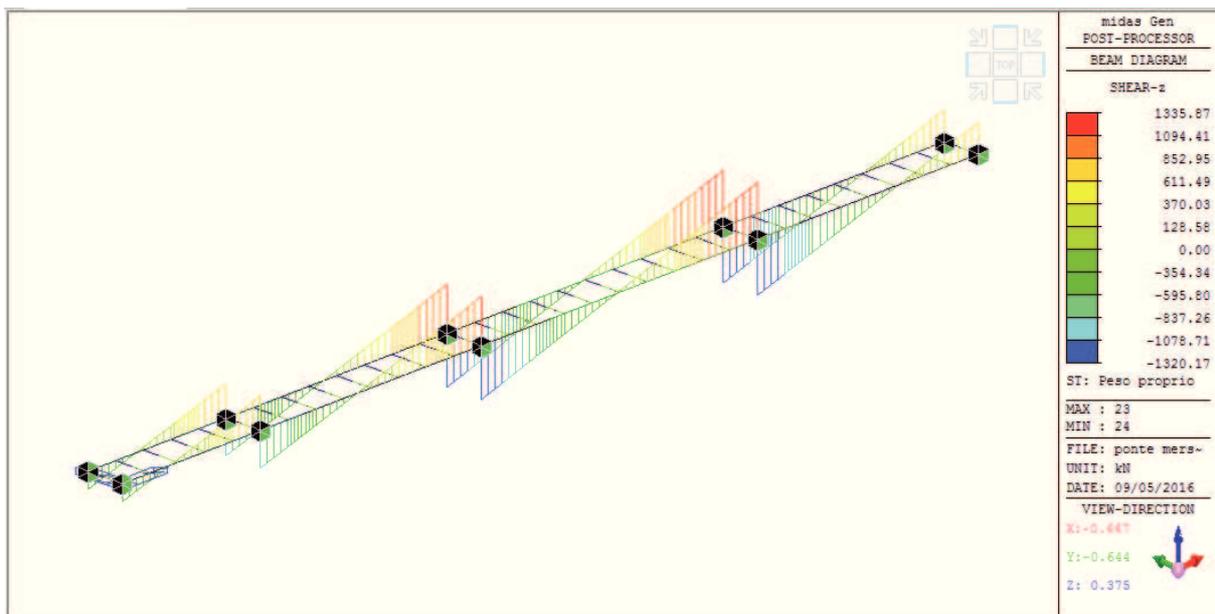
Di seguito si riportano sinteticamente le sollecitazioni utilizzate per le combinazioni e le verifiche mediante i diagrammi delle azioni interne per ciascuna condizione di carico esaminata.

7.1 FASE 1

7.1.1 Peso proprio – Momento flettente

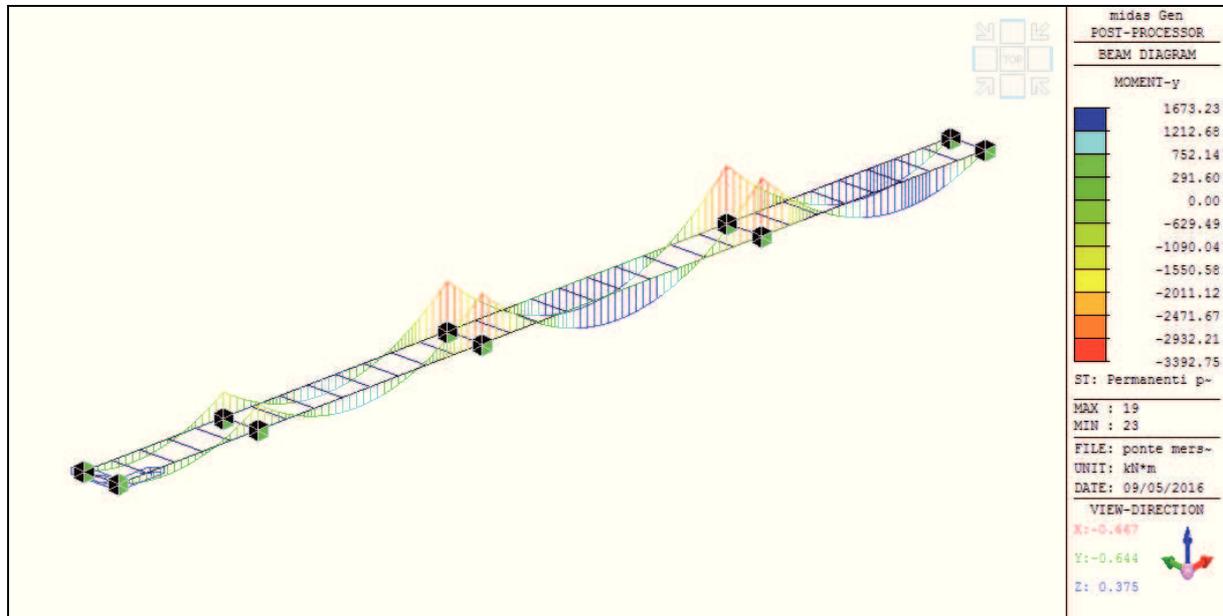


7.1.2 Peso proprio – Taglio

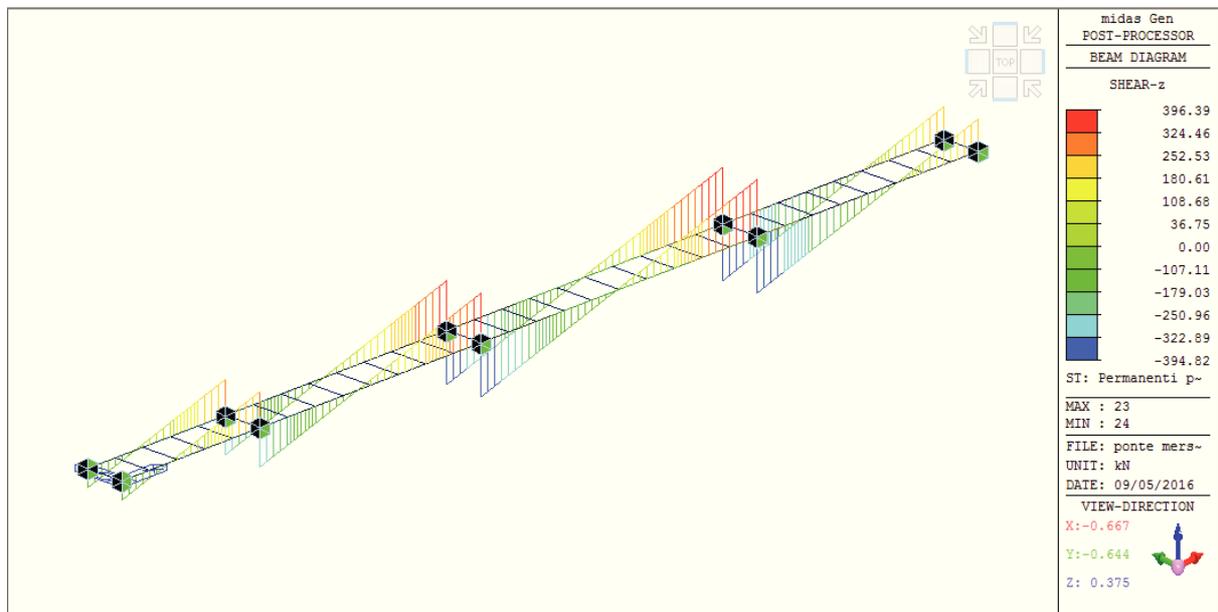


7.2 FASE 2

7.2.1 Permanenti – Momento flettente

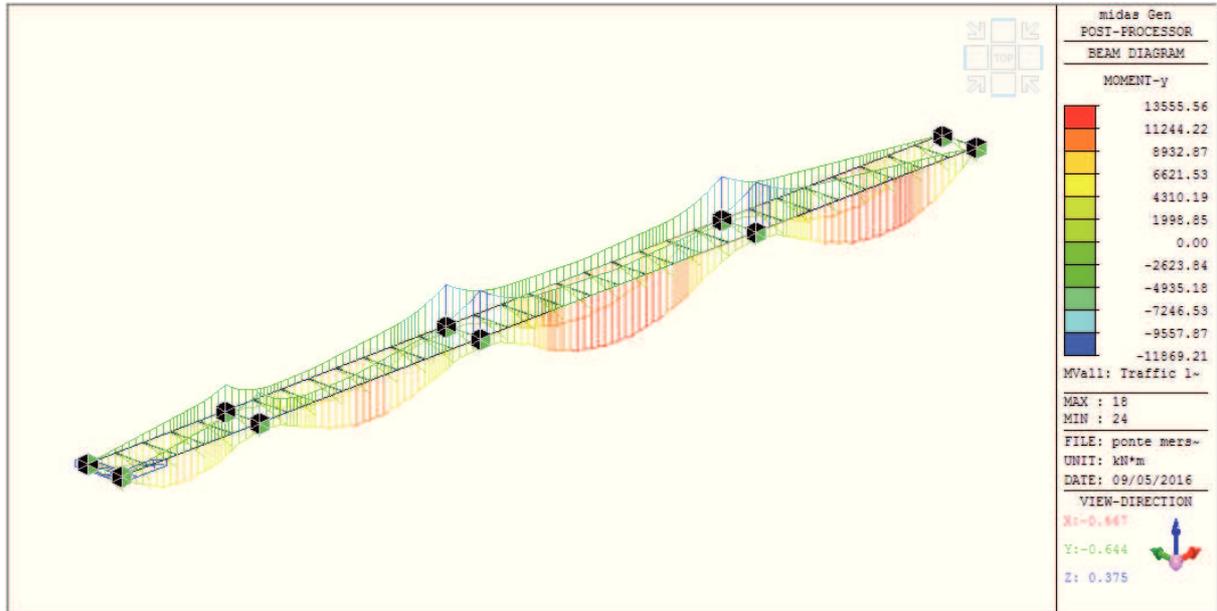


7.2.2 Permanenti – Taglio

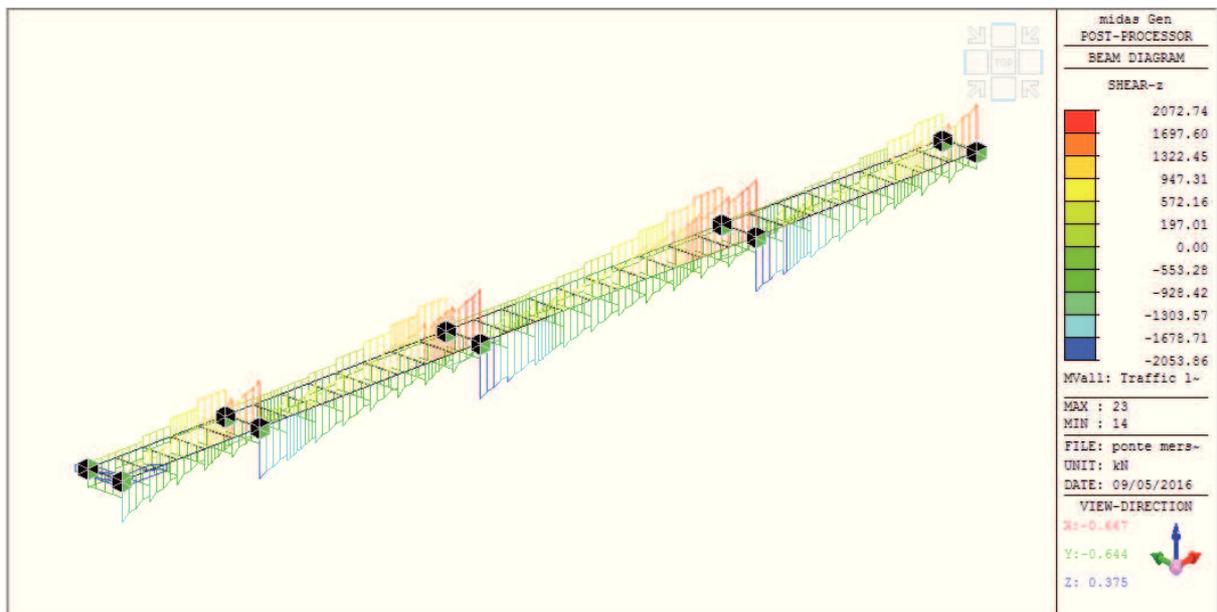


7.3 FASE 3

7.3.1 Traffico mobile – Momento flettente



7.3.2 Traffico mobile – Taglio



7.3.3 Impalcato – Combinazioni di carico

Si riportano nel seguito le combinazioni di carico considerate per il calcolo dell'impalcato allo SLU e allo SLE, definite in accordo al DM 2008 e calcolate nel seguito per le sezioni di verifica.

Notazioni:

G_{1k} = Val.caratt. carico perm. (PP)

G_{2k} = Val.caratt. carico perm. non strutturale

TS = Val.caratt. sistema tandem (schema 1)

UDL = Val.caratt. car. traff.distrib. (schema 1)

Q_k = Val.caratt. tot. az. traffico (TS+UDL+qf)

S = Val. caratt. azioni da ritiro

T_k = Val. caratt. azioni da variazione termica

7.4 COMBINAZIONI DI CARICO SLU

7.4.1 Combinazione fondamentale (carico da traffico dominante)

$$\gamma_{G1} \times G_{1k} + \gamma_{G2} \times G_{2k} + \gamma_{G3} \times G_{3k} + \gamma_Q \times Q_{1k} + \sum_i \gamma_i \times \Psi_{oi} \times Q_i$$

Combinazioni di verifica

$$1.35 (1.00) \times G_{1k} + 1.35 (1.00) \times G_{2k} + 1.35 (1.00) \times G_{3k} + 1.35 (0.00) \times Q_k + 1.2 (0.00) \times S + 1.2 \times 0.6 (0.00) \times T$$

7.4.2 Combinazione fondamentale (sismica)

$$E + G_{1k} + G_{2k} + G_{3k} + \sum_i \Psi_{2i} \times Q_i$$

Combinazioni di verifica

$$E + G_{1k} + G_{2k} + G_{3k} + 0.2 \times (TS + UDL + folla)$$

7.5 COMBINAZIONI DI CARICO SLE

Si sviluppano analogamente le condizioni a SLE che saranno utilizzate per il calcolo delle azioni a SLE.

7.5.1 Combinazione caratteristica (rara) (carico da traffico dominante)

$$G_{1k} + G_{2k} + G_{3k} + Q_{1k} + \sum_i \Psi_{oi} \times Q_i$$

Combinazioni di verifica

$$G_{1k} + G_{2k} + G_{3k} + 1.00 (0.00) \times Q_k + 1.00 (0.00) \times S + 0.6 (0.00) \times T$$

7.5.2 Combinazione frequente (carico da traffico dominante)

$$G_{1k} + G_{2k} + G_{3k} + \Psi_1 \times Q_{1k} + \sum_i \Psi_{2i} \times Q_i$$

Combinazioni di verifica

$$G_{1k} + G_{2k} + G_{3k} + 0.75/0.40 (0.00) \times Q_k + 1.00 (0.00) \times S + 0.5 (0.00) \times T$$

7.5.3 Combinazione quasi-permanente

$$G_{1k} + G_{2k} + G_{3k} + \sum_i \Psi_{2i} \times Q_i$$

Combinazioni di verifica

$$G_{1k} + G_{2k} + G_{3k} + 1.00 (0.00) \times S + 0.5 (0.00) \times T$$

8 VERIFICHE IMPALCATO

8.1 VERIFICHE IMPALCATO IN FASE 1

Le verifiche delle membrature sono effettuate in automatico dal software Midas, che sono riassunte nella tabella successiva:

| CHK | MEMB | SECT | SE | Section | | LCB | Len | Ly | Ky | Bmy | N_Ed | MbEd | MyEd | MzEd | Def |
|-----|-------|-------|----|----------|--------|-----|---------|---------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|------|
| | | | | Material | Fy | | Lb | Lz | Kz | Bmz | N_Rd | Mb_Rd | My_Rd | Mz_Rd | Defa |
| OK | 210 | 1 | ┐ | IPE600 | | 1 | 6.00000 | 6.00000 | 1.000 | 1.000 | 0.00000 | 7.29539 | 7.29539 | 0.00000 | - |
| | 0.006 | 0.003 | | S355 | 355000 | | 0.00000 | 6.00000 | 1.000 | 1.000 | 5274.29 | 0.00000 | 1187.39 | 162.297 | - |
| OK | 33 | 10 | ┐ | Concio 1 | | 1 | 5.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 0.00000 | 3522.49 | 3522.49 | 0.00000 | - |
| | 0.190 | 0.064 | | S355 | 355000 | | 0.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 28089.0 | 0.00000 | 18547.1 | 1185.58 | - |
| OK | 5 | 11 | ┐ | Concio 2 | | 1 | 5.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 0.00000 | -8189.4 | -8189.4 | 0.00000 | - |
| | 0.448 | 0.271 | | S355 | 355000 | | 0.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 30117.5 | 0.00000 | 18290.0 | 1469.94 | - |
| OK | 9 | 12 | ┐ | Concio 3 | | 1 | 5.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 0.00000 | 5408.07 | 5408.07 | 0.00000 | - |
| | 0.238 | 0.033 | | S355 | 355000 | | 0.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 33180.7 | 0.00000 | 22709.5 | 1187.41 | - |
| OK | 44 | 13 | ┐ | Concio 4 | | 1 | 5.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 0.00000 | -18304 | -18304 | 0.00000 | - |
| | 0.470 | 0.279 | | S355 | 355000 | | 0.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 46697.7 | 0.00000 | 38985.6 | 3205.61 | - |
| OK | 18 | 14 | ┐ | Concio 5 | | 1 | 5.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 0.00000 | 9422.16 | 9422.16 | 0.00000 | - |
| | 0.334 | 0.053 | | S355 | 355000 | | 0.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 40023.7 | 0.00000 | 28174.8 | 1866.94 | - |
| OK | 23 | 15 | ┐ | Concio 6 | | 1 | 5.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 0.00000 | -21611 | -21611 | 0.00000 | - |
| | 0.554 | 0.323 | | S355 | 355000 | | 0.00000 | 5.00000 | 1.000 | 1.000 | 46697.7 | 0.00000 | 38985.6 | 3205.61 | - |
| OK | 29 | 16 | ┐ | Concio 7 | | 1 | 2.50000 | 2.50000 | 1.000 | 1.000 | 0.00000 | 9274.11 | 9274.11 | 0.00000 | - |
| | 0.378 | 0.021 | | S355 | 355000 | | 0.00000 | 2.50000 | 1.000 | 1.000 | 37826.1 | 0.00000 | 24540.8 | 1866.63 | - |
| OK | 233 | 17 | ┐ | Concio 8 | | 1 | 2.50000 | 2.50000 | 1.000 | 1.000 | 0.00000 | 9134.19 | 9134.19 | 0.00000 | - |
| | 0.458 | 0.071 | | S355 | 355000 | | 0.00000 | 2.50000 | 1.000 | 1.000 | 32747.9 | 0.00000 | 19963.6 | 1865.26 | - |

Lo sfruttamento del materiale è ben riassunto nell'immagine seguente, che mostra come le zone di appoggio sulle pile risultino le sezioni critiche.

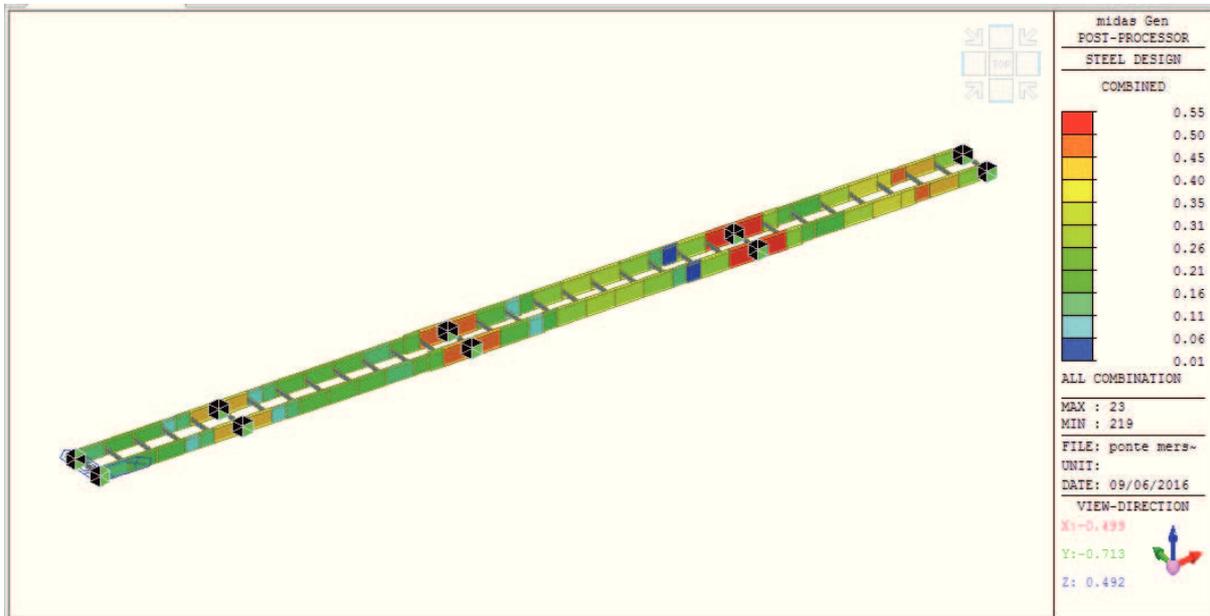


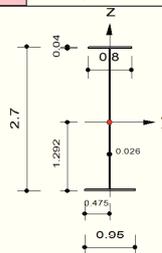
Figura 10: sfruttamento dell'acciaio

Si riporta inoltre le verifiche, a titolo di esempio, delle sezioni maggiormente sollecitate:

| | | | | |
|---|---------|--|---------------|-----------------------------------|
|  | Company | | Project Title | |
| | Author | | File Name | D:\...\ponte merse 1 fase_0.3.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
 Unit System : kN, m
 Member No : 23
 Material : S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name : Concio 6 (No:15)
 (Built-up Section).
 Member Length : 5.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 0.00000 (LCB: 1, POS:J)
 Bending Moments My = -21611, Mz = 0.00000
 End Moments Myi = -10661, Myj = -21611 (for Lb)
 Myi = -10661, Myj = -21611 (for Ly)
 Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.00000 (LCB: 1, POS:I)
 Fzz = 2426.30 (LCB: 1, POS:J)

| | | | |
|-------------|---------|-------------|---------|
| Depth | 2.70000 | Web Thick | 0.02600 |
| Top F Width | 0.80000 | Top F Thick | 0.04000 |
| Bot.F Width | 0.95000 | Bot.F Thick | 0.04000 |
| Area | 0.13812 | Asz | 0.07020 |
| Qyb | 2.64344 | Qzb | 0.09641 |
| Iyy | 0.16233 | Izz | 0.00450 |
| Ybar | 0.47500 | Zbar | 1.29222 |
| Wely | 0.11531 | Welz | 0.00948 |
| ry | 1.08410 | rz | 0.18057 |

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 5.00000, Lz = 5.00000, Lb = 0.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

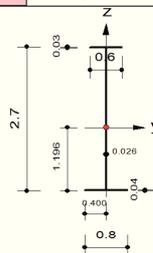
4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $L/r = 27.7 < 300.0$ (Memb:23, LCB: 1)..... O.K
 Axial Resistance
 $N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.0/46697.7 = 0.000 < 1.000$ O.K
 Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 21610.8/38985.6 = 0.554 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.00/3205.61 = 0.000 < 1.000$ O.K
 Combined Resistance
 $R_{com} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$, $R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$
 $R_{max} = \text{MAX}[R_{NRd}, (R_{com} + R_{bend})] = 0.554 < 1.000$ O.K
 Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.000 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.323 < 1.000$ O.K

| | | | | |
|---|---------|--|---------------|-----------------------------------|
|  | Company | | Project Title | |
| | Author | | File Name | D:\...\ponte merse 1 fase_0.3.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
 Unit System : kN, m
 Member No : 18
 Material : S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name : Concio 5 (No:14)
 (Built-up Section).
 Member Length : 5.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 0.00000 (LCB: 1, POS:3/4)
 Bending Moments My = 9422.16, Mz = 0.00000
 End Moments Myi = 8577.00, Myj = 9414.80 (for Lb)
 Myi = 8577.00, Myj = 9414.80 (for Ly)
 Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.00000 (LCB: 1, POS:I)
 Fzz = -398.82 (LCB: 1, POS:I)

| | | | |
|-------------|---------|-------------|---------|
| Depth | 2.70000 | Web Thick | 0.02600 |
| Top F Width | 0.60000 | Top F Thick | 0.03000 |
| Bot.F Width | 0.80000 | Bot.F Thick | 0.04000 |
| Area | 0.11838 | Asz | 0.07020 |
| Qyb | 2.11641 | Qzb | 0.06500 |
| Iyy | 0.12530 | Izz | 0.00221 |
| Ybar | 0.40000 | Zbar | 1.19636 |
| Wely | 0.08333 | Welz | 0.00552 |
| ry | 1.02883 | rz | 0.13660 |

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 5.00000, Lz = 5.00000, Lb = 0.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $L/r = 36.6 < 300.0$ (Memb:18, LCB: 1)..... O.K
 Axial Resistance
 $N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.0/40023.7 = 0.000 < 1.000$ O.K
 Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 9422.2/28174.8 = 0.334 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.00/1866.94 = 0.000 < 1.000$ O.K
 Combined Resistance
 $R_{com} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$, $R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$
 $R_{max} = \text{MAX}[R_{NRd}, (R_{com} + R_{bend})] = 0.334 < 1.000$ O.K
 Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.000 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.053 < 1.000$ O.K

8.2 IMPALCATO – FASE 3 – VERIFICHE DI RESISTENZA A SLU

Le verifiche delle membrature sono effettuate in automatico mediante un foglio Excel, con il quale, a partire dalle caratteristiche di sollecitazione, vengono eseguite le seguenti operazioni (trave principale):

- calcolo delle tensioni normali σ_x e tangenziali in corrispondenza dei punti di interesse della trave metallica (indici: estradosso ala sup = ss; estradosso anima = s; intradosso anima = i; intradosso ala inf = ii).
- calcolo delle tensioni ideali σ_{id} .
- calcolo delle tensioni normali σ_x in corrispondenza dei punti di interesse della soletta in cls.

Le verifiche tensionali vengono effettuate con riferimento allo S.L.U. elastico della sezione. La tabella seguente sintetizza gli sforzi massimi (valori assoluti) riscontrati nella trave metallica nelle verifiche, che sono riportate per esteso nelle pagine successive (da cui si ricava che anche gli sforzi in soletta e nell'armatura di acciaio sono inferiori ai valori limite).

| Concio tipo | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------------------|--|----------------------|----------------------|--|--------------|-----------------------------|----------|------------------------------|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | | S 355 | | | | | | | | | | | | | |
| fyk | | 355 [N/mm ²] | | ε | | 0.81 | | | | | | | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | | | | | | |
| Anima | 22 | 2'140 | 47080 | 1.80E+10 | 3.70 | 95.45 | 3 | | | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | | | | | | |
| Totale | | 2'200 | 83'080 | | 6.52 | | 3 classe sezione composta | | | | | | | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso | | 0.06 m | | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso | | 0.03 m | | | | | | | | | |
| | | | | h predalles | | 0.06 m | | | | | | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 1.085 | 0.021 | 0.021 | | | | | | |
| Anima | 0.022 | 2.140 | 0.0471 | 1.100 | 0.052 | 0.01796730 | - | - | 0.018 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | -1.085 | 0.021 | 0.021 | | | | | | |
| Totale | | 2.200 | 0.0831 | 1.100 | 0.091 | 0.01797000 | | | 0.0604 | | | | | | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.432 | 0.003 | 0.003 | | | | | | |
| Anima | 0.022 | 2.140 | 0.0471 | 1.100 | 0.052 | 0.01796730 | -0.653 | 0.020 | 0.038 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | -1.738 | 0.054 | 0.054 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.380 | 0.090 | 0.00018113 | 0.627 | 0.015 | 0.015 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.380 | 0.090 | 0.00018113 | 0.627 | 0.015 | 0.015 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.440 | 0.014 | 0.00000144 | 0.687 | 0.003 | 0.003 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.290 | 0.013 | 0.00000144 | 0.537 | 0.002 | 0.002 | | | | | | |
| Totale | | 2.5000 | 0.1698 | 1.753 | 0.2976 | | | | 0.1301 | | | | | | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.173 | 0.001 | 0.001 | | | | | | |
| Anima | 0.022 | 2.140 | 0.0471 | 1.100 | 0.052 | 0.01796730 | -0.912 | 0.039 | 0.057 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | -1.997 | 0.072 | 0.072 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.380 | 0.232 | 0.00046753 | 0.368 | 0.013 | 0.014 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.380 | 0.232 | 0.00046753 | 0.368 | 0.013 | 0.014 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.440 | 0.014 | 0.00000144 | 0.428 | 0.001 | 0.001 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.290 | 0.013 | 0.00000144 | 0.278 | 0.000 | 0.000 | | | | | | |
| Totale | | 2.5000 | 0.2891 | 2.012 | 0.5817 | | | | 0.1582 | | | | | | |
| Momenti d'inerzia | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE 1 | FASE 2 | FASE 3 | | | | | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.060 | [m ⁴] | JG | 0.130092 | [m ⁴] | JG | 0.158 | [m ⁴] | | | | | | |
| Area | A | 0.083 | [m ²] | A | 0.169811 | [m ²] | A | 0.289 | [m ²] | | | | | | |
| W soletta superiore | Wcs | - | [m ³] | Wcs | -2.768158 | [m ³] | Wcs | -1.996 | [m ³] | | | | | | |
| W armature sup | Was | - | [m ³] | Was | -0.189298 | [m ³] | Was | -0.369 | [m ³] | | | | | | |
| W armature inf | Wai | - | [m ³] | Wai | -0.242151 | [m ³] | Wai | -0.568 | [m ³] | | | | | | |
| W soletta inferiore | Wci | - | [m ³] | Wci | -4.077925 | [m ³] | Wci | -3.925 | [m ³] | | | | | | |
| W acciaio superiore | Wss | -0.055 | [m ³] | Wss | -0.290881 | [m ³] | Wss | -0.840 | [m ³] | | | | | | |
| W acciaio anima sup | Wsi | -0.056 | [m ³] | Wsi | -0.311796 | [m ³] | Wsi | -0.999 | [m ³] | | | | | | |
| W acciaio anima inf | Wii | 0.056 | [m ³] | Wii | 0.075513 | [m ³] | Wii | 0.080 | [m ³] | | | | | | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.055 | [m ³] | Wii | 0.074221 | [m ³] | Wii | 0.079 | [m ³] | | | | | | |
| Sx superiore | Sxs | 0.01953 | [m ³] | Sxs | 0.062012 | [m ³] | Sxs | 0.07886 | [m ³] | | | | | | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.01953 | [m ³] | Sxi | 0.031280 | [m ³] | Sxi | 0.03594 | [m ³] | | | | | | |
| Combinazioni di carico a SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE | Momento flettente [kNm] | Taglio [kN] | Sforzo normale [kN] | Momento torcente [kNm] | | | | | | | | | | | |
| Fase 1 | 2487 | 0 | 0 | 0 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Sforzi nella soletta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>σ sol ritiro</td> <td>52.2 [daN/cm²]</td> </tr> <tr> <td>σ sol ΔT</td> <td>24.48 [daN/cm²]</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | Sforzi nella soletta | | σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] |
| Sforzi nella soletta | | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 2 | 783 | 0 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Fase 3 | 9751 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| TOTALE | 13020.75 | 0 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Verifica delle tensioni | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fase 1 [daN/cm ²] | Fase 2 [daN/cm ²] | Fase 3 [daN/cm ²] | TOTALE [daN/cm ²] | σ ideale [daN/cm ²] | | | | | | | | | | |
| σ soletta superiore | | 23.02 | 16.55 | 39.57 | | | | | | | | | | | |
| σ armature sup | | -502.46 | -263.97 | -766.44 | | | | | | | | | | | |
| σ armature inf | | -493.44 | -171.54 | -664.97 | | | | | | | | | | | |
| σ soletta inferiore | | 20.08 | -4.03 | 16.05 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio superiore | -453.25 | -488.02 | -116.08 | -1'057.35 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima sup | -440.89 | -486.21 | -97.59 | -1'024.69 | 1'024.69 | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima inf | 440.89 | 357.41 | 1'221.14 | 1'304.62 | 1'304.62 | | | | | | | | | | |
| σ acciaio inferiore | 453.25 | 355.60 | 1'239.63 | 1'337.28 | | | | | | | | | | | |
| τ sup | - | - | - | - | | | | | | | | | | | |
| τ inf | - | - | - | - | | | | | | | | | | | |
| τ pannello max | - | - | - | - | | | | | | | | | | | |

| Concio tipo C2 | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|--|----------------------|
| Sezione metallica | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo S 355 | | | | | | | | | |
| fyk 355 [N/mm²] ε 0.81 | | | | | | | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | |
| Anima | 22 | 2'130 | 46'860 | 1.77E+10 | 3.68 | 95.00 | 3 | | |
| Piattabanda inferiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | |
| Totali | | 2'200 | 96'860 | | 7.60 | | 3 classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | |
| 26 | 0.2 | 28,00 | 0,0149 | copriferro estradosso | | | 0.06 m | | |
| 26 | 0.2 | 28,00 | 0,0149 | copriferro intradosso | | | 0.03 m | | |
| | | | | h predalles | | | 0.06 m | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 1.238 | 0.028 | 0.028 |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | 0.158 | 0.001 | 0.019 |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 0.927 | 0.028 | 0.028 |
| Totali | | 2.200 | 0.0969 | 0.947 | 0.092 | 0.01772221 | | | 0.0740 |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.905 | 0.015 | 0.015 |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | - 0.175 | 0.001 | 0.019 |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.260 | 0.051 | 0.051 |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.380 | - | - | 1.100 | - | - |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.380 | - | - | 1.100 | - | - |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.440 | 0.036 | 0.00001005 | 1.160 | 0.020 | 0.020 |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.290 | 0.034 | 0.00001005 | 1.010 | 0.015 | 0.015 |
| Totali | | 2.5000 | 0.1266 | 1.280 | 0.1621 | | | | 0.1199 |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.905 | 0.015 | 0.015 |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | - 0.175 | 0.001 | 0.019 |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.260 | 0.051 | 0.051 |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.380 | - | - | 1.100 | - | - |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.380 | - | - | 1.100 | - | - |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.440 | 0.036 | 0.00001005 | 1.160 | 0.020 | 0.020 |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.290 | 0.034 | 0.00001005 | 1.010 | 0.015 | 0.015 |
| Totali | | 2.5000 | 0.1266 | 1.280 | 0.1621 | | | | 0.1199 |
| Combinazioni di carico a SLU | | | | | | | | | |
| FASE | Momento flettente [kNm] | Taglio [kN] | Sforzo normale [kN] | Momento torcente [kNm] | | | | | |
| Fase 1 | -6450 | 1191 | 0 | 0 | Sforzi nella soletta σ sol ritiro 52.2 [daN/cm ²] σ sol ΔT 24.48 [daN/cm ²] | | | | |
| Fase 2 | -2013 | 342 | -7830 | 0 | | | | | |
| Fase 3 | -9981 | 2511 | 0 | 0 | | | | | |
| TOTALE | -18443.7 | 4043.25 | -7830 | 0 | | | | | |
| Verifica delle tensioni | | | | | | | | | |
| | Fase 1 [daN/cm ²] | Fase 2 [daN/cm ²] | Fase 3 [daN/cm ²] | TOTALE [daN/cm ²] | σ ideale [daN/cm ²] | | | | |
| σ soletta superiore | | 14.11 | 51.24 | 65.35 | | | | | |
| σ armature sup | - 423.81 | - 965.47 | - 765.68 | - 1'954.96 | 1'791.43 | | | | |
| σ armature inf | - 448.99 | - 840.60 | - 1'032.45 | - 2'650.23 | 2'881.63 | | | | |
| σ soletta inferiore | | 10.95 | 21.49 | 32.44 | | | | | |
| σ acciaio superiore | 1'092.30 | - 464.10 | 765.68 | 1'393.88 | | | | | |
| σ acciaio anima sup | 1'066.14 | - 469.14 | 740.70 | 1'337.71 | | | | | |
| σ acciaio anima inf | - 791.05 | - 826.74 | - 1'032.45 | - 2'650.23 | | | | | |
| σ acciaio inferiore | - 825.92 | - 833.46 | - 1'065.74 | - 2'725.13 | | | | | |
| τ sup | 163.00 | 62.85 | 462.08 | 687.94 | | | | | |
| τ inf | 217.08 | 52.22 | 383.91 | 653.22 | | | | | |
| τ pannello max | | | | 862.84 | | | | | |

| Concio tipo (C) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------------------|--|----------------------|----------------------|--|--------------|-----------------------------|----------|------------------------------|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo S 355 | | | | | | | | | | | | | | | |
| fyk 355 [N/mm ²] ε 0.81 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | | | | | | |
| Anima | 26 | 2'390 | 62'140 | 2.96E+10 | 4.88 | 90.38 | 3 | | | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | | | | | | |
| Totali | | 2'450 | 98'140 | | 7.70 | | 3 classe sezione composta | | | | | | | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso 0.06 m | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso 0.03 m | | | | | | | | | | | |
| | | | | h predalles 0.06 m | | | | | | | | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 1.210 | 0.026 | 0.026 | | | | | | |
| Anima | 0.026 | 2.390 | 0.0621 | 1.225 | 0.076 | 0.02957916 | - | 0.005 | 0.030 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | - 1.210 | 0.026 | 0.026 | | | | | | |
| Totali | | 2.450 | 0.0981 | 1.225 | 0.120 | 0.02958186 | | | 0.0823 | | | | | | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 0.552 | 0.005 | 0.005 | | | | | | |
| Anima | 0.026 | 2.390 | 0.0621 | 1.225 | 0.076 | 0.02957916 | - 0.658 | 0.027 | 0.057 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | - 1.868 | 0.063 | 0.063 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.630 | 0.099 | 0.00018113 | 0.747 | 0.021 | 0.021 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.630 | 0.099 | 0.00018113 | 0.747 | 0.021 | 0.021 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.690 | 0.015 | 0.00000144 | 0.807 | 0.004 | 0.004 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.540 | 0.014 | 0.00000144 | 0.657 | 0.002 | 0.002 | | | | | | |
| Totali | | 2.7500 | 0.1849 | 1.883 | 0.3482 | | | | 0.1734 | | | | | | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 0.259 | 0.001 | 0.001 | | | | | | |
| Anima | 0.026 | 2.390 | 0.0621 | 1.225 | 0.076 | 0.02957916 | - 0.951 | 0.056 | 0.086 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 0.015 | 0.000 | 0.00000135 | - 2.161 | 0.084 | 0.084 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.630 | 0.256 | 0.00046753 | 0.454 | 0.020 | 0.021 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.630 | 0.256 | 0.00046753 | 0.454 | 0.020 | 0.021 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.690 | 0.015 | 0.00000144 | 0.514 | 0.001 | 0.001 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.540 | 0.014 | 0.00000144 | 0.364 | 0.001 | 0.001 | | | | | | |
| Totali | | 2.7500 | 0.3042 | 2.176 | 0.6620 | | | | 0.2144 | | | | | | |
| Combinazioni di carico a SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE | Momento flettente [kNm] | Taglio [kN] | Sforzo normale [kN] | Momento torcente [kNm] | | | | | | | | | | | |
| Fase 1 | 4012 | 0 | 0 | 0 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Sforzi nella soletta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>σ sol ritiro</td> <td>52.2 [daN/cm²]</td> </tr> <tr> <td>σ sol ΔT</td> <td>24.48 [daN/cm²]</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | Sforzi nella soletta | | σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] |
| Sforzi nella soletta | | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 2 | 1245 | 0 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Fase 3 | 12844 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| TOTALE | 18101 | 0 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Verifica delle tensioni | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fase 1 [daN/cm ²] | Fase 2 [daN/cm ²] | Fase 3 [daN/cm ²] | TOTALE [daN/cm ²] | σ ideale [daN/cm ²] | | | | | | | | | | |
| σ soletta superiore | | 25.32 | 15.42 | 40.74 | | | | | | | | | | | |
| σ armature sup | | - 481.46 | - 307.85 | - 789.32 | | | | | | | | | | | |
| σ armature inf | | - 470.69 | - 217.98 | - 688.68 | | | | | | | | | | | |
| σ soletta inferiore | | 22.38 | - 5.27 | 17.11 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio superiore | - 597.28 | - 464.23 | - 164.06 | - 1'225.57 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima sup | - 582.65 | - 462.08 | - 146.09 | - 1'190.81 | 1'190.81 | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima inf | 582.65 | 290.48 | 1'285.87 | 1'578.04 | 1'578.04 | | | | | | | | | | |
| σ acciaio inferiore | 597.28 | 288.32 | 1'303.84 | 1'612.79 | | | | | | | | | | | |
| τ sup | - | - | - | - | | | | | | | | | | | |
| τ inf | - | - | - | - | | | | | | | | | | | |
| τ pannello max | - | - | - | - | | | | | | | | | | | |

| Concio tipo C3 | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|--|----------------------|
| Sezione metallica | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo S 355 | | | | | | | | | |
| fyk 355 [N/mm²] ε 0.81 | | | | | | | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | |
| Piattabanda superiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | |
| Anima | 26 | 2'620 | 68'120 | 3.90E+10 | 5.35 | 99.23 | 3 | | |
| Piattabanda inferiore | 950 | 40 | 38'000 | 5.07E+06 | 2.98 | 11.38 | 3 | | |
| Totale | | 2'700 | 138'120 | | 10.84 | | 3 classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | copriferro estradosso 0.06 m | | | | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | copriferro intradosso 0.03 m | | | | | |
| | | | | h predalles 0.06 m | | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 2.680 | 0.086 | 0.00000427 | 1.388 | 0.062 | 0.062 |
| Anima | 0.026 | 2.620 | 0.0681 | 1.350 | 0.092 | 0.03896691 | 0.058 | 0.000 | 0.039 |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | -1.272 | 0.062 | 0.062 |
| Totale | | 2.700 | 0.1381 | 1.292 | 0.178 | 0.03897624 | | | 0.1623 |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 2.680 | 0.086 | 0.00000427 | 1.109 | 0.039 | 0.039 |
| Anima | 0.026 | 2.620 | 0.0681 | 1.350 | 0.092 | 0.03896691 | -0.221 | 0.003 | 0.042 |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | -1.551 | 0.091 | 0.091 |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.940 | 0.044 | 0.00001005 | 1.369 | 0.028 | 0.028 |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.790 | 0.041 | 0.00001005 | 1.219 | 0.022 | 0.022 |
| Totale | | 3.0000 | 0.1679 | 1.571 | 0.2637 | | | | 0.2230 |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 2.680 | 0.086 | 0.00000427 | 1.109 | 0.039 | 0.039 |
| Anima | 0.026 | 2.620 | 0.0681 | 1.350 | 0.092 | 0.03896691 | -0.221 | 0.003 | 0.042 |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | -1.551 | 0.091 | 0.091 |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.940 | 0.044 | 0.00001005 | 1.369 | 0.028 | 0.028 |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.790 | 0.041 | 0.00001005 | 1.219 | 0.022 | 0.022 |
| Totale | | 3.0000 | 0.1679 | 1.571 | 0.2637 | | | | 0.2230 |
| Combinazioni di carico a SLU | | | | | | | | | |
| FASE | Momento flettente [kNm] | Taglio [kN] | Sforzo normale [kN] | Momento torcente [kNm] | | | | | |
| Fase 1 | -13257 | 1719 | 0 | 0 | Sforzi nella soletta σ sol ritiro 52.2 [daN/cm ²] σ sol ΔT 24.48 [daN/cm ²] | | | | |
| Fase 2 | -3990 | 510 | -7830 | 0 | | | | | |
| Fase 3 | -15310 | 2773 | 0 | 0 | | | | | |
| TOTALE | -32547 | 5002 | -7830 | 0 | | | | | |
| Verifica delle tensioni | | | | | | | | | |
| | Fase 1 [daN/cm ²] | Fase 2 [daN/cm ²] | Fase 3 [daN/cm ²] | TOTALE [daN/cm ²] | σ ideale [daN/cm ²] | | | | |
| σ soletta superiore | | 23.87 | 50.33 | 74.20 | | | | | |
| σ armature sup | | -222.18 | 939.85 | 717.67 | | | | | |
| σ armature inf | | -248.94 | 836.88 | 587.94 | | | | | |
| σ soletta inferiore | | 20.70 | 21.51 | 42.21 | | | | | |
| σ acciaio superiore | 1'149.63 | -265.00 | 775.10 | 1'659.73 | | | | | |
| σ acciaio anima sup | 1'116.96 | -272.14 | 747.65 | 1'592.47 | 1'901.21 | | | | |
| σ acciaio anima inf | -1'022.60 | -739.63 | -1'050.79 | -2'813.02 | 2'959.28 | | | | |
| σ acciaio inferiore | -1'055.27 | -746.76 | -1'078.25 | -2'880.28 | | | | | |
| τ sup | 180.82 | 65.09 | 353.71 | 599.61 | | | | | |
| τ inf | 196.84 | 51.86 | 281.78 | 530.48 | | | | | |
| τ pannello max | | | | 734.26 | | | | | |

| Concio tipo CS | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------|----------------------------------|--|----------------------|----------------------|--|--------------|-----------------------------|----------|------------------------------|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo S 355 | | | | | | | | | | | | | | | |
| fyk 355 [N/mm²] ε 0.81 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | | | | | | |
| Anima | 26 | 2'630 | 68'380 | 3.94E+10 | 5.37 | 99.62 | 3 | | | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | | | | | | | |
| Totali | | 2'700 | 118'380 | | 9.29 | | 3 classe sezione composta | | | | | | | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso 0.06 m | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso 0.03 m | | | | | | | | | | | |
| | | | | h predalles 0.06 m | | | | | | | | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.685 | 0.048 | 0.00000135 | 1.489 | 0.040 | 0.040 | | | | | | |
| Anima | 0.026 | 2.630 | 0.0684 | 1.355 | 0.093 | 0.03941480 | 0.159 | 0.002 | 0.041 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.176 | 0.044 | 0.044 | | | | | | |
| Totali | | 2.700 | 0.1184 | 1.196 | 0.142 | 0.03942042 | | | 0.1253 | | | | | | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.685 | 0.048 | 0.00000135 | 0.778 | 0.011 | 0.011 | | | | | | |
| Anima | 0.026 | 2.630 | 0.0684 | 1.355 | 0.093 | 0.03941480 | - 0.552 | 0.021 | 0.060 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 1.887 | 0.114 | 0.114 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.880 | 0.109 | 0.00018113 | 0.973 | 0.036 | 0.036 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.880 | 0.109 | 0.00018113 | 0.973 | 0.036 | 0.036 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.940 | 0.017 | 0.00000144 | 1.033 | 0.006 | 0.006 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.790 | 0.016 | 0.00000144 | 0.883 | 0.004 | 0.004 | | | | | | |
| Totali | | 3.0000 | 0.2051 | 1.907 | 0.3912 | | | | 0.2673 | | | | | | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.685 | 0.048 | 0.00000135 | 0.420 | 0.003 | 0.003 | | | | | | |
| Anima | 0.026 | 2.630 | 0.0684 | 1.355 | 0.093 | 0.03941480 | - 0.910 | 0.057 | 0.096 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | - 2.245 | 0.161 | 0.161 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.880 | 0.281 | 0.00046753 | 0.615 | 0.037 | 0.037 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.880 | 0.281 | 0.00046753 | 0.615 | 0.037 | 0.037 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.940 | 0.017 | 0.00000144 | 0.675 | 0.003 | 0.003 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.790 | 0.016 | 0.00000144 | 0.525 | 0.002 | 0.002 | | | | | | |
| Totali | | 3.0000 | 0.3244 | 2.265 | 0.7349 | | | | 0.3392 | | | | | | |
| Combinazioni di carico a SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE | Momento flettente [kNm] | Taglio [kN] | Sforzo normale [kN] | Momento torcente [kNm] | | | | | | | | | | | |
| Fase 1 | 7679 | 0 | 0 | 0 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Sforzi nella soletta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>σ sol ritiro</td> <td>52.2 [daN/cm²]</td> </tr> <tr> <td>σ sol ΔT</td> <td>24.48 [daN/cm²]</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | Sforzi nella soletta | | σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] |
| Sforzi nella soletta | | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 2 | 2259 | 0 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Fase 3 | 18301 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| TOTALE | 28238 | 0 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Verifica delle tensioni | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fase 1 [daN/cm ²] | Fase 2 [daN/cm ²] | Fase 3 [daN/cm ²] | TOTALE [daN/cm ²] | σ ideale [daN/cm ²] | | | | | | | | | | |
| σ soletta superiore | | 27.83 | 14.03 | 41.86 | | | | | | | | | | | |
| σ armature sup | - 468.99 | - 364.05 | - 833.03 | | | | | | | | | | | | |
| σ armature inf | - 456.31 | - 283.13 | - 739.44 | | | | | | | | | | | | |
| σ soletta inferiore | | 24.91 | 7.03 | 17.87 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio superiore | - 921.39 | - 448.71 | - 234.58 | - 1'604.67 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima sup | - 903.01 | - 448.17 | - 218.39 | - 1'567.57 | 1'567.57 | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima inf | 708.58 | 223.96 | 1'200.40 | 1'685.02 | 1'685.02 | | | | | | | | | | |
| σ acciaio inferiore | 733.09 | 220.58 | 1'221.98 | 1'734.49 | | | | | | | | | | | |
| τ sup | - | - | - | - | | | | | | | | | | | |
| τ inf | - | - | - | - | | | | | | | | | | | |
| τ pannello max | - | - | - | - | | | | | | | | | | | |

| Concio tipo (3) | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|--|----------------------|
| Sezione metallica | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo S 355 | | | | | | | | | |
| fyk 355 [N/mm²] ε 0.81 | | | | | | | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | |
| Piattabanda superiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | |
| Anima | 26 | 2'620 | 68'120 | 3.90E+10 | 5.35 | 99.23 | 3 | | |
| Piattabanda inferiore | 950 | 40 | 38'000 | 5.07E+06 | 2.98 | 11.38 | 3 | | |
| Totale | | 2'700 | 138'120 | | 10.84 | | 3 classe sezione composta | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | copriferro estradosso 0.06 m | | | | | |
| 26 | 0.2 | 28.00 | 0.0149 | copriferro intradosso 0.03 m | | | | | |
| | | | | h predalles 0.06 m | | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 2.680 | 0.086 | 0.00000427 | 1.388 | 0.062 | 0.062 |
| Anima | 0.026 | 2.620 | 0.0681 | 1.350 | 0.092 | 0.03896691 | 0.058 | 0.000 | 0.039 |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | -1.272 | 0.062 | 0.062 |
| Totale | | 2.700 | 0.1381 | 1.292 | 0.178 | 0.03897624 | | | 0.1623 |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 2.680 | 0.086 | 0.00000427 | 1.109 | 0.039 | 0.039 |
| Anima | 0.026 | 2.620 | 0.0681 | 1.350 | 0.092 | 0.03896691 | -0.221 | 0.003 | 0.042 |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | -1.551 | 0.091 | 0.091 |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.940 | 0.044 | 0.00001005 | 1.369 | 0.028 | 0.028 |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.790 | 0.041 | 0.00001005 | 1.219 | 0.022 | 0.022 |
| Totale | | 3.0000 | 0.1679 | 1.571 | 0.2637 | | | | 0.2230 |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] |
| Piattabanda superiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 2.680 | 0.086 | 0.00000427 | 1.109 | 0.039 | 0.039 |
| Anima | 0.026 | 2.620 | 0.0681 | 1.350 | 0.092 | 0.03896691 | -0.221 | 0.003 | 0.042 |
| Piattabanda inferiore | 0.950 | 0.040 | 0.0380 | 0.020 | 0.001 | 0.00000507 | -1.551 | 0.091 | 0.091 |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - |
| Soletta | - | 0.240 | - | 2.880 | - | - | 1.309 | - | - |
| Armatura sup | | | 0.0149 | 2.940 | 0.044 | 0.00001005 | 1.369 | 0.028 | 0.028 |
| Armatura inf | | | 0.0149 | 2.790 | 0.041 | 0.00001005 | 1.219 | 0.022 | 0.022 |
| Totale | | 3.0000 | 0.1679 | 1.571 | 0.2637 | | | | 0.2230 |
| Combinazioni di carico a SLU | | | | | | | | | |
| FASE | Momento flettente [kNm] | Taglio [kN] | Sforzo normale [kN] | Momento torcente [kNm] | | | | | |
| Fase 1 | -15375 | 1804 | 0 | 0 | Sforzi nella soletta σ sol ritiro 52.2 [daN/cm²] σ sol ΔT 24.48 [daN/cm²] | | | | |
| Fase 2 | -4581 | 535 | -7830 | 0 | | | | | |
| Fase 3 | -16025 | 2785 | 0 | 0 | | | | | |
| TOTALE | -35980 | 5123 | -7830 | 0 | | | | | |
| Verifica delle tensioni | | | | | | | | | |
| | Fase 1 [daN/cm ²] | Fase 2 [daN/cm ²] | Fase 3 [daN/cm ²] | TOTALE [daN/cm ²] | σ ideale [daN/cm ²] | | | | |
| σ soletta superiore | | 24.02 | 51.54 | 75.56 | | | | | |
| σ armature sup | -185.30 | | 983.69 | 798.39 | | | | | |
| σ armature inf | -216.10 | | 875.92 | 659.82 | | | | | |
| σ soletta inferiore | | 20.83 | 22.52 | 43.34 | | | | | |
| σ acciaio superiore | 1'333.31 | -234.59 | 811.26 | 1'909.99 | | | | | |
| σ acciaio anima sup | 1295.43 | -242.80 | 782.52 | 1835.15 | 2'120.34 | | | | |
| σ acciaio anima inf | 1'185.99 | -780.86 | 1'099.81 | 3'066.65 | 3'208.10 | | | | |
| σ acciaio inferiore | 1'223.87 | -789.07 | 1'128.54 | 3'141.49 | | | | | |
| τ sup | 189.76 | 68.19 | 355.26 | 613.21 | | | | | |
| τ inf | 206.58 | 54.33 | 283.02 | 543.93 | | | | | |
| τ pannello max | | | | 752.09 | | | | | |

| Concio tipo C7 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------------------|--|----------------------|----------------------|--|--------------|-----------------------------|----------|------------------------------|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo S 355 | | | | | | | | | | | | | | | |
| fyk 355 [N/mm²] ε 0.81 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | | | | | | |
| Anima | 26 | 2'380 | 61'980 | 2.92E+10 | 4.86 | 90.00 | 3 | | | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | | | | | | | |
| Totale | | 2'450 | 111'880 | | 8.78 | | 3 classe sezione composta | | | | | | | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [mm] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso | | | 0.06 m | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso | | | 0.03 m | | | | | | | | |
| | | | | h predalles | | | 0.06 m | | | | | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 1.357 | 0.033 | 0.033 | | | | | | |
| Anima | 0.026 | 2.380 | 0.0619 | 1.230 | 0.076 | 0.02920942 | 0.152 | 0.001 | 0.031 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | -1.058 | 0.036 | 0.036 | | | | | | |
| Totale | | 2.450 | 0.1119 | 1.078 | 0.121 | 0.02921504 | | | 0.0996 | | | | | | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 0.680 | 0.008 | 0.008 | | | | | | |
| Anima | 0.026 | 2.380 | 0.0619 | 1.230 | 0.076 | 0.02920942 | 0.525 | 0.017 | 0.046 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | -1.735 | 0.096 | 0.096 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.630 | 0.099 | 0.00018113 | 0.875 | 0.029 | 0.029 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.630 | 0.099 | 0.00018113 | 0.875 | 0.029 | 0.029 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.690 | 0.015 | 0.00000144 | 0.935 | 0.005 | 0.005 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.540 | 0.014 | 0.00000144 | 0.785 | 0.003 | 0.003 | | | | | | |
| Totale | | 2.7500 | 0.1986 | 1.755 | 0.3485 | | | | 0.2175 | | | | | | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ²] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.435 | 0.044 | 0.00000135 | 0.352 | 0.002 | 0.002 | | | | | | |
| Anima | 0.026 | 2.380 | 0.0619 | 1.230 | 0.076 | 0.02920942 | 0.853 | 0.045 | 0.074 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | -2.063 | 0.136 | 0.136 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.630 | 0.256 | 0.00046753 | 0.547 | 0.029 | 0.030 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.630 | 0.256 | 0.00046753 | 0.547 | 0.029 | 0.030 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.690 | 0.015 | 0.00000144 | 0.607 | 0.002 | 0.002 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.540 | 0.014 | 0.00000144 | 0.457 | 0.001 | 0.001 | | | | | | |
| Totale | | 2.7500 | 0.3179 | 2.083 | 0.6624 | | | | 0.2751 | | | | | | |
| Combinazioni di carico a SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE | Momento flettente [kNm] | Taglio [kN] | Sforzo normale [kN] | Momento torcente [kNm] | | | | | | | | | | | |
| Fase 1 | 7308 | 820 | 0 | 0 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Sforzi nella soletta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>σ sol ritiro</td> <td>52.2 [daN/cm²]</td> </tr> <tr> <td>σ sol ΔT</td> <td>24.48 [daN/cm²]</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | Sforzi nella soletta | | σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] |
| Sforzi nella soletta | | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 2 | 2207 | 325 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Fase 3 | 16828 | 1650 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| TOTALE | 26343 | 2795 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Verifica delle tensioni | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fase 1 [daN/cm ²] | Fase 2 [daN/cm ²] | Fase 3 [daN/cm ²] | TOTALE [daN/cm ²] | σ ideale [daN/cm ²] | | | | | | | | | | |
| σ soletta superiore | | 27.01 | 13.73 | 40.74 | | | | | | | | | | | |
| σ armature sup | -489.17 | -371.09 | -860.25 | -1793.09 | | | | | | | | | | | |
| σ armature inf | -473.94 | -279.34 | -753.28 | -1860.59 | | | | | | | | | | | |
| σ soletta inferiore | | 24.10 | 6.88 | 17.22 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio superiore | -1'006.68 | -464.80 | -224.30 | -1'695.78 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima sup | -984.67 | -461.76 | -205.95 | -1'652.38 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima inf | 761.33 | 220.19 | 1'249.69 | 1'790.84 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio inferiore | 790.68 | 216.13 | 1'274.16 | 1'848.71 | | | | | | | | | | | |
| τ sup | 77.35 | 50.58 | 274.08 | 402.00 | | | | | | | | | | | |
| τ inf | 107.17 | 31.91 | 152.29 | 291.37 | | | | | | | | | | | |
| τ pannello max | | | | 451.68 | | | | | | | | | | | |

| Concio tipo (3) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------------------|--|----------------------|----------------------|--|--------------|-----------------------------|----------|------------------------------|
| Sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo S 355 | | | | | | | | | | | | | | | |
| fyk 355 [N/mm ²] ε 0.81 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sezione tipo | b [mm] | h [mm] | A [mm ²] | J [mm ⁴] | Peso [kN/m] | c/t | classe elemento | | | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 600 | 30 | 18'000 | 1.35E+06 | 1.41 | 9.33 | 3 | | | | | | | | |
| Anima | 22 | 2'130 | 46'860 | 1.77E+10 | 3.68 | 95.00 | 3 | | | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 800 | 40 | 32'000 | 4.27E+06 | 2.51 | 9.50 | 3 | | | | | | | | |
| Totali | | 2'200 | 96'860 | | 7.60 | | 3 classe sezione composta | | | | | | | | |
| Caratteristiche armature nella soletta in cls | | | | | | | | | | | | | | | |
| φ [mm] | passo [m] | n | Area tot [m ²] | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro estradosso | | | 0.06 m | | | | | | | | |
| 16 | 0.2 | 28.00 | 0.0056 | copriferro intradosso | | | 0.03 m | | | | | | | | |
| | | | | h predalles | | | 0.06 m | | | | | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE 1 solo sezione metallica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 1.238 | 0.028 | 0.028 | | | | | | |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | 0.158 | 0.001 | 0.019 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | -0.927 | 0.028 | 0.028 | | | | | | |
| Totali | | 2.200 | 0.0969 | 0.947 | 0.092 | 0.01772221 | | | 0.0740 | | | | | | |
| FASE 2 n 15.9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.562 | 0.006 | 0.006 | | | | | | |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | 0.518 | 0.013 | 0.030 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | -1.603 | 0.082 | 0.082 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.380 | 0.090 | 0.00018113 | 0.757 | 0.022 | 0.022 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0377 | 2.380 | 0.090 | 0.00018113 | 0.757 | 0.022 | 0.022 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.440 | 0.014 | 0.00000144 | 0.817 | 0.004 | 0.004 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.290 | 0.013 | 0.00000144 | 0.667 | 0.003 | 0.003 | | | | | | |
| Totali | | 2.5000 | 0.1836 | 1.623 | 0.2980 | | | | 0.1681 | | | | | | |
| FASE 3 n 6.16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base [m] | Altezza [m] | Area [m ²] | Ygi [m] | M statico rispetto asse X [m ³] | Ji [m ⁴] | Ygi - YG [m] | Momento di trasporto [m ⁴] | JG [m ⁴] | | | | | | |
| Piattabanda superiore | 0.600 | 0.030 | 0.0180 | 2.185 | 0.039 | 0.00000135 | 0.264 | 0.001 | 0.001 | | | | | | |
| Anima | 0.022 | 2.130 | 0.0469 | 1.105 | 0.052 | 0.01771659 | 0.816 | 0.031 | 0.049 | | | | | | |
| Piattabanda inferiore | 0.800 | 0.040 | 0.0320 | 0.020 | 0.001 | 0.00000427 | -1.901 | 0.116 | 0.116 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.380 | 0.232 | 0.00046753 | 0.459 | 0.020 | 0.021 | | | | | | |
| Soletta | 2.500 | 0.240 | 0.0974 | 2.380 | 0.232 | 0.00046753 | 0.459 | 0.020 | 0.021 | | | | | | |
| Armatura sup | | | 0.0056 | 2.440 | 0.014 | 0.00000144 | 0.519 | 0.002 | 0.002 | | | | | | |
| Armatura inf | | | 0.0056 | 2.290 | 0.013 | 0.00000144 | 0.369 | 0.001 | 0.001 | | | | | | |
| Totali | | 2.5000 | 0.3029 | 1.921 | 0.5820 | | | | 0.2101 | | | | | | |
| Combinazioni di carico a SLU | | | | | | | | | | | | | | | |
| FASE | Momento flettente [kNm] | Taglio [kN] | Sforzo normale [kN] | Momento torcente [kNm] | | | | | | | | | | | |
| Fase 1 | 7170 | 820 | 0 | 0 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Sforzi nella soletta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>σ sol ritiro</td> <td>52.2 [daN/cm²]</td> </tr> <tr> <td>σ sol ΔT</td> <td>24.48 [daN/cm²]</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | Sforzi nella soletta | | σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] |
| Sforzi nella soletta | | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ritiro | 52.2 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| σ sol ΔT | 24.48 [daN/cm ²] | | | | | | | | | | | | | | |
| Fase 2 | 2165 | 325 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Fase 3 | 15710 | 1650 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| TOTALE | 25045 | 2795 | -7830 | 0 | | | | | | | | | | | |
| Verifica delle tensioni | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fase 1 [daN/cm ²] | Fase 2 [daN/cm ²] | Fase 3 [daN/cm ²] | TOTALE [daN/cm ²] | σ ideale [daN/cm ²] | | | | | | | | | | |
| σ soletta superiore | | 24.93 | 13.08 | 38.01 | | | | | | | | | | | |
| σ armature sup | | -531.72 | -387.87 | -919.59 | 2'083.23 | | | | | | | | | | |
| σ armature inf | | -512.40 | -275.70 | -788.09 | 2'183.39 | | | | | | | | | | |
| σ soletta inferiore | | 22.05 | 6.67 | 15.38 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio superiore | -1'214.15 | -500.80 | -208.40 | -1'923.35 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima sup | -1'185.07 | -496.94 | -185.96 | -1'867.97 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio anima inf | 879.29 | 222.53 | 1'406.85 | 2'063.60 | | | | | | | | | | | |
| σ acciaio inferiore | 918.06 | 217.38 | 1'436.76 | 2'137.43 | | | | | | | | | | | |
| τ sup | 112.25 | 66.43 | 353.77 | 532.45 | | | | | | | | | | | |
| τ inf | 149.50 | 45.09 | 217.21 | 411.79 | | | | | | | | | | | |
| τ pannello max | | | | 596.46 | | | | | | | | | | | |

8.3 IMPALCATO – VERIFICHE DI STABILITÀ DEI PANNELLI D'ANIMA

La stabilizzazione delle anime delle travi metalliche è garantita da un sistema di irrigidenti trasversali e longitudinali. Le verifiche vengono effettuate in automatico mediante un foglio Excel, considerando i casi più gravosi ricavati dalle combinazioni allo S.L.U viste.

Di seguito si riportano le tabelle di calcolo. Le notazioni indicate sono conformi a quanto contenuto nell'EC4 e nell'EC3.

| Verifica stabilità dell'anima travi h2200 | | | | | | | | | |
|---|-------|--|--------------------|------------|---------------------------|--------------------|----------|----------------------|--------------------|
| Caratteristiche materiali | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | |
| Tensione a snervamento | fyk | 355 [N/mm ²] | | | | | | | |
| | ε | 0.81 | | | | | | | |
| Coefficiente di sicurezza | γM0 | 1.05 | | | | | | | |
| Coefficiente di sicurezza | γM1 | 1.10 | | | | | | | |
| Sezione metallica | | | | | | | | | |
| Altezza sezione | h | 2'200 [mm] | | | | | | | |
| Altezza anima | hw | 2'130 [mm] | | | | | | | |
| Spessore anima | tw | 22 [mm] | | | | | | | |
| | η | 1.20 | | | | | | | |
| | | $97 = \frac{h_w}{t_w} \geq \frac{31}{\eta} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{cr}} = 60$ | | | | | | | |
| | | Necessaria verifica di stabilità | | | | | | | |
| Verifica irrigidenti trasversali | | | | | | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base | Altezza | Area | Ygi | M statico rispetto asse X | Ji | Ygi - YG | Momento di trasporto | JG |
| | [mm] | [mm] | [mm ²] | [mm] | [mm ³] | [mm ⁴] | [mm] | [mm ⁴] | [mm ⁴] |
| Piattabanda superiore | - | - | - | 270 | - | - | 270 | - | - |
| Anima | 10 | 270 | 2'700 | 135 | 364'500 | 16'402'500 | 135 | 49'207'500 | 65'610'000 |
| Piattabanda inferiore | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Totali | | 270.000 | 2'700 | 135 | 364'500 | | | | 65'610'000 |
| Verifica rigidità dell'irrigiditore | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | J | 0.0000656 [m ⁴] > 0.0000247 [m ⁴] rigido | | | | | | | |
| Calcolo della resistenza all'instabilità per taglio | | | | | | | | | |
| Resistenza dell'anima | Vbw | 6'616'908 [N] | | | | | | | |
| Pannello rigido? | | si | | | | | | | |
| | χw | 0.76 | | | | | | | |
| snellezza | λw | 1.11 | | | | | | | |
| tensione tangenziale critica | τcr | 167.09 [N/mm ²] | | | | | | | |
| tensione critica euleriana | σE | 20.27 [N/mm ²] | | | | | | | |
| | kτ | 8.24 | | | | | | | |
| lunghezza pannello tra gli irrigidimenti | a | 2'500 [mm] | | | | | | | |
| Resistenza delle piattabande | Vbw | - [N] | | | | | | | |
| | c | 711 | | | | | | | |
| Larghezza efficace piattabanda sup | bs | 600 [mm] | | | | | | | |
| Spessore piattabanda sup | ts | 30 [mm] | | | | | | | |
| Area piattabanda sup | Afs | 18000 [mm ²] | | | | | | | |
| Larghezza efficace piattabanda inf | bi | 800 [mm] | | | | | | | |
| Spessore piattabanda inf | ti | 40 [mm] | | | | | | | |
| Area piattabanda inf | Afi | 32000 [mm ²] | | | | | | | |
| Larghezza efficace piattabande | bf | 600 [mm] | | | | | | | |
| Spessore piattabande | tf | 30 [mm] | | | | | | | |
| Baricentro sole piattabande | yg | 799.4 [mm] | | | | | | | |
| Sforzo normale di calcolo | NEd | - [N] | | | | | | | |
| Momento flettente di calcolo | MEd | 1'844'400 [daNm] | | | | | | | |
| Momento resistente | Mfk | 1'770'797 [daNm] | | | | | | | |
| Momento resistente ridotto | Mfred | 1'686'473 [daNm] | | | | | | | |
| Resistenza all'instabilità per taglio | VRd | 6'616'908 [N] | | | | | | | |
| Verifica dell'instabilità a taglio | | | | | | | | | |
| Taglio di calcolo | VEd | 4'043'000 [N] | | | | | | | |
| | η3 | 0.61 | | | | | | | |

| Verifica stabilità dell'anima travi h2700 | | | | | | | | | |
|---|-------|--|----------------------|------------|----------------------------------|--------------------|----------|----------------------|--------------------|
| Caratteristiche materiali | | | | | | | | | |
| Acciaio tipo | S 355 | | | | | | | | |
| Tensione a snervamento | fyk | 355 | [N/mm ²] | | | | | | |
| | ε | 0.81 | | | | | | | |
| Coefficiente di sicurezza | γMo | 1.05 | | | | | | | |
| Coefficiente di sicurezza | γM1 | 1.10 | | | | | | | |
| Sezione metallica | | | | | | | | | |
| Altezza sezione | h | 2'700 | [mm] | | | | | | |
| Altezza anima | hw | 2'620 | [mm] | | | | | | |
| Spessore anima | tw | 26 | [mm] | | | | | | |
| | η | 1.20 | | | | | | | |
| | 101 | $= \frac{h_w}{t_w} \geq \frac{31}{\eta} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau} =$ | | 66 | Necessaria verifica di stabilità | | | | |
| Verifica irrigiditori trasversali | | | | | | | | | |
| Caratteristiche geometriche e inerziali | | | | | | | | | |
| Elementi costitutivi | Base | Altezza | Area | Ygi | M statico rispetto asse X | Ji | Ygi - YG | Momento di trasporto | JG |
| | [mm] | [mm] | [mm ²] | [mm] | [mm ³] | [mm ⁴] | [mm] | [mm ⁴] | [mm ⁴] |
| Piattabanda superiore | - | - | - | 270 | - | - | 270 | - | - |
| Anima | 12 | 270 | 3'240 | 135 | 437'400 | 19'683'000 | 135 | 59'049'000 | 78'732'000 |
| Piattabanda inferiore | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Totali | | 270.000 | 3'240 | 135 | 437'400 | | | | 78'732'000 |
| Verifica rigidezza dell'irrigiditore | | | | | | | | | |
| Momento d'inerzia | J | 0.0000787 | [m ⁴] | > | 0.0000759 | [m ⁴] | rigido | | |
| Calcolo della resistenza all'instabilità per taglio | | | | | | | | | |
| Resistenza dell'anima | Vbw | 9'995'307 | [N] | | | | | | |
| Pannello rigido? | si | | | | | | | | |
| | χw | 0.79 | | | | | | | |
| snellezza | λw | 1.05 | | | | | | | |
| tensione tangenziale critica | τcr | 184.58 | [N/mm ²] | | | | | | |
| tensione critica euleriana | σE | 18.71 | [N/mm ²] | | | | | | |
| | kτ | 9.86 | | | | | | | |
| lunghezza pannello tra gli irrigidimenti | a | 2'500 | [mm] | | | | | | |
| Resistenza delle piattabande | Vbw | - | [N] | | | | | | |
| | c | 719 | | | | | | | |
| Larghezza efficace piattabanda sup | bs | 800 | [mm] | | | | | | |
| Spessore piattabanda sup | ts | 40 | [mm] | | | | | | |
| Area piattabanda sup | Afs | 32000 | [mm ²] | | | | | | |
| Larghezza efficace piattabanda inf | bi | 800 | [mm] | | | | | | |
| Spessore piattabanda inf | ti | 40 | [mm] | | | | | | |
| Area piattabanda inf | Afi | 32000 | [mm ²] | | | | | | |
| Larghezza efficace piattabande | bf | 800 | [mm] | | | | | | |
| Spessore piattabande | tf | 40 | [mm] | | | | | | |
| Baricentro sole piattabande | yg | 1350 | [mm] | | | | | | |
| Sforzo normale di calcolo | NEd | - | [N] | | | | | | |
| Momento flettente di calcolo | MEd | 3'598'000 | [daNm] | | | | | | |
| Momento resistente | Mfk | 3'021'760 | [daNm] | | | | | | |
| Momento resistente ridotto | Mfred | 2'877'867 | [daNm] | | | | | | |
| Resistenza all'instabilità per taglio | VRd | 9'995'307 | [N] | | | | | | |
| Verifica dell'instabilità a taglio | | | | | | | | | |
| Taglio di calcolo | VEd | 5'123'000 | [N] | | | | | | |
| | η3 | 0.51 | | | | | | | |

8.4 VERIFICHE A FATICA (SLU)

8.4.1 Verifiche acciaio strutturale

Le verifiche a fatica sono eseguite con riferimento alle norme seguenti.

EN 1991-2 (Carichi da traffico sui ponti)

EN 1993-1-9 (Progetto strutture in acciaio – Fatica)

EN 1993-2 (Progetto strutture in acciaio – Ponti in acciaio)

EN 1994-2 (Progetto strutture composte acciaio-clt – Regole generali e regole per i ponti)

In accordo alla EN 1994-2 per i calcoli di fatica si adotta il metodo semplificato del 'range' di sforzo equivalente. La variazione di sforzo nei dettagli strutturali in esame è ottenuta dal passaggio singolo di un mezzo, calibrato per avere lo stesso effetto del traffico effettivo. Il mezzo è costituito dal Modello di Carico di Fatica no 3 (FLM3), definito nella EN1991-2 e descritto nel capitolo relativo all'analisi dei carichi della presente relazione. Il mezzo si muove in asse alla corsia lenta definita in precedenza. Avendo l'opera due corsie lente in direzione opposta, si stabilisce la reciproca influenza di queste attraverso il fattore λ , come definito in seguito.

In particolare, secondo i criteri della EN1993-2 / 9.5, deve risultare (lo stesso formato vale per gli sforzi di taglio):

$$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E2} < \Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}$$

Dove:

- $\gamma_{Ff} = 1$ (fattore parziale applicato al modello di carico)
- $\gamma_{Mf} = 1.35$ (fattore parziale per la resistenza a fatica, corrispondente alle classi 'safe life assessment method' e 'high consequence of failure' della Tab.3.1 della EN 1993-1-9)
- $\Delta \sigma_{E2}$ = 'range' di sforzo equivalente corrispondente a 125mila cicli
- $\Delta \sigma_c$ = valore di riferimento ('detail category') corrispondente a 125mila cicli
- Il valore di $\Delta \sigma_{E2}$ è dato dalla relazione seguente (EN1994-2 / 6.8)

$$\Delta \sigma_{E2} = \lambda \Phi \Delta \sigma_P = \lambda \Phi (\sigma_{max} - \sigma_{min})$$

Con :

- λ = fattore di danno equivalente
- Φ = fattore di impatto

8.4.2 Fattore di danno equivalente

$$\lambda = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3 \times \lambda_4 \text{ (EN 1993-2 / 9.5.2)}$$

a) Fattore λ_1

Si considera le luci che presentano i risultati più gravosi. Per il momento in campata si considera la prima luce da 25m, mentre per gli appoggi, la zona compresa tra le luci da 25m e 40m.

Dalla fig. 9.7 della EN 1993-2 si deduce, per la campata singola, che tutte le sezioni sono definibili come 'midspan sections'.

Momento

Lunghezza critica della linea d'influenza $L_c = 21.25$ m

$$\lambda_1 = 2.55 - 0.7 (L_c - 10) / 70 = 2.44$$

Taglio

Lunghezza critica della linea d'influenza $L = 0.15 \times 25 + 0.15 \times 40 = 9.75 \text{ m}$

$$\lambda_1 = 2.55 - 0.7 (L_c - 10) / 70 = 2.55$$

b) Fattore λ_2

$$\lambda_2 = Q_{m1} / Q_0 (N_{obs} / N_0)^{0.2}$$

Dove:

$$Q_0 = 480 \text{ kN} \quad (\text{EN 1993-2 / 9.5.2 - peso carico FLM3})$$

$$N_0 = 0.5 \times 10^6 \quad (\text{EN 1993-2 / 9.5.2})$$

$$N_{obs} = 0.5 \times 10^6 \quad (\text{Tab.4.5 della EN 1991-2 - traffico classe 2})$$

$$Q_{m1} = \left(\sum n_i Q_{i5} / \sum n_i \right)^{0.2}$$

Per determinare Q_{m1} ci si riferisce al 'Load Model 4' della EN 1991-2 / 4.6.5. Dalla Tab. 4.7 si ha:

($n_i = \text{Lorry percentage} \times N_{obs}$)

$$Q_{m1} = \left((80\% \times 500000 \times 200^5 + 5\% \times 500000 \times 310^5 + 5\% \times 500000 \times 490^5 + 5\% \times 500000 \times 390^5 + 5\% \times 500000 \times 450^5) / 500000 \right)^{0.2} = 240 \text{ kN}$$

$$\lambda_2 = 240 / 480 (1)^{0.2} = 0.379$$

c) Fattore λ_3

$$\lambda_3 = (t_{Ld} / 100)^{0.2}$$

Dove:

t_{Ld} = vita di progetto del ponte in anni

$$\lambda_3 = 1$$

d) Fattore λ_4

Il fattore tiene conto degli effetti dati dalla seconda corsia di traffico lento.

$$\lambda_4 = \left(1 + N_2 / N_1 \left(\eta_2 Q_{m2} / \eta_1 Q_{m1} \right)^{0.2} \right)^{0.2}$$

In particolare, tenendo conto che il traffico sulle due corsie ha la stessa composizione, si ha

$$N_1 = N_2 = Q_{m1} = Q_{m2}$$

$\eta = 1/2 - e/b$ Coefficiente di ripartizione delle due corsie sulla trave

e = eccentricità del carico

b = interasse travi

$$\eta_1 = 1/2 - e_1/b = -0.06 \quad (\text{da inserire nella relazione vista con segno positivo})$$

$$\eta_2 = 1/2 - e_2/b = 1.06$$

$$\lambda_4 = \left(1 + 1 (0.08 / 0.93)^{0.2} \right)^{0.2} = 1.094$$

e) Fattore λ_{max}

Dalle Tab. 9.6 e 9.7 della EN 1993-2

$$\lambda_{\max} = 2$$

In definitiva:

Momento

$$\lambda = 1.01 < \lambda_{\max} = 2.0$$

Taglio

$$\lambda = 1.06 < \lambda_{\max} = 1.8$$

8.4.3 Fattore di impatto

$$\Phi = 1.3 (1-D/26)$$

Dove:

D = distanza elemento verificato dal giunto (D < 6.0 m)

Si calcola il valore di Φ per le due sezioni di verifica comprese nei primi 6 m ($x_1 = 0$; $x_2 = 2.5$ m)

$$\Phi_1 = 1.3 (1-0/26) = 1.3$$

$$\Phi_2 = 1.3 (1-2.5/26) = 1.18$$

| Verifica a fatica | | | | |
|--|----------------|-----------------|----------------------|--------------------|
| Fattore di danno equivalente | | λ | | |
| Fattore λ_1 | | | | |
| Lunghezza critica per momento | Lcm | 21.25 | [m] | |
| Lunghezza critica per taglio | Lct | 9.75 | [m] | |
| Danno equivalente λ_1 per momento | λ_{1m} | 2.44 | | |
| Danno equivalente λ_1 per taglio | λ_{1t} | 2.55 | | |
| Fattore λ_2 | | | | |
| | Qo | 480 | [kN] | EC3-2 9.5.2 |
| | No | 500'000 | | EC3-2 9.5.2 |
| | Nobs | 125'000 | | NTC2008 Tab. 5.1.X |
| | Qm1 | 240.00 | [kN] | |
| Danno equivalente λ_2 | λ_2 | 0.379 | | |
| Fattore λ_3 | | | | |
| Vita del progetto | tLd | 100 | [anni] | |
| Danno equivalente λ_3 | λ_3 | 1.000 | | |
| Fattore λ_4 | | | | |
| eccentricità del carico | e1 | 3.38 | [m] | |
| eccentricità del carico | e2 | - 3.38 | [m] | |
| interasse travi | b | 6.00 | [m] | |
| | N1 | 240.00 | [kN] | |
| | N2 | 240.00 | [kN] | |
| | η_1 | -0.06 | | |
| | η_2 | 1.06 | | |
| Danno equivalente λ_4 | λ_4 | 1.094 | [kN/m ²] | |
| Fattore di danno equivalente λ | | | | |
| Danno equivalente λ per momento | 1.01 | λ max M | 2.00 | EC3 - 2 fig. 9.6 |
| Danno equivalente λ per taglio | 1.06 | λ max T | 1.80 | EC3 - 2 fig. 9.7 |

8.4.4 Calcolo del 'range' di sollecitazione

Si carica la struttura di fase 3 con il carico viaggiante rappresentato dal modello FLM3. Per semplicità e tenendo conto del carattere 'definitivo' di questa fase di progettazione, si ipotizza che i carichi pre-

esistenti al passaggio del carico FLM3 non ciclici (permanenti) non siano influenti, nel caso in cui il momento totale massimo negativo (permanenti+FLM3) provochi sforzi di trazione in soletta (verifica sezione acciaio) e il momento totale massimo positivo (permanenti+FLM3) provochi sforzi di compressione in soletta (verifica sezione mista), verificando semplicemente la sezione con cls collaborante o meno in funzione del segno del momento totale prevalente. Nel caso particolare della struttura in esame, gli sforzi sono calcolati sulla sezione mista con cls collaborante. Si trascurano i carichi termici. Si esaminano le sezioni notevoli in corrispondenza dei giunti longitudinali e degli irrigidimenti verticali. Si riportano di seguito i diagrammi di sollecitazione nei casi esaminati.

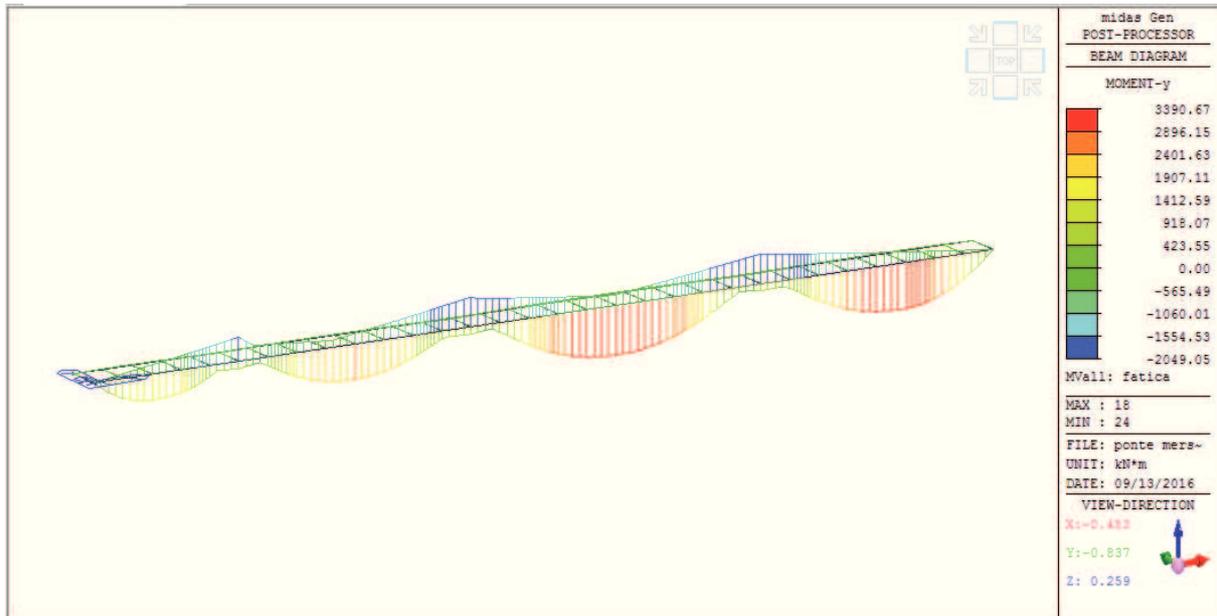


Figura 11: Momento flettente

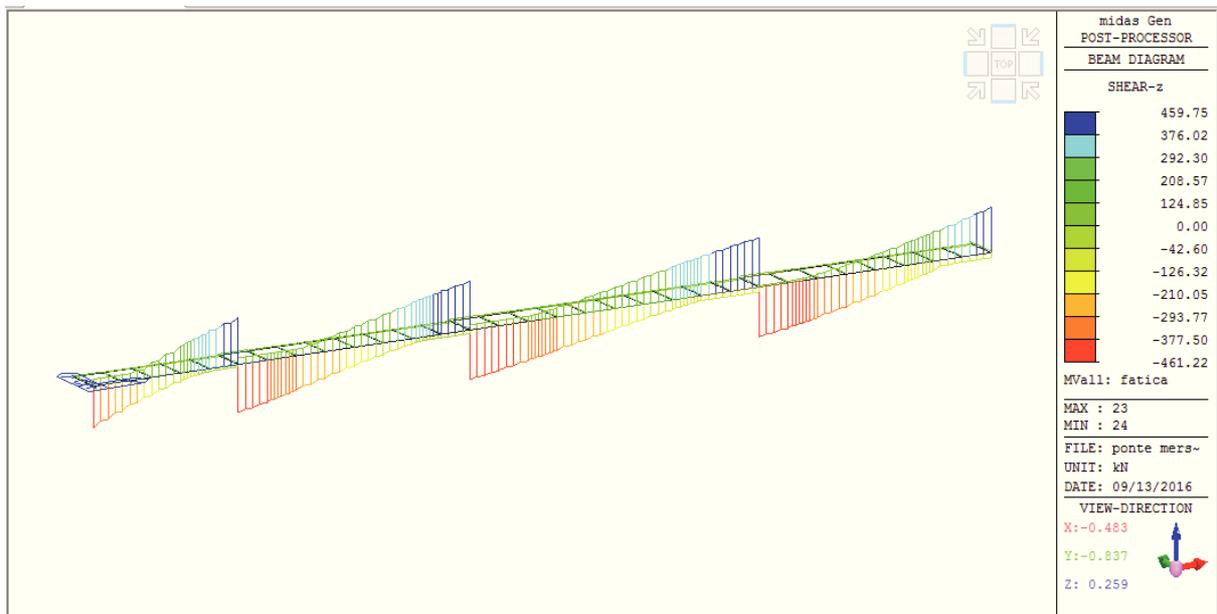


Figura 12: Taglio

8.4.5 Verifiche

| Verifica a fatica Concio C1 | | | | | | | | | |
|--|------|---------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Dati | | | | | | | | | |
| Fattore di danno | | λ | 1.01 | | | | | | |
| Fattore di impatto per le zone di giunto | | Φ | 1.00 | | | | | | |
| Coefficiente di sicurezza | | γ_{MF} | 1.35 | | | | | | |
| Coefficiente di sicurezza | | γ_F | 1.00 | | | | | | |
| Categoria dettaglio | | σ_c | 80 [N/mm ²] | | | | | | |
| Spessore ala superiore | | t_s | 30 [mm] | | | | | | |
| Spessore anima | | t_w | 22 [mm] | | | | | | |
| Spessore ala inferiore | | t_i | 30 [mm] | | | | | | |
| Fattore di riduzione superiore | | k_s | 0.964 | | | | | | |
| Fattore di riduzione inferiore | | k_i | 0.964 | | | | | | |
| Caratteristiche sezione | | | | $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma / \gamma_{MF}$ | | | | |
| | | | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.158 | [m ⁴] | | | | | | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.840 | [m ³] | 77.14 | 57.14 | | | | |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.999 | [m ³] | 80.00 | 59.26 | | | | |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.080 | [m ³] | 80.00 | 59.26 | | | | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.079 | [m ³] | 77.14 | 57.14 | | | | |
| Sx superiore | Sxs | 0.079 | [m ³] | 80.00 | 59.26 | | | | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.036 | [m ³] | 80.00 | 59.26 | | | | |
| Verifica | | | | | | | | | |
| | | | | Tensioni | | | | | |
| | | | | σ_{ss} | σ_s | σ_i | σ_{ii} | τ_s | τ_i |
| | | | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] |
| Momento massimo | 1815 | [kNm] | | - 2.16 | - 1.82 | 22.73 | 23.07 | | |
| Momento minimo | 0 | [kNm] | | - | - | - | - | | |
| Taglio massimo | 389 | [kN] | | | | | | 8.81 | 4.02 |
| Taglio minimo | 0 | [kN] | | | | | | - | - |
| | | | | $\Delta\sigma_{Ess}$ | $\Delta\sigma_{Es}$ | $\Delta\sigma_{Ei}$ | $\Delta\sigma_{Eii}$ | $\Delta\tau_{Es}$ | $\Delta\tau_{Ei}$ |
| | | | | 2.18 | 1.83 | 22.96 | 23.30 | 8.90 | 4.06 |

| Verifica a fatica Concio C2 | | | | | | | | | |
|--|-------|---------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Dati | | | | | | | | | |
| Fattore di danno | | λ | 1.06 | | | | | | |
| Fattore di impatto per le zone di giunto | | Φ | 1.30 | | | | | | |
| Coefficiente di sicurezza | | γ_{MF} | 1.35 | | | | | | |
| Coefficiente di sicurezza | | γ_F | 1.00 | | | | | | |
| Categoria dettaglio | | σ_c | 80 [N/mm ²] | | | | | | |
| Spessore ala superiore | | t_s | 30 [mm] | | | | | | |
| Spessore anima | | t_w | 22 [mm] | | | | | | |
| Spessore ala inferiore | | t_i | 40 [mm] | | | | | | |
| Fattore di riduzione superiore | | k_s | 0.964 | | | | | | |
| Fattore di riduzione inferiore | | k_i | 0.910 | | | | | | |
| Caratteristiche sezione | | | | $\Delta\sigma$ | $\Delta\sigma / \gamma_{MF}$ | | | | |
| | | | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | | | |
| Momento d'inerzia | JG | 0.120 | [m ⁴] | | | | | | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.130 | [m ³] | 77.14 | 57.14 | | | | |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.135 | [m ³] | 80.00 | 59.26 | | | | |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.097 | [m ³] | 80.00 | 59.26 | | | | |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.094 | [m ³] | 72.82 | 53.94 | | | | |
| Sx superiore | Sxs | 0.049 | [m ³] | 80.00 | 59.26 | | | | |
| Sx inferiore | Sxi | 0.040 | [m ³] | 80.00 | 59.26 | | | | |
| Verifica | | | | | | | | | |
| | | | | Tensioni | | | | | |
| | | | | σ_{ss} | σ_s | σ_i | σ_{ii} | τ_s | τ_i |
| | | | | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] |
| Momento massimo | 1276 | [kNm] | | - 9.79 | - 9.47 | 13.20 | 13.63 | | |
| Momento minimo | -1641 | [kNm] | | 12.59 | 12.18 | - 16.98 | - 17.52 | | |
| Taglio massimo | 448 | [kN] | | | | | | 8.24 | 6.85 |
| Taglio minimo | 0 | [kN] | | | | | | - | - |
| | | | | $\Delta\sigma_{Ess}$ | $\Delta\sigma_{Es}$ | $\Delta\sigma_{Ei}$ | $\Delta\sigma_{Eii}$ | $\Delta\tau_{Es}$ | $\Delta\tau_{Ei}$ |
| | | | | 30.84 | 29.83 | 41.58 | 42.92 | 11.36 | 9.44 |

Verifica a fatica Concio C3

| Dati | | | | | |
|--|---------------|---------|-------------------|--|--|
| Fattore di danno | λ | | 1.01 | | |
| Fattore di impatto per le zone di giunto | Φ | | 1.00 | | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_{MF} | | 1.35 | | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_F | | 1.00 | | |
| Categoria dettaglio | σ_c | | 80 | [N/mm ²] | |
| Spessore ala superiore | ts | | 30 | [mm] | |
| Spessore anima | tw | | 26 | [mm] | |
| Spessore ala inferiore | ti | | 30 | [mm] | |
| Fattore di riduzione superiore | ks | | 0.964 | | |
| Fattore di riduzione inferiore | ki | | 0.964 | | |
| Caratteristiche sezione | | | | | |
| | | | | $\Delta\sigma$ [N/mm ²] | $\Delta\sigma / \gamma_{MF}$ [N/mm ²] |
| Momento d'inerzia | JG | 0.214 | [m ⁴] | | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.783 | [m ³] | 77.14 | 57.14 |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.879 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.100 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.099 | [m ³] | 77.14 | 57.14 |
| Sx superiore | Sxs | 0.098 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| Sx inferiore | Sxi | 0.039 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |

| Verifica | | | | | | | | |
|-----------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|
| | | Tensioni | | | | | | |
| | | σ_{ss} | σ_s | σ_i | σ_{ii} | τ_s | τ_i | |
| | | [N/mm ²] | |
| Momento massimo | 2410 | [kNm] | - 3.08 | - 2.74 | 24.13 | 24.46 | | |
| Momento minimo | -1518 | [kNm] | 1.94 | 1.73 | - 15.20 | - 15.41 | | |
| Taglio massimo | 367 | [kN] | | | | | 6.45 | 2.56 |
| Taglio minimo | 0 | [kN] | | | | | - | - |
| | | $\Delta\sigma_{Ess}$ | $\Delta\sigma_{Es}$ | $\Delta\sigma_{Ei}$ | $\Delta\sigma_{Eii}$ | $\Delta\tau_{Es}$ | $\Delta\tau_{Ei}$ | |
| | | 5.07 | 4.51 | 39.72 | 40.27 | 6.52 | 2.59 | |

Verifica a fatica Concio C4

| Dati | | | | | |
|--|---------------|---------|-------------------|--|--|
| Fattore di danno | λ | | 1.06 | | |
| Fattore di impatto per le zone di giunto | Φ | | 1.30 | | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_{MF} | | 1.35 | | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_F | | 1.00 | | |
| Categoria dettaglio | σ_c | | 80 | [N/mm ²] | |
| Spessore ala superiore | ts | | 40 | [mm] | |
| Spessore anima | tw | | 26 | [mm] | |
| Spessore ala inferiore | ti | | 30 | [mm] | |
| Fattore di riduzione superiore | ks | | 0.910 | | |
| Fattore di riduzione inferiore | ki | | 0.964 | | |
| Caratteristiche sezione | | | | | |
| | | | | $\Delta\sigma$ [N/mm ²] | $\Delta\sigma / \gamma_{MF}$ [N/mm ²] |
| Momento d'inerzia | JG | 0.223 | [m ⁴] | | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.198 | [m ³] | 72.82 | 53.94 |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.205 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.146 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.142 | [m ³] | 77.14 | 57.14 |
| Sx superiore | Sxs | 0.074 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| Sx inferiore | Sxi | 0.059 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |

| Verifica | | | | | | | | |
|-----------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|
| | | Tensioni | | | | | | |
| | | σ_{ss} | σ_s | σ_i | σ_{ii} | τ_s | τ_i | |
| | | [N/mm ²] | |
| Momento massimo | 2324 | [kNm] | - 11.77 | - 11.35 | 15.95 | 16.37 | | |
| Momento minimo | -1400 | [kNm] | 7.09 | 6.84 | - 9.61 | - 9.86 | | |
| Taglio massimo | 360 | [kN] | | | | | 4.59 | 3.66 |
| Taglio minimo | 0 | [kN] | | | | | - | - |
| | | $\Delta\sigma_{Ess}$ | $\Delta\sigma_{Es}$ | $\Delta\sigma_{Ei}$ | $\Delta\sigma_{Eii}$ | $\Delta\tau_{Es}$ | $\Delta\tau_{Ei}$ | |
| | | 25.98 | 25.06 | 35.22 | 36.14 | 6.33 | 5.04 | |

Verifica a fatica Concio C5

| Dati | | | |
|--|---------------|-------|----------------------|
| Fattore di danno | λ | 1.01 | |
| Fattore di impatto per le zone di giunto | Φ | 1.00 | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_{MF} | 1.35 | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_F | 1.00 | |
| Categoria dettaglio | σ_c | 80 | [N/mm ²] |
| Spessore ala superiore | t_s | 30 | [mm] |
| Spessore anima | t_w | 26 | [mm] |
| Spessore ala inferiore | t_i | 40 | [mm] |
| Fattore di riduzione superiore | k_s | 0.964 | |
| Fattore di riduzione inferiore | k_i | 0.910 | |

| Caratteristiche sezione | | | | $\Delta\sigma_c$ | $\Delta\sigma_c / \gamma_{MF}$ |
|-------------------------|-----------------|---------|-------------------|----------------------|--------------------------------|
| | | | | [N/mm ²] | [N/mm ²] |
| Momento d'inerzia | JG | 0.339 | [m ⁴] | | |
| W acciaio superiore | W _{ss} | - 0.780 | [m ³] | 77.14 | 57.14 |
| W acciaio anima sup | W _s | - 0.838 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio anima inf | W _i | 0.152 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio inferiore | W _{ii} | 0.150 | [m ³] | 72.82 | 53.94 |
| Sx superiore | S _{xs} | 0.134 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| Sx inferiore | S _{xi} | 0.072 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |

| Verifica | | | | | | | | |
|-----------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| | | Tensioni | | | | | | |
| | | σ_{ss} | σ_s | σ_i | σ_{ii} | τ_s | τ_i | |
| | | [N/mm ²] | |
| Momento massimo | 3390 | [kNm] | - 4.35 | - 4.05 | 22.24 | 22.64 | | |
| Momento minimo | -910 | [kNm] | 1.17 | 1.09 | - 5.97 | - 6.08 | | |
| Taglio massimo | 250 | [kN] | | | | 3.80 | 2.04 | |
| Taglio minimo | -197 | [kN] | | | | - 2.99 | - 1.60 | |
| | | | $\Delta\sigma_{Ess}$ | $\Delta\sigma_{Es}$ | $\Delta\sigma_{Ei}$ | $\Delta\sigma_{Eii}$ | $\Delta\tau_{Es}$ | $\Delta\tau_{Ei}$ |
| | | | 5.57 | 5.18 | 28.49 | 29.00 | 6.86 | 3.68 |

Verifica a fatica Concio C6

| Dati | | | |
|--|---------------|-------|----------------------|
| Fattore di danno | λ | 1.06 | |
| Fattore di impatto per le zone di giunto | Φ | 1.30 | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_{MF} | 1.35 | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_F | 1.00 | |
| Categoria dettaglio | σ_c | 80 | [N/mm ²] |
| Spessore ala superiore | t_s | 40 | [mm] |
| Spessore anima | t_w | 26 | [mm] |
| Spessore ala inferiore | t_i | 40 | [mm] |
| Fattore di riduzione superiore | k_s | 0.910 | |
| Fattore di riduzione inferiore | k_i | 0.910 | |

| Caratteristiche sezione | | | | $\Delta\sigma_c$ | $\Delta\sigma_c / \gamma_{MF}$ |
|-------------------------|-----------------|---------|-------------------|----------------------|--------------------------------|
| | | | | [N/mm ²] | [N/mm ²] |
| Momento d'inerzia | JG | 0.223 | [m ⁴] | | |
| W acciaio superiore | W _{ss} | - 0.198 | [m ³] | 72.82 | 53.94 |
| W acciaio anima sup | W _s | - 0.205 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio anima inf | W _i | 0.146 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio inferiore | W _{ii} | 0.142 | [m ³] | 72.82 | 53.94 |
| Sx superiore | S _{xs} | 0.074 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| Sx inferiore | S _{xi} | 0.059 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |

| Verifica | | | | | | | | |
|-----------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| | | Tensioni | | | | | | |
| | | σ_{ss} | σ_s | σ_i | σ_{ii} | τ_s | τ_i | |
| | | [N/mm ²] | |
| Momento massimo | 2500 | [kNm] | - 12.66 | - 12.21 | 17.16 | 17.61 | | |
| Momento minimo | 0 | [kNm] | - | - | - | - | | |
| Taglio massimo | 460 | [kN] | | | | 5.87 | 4.67 | |
| Taglio minimo | 0 | [kN] | | | | - | - | |
| | | | $\Delta\sigma_{Ess}$ | $\Delta\sigma_{Es}$ | $\Delta\sigma_{Ei}$ | $\Delta\sigma_{Eii}$ | $\Delta\tau_{Es}$ | $\Delta\tau_{Ei}$ |
| | | | 17.44 | 16.82 | 23.64 | 24.26 | 8.09 | 6.44 |

Verifica a fatica Concio C7

| Dati | | | | | |
|--|---------------|---------|-------------------|--|--|
| Fattore di danno | λ | | 1.01 | | |
| Fattore di impatto per le zone di giunto | Φ | | 1.00 | | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_{MF} | | 1.35 | | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_F | | 1.00 | | |
| Categoria dettaglio | σ_c | | 80 | [N/mm ²] | |
| Spessore ala superiore | t_s | | 30 | [mm] | |
| Spessore anima | t_w | | 26 | [mm] | |
| Spessore ala inferiore | t_i | | 40 | [mm] | |
| Fattore di riduzione superiore | k_s | | 0.964 | | |
| Fattore di riduzione inferiore | k_i | | 0.910 | | |
| Caratteristiche sezione | | | | | |
| | | | | $\Delta\sigma_c$ [N/mm ²] | $\Delta\sigma_c / \gamma_{MF}$ [N/mm ²] |
| Momento d'inerzia | JG | 0.275 | [m ⁴] | | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.750 | [m ³] | 77.14 | 57.14 |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.817 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.135 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.132 | [m ³] | 72.82 | 53.94 |
| Sx superiore | Sxs | 0.119 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| Sx inferiore | Sxi | 0.066 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |

| Verifica | | | | | | | |
|-----------------|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Tensioni | | | | | |
| | | σ_{ss} | σ_s | σ_i | σ_{ii} | τ_s | τ_i |
| | | [N/mm ²] |
| Momento massimo | 3184 [kNm] | - 4.24 | - 3.90 | 23.65 | 24.11 | | |
| Momento minimo | -1200 [kNm] | 1.60 | 1.47 | - 8.91 | - 9.09 | | |
| Taglio massimo | 300 [kN] | | | | | 4.98 | 2.77 |
| Taglio minimo | -140 [kN] | | | | | - 2.33 | - 1.29 |
| | | $\Delta\sigma_{Ess}$ | $\Delta\sigma_{Es}$ | $\Delta\sigma_{Ei}$ | $\Delta\sigma_{Eii}$ | $\Delta\tau_{Es}$ | $\Delta\tau_{Ei}$ |
| | | 5.90 | 5.42 | 32.88 | 33.53 | 7.38 | 4.10 |

Verifica a fatica Concio C8

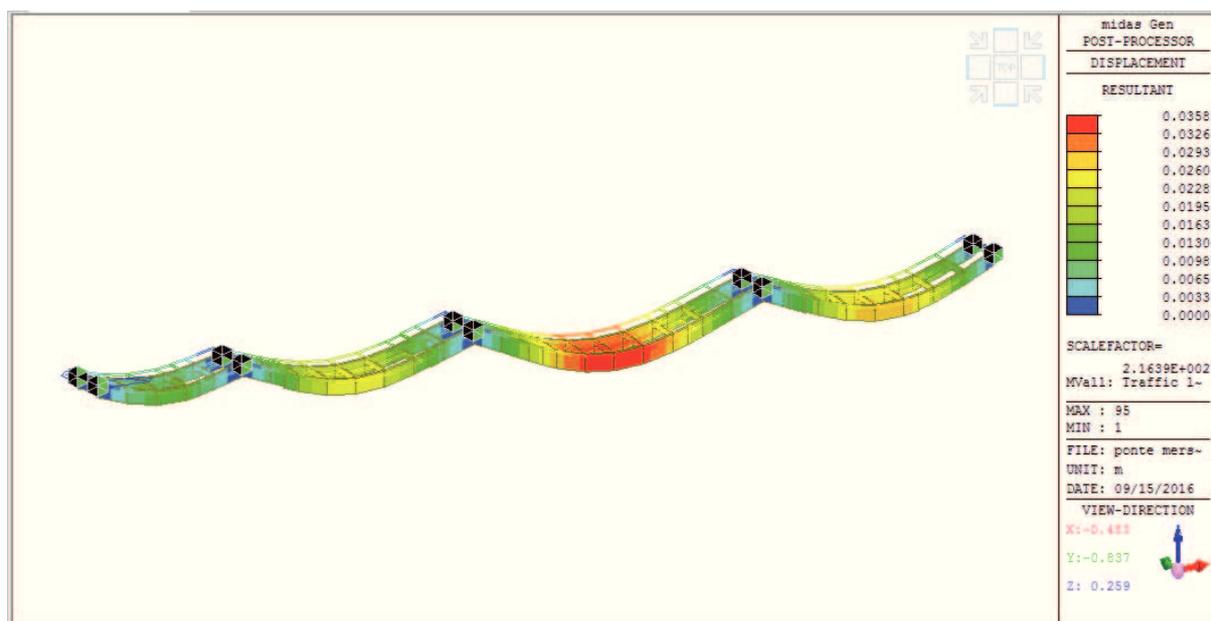
| Dati | | | | | |
|--|---------------|---------|-------------------|--|--|
| Fattore di danno | λ | | 1.01 | | |
| Fattore di impatto per le zone di giunto | Φ | | 1.00 | | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_{MF} | | 1.35 | | |
| Coefficiente di sicurezza | γ_F | | 1.00 | | |
| Categoria dettaglio | σ_c | | 80 | [N/mm ²] | |
| Spessore ala superiore | t_s | | 30 | [mm] | |
| Spessore anima | t_w | | 22 | [mm] | |
| Spessore ala inferiore | t_i | | 40 | [mm] | |
| Fattore di riduzione superiore | k_s | | 0.964 | | |
| Fattore di riduzione inferiore | k_i | | 0.910 | | |
| Caratteristiche sezione | | | | | |
| | | | | $\Delta\sigma_c$ [N/mm ²] | $\Delta\sigma_c / \gamma_{MF}$ [N/mm ²] |
| Momento d'inerzia | JG | 0.210 | [m ⁴] | | |
| W acciaio superiore | Wss | - 0.754 | [m ³] | 77.14 | 57.14 |
| W acciaio anima sup | Ws | - 0.845 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio anima inf | Wi | 0.112 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| W acciaio inferiore | Wii | 0.109 | [m ³] | 72.82 | 53.94 |
| Sx superiore | Sxs | 0.099 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |
| Sx inferiore | Sxi | 0.061 | [m ³] | 80.00 | 59.26 |

| Verifica | | | | | | | |
|-----------------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Tensioni | | | | | |
| | | σ_{ss} | σ_s | σ_i | σ_{ii} | τ_s | τ_i |
| | | [N/mm ²] |
| Momento massimo | 3060 [kNm] | - 4.06 | - 3.62 | 27.40 | 27.99 | | |
| Momento minimo | -600 [kNm] | 0.80 | 0.71 | - 5.37 | - 5.49 | | |
| Taglio massimo | 270 [kN] | | | | | 5.79 | 3.55 |
| Taglio minimo | -130 [kN] | | | | | - 2.79 | - 1.71 |
| | | $\Delta\sigma_{Ess}$ | $\Delta\sigma_{Es}$ | $\Delta\sigma_{Ei}$ | $\Delta\sigma_{Eii}$ | $\Delta\tau_{Es}$ | $\Delta\tau_{Ei}$ |
| | | 4.90 | 4.38 | 33.10 | 33.81 | 8.66 | 5.32 |

8.5 VERIFICA TRAVERSI DI CAMPATA

I traveri di campata hanno il compito di ripartire i carichi mobili tra le due travi principali. Si adotta un profilo HEA600 con passo 5m.

Il caso di carico relativo ai carichi mobili, che comporta la maggiore differenza di deformazione tra le due travi principali, considera due sole stese di carico eccentriche. Nell'immagine successiva si nota l'andamento della deformata dovuta ai carichi mobili.



In particolare, la differenza tra la trave con il carico maggiore e la meno carica, porta ad un delta di deformazione pari a:

$$\Delta a = 35 - 30 = 5 \text{ mm}$$

La verifica risulta superata con un profilo HEA600 con interasse 5 metri.

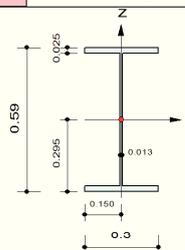
midas Gen

Steel Checking Result

| | | | | |
|---|---------|--|---------------|------------------------------------|
|  | Company | | Project Title | |
| | Author | | File Name | D:\...valcavia_frontignano_0.3.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
 Unit System : kN, m
 Member No : 197
 Material : S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name : HEA600 (No:1)
 (Rolled : HEA600).
 Member Length : 5.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 717.270 (LCB: 1+, POS:J)
 Bending Moments My = 496.694, Mz = -12.675
 End Moments Myi = 51.8888, Myj = 496.694 (for Ly)
 Myi = 51.8888, Myj = 496.694 (for Ly)
 Mzi = 12.7852, Mzj = 1.92606 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 5.08801 (LCB: 1+, POS:I)
 Fzz = -187.30 (LCB: 1+, POS:I)

| | | | |
|-------------|---------|-------------|---------|
| Depth | 0.59000 | Web Thick | 0.01300 |
| Top F Width | 0.30000 | Top F Thick | 0.02500 |
| Bot.F Width | 0.30000 | Bot.F Thick | 0.02500 |
| Area | 0.02260 | Asz | 0.00767 |
| Qyb | 0.19943 | Qzb | 0.01125 |
| Iyy | 0.00141 | Izz | 0.00011 |
| Ybar | 0.15000 | Zbar | 0.29500 |
| Wely | 0.00479 | Welz | 0.00075 |
| ry | 0.25000 | rz | 0.07050 |

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 5.00000, Lz = 5.00000, Lb = 0.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.99, Cmz = 0.92, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio

$KL/r = 70.9 < 200.0$ (Memb:192, LCB: 1-)..... O.K

Axial Resistance

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 717.27/7640.95 = 0.094 < 1.000$ O.K

Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 496.69/1808.81 = 0.275 < 1.000$ O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 12.675/388.071 = 0.033 < 1.000$ O.K

Combined Resistance

$RNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$

$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{ny,Rd})^{\text{Alpha}} + (M_{Edz}/M_{nz,Rd})^{\text{Beta}}$

$R_{com} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$

$R_{max} = \text{MAX}[RNRd, R_{max1}, (R_{com} + R_{bend})] = 0.401 < 1.000$ O.K

Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.002 < 1.000$ O.K

$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.103 < 1.000$ O.K

8.6 VERIFICA TRAVERSI SU SPALLE E PILE

I traversi che si trovano sulle spalle e sulle pile sono dimensionati per consentire la sostituzione degli apparecchi di appoggio, attraverso il sollevamento dell'impalcato con martinetti. I martinetti saranno posizionati con interdistanza di 4 metri.

Per il sollevamento si considera l'impalcato chiuso al traffico veicolare e quindi la sola presenza dei carichi dovuti ai pesi propri ed ai pesi permanenti portati.

8.6.1 Verifica traverso su spalle

Si adottano profilati HEA1000.

midas Gen

Steel Checking Result

| | | | |
|--------------|----------------|----------------------|------------------------------------|
| MIDAS | Company | Project Title | |
| | Author | File Name | D:\... 3 fase_sollevamento_0.3.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
Unit System : kN, m
Member No : 222
Material : S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name : Traversi spalle (No:10)
(Rolled : HEA1000).
Member Length : 1.00000

2. Member Forces

| | | |
|-----------------|---|--|
| Axial Force | Fxx = 0.00000 (LCB: 1, POS:J) | |
| Bending Moments | My = -1242.0, Mz = 0.00000 | |
| End Moments | Myi = 107.126, Myj = -1242.0 (for Lb) Myi = 107.126, Myj = -1242.0 (for Ly) Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz) | |
| Shear Forces | Fyy = 0.00000 (LCB: 1, POS:I) Fzz = 1350.92 (LCB: 1, POS:J) | |

| | | | |
|-------------|---------|-------------|---------|
| Depth | 0.99000 | Web Thick | 0.01650 |
| Top F Width | 0.30000 | Top F Thick | 0.03100 |
| Bot.F Width | 0.30000 | Bot.F Thick | 0.03100 |
| Area | 0.03470 | Asz | 0.01633 |
| Qyb | 0.37791 | Qzb | 0.01125 |
| Iyy | 0.00554 | Izz | 0.00014 |
| Ybar | 0.15000 | Zbar | 0.49500 |
| Wely | 0.01119 | Welz | 0.00093 |
| ry | 0.40000 | rz | 0.06350 |

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1.00000, Lz = 1.00000, Lb = 0.00000
Effective Length Factors Ky = 2.00, Kz = 2.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.77, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
L/r = 63.0 < 300.0 (Memb:237, LCB: 1)..... O.K

Axial Resistance
N_Ed/Nt_Rd = 0.0/12318.5 = 0.000 < 1.000 O.K

Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 1241.99/4551.10 = 0.273 < 1.000 O.K
M_Edz/M_Rdz = 0.000/517.648 = 0.000 < 1.000 O.K

Combined Resistance
RNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
Rcom = N_Ed/(A*fy/Gamma_M0), Rbend = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rmax = MAX[RNRd, (Rcom+Rbend)] = 0.273 < 1.000 O.K

Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.000 < 1.000 O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.379 < 1.000 O.K

8.6.2 Verifica trasverso su pile

Si adottano profilati saldati con altezza pari a 1500mm, piattebande 300x30mm e anima da 20mm.

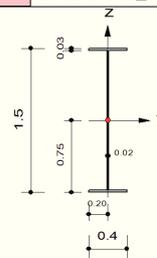
midas Gen

Steel Checking Result

| | | | | |
|---|---------|--|---------------|------------------------------------|
|  | Company | | Project Title | |
| | Author | | File Name | D:\... 3 fase_sollevamento_0.3.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
 Unit System : kN, m
 Member No : 214
 Material : S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name : Traversi pile (No:11)
 (Built-up Section).
 Member Length : 1.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 0.00000 (LCB: 1, POS:J)
 Bending Moments My = -4529.3, Mz = 0.00000
 End Moments Myi = 242.609, Myj = -4529.3 (for Lb)
 Myi = 242.609, Myj = -4529.3 (for Ly)
 Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 0.00000 (LCB: 1, POS:I)
 Fzz = 4774.60 (LCB: 1, POS:J)

| | | | |
|-------------|---------|-------------|---------|
| Depth | 1.50000 | Web Thick | 0.02000 |
| Top F Width | 0.40000 | Top F Thick | 0.03000 |
| Bot.F Width | 0.40000 | Bot.F Thick | 0.03000 |
| Area | 0.05280 | Asz | 0.03000 |
| Qyb | 0.70020 | Qzb | 0.02000 |
| Iyy | 0.01794 | Izz | 0.00032 |
| Ybar | 0.20000 | Zbar | 0.75000 |
| Wely | 0.02393 | Welz | 0.00160 |
| ry | 0.58296 | rz | 0.07797 |

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1.00000, Lz = 1.00000, Lb = 0.00000
 Effective Length Factors Ky = 2.00, Kz = 2.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.78, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $L/r = 51.3 < 300.0$ (Memb:238, LCB: 1)..... O.K
 Axial Resistance
 $N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.0/18744.0 = 0.000 < 1.000$ O.K
 Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 4529.25/8493.42 = 0.533 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.000/569.704 = 0.000 < 1.000$ O.K
 Combined Resistance
 $R_{com} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$, $R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$
 $R_{max} = \text{MAX}[R_{NRd}, (R_{com} + R_{bend})] = 0.533 < 1.000$ O.K
 Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.000 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.952 < 1.000$ O.K

8.7 VERIFICA PIOLI

Si adottano pioli tipo Nelson $\phi 22$ e altezza api a 250mm disposti su 4 file con interasse pari a 200mm longitudinale e 120mm trasversale.

| Connessione a taglio con pioli | | | |
|---|---------------|-------------------|----------------------|
| Caratteristiche materiali | | | |
| Pioli | | | |
| Tensione a rottura del piolo | ft | 500 | [N/mm ²] |
| Coefficiente di sicurezza connessio | γ_v | 1.25 | |
| Calcestruzzo | | | |
| Resistenza cilindrica cls | fck | 35 | [N/mm ²] |
| Modulo elastico cls | Ec | 34'077 | [N/mm ²] |
| Coefficiente di sicurezza cls | γ_c | 1.50 | |
| Area soletta cls | Ac | 1'500'000 | [mm ²] |
| Armature | | | |
| Tensione a snervamento | fyk | 450 | [N/mm ²] |
| Coefficiente di sicurezza barre | γ_{sa} | 1.15 | |
| Armature nella soletta | Asa | 10'050 | [mm ²] |
| Acciaio da carpenteria | | | |
| Tensione a snervamento | fyk | 355 | [N/mm ²] |
| Area trave in acciaio | Aa | 80'320 | [mm ²] |
| Coefficiente di sicurezza acciaio | γ_a | 1.10 | |
| Dati | | | |
| Diametro del piolo | d | 22 | [mm] |
| Altezza piolo dopo saldatura | hsc | 250 | [mm] |
| | α | 1.000 | |
| $P_{Rd,a} = \frac{0.8 \cdot f_t \cdot (\pi \cdot d^2)}{\gamma_v \cdot 4} = 121'642 \text{ [N]}$ | | | |
| $P_{Rd,c} = \frac{0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_c}}{\gamma_v} = 122'631 \text{ [N]}$ | | | |
| Resistenza | Rmin | 121'642 | [N] |
| Coefficiente riduttivo per ponti | | 0.6 | |
| Resistenza ridotta | Rd | 72'985 | [N] |
| Verifica | | | |
| Taglio totale longitudinale | VL | 25'921'455 | [N] |
| numero pioli minimo | | 355 | |
| numero pioli di progetto | | 500 | |
| numero pioli per fila | | 4 | |
| Distanza tra sez momento massimo e momento min | L | 25'000 | [mm] |
| interasse pioli | i | 200.00 | [mm] |

8.8 VERIFICA SOLETTA IN C.A.

La soletta appoggia sulle travi in acciaio con luce pari a 600 cm e sbalzi di 262.50cm.

8.8.1 Sovraccarichi permanenti portati

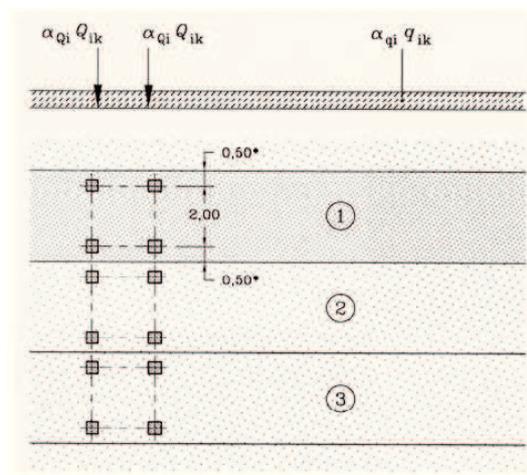
Si sono considerati i seguenti carichi permanenti:

- Pavimentazione
 $g1 = 18 \text{ kN/m}^3 \times 0.11 \text{ m} = 1.98 \text{ kN/m}$
- Marciapiedi
 $g2 = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.17 \text{ m} = 4.25 \text{ kN/m}$
- Guard rail
 $g4 = 2 \text{ kN/m} = 2 \text{ kN/m}$

8.8.2 Sovraccarichi da traffico

I carichi da traffico transitanti sui ponti sono definiti nel DM 2008. Si fa riferimento in particolare ai ponti di I categoria. Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile pari a 8.5 m, è in grado di ospitare 2 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m.

Per le verifiche globali dell'impalcato si utilizza lo schema di carico 1, mostrato in figura, composto da due sistemi accoppiati: carichi concentrati su due assi in tandem avente ciascuno un peso pari a Q_{1k} , e un carico uniformemente distribuito, avente un peso per unità di superficie pari a q_{1k} .

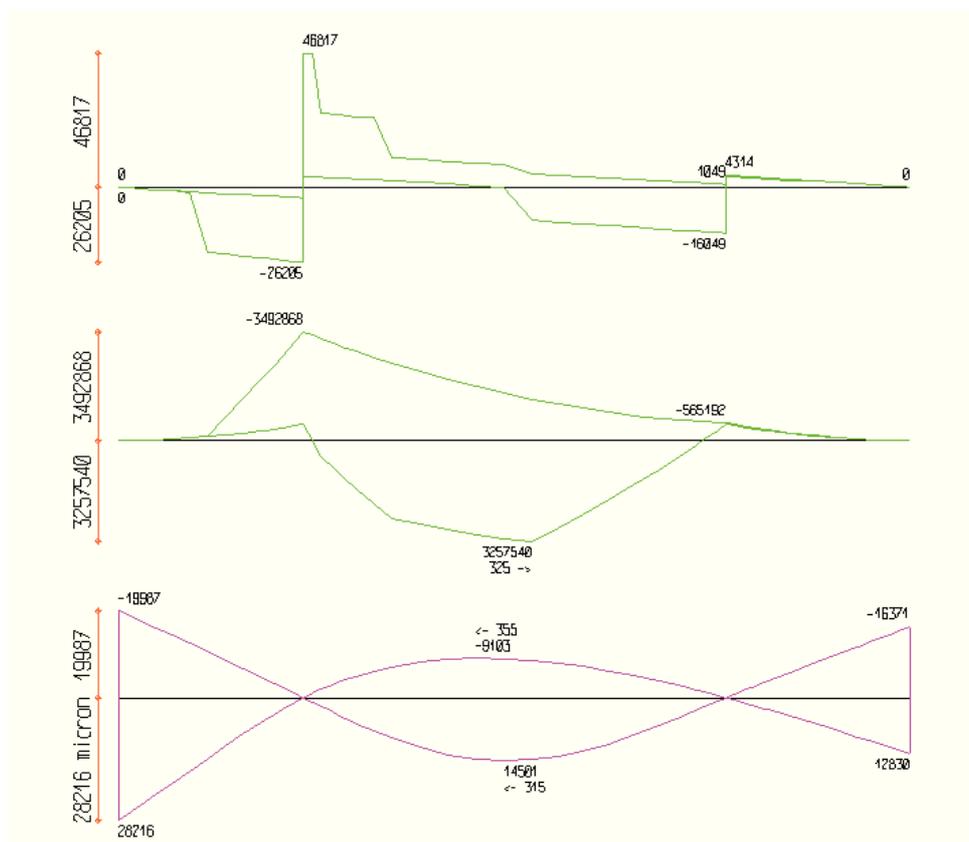
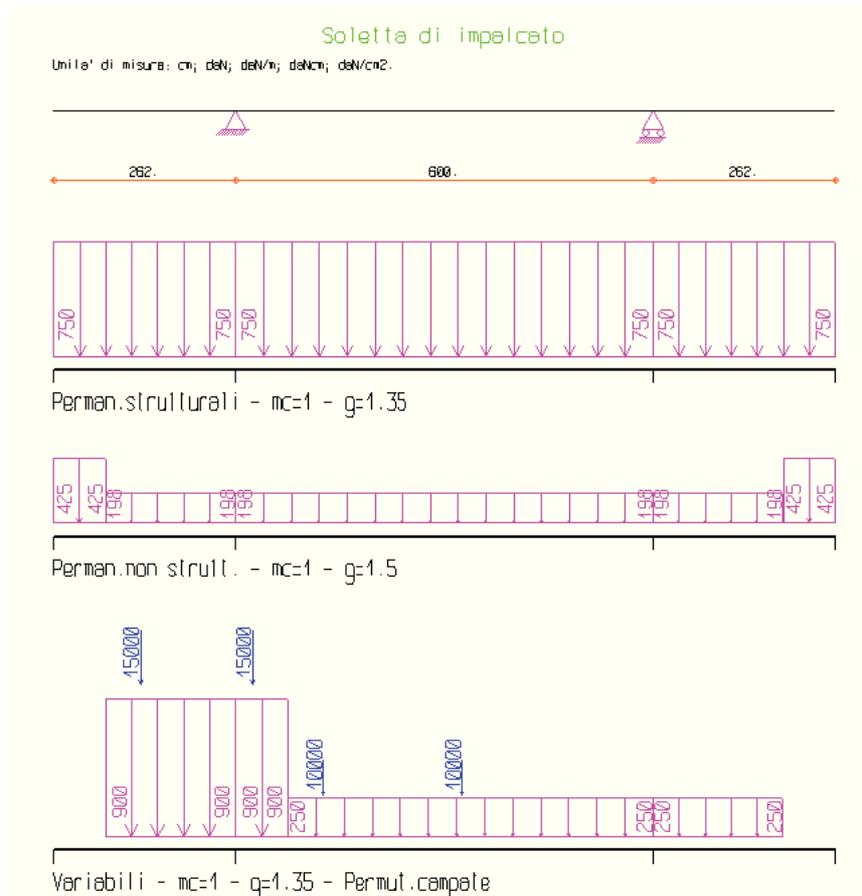


In funzione del numero di corsie di volta in volta caricate, i valori di Q_{ik} e q_{ik} sono quelli riportati in tabella.

| Location | Tandem system <i>TS</i> | <i>UDL</i> system |
|-----------------------------|--------------------------|--|
| | Axle loads Q_{ik} (kN) | q_{ik} (or q_{ik}) (kN/m ²) |
| Lane Number 1 | 300 | 9 |
| Lane Number 2 | 200 | 2,5 |
| Lane Number 3 | 100 | 2,5 |
| Other lanes | 0 | 2,5 |
| Remaining area (q_{rk}) | 0 | 2,5 |

I carichi concentrati sono posizionati trasversalmente in modo da massimizzare gli effetti in funzione della generica sezione in esame e del tipo di azione interna cercata.

8.8.3 Sollecitazioni e verifica



VERIFICA TRAVATA IN CEMENTO ARMATO

Nome travata : Soletta di impalcato (travetto)
 Metodo di verifica : stati limite (NTC08).
 Duttilita' : bassa con gerarchia.
 Unità di misura : cm; daN; daN/m; daNcm; daN/cm2; deform. %.
 Unità particolari : fessure [wk]:mm - ferri:mm e cm2 - sezioni:cm e derivate.
 Copriferri (assi) : longitudinali= 3 ; staffe= 2

MATERIALI

CLS : Rck =450. ; fck=373.5; fctk= 23.5; fctm= 33.5; Ec= 346255. ;
 gc =1.5 ; fcd=211.6; fbd= 35.2; fctd= 15.6; E cud=.35%
 ACCIAIO : B450C; ftk=5175. ; fyk=4500. ; Es=2100000. ;
 gs =1.15; fyd=3913. ; ftd(k*fyd)=4500. ; fud=4439.8; Eud=6.75%

TENSIONI E FESSURE MASSIME IN ESERCIZIO

GRUPPO :molto aggressivo.
 CLS : sc1s(rara)=224.1; sc1s(quasi permanente)=168.1; fbd(esercizio)= 35.2
 ACCIAIO : Sacc(rara)=3600.; Coeff.Omogein.= 15
 FESSURE : wmax(fre.)=.2 ; wmax(q.p.)=.2 [4.1.2.2.4.5];
 kt=.4 [EN 1992-1 7.3.4].

SEZIONI UTILIZZATE

1) Rettangolare: 100X30; A=3000.; Jg=225000.; E=346254.9

DESCRIZIONE CAMPATE

| Cam. | Descriz. | S.ini | Sez. | S.fin | Incl. | L.assi | L.net. | lambda | K | r.Ar. | lam.max |
|------|----------|-------|------|-------|-------|--------|--------|--------|-----|-------|---------|
| 1 | C1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 262. | 232. | 8.733 | .4 | 1.966 | 10.533 |
| 2 | C2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 600. | 540. | 20. | 1.5 | 1.622 | 32.585 |
| 3 | C3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 262. | 232. | 8.733 | .4 | 5. | 27.962 |

CONDIZIONI DI CARICO

| Nro | Descrizione | Tipo | Molt. Coeff. per combinazioni | | | |
|-----|--------------------|--------------------|-------------------------------|------|------|---------------|
| | | | Caric | SLU | Rare | Freq. Q.Per. |
| 1 | Perman.strutturali | senza permutazioni | 1. | 1.35 | 1. | 1. 1. |
| 2 | Perman.non strutt. | senza permutazioni | 1. | 1.5 | 1. | 1. 1. |
| 3 | Variabili | permutaz. campate | 1. | 1.35 | 1. | .75 0. |

CARICHI APPLICATI

| Nro | Con | Camp. | Tipo | Sistema | carico 1 | carico 2 | dist.1 | dist.2 |
|-----|-----|-------|-------------------|---------|----------|----------|--------|--------|
| 1 | 1 | 1 | Forza distribuita | Globale | -750. | - | - | - |
| 2 | 1 | 2 | Forza distribuita | Globale | -750. | - | - | - |
| 3 | 1 | 3 | Forza distribuita | Globale | -750. | - | - | - |
| 4 | 2 | 1 | Carico trapezio | Globale | -425. | -425. | 0. | 188. |

| | | | | | | | | |
|----|---|---|-------------------|---------|---------|-------|------|------|
| 5 | 2 | 3 | Carico trapezio | Globale | -425. | -425. | 188. | 0. |
| 6 | 2 | 1 | Carico trapezio | Globale | -198. | -198. | 75. | 0. |
| 7 | 2 | 3 | Carico trapezio | Globale | -198. | -198. | 0. | 75. |
| 8 | 2 | 2 | Forza distribuita | Globale | -198. | - | - | - |
| 9 | 3 | 1 | Carico trapezio | Globale | -900. | -900. | 75. | 0. |
| 10 | 3 | 2 | Carico trapezio | Globale | -900. | -900. | 0. | 525. |
| 11 | 3 | 2 | Carico trapezio | Globale | -250. | -250. | 75. | 0. |
| 12 | 3 | 3 | Carico trapezio | Globale | -250. | -250. | 0. | 75. |
| 13 | 3 | 1 | Forza concentrata | Globale | -15000. | - | 125. | - |
| 14 | 3 | 2 | Forza concentrata | Globale | -15000. | - | 25. | - |
| 15 | 3 | 2 | Forza concentrata | Globale | -10000. | - | 125. | - |
| 16 | 3 | 2 | Forza concentrata | Globale | -10000. | - | 325. | - |

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

FLESSIONE:

| Progressive | SE | Ar | Msd | Epsc | Epsac | Mrd | Epsc | Epsac | Cam | x/d | Mr/Ms | VE | | | | | |
|-------------|-------|------|-----|------|-----------|-----|-------|-----------|-------|-----------|-------|------|--------|-------|------|-------|-----|
| > | 12. | 12. | 1. | 1. | -5443. | 0. | 0. | -4600180. | -0.35 | .597 | 3. | .37 | !845.2 | !SI | | | |
| | 262. | 262. | 1. | 2. | -3105471. | ! | -.072 | .119 | ! | -5776811. | ! | -.35 | 1.011 | 3. | .257 | !1.86 | !SI |
| > | 262. | 0. | 1. | 2. | -3363695. | ! | -.078 | .129 | ! | -5776811. | ! | -.35 | 1.011 | 3. | .257 | 1.717 | !SI |
| | 262. | 0. | 1. | 2. | 302. | 0. | 0. | 8323768. | ! | -.35 | .426 | 3. | .451 | 27554 | !SI | | |
| | 507. | 245. | 1. | 3. | -1799150. | ! | -.035 | .035 | ! | -9584015. | ! | -.35 | .423 | 3. | .453 | 5.327 | !SI |
| | 507. | 245. | 1. | 3. | 3075825. | ! | -.055 | .115 | ! | 5283069. | ! | -.35 | 2.185 | 3. | .138 | 1.718 | !SI |
| | 587. | 325. | 1. | 3. | 3257540. | ! | -.059 | .122 | ! | 5283069. | ! | -.35 | 2.185 | 3. | .138 | 1.622 | !SI |
| | 820. | 558. | 1. | 2. | 335671. | ! | -.007 | .009 | ! | 8323768. | ! | -.35 | .426 | 3. | .451 | 24.8 | !SI |
| | 862. | 600. | 1. | 2. | -577712. | ! | -.013 | .022 | ! | -5776811. | ! | -.35 | 1.011 | 3. | .257 | 9.999 | !SI |
| > | 862. | 0. | 1. | 2. | -504184. | ! | -.011 | .019 | ! | -5776811. | ! | -.35 | 1.011 | 3. | .257 | 11.46 | !SI |
| | 916. | 54. | 1. | 1. | -397978. | ! | -.012 | .016 | ! | -4600180. | ! | -.35 | .597 | 3. | .37 | 11.56 | !SI |
| | 1112. | 250. | 1. | 1. | -5443. | 0. | 0. | -4600180. | ! | -.35 | .597 | 3. | .37 | 845.2 | !SI | | |

TAGLIO:

| Progressive | Se | Vsd | VRd | Ve | | | |
|-------------|-------|------|-----|----|---------|---------|-----|
| > | 0. | 0. | 1. | 0. | 14658. | !SI | |
| | 0. | 0. | 1. | 0. | !14658. | !SI | |
| | 262. | 262. | 1. | ! | -24834. | !25246. | !SI |
| > | 262. | 0. | 1. | ! | 25196. | !25246. | !SI |
| | 862. | 600. | 1. | ! | -15155. | !25246. | !SI |
| | 862. | 600. | 1. | ! | 1442. | 25246. | !SI |
| > | 862. | 0. | 1. | ! | 3420. | !25246. | !SI |
| | 1124. | 262. | 1. | ! | 0. | !14658. | !SI |

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

TENSIONI DI ESERCIZIO E FESSURAZIONE - RARE:

| Progressive | Se | Ar | Momento | Sc | ls | sacc | As | hc,ef | Eps% | Sr,max | wd | Ve | | |
|-------------|-----|-----|---------|----|-------|------|----|-------|-------|--------|----|-------|----|-----|
| > | 12. | 12. | 1. | 1. | -867. | ! | 0. | .8 | 53.09 | 5.7 | 0. | 10.52 | 0. | !SI |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|----|----|-----------|-------|--------|-------|------|-------|-------|------|----|
| 12. | 12. | 1. | 1. | -867. | 0. | .8 | 53.09 | 5.7 | 0. | 10.52 | 0. | SI |
| 30. | 30. | 1. | 1. | -5288. | -.3 | 4.6 | 53.09 | 5.7 | .0001 | 10.52 | 0. | SI |
| 262. | 262. | 1. | 2. | -2289691. | -82.7 | 1865.4 | 53.09 | 6.41 | .0773 | 11.11 | .086 | SI |
| > 262. | 0. | 1. | 2. | -2480813. | -89.6 | 2021.2 | 53.09 | 6.41 | .0847 | 11.11 | .094 | SI |
| 587. | 325. | 1. | 3. | 2414914. | -67.9 | 1898.8 | 53.09 | 6.86 | .0783 | 11.49 | .09 | SI |
| 862. | 600. | 1. | 2. | -406907. | -14.7 | 331.5 | 53.09 | 6.41 | .0095 | 11.11 | .011 | SI |
| > 862. | 0. | 1. | 2. | -362812. | -13.1 | 295.6 | 53.09 | 6.41 | .0084 | 11.11 | .009 | SI |
| 916. | 54. | 1. | 1. | -255186. | -13.7 | 223.7 | 53.09 | 5.7 | .0064 | 10.52 | .007 | SI |
| 1112. | 250. | 1. | 1. | -867. | 0. | .8 | 53.09 | 5.7 | 0. | 10.52 | 0. | SI |

TENSIONI DI ESERCIZIO E FESSURAZIONE - FREQUENTI:

| Progressive | Se | Ar | Momento | Sc | ls | Sacc | As | hc,ef | Eps% | Sr,max | wd | Ve |
|-------------|------|----|---------|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|------|----|
| > 12. | 12. | 1. | 1. | -867. | 0. | .8 | 53.09 | 5.7 | 0. | 10.52 | 0. | SI |
| 12. | 12. | 1. | 1. | -867. | 0. | .8 | 53.09 | 5.7 | 0. | 10.52 | 0. | SI |
| 30. | 30. | 1. | 1. | -5288. | -.3 | 4.6 | 53.09 | 5.7 | .0001 | 10.52 | 0. | SI |
| 262. | 262. | 1. | 2. | -1798656. | -64.9 | 1465.4 | 53.09 | 6.41 | .0582 | 11.11 | .065 | SI |
| > 262. | 0. | 1. | 2. | -1941277. | -70.1 | 1581.6 | 53.09 | 6.41 | .0637 | 11.11 | .071 | SI |
| 587. | 325. | 1. | 3. | 1826296. | -51.3 | 1436. | 53.09 | 6.86 | .0563 | 11.49 | .065 | SI |
| 862. | 600. | 1. | 2. | -395979. | -14.3 | 322.6 | 53.09 | 6.41 | .0092 | 11.11 | .01 | SI |
| > 862. | 0. | 1. | 2. | -353496. | -12.8 | 288. | 53.09 | 6.41 | .0082 | 11.11 | .009 | SI |
| 916. | 54. | 1. | 1. | -249683. | -13.4 | 218.9 | 53.09 | 5.7 | .0063 | 10.52 | .007 | SI |
| 1112. | 250. | 1. | 1. | -867. | 0. | .8 | 53.09 | 5.7 | 0. | 10.52 | 0. | SI |

TENSIONI DI ESERCIZIO E FESSURAZIONE - QUASI PERMANENTI:

| Progressive | Se | Ar | Momento | Sc | ls | Sacc | As | hc,ef | Eps% | Sr,max | wd | Ve |
|-------------|------|----|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|----|
| > 12. | 12. | 1. | 1. | -867. | 0. | .8 | 53.09 | 5.7 | 0. | 10.52 | 0. | SI |
| 12. | 12. | 1. | 1. | -867. | 0. | .8 | 53.09 | 5.7 | 0. | 10.52 | 0. | SI |
| 30. | 30. | 1. | 1. | -5288. | -.3 | 4.6 | 53.09 | 5.7 | .0001 | 10.52 | 0. | SI |
| 262. | 262. | 1. | 2. | -325551. | -11.8 | 265.2 | 53.09 | 6.41 | .0076 | 11.11 | .008 | SI |
| > 262. | 0. | 1. | 2. | -322669. | -11.6 | 262.9 | 53.09 | 6.41 | .0075 | 11.11 | .008 | SI |
| 547. | 285. | 1. | 3. | 62338. | -1.8 | 49. | 53.09 | 6.86 | .0014 | 11.49 | .002 | SI |
| 862. | 600. | 1. | 2. | -322669. | -11.6 | 262.9 | 53.09 | 6.41 | .0075 | 11.11 | .008 | SI |
| > 862. | 0. | 1. | 2. | -325551. | -11.8 | 265.2 | 53.09 | 6.41 | .0076 | 11.11 | .008 | SI |
| 916. | 54. | 1. | 1. | -233174. | -12.5 | 204.4 | 53.09 | 5.7 | .0058 | 10.52 | .006 | SI |
| 1112. | 250. | 1. | 1. | -867. | 0. | .8 | 53.09 | 5.7 | 0. | 10.52 | 0. | SI |

ARMATURE LONGITUDINALI (%=100*Af/Ac_{ls} - Ac_{ls}=area intera sezione)

| Nro | Totale | % | Super. | % | Barre | Infer. | % | Barre |
|-----|--------|-------|--------|------|--------------|--------|------|--------------|
| 1 | 106.2 | 3.54 | 53.09 | 1.77 | 10d26 | 53.09 | 1.77 | 10d26 |
| 2 | 159.3 | 5.309 | 53.09 | 1.77 | 10d26 | 106.2 | 3.54 | 10d26 +10d26 |
| 3 | 159.3 | 5.309 | 106.2 | 3.54 | 10d26 +10d26 | 53.09 | 1.77 | 10d26 |

9 AZIONI SUGLI APPOGGI

Il ponte è collegato con le spalle e le pile attraverso i dispositivi di appoggio. Lo schema di vincolo è rappresentato nell'immagine successiva:

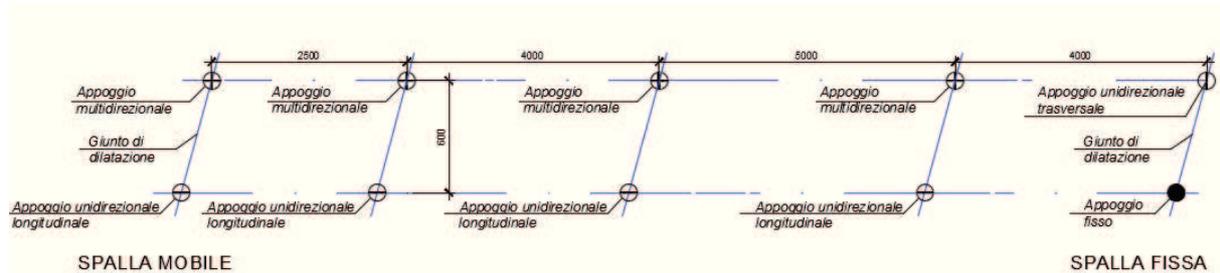


Figura 13: schema appoggi

Le azioni sugli appoggi risultano le seguenti:

| Condizioni di carico su appoggi spalla fissa | | totale | | | Appoggio fisso | | | Appoggio unilaterale | |
|--|------------|--------|----------|-----------|----------------|----------|-----------|----------------------|----------|
| | | N | Tx(long) | Ty(trasv) | N | Tx(long) | Ty(trasv) | N | Tx(long) |
| | | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| SLU | gr1 | 14'273 | - | 272 | 7'136 | - | 272 | 7'136 | - |
| SLU | gr2 | 11'958 | 1'053 | 272 | 5'979 | 527 | 272 | 5'979 | 527 |
| SLU | vento | 10'159 | - | 354 | 5'079 | - | 354 | 5'079 | - |
| SLU | gr2b | 11'958 | - | 272 | 5'979 | - | 272 | 5'979 | - |
| SLU sisma | sisma | 3'650 | 8'938 | 1'149 | 1'825 | 4'469 | 1'149 | 1'825 | 4'469 |
| rara | Rara gr1 | 10'506 | - | 181 | 5'253 | - | 181 | 5'253 | - |
| rara | Rara gr2a | 8'792 | 780 | 181 | 4'396 | 390 | 181 | 4'396 | 390 |
| rara vento | Rara vento | 8'792 | - | 236 | 4'396 | - | 236 | 4'396 | - |
| Frequente | FR gr1 | 8'792 | - | 100 | 4'396 | - | 100 | 4'396 | - |
| Frequente | FR vento | 3'650 | - | 127 | 1'825 | - | 127 | 1'825 | - |
| Q.Permanente | QP gr1 | 3'650 | - | - | 1'825 | - | - | 1'825 | - |

| Condizioni di carico su appoggi spalla mobile | | totale | | | Appoggio unilaterale longitudinale | | | appoggi multilaterali | |
|---|------------|--------|----------|-----------|------------------------------------|----------|-----------|-----------------------|----------|
| | | N | Tx(long) | Ty(trasv) | N | Tx(long) | Ty(trasv) | N | Tx(long) |
| | | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| SLU | gr1 | 9'134 | - | 228 | 4'567 | - | 228 | 4'567 | - |
| SLU | gr2 | 7'653 | - | 228 | 3'827 | - | 228 | 3'827 | - |
| SLU | vento | 6'501 | - | 280 | 3'251 | - | 280 | 3'251 | - |
| SLU | gr2b | 7'653 | - | 228 | 3'827 | - | 228 | 3'827 | - |
| SLU sisma | sisma | 2'336 | - | 735 | 1'168 | - | 735 | 1'168 | - |
| rara | Rara gr1 | 6'724 | - | 152 | 3'362 | - | 152 | 3'362 | - |
| rara | Rara gr2a | 5'627 | - | 152 | 2'814 | - | 152 | 2'814 | - |
| rara vento | Rara vento | 5'627 | - | 187 | 2'814 | - | 187 | 2'814 | - |
| Frequente | FR gr1 | 5'627 | - | 100 | 2'814 | - | 100 | 2'814 | - |
| Frequente | FR vento | 2'336 | - | 117 | 1'168 | - | 117 | 1'168 | - |
| Q.Permanente | QP gr1 | 2'336 | - | - | 1'168 | - | - | 1'168 | - |

| Condizioni di carico su appoggi pila 1 | | totale | | | Appoggio unilaterale | | | appoggi | |
|--|------------|--------|----------|-----------|----------------------|----------|-----------|---------|----------|
| | | N | Tx(long) | Ty(trasv) | N | Tx(long) | Ty(trasv) | N | Tx(long) |
| | | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| SLU | gr1 | 23'407 | - | 425 | 11'704 | - | 212 | 11'704 | - |
| SLU | gr2 | 26'907 | - | 425 | 13'453 | - | 212 | 13'453 | - |
| SLU | vento | 22'857 | - | 608 | 11'428 | - | 304 | 11'428 | - |
| SLU | gr 2b | 26'907 | - | 425 | 13'453 | - | 212 | 13'453 | - |
| SLU sisma | sisma | 8'212 | - | 2'585 | 4'106 | - | 1'292 | 4'106 | - |
| rara | Rara gr1 | 23'640 | - | 283 | 11'820 | - | 142 | 11'820 | - |
| rara | Rara gr2a | 19'783 | - | 283 | 9'891 | - | 142 | 9'891 | - |
| rara vento | Rara vento | 19'783 | - | 405 | 9'891 | - | 203 | 9'891 | - |
| Frequente | FR gr1 | 19'783 | - | 100 | 9'891 | - | 50 | 9'891 | - |
| Frequente | FR vento | 8'212 | - | 161 | 4'106 | - | 81 | 4'106 | - |
| Q.Permanente | QP gr1 | 8'212 | - | - | 4'106 | - | - | 4'106 | - |

| Condizioni di carico su appoggi pile 2-3 | | totale | | | Appoggio unilaterale longitudinale | | | appoggi multilaterali | |
|--|------------|--------|----------|-----------|------------------------------------|----------|-----------|-----------------------|----------|
| | | N | Tx(long) | Ty(trasv) | N | Tx(long) | Ty(trasv) | N | Tx(long) |
| | | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| SLU | gr1 | 32'113 | - | 425 | 16'057 | - | 212 | 16'057 | - |
| SLU | gr2 | 26'907 | - | 425 | 13'453 | - | 212 | 13'453 | - |
| SLU | vento | 22'857 | - | 608 | 11'428 | - | 304 | 11'428 | - |
| SLU | gr 2b | 26'907 | - | 425 | 13'453 | - | 212 | 13'453 | - |
| SLU sisma | sisma | 8'212 | - | 2'585 | 4'106 | - | 1'292 | 4'106 | - |
| rara | Rara gr1 | 23'640 | - | 283 | 11'820 | - | 142 | 11'820 | - |
| rara | Rara gr2a | 19'783 | - | 283 | 9'891 | - | 142 | 9'891 | - |
| rara vento | Rara vento | 19'783 | - | 405 | 9'891 | - | 203 | 9'891 | - |
| Frequente | FR gr1 | 19'783 | - | 100 | 9'891 | - | 50 | 9'891 | - |
| Frequente | FR vento | 8'212 | - | 161 | 4'106 | - | 81 | 4'106 | - |
| Q.Permanente | QP gr1 | 8'212 | - | - | 4'106 | - | - | 4'106 | - |

Gli spostamenti sono stati calcolati sia per la situazione di SLS che a SLV. Nel secondo caso, si è fatto riferimento al paragrafo 3.2.5.2 del DM 14/01/2008.

I risultati ottenuti sono riassunti nella seguente tabella:

| | APPOGGI | SCARICHI [kN] | | | | | | | | CORSE APPOGGI [mm] | | | |
|---|---------|---------------|--------|-----|-----|--------|--------|------|------|--------------------------------|-------|------|-------|
| | | SLU STR | | | | SLV | | | | SLS | | SLV | |
| | | Rv MAX | Rv MIN | HI | Ht | Rv MAX | Rv MIN | HI | Ht | LONG | TRASV | LONG | TRASV |
| SPALLA FISSA | F | 7200 | 5100 | 530 | 360 | 1850 | 1850 | 4500 | 1150 | - | - | - | - |
| | UT | 7200 | 5100 | 530 | - | 1850 | 1850 | 4500 | - | - | ±10 | - | ±10 |
| SPALLA MOBILE | UL | 4600 | 3300 | - | 280 | 1200 | 1200 | - | 740 | ±100 | - | ±85 | - |
| | M | 4600 | 3300 | - | - | 1200 | 1200 | - | - | ±100 | ±10 | ±85 | ±10 |
| P3 | UL | 16100 | 11500 | - | 310 | 4100 | 4100 | - | 1300 | ±30 | - | ±40 | - |
| | M | 16100 | 11500 | - | - | 4100 | 4100 | - | - | ±30 | ±10 | ±40 | ±10 |
| P2 | UL | 16100 | 11500 | - | 310 | 4100 | 4100 | - | 1300 | ±60 | - | ±65 | - |
| | M | 16100 | 11500 | - | - | 4100 | 4100 | - | - | ±60 | ±10 | ±65 | ±10 |
| P1 | UL | 13500 | 11500 | - | 310 | 4100 | 4100 | - | 1300 | ±80 | - | ±75 | - |
| | M | 13500 | 11500 | - | - | 4100 | 4100 | - | - | ±80 | ±10 | ±75 | ±10 |
| SLU STR = CARICHI A STATO LIMITE ULTIMO COMBINAZIONE A1+M1 | | | | | | | | | | ESCURSIONE GIUNTI [mm] | | | |
| SLV = CARICHI A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA | | | | | | | | | | SPALLA MOBILE, DIREZIONE LONG. | | | |
| SLS = SPOSTAMENTI A STATO LIMITE DI ESERCIZIO | | | | | | | | | | ±110 | | | |
| SLV = SPOSTAMENTI A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA | | | | | | | | | | | | | |

10 SPALLE

10.1 PARAGHIAIA

Il paraghiaia deve essere progettato considerando un'azione orizzontale longitudinale di frenamento applicata alla testa del muro paraghiaia pari a 180 kN concomitante con l'azione Q_{1k} applicata in testa. Tale azione si considera ripartita su una lunghezza di 3 metri.

| Verifica paraghiaia | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|---------|----------------------|-----------------------------------|----------|-----------|----------------------|-----|
| Dati geometrici | | | | Dati terreno | | [gradi °] | [rad] | |
| altezza | H | 3.1 | [m] | Angolo d'attrito terreno | ϕ | 35 | 0.611 | |
| spessore | s | 0.5 | [m] | δ attrito muro-terreno [°] | δ | 17.5 | 0.31 | |
| base | b | 1 | [m] | inclinazione parete muro a | ψ | 90 | 1.571 | |
| Sovraccarico da traffico | | 22 | [kN/m ²] | | β | 0 | 0.000 | |
| | | | | Peso terreno | γ | 20 | [kN/m ³] | |
| Coefficiente riduttivo | | β | 1 | coefficiente di spinta attiva | k_a | 0.246 | | |
| Accelerazione di picco al suolo | | a_g | 0.21 | coefficiente di spinta a riposo | k_o | 0.426 | | |
| Categoria del suolo | | S | 1.5 | coefficiente di spinta dinam | k_{ad} | 0.563 | | |
| coefficiente sismico orizzontale | | k_h | 0.315 | | | | | |
| coefficiente sismico verticale | | k_v | 0.158 | | | | | |
| Condizioni di carico | | | | | | | | |
| | | | | Pressione max | M | N | T | |
| | | | | [kN/m ²] | [kN m] | [kN] | [kN] | |
| Peso proprio | g1 | | | | | 39 | | |
| Spinta statica terreno | g3 | | | 26.4 | 42 | | 41 | |
| Spinta da traffico | q1 | | | 9.3 | 45 | | 29 | |
| Frenatura | q3 | | | | 186 | 100 | 60 | |
| Sovraspinta dinamica | q5_1 | | | | 60 | | 39 | |
| Sisma su paraghiaia | q5_2 | | | | 19 | | 12 | |
| Sisma su terreno | q5_3 | | | | 94 | | 61 | |
| Combinazioni di carico | | | | | | | | |
| | | | | g1 | g3 | q | q1 frequente sisma | |
| | | | | | | | | |
| SLU | gruppo 1 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | | 117 | 52 | 94 |
| SLU | gruppo 2a | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.0125 | 353 | 187 | 165 |
| SLU sisma | | 1 | 1 | | | 215 | 39 | 153 |
| rara | Rara gr1 | 1 | 1 | 1 | | 87 | 39 | 70 |
| rara | Rara gr2a | 1 | 1 | 1 | 0.75 | 262 | 139 | 123 |
| Frequente | FR gr1 | 1 | 1 | 0.75 | | 76 | 39 | 63 |
| Q.Permanente | QP gr1 | 1 | 1 | | | 42 | 39 | 41 |

| Verifica sezione rettangolare | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|--------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|---------|------------------------|------------------------------|------|------------------------|
| DATI | | | | | | | | | | | |
| b = | 100 | [cm] | | | | Rck = | 350 | [daN/cm ²] | f _{yk} | 4500 | [daN/cm ²] |
| h = | 50 | [cm] | | | | f _{ck} | 291 | [daN/cm ²] | f _{yd} | 3913 | [daN/cm ²] |
| copriferro minimo | 3.5 | [cm] | | | | f _{cd} | 194 | [daN/cm ²] | σ_s | 3600 | [daN/cm ²] |
| copriferro = | 4.5 | [cm] | | | | τ_{rd} | 3.16 | [daN/cm ²] | | | |
| d = | 45.5 | [cm] | | | | σ_c rara | 174 | [daN/cm ²] | n = | 15 | |
| | | | | | | σ_c qp | 131 | [daN/cm ²] | | | |
| Armatura tesa 1° strato | | | Armatura tesa 2° strato | | | Armatura compressa 1° strato | | | Armatura compressa 2° strato | | |
| ϕ | | n° ferri | ϕ | | n° ferri | ϕ | | n° ferri | ϕ | | n° ferri |
| 20 | | 6 | | | | 20 | | 6 | | | |
| As 1° [cm ²] | | 18.85 | As 2° [cm ²] | | 0.00 | As 1° [cm ²] | | 18.85 | As 2° [cm ²] | | 0.00 |
| % Atesa | | 0.377% | | | | | | | | | |
| Aree | | | Bracci | | | | | | | | |
| As' 1° | 18.85 | [cm ²] | d' 1° | 4.5 | [cm] | interfero armature compresse | | | 0 | [cm] | |
| As' 2° | 0.00 | [cm ²] | d' 2° | 4.5 | [cm] | | | | | | |
| As 2° | 0.00 | [cm ²] | d 2° | 45.5 | [cm] | interfero armature tese | | | 0 | [cm] | |
| As 1° | 18.85 | [cm ²] | d 1° | 45.5 | [cm] | | | | | | |
| Atot tesa | 18.85 | [cm ²] | | | | | | | | | |
| VERIFICHE A FESSURAZIONE | | | | | | | | | | | |
| | Mmax | N | σ_s | σ_s adm | σ_c | σ_c adm | esm | wk | wlim | | |
| | [daN cm] | [daN] | [daN/cm ²] | [daN/cm ²] | [daN/cm ²] | [daN/cm ²] | | [mm] | [mm] | | |
| rara | 2'617'807 | 13'875 | 3014 | 3'600 | 83.0 | 174 | | | | | |
| Frequente | 757'807 | 3'875 | 876 | 3'600 | 24.0 | 174 | 0.00043 | 0.14 | 0.2 | | |
| Q.Permanente | 423'453 | 3'875 | 448 | 3'600 | 13.6 | 131 | 0.00023 | 0.07 | 0.2 | | |

| VERIFICA A TAGLIO A SLU senza armature trasversali resistenti a taglio | | | | | |
|--|---------|----------------------|--------|--------|-----|
| Vsd Max | 165'443 | [N] | | | |
| V Rd | 208'079 | [N] | minimo | 184072 | [N] |
| k | 1.663 | | | | |
| v.min | 0.405 | [N/mm ²] | | | |
| ρf | 0.004 | | | | |

La verifica nella peggiore condizione a SLU risulta:

Titolo : Verifica paraghiaia

N* strati barre Zoom

| N* | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 50 |

| N* | As [cm ²] | d [cm] |
|----|-----------------------|--------|
| 1 | 18.85 | 4.5 |
| 2 | 18.85 | 45.5 |

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

| | | |
|------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| N _{Ed} | <input type="text" value="187"/> | <input type="text" value="0"/> kN |
| M _{xEd} | <input type="text" value="353"/> | <input type="text" value="0"/> kNm |
| M _{yEd} | <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="0"/> |

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali

| B450C | | C28/35 | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------------------------|
| ε _{su} | <input type="text" value="67.5"/> ‰ | ε _{c2} | <input type="text" value="2"/> ‰ |
| f _{yd} | <input type="text" value="391.3"/> N/mm ² | ε _{cu} | <input type="text" value="3.5"/> ‰ |
| E _s | <input type="text" value="200'000"/> N/mm ² | f _{cd} | <input type="text" value="15.87"/> |
| E _s /E _c | <input type="text" value="15"/> | f _{cc} / f _{cd} | <input type="text" value="0.8"/> ? |
| ε _{syd} | <input type="text" value="1.957"/> ‰ | σ _{c,adm} | <input type="text" value="11"/> |
| σ _{s,adm} | <input type="text" value="255"/> N/mm ² | τ _{co} | <input type="text" value="0.6667"/> |
| | | τ _{c1} | <input type="text" value="1.971"/> |

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d

δ

N* rett.

L₀ cm

Precompresso

10.2 SPALLA FISSA

10.2.1 Azioni agenti sulla spalla

L'impalcato trasmette, attraverso gli appoggi, le seguenti azioni:

| Condizioni di carico su spalla fissa | | | | | | | |
|--------------------------------------|------|---|-----------|--------------|--------------|------------------|-------------------|
| | | Pressione max [daN/cm ²] | N [kN] | My [kN m] | Mx [kN m] | Tx(long) [kN] | Ty(trasv) [kN] |
| Peso proprio impalcato | g1 | | 1788 | | | | |
| Permanenti portati | g2 | | 379 | | | | |
| traffico | q1 | | 4388 | | | | |
| frenamento | q3 | | | 975.15 | | 780 | |
| centrifuga | q4 | | | | - | | - |
| Vento | q5 | | | | 239 | | 87 |
| sisma su massa impalcato | q6_x | | | 10'377.26 | | 8'302 | |
| sisma su massa impalcato | q6_y | | | | 854 | | 683 |
| attrito | q7 | | | | | 197 | |
| urto | q8 | | | | 350 | | 100 |

Tali condizioni di carico, integrate dalle azioni dirette sulla spalla, costituiscono la base dei calcoli successivi.

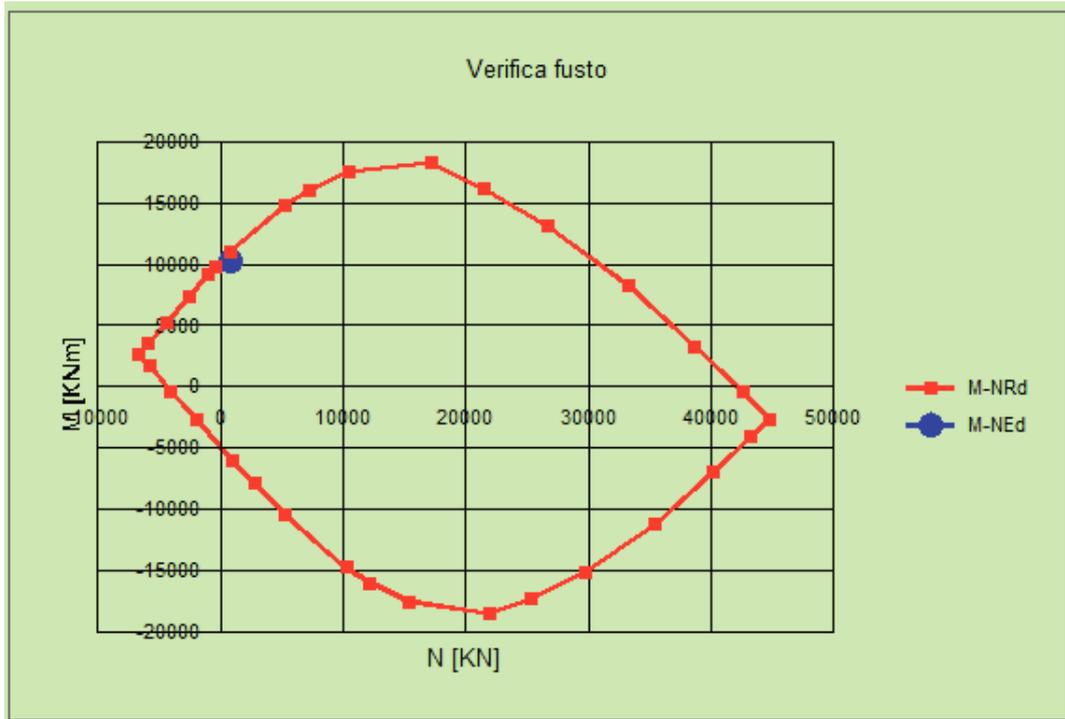
10.2.2 Verifica del fusto della spalla

Le caratteristiche geometriche della spalla sono riassunte nella tabella successiva.

| Verifica muro frontale spalla | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|-------------------------|--|----------------------------------|----------------|-------------------------|-------|
| Dati geometrici | | | | Dati terreno | | | |
| | | | | | [gradi °] | [rad] | |
| altezza totale | H | 8.9 [m] | | Angolo d'attrito terreno | φ | 35 | 0.611 |
| spessore | s | 2.4 [m] | | δ attrito muro-terreno [°] | δ | 17.5 | 0.31 |
| base | b | 1 [m] | | inclinazione parete muro a monte | ψ | 90 | 1.571 |
| altezza muro | h | 5.8 [m] | | | β | 0 | 0.000 |
| spessore paraghiaia | sp | 0.5 [m] | | Peso terreno | γ | 18 [kN/m ³] | |
| altezza paraghiaia | hp | 3.1 [m] | | coefficiente di spinta statica | ka | 0.246 | |
| Sovraccarico da traffico | | 22 [kN/m ²] | | coefficiente di spinta a riposo | ko | 0.426 | |
| eccentricità appoggi | e | 0.48 [m] | | coefficiente di spinta dinamico | kad | 0.563 | |
| larghezza spalla | | 10.97 [m] | | Accelerazione di picco al suolo | a _g | 0.21 | |
| scarpa di monte | | 7.14 [m] | | Categoria del suolo | S | 1.5 | |
| Coefficiente di riduzione | β _m | 1 | | coefficiente sismico orizzontale | k _h | 0.315 | |
| | | | | coefficiente sismico verticale | k _v | 0.158 | |

Le condizioni di carico sulla spalla, riportate alla sezione di attacco del fusto sono le seguenti:

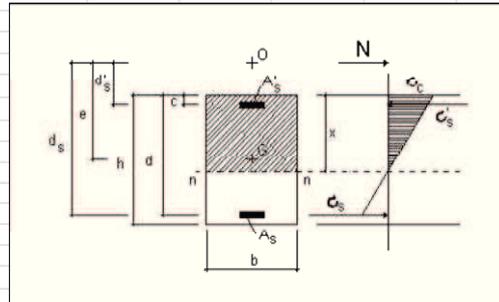
| Condizioni di carico | | | | | | | |
|--------------------------|--------|---------------------------------------|-----------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| | | Pressione max [kN/m ²] | N [kN] | My(long) [kN m] | Mx(trasv) [kN m] | Tx(long) [kN] | Ty(trasv) [kN] |
| Peso proprio | g1 | | 387 | | | | |
| Spinta statica terreno | g3 | 68.3 | | 902 | | 304 | |
| Spinta da traffico | q1 | 9.3 | | 367 | | 83 | |
| Sovraspinta dinamica | q6_1 | | | 1'286 | | 289 | |
| Sisma su spalla | q6_2 | | | 542 | 542 | 122 | 122 |
| Sisma su terreno | q6_3 | | | 1'603 | | 360 | |
| Impalcato | | | | | | | |
| Peso proprio impalcato | g1 | | 3'058 | 1'468 | | | |
| Permanenti portati | g2 | | 592 | 284 | | | |
| traffico | q1 | | 6'857 | 3'291 | | | |
| frenamento | q3 | | | 5'500 | | 780 | |
| centrifuga | q4 | | | | - | | - |
| Vento | q5 | | | | 1'161 | | 136 |
| sisma su massa impalcato | q6_5_x | | | 63'013 | | 8'938 | |
| sisma su massa impalcato | q6_5_y | | | | 8'099 | | 1'149 |
| attrito | q7 | | | 1'828 | | 315 | |
| urto | q8 | | | | 930 | | 100 |



Seguono le verifiche a fessurazione, ampiamente superate per la spalla fissa.

| VERIFICHE A FESSURAZIONE | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|--------------------|------|------|
| | Mmax | N | σ_s | σ_s adm | σ_c | σ_c adm | | ε_{sm} | wk | wlim |
| | [daNcm] | [daN] | [daN/cm ²] | [daN/cm ²] | [daN/cm ²] | [daN/cm ²] | | | [mm] | [mm] |
| rara | 18'956'661 | 134'450 | 345 | 3'600 | 25.3 | 168 | | | | |
| rara | 22'301'515 | 118'824 | 512 | 3'600 | 29.0 | 168 | | | | |
| rara vento | 17'287'982 | 118'824 | 325 | 3'600 | 23.0 | 168 | | | | |
| Frequente | 17'287'982 | 118'824 | 325 | 3'600 | 23.0 | 168 | 0.00009 | 0.03 | 0.2 | |
| Frequente | 12'281'945 | 71'946 | 264 | 3'600 | 16.1 | 168 | 0.00008 | 0.02 | 0.2 | |
| Q.Permanente | 10'615'464 | 71'946 | 202 | 3'600 | 14.1 | 126 | 0.00006 | 0.02 | 0.2 | |

| Parametri per calcolo - fessurazione | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|---|---------|-------|
| e cm | -468.1689095 | | | |
| kt | 0.4 | | | |
| hc eff | 14.5 [cm] | | | |
| b eff | 100 [cm] | | | |
| A eff | 1450 [cm ²] | | | |
| As | 53.09 [cm ²] | | | |
| ρ_f | 0.036616 | | | |
| Verifica applicabilità | 10 [cm] | < | 29 [cm] | |
| delta Smax | 27.37 [cm] | | k1 | 0.8 |
| ϕ | 2.6 [cm] | | k2 | 0.5 |
| copriferro min | 4.5 [cm] | | k3 | 3.4 |
| Es | 2'100'000 [daN/cm ²] | | k4 | 0.425 |
| fctm | 27.66 [daN/cm ²] | | | |



Per la verifica a taglio sarà necessario disporre n.9 spille a mq da 20mm.

| VERIFICA A TAGLIO | |
|-------------------|---------------------------|
| Vsd Max | 1'889'868 [N] |
| V Rd | 2'330'860 [N] |
| VRsd | 2'330'860 [N] |
| VRcd | 3'616'785 [N] |
| Asw | 28.26 [cm ²] |
| s | 100 [cm] |
| bw | 100 [cm] |
| d | 234 [cm] |
| Area | 43'057 [cm ²] |

10.2.3 Analisi sollecitazioni all'estradosso della fondazione

Le azioni agenti sulla zattera di fondazione risultano riassunte nella tabella seguente. Il punto di applicazione delle sollecitazioni seguenti è il baricentro della platea di fondazione, alla quota di estradosso della stessa platea.

| Combinazioni di carico | | | | | | | | | | | | | N | My(long) | Mx(trasv) | Tx(long) | Ty(trasv) | |
|------------------------|------------|--------------|--------------------|--------------|----------|-----------|------------------|-------|---------|---------|-----------------|------|------|----------|-----------|----------|-----------|-------|
| | | peso proprio | permanenti portati | spinte terre | traffico | frenatura | forza centrifuga | vento | sisma x | sisma y | forze parassite | svio | [kN] | [kN m] | [kN m] | [kN] | [kN] | |
| | | g1 | g2 | g3 | q1 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q7 | q8 | | | | | | |
| SLU | gr1 | 1.35 | 1.5 | 1.35 | 1.35 | | | 0.9 | | | | 1.5 | 1.5 | 42'675 | 30'009 | 2'319 | 3'861 | 272 |
| SLU | gr2 | 1.35 | 1.5 | 1.35 | 1.0125 | 1.35 | | 0.9 | | | | 1.5 | 1.5 | 40'361 | 29'108 | 2'319 | 4'734 | 272 |
| SLU | vento | 1.35 | 1.5 | 1.35 | 0.75 | | | 1.5 | | | | 1.5 | 1.5 | 38'561 | 15'207 | 2'935 | 3'540 | 354 |
| SLU sisma +x | sisma x | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | 22'873 | 88'905 | - | 19'896 | - |
| SLU sisma -x | sisma x | 1 | 1 | 1 | | | | | -1 | | | | | 22'873 | 55'982 | - | 7'872 | - |
| SLU sisma y | sisma y | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | 22'873 | -1'509 | 10'216 | 1'974 | 2'057 |
| SLU GEO | gr1 | 1 | 1.3 | 1 | 1.15 | | | 0.78 | | | | 1.3 | 1.3 | 35'838 | 23'486 | 2'010 | 3'678 | 236 |
| SLU GEO | gr2 | 1 | 1.3 | 1 | 0.8625 | | | 0.78 | | | | 1.3 | 1.3 | 33'867 | 16'214 | 2'010 | 3'483 | 236 |
| SLU GEO | vento | 1 | 1.3 | 1 | 0.75 | | | 1.3 | | | | 1.3 | 1.3 | 33'095 | 13'369 | 2'543 | 3'407 | 306 |
| SLU GEO sisma+x | sisma x | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | 22'873 | 93'402 | - | 21'079 | - |
| SLU GEO sisma-x | sisma x | 1 | 1 | 1 | | | | | -1 | | | | | 22'873 | -54'451 | - | 7'356 | - |
| SLU GEO sisma y | sisma y | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | 22'873 | 23 | 10'216 | 2'490 | 2'057 |
| rara | Rara gr1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 0.6 | | | | 1 | 1 | 29'730 | 24'990 | 1'546 | 2'825 | 181 |
| rara | Rara gr2a | 1 | 1 | 1 | 0.75 | 1 | | 0.6 | | | | 1 | 1 | 28'016 | 24'322 | 1'546 | 3'471 | 181 |
| rara vento | Rara vento | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | 1 | | | | 1 | 1 | 28'016 | 18'822 | 1'956 | 2'691 | 236 |
| Frequente | FR gr1 | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | | | | | 1 | 1 | 28'016 | 18'822 | 930 | 2'691 | 100 |
| Frequente | FR vento | 1 | 1 | 1 | | | | 0.2 | | | | 1 | 1 | 22'873 | 319 | 1'135 | 2'289 | 127 |
| Q.Permanente | QP gr1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | 22'873 | -1'509 | - | 1'974 | - |

10.3 SPALLA MOBILE

10.3.1 Azioni agenti sulla spalla

L'impalcato trasmette, attraverso gli appoggi, le seguenti azioni:

| Condizioni di carico su spalla mobile | | | | | | | |
|---------------------------------------|------|---|-----------|--------------|--------------|------------------|-------------------|
| | | Pressione max [daN/cm ²] | N [kN] | My [kN m] | Mx [kN m] | Tx(long) [kN] | Ty(trasv) [kN] |
| Peso proprio impalcato | g1 | | 2793 | | | | |
| Permanenti portati | g2 | | 592 | | | | |
| traffico | q1 | | 6857 | | | | |
| frenamento | q3 | | | | | | |
| centrifuga | q4 | | | | - | | - |
| Vento | q5 | | | | 373 | | 136 |
| sisma su massa impalcato | q6_x | | | | | | |
| sisma su massa impalcato | q6_y | | | | 1'333.84 | | 1'067 |
| attrito | q7 | | | | | 307 | |
| urto | q8 | | | | 350 | | 100 |

Tali condizioni di carico, integrate dalle azioni dirette sulla spalla, costituiscono la base dei calcoli successivi.

10.3.2 Verifica del fusto della spalla

Le caratteristiche geometriche della spalla sono riassunte nella tabella successiva.

| Verifica muro frontale spalla | | | | | | | |
|-------------------------------|----|-------------------------|--|---|----------------|-------------------------|-------|
| Dati geometrici | | | | Dati terreno | | | |
| | | | | | [gradi °] | [rad] | |
| altezza totale | g1 | 8.8 [m] | | Angolo d'attrito terreno | φ | 35 | 0.611 |
| spessore | s | 2.4 [m] | | δ attrito muro-terreno [°] | δ | 17.5 | 0.31 |
| base | b | 1 [m] | | inclinazione parete muro a monte | ψ | 90 | 1.571 |
| altezza muro | h | 5.7 [m] | | | β | 0 | 0.000 |
| spessore paraghiaia | sp | 0.5 [m] | | Peso terreno | γ | 18 [kN/m ³] | |
| altezza paraghiaia | hp | 3.1 [m] | | coefficiente di spinta attiva (statico) | ka | 0.246 | |
| Sovraccarico da traffico | | 22 [kN/m ²] | | coefficiente di spinta dinamico | k | 0.563 | |
| eccentricità appoggi | e | 0.48 [m] | | Accelerazione di picco al suolo | a _g | 0.21 | |
| larghezza spalla | | 11.55 [m] | | Categoria del suolo | S | 1.5 | |
| scarpa di monte | | 7.14 [m] | | coefficiente sismico orizzontale | k _h | 0.315 | |
| Coefficiente di riduzione | bm | 1 | | coefficiente sismico verticale | k _v | 0.158 | |

| Verifica muro frontale spalla | | | | | | | |
|-------------------------------|----|-------------------------|--|---|----------------|-------------------------|-------|
| Dati geometrici | | | | Dati terreno | | | |
| | | | | | [gradi °] | [rad] | |
| altezza totale | g1 | 8.9 [m] | | Angolo d'attrito terreno | φ | 35 | 0.611 |
| spessore | s | 1.5 [m] | | δ attrito muro-terreno [°] | δ | 17.5 | 0.31 |
| base | b | 1 [m] | | inclinazione parete muro a monte | ψ | 90 | 1.571 |
| altezza muro | h | 5.8 [m] | | | β | 0 | 0.000 |
| spessore paraghiaia | sp | 0.5 [m] | | Peso terreno | γ | 18 [kN/m ³] | |
| altezza paraghiaia | hp | 3.1 [m] | | coefficiente di spinta attiva (statico) | ka | 0.246 | |
| Sovraccarico da traffico | | 22 [kN/m ²] | | coefficiente di spinta dinamico | k | 0.563 | |
| eccentricità appoggi | e | 0 [m] | | Accelerazione di picco al suolo | a _g | 0.21 | |
| larghezza spalla | | 11.25 [m] | | Categoria del suolo | S | 1.5 | |
| | | | | coefficiente sismico orizzontale | k _h | 0.315 | |
| Coefficiente di riduzione | bm | 1 | | coefficiente sismico verticale | k _v | 0.158 | |

Le condizioni di carico sulla spalla, riportate alla sezione di attacco del fusto sono le seguenti:

| Condizioni di carico | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|--|---------------------------------------|-----------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| | | | Pressione max [kN/m ²] | N [kN] | My(long) [kN m] | Mx(trasv) [kN m] | Tx(long) [kN] | Ty(trasv) [kN] |
| Peso proprio | g1 | | | 256 | | | | |
| Spinta statica terreno | g3 | | 39.4 | | 521 | | 175 | |
| Spinta da traffico | q1 | | 5.4 | | 212 | | 48 | |
| Spinta dinamica | q6_1 | | 104.4 | | 2'067 | | 464 | |
| Sisma su spalla | q6_2 | | | | 359 | 359 | 81 | 81 |
| Sisma su terreno | q6_3 | | | | - | | - | |
| Impalcato | | | | | | | | |
| Peso proprio impalcato | g1 | | | 2'793 | - | | | |
| Permanenti portati | g2 | | | 592 | - | | | |
| traffico | q1 | | | 6'857 | - | | | |
| frenamento | q3 | | | | | | | |
| centrifuga | q4 | | | | | - | | - |
| Vento | q5 | | | | | 1'161 | | 136 |
| sisma su massa impalcato | q6_5_x | | | | | | | |
| sisma su massa impalcato | q6_5_y | | | | | 7'523 | | 1'067 |
| attrito | q7 | | | | 1'782 | | 307 | |
| urto | q8 | | | | | 930 | | 100 |

| Condizioni di carico | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|--|---------------------------------------|-----------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| | | | Pressione max [kN/m ²] | N [kN] | My(long) [kN m] | Mx(trasv) [kN m] | Tx(long) [kN] | Ty(trasv) [kN] |
| Peso proprio | g1 | | | 381 | | | | |
| Spinta statica terreno | g3 | | 39.0 | | 503 | | 172 | |
| Spinta da traffico | q1 | | 5.4 | | 207 | | 47 | |
| Spinta dinamica | q6_1 | | 103.2 | | 1'998 | | 454 | |
| Sisma su spalla | q6_2 | | | | 528 | 528 | 120 | 120 |
| Sisma su terreno | q6_3 | | | | 1'568 | | 356 | |
| Impalcato | | | | | | | | |
| Peso proprio impalcato | g1 | | | 1'957 | 939 | | | |
| Permanenti portati | g2 | | | 379 | 182 | | | |
| traffico | q1 | | | 4'388 | 2'106 | | | |
| frenamento | q3 | | | | | | | |
| centrifuga | q4 | | | | | - | | - |
| Vento | q5 | | | | | 734 | | 87 |
| sisma su massa impalcato | q6_5_x | | | | | | | |
| sisma su massa impalcato | q6_5_y | | | | | 5'110 | | 735 |
| attrito | q7 | | | | 1'150 | | 202 | |
| urto | q8 | | | | | 920 | | 100 |

Tali condizioni di carico definiscono infine le seguenti combinazioni di carico a SLU e SLE:

| Combinazioni di carico | | - sezione di attacco | | | | | | | | | | | N | My(long) | Mx(trasv) | Tx(long) | Ty(trasv) | | | |
|------------------------|------------|----------------------|--------------------|--------------|----------|-----------|------------------|-------|-------|-----------------|-----|----|---|----------|-----------|----------|-----------|-------|-----|-----|
| | | peso proprio | permanenti portati | spinte terre | traffico | frenatura | forza centrifuga | vento | sisma | forze parassite | svo | q1 | | | | | | q2 | q3 | q4 |
| SLU | gr1 | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.35 | | | | | | 0.9 | | | 1.5 | 1.5 | 1'305 | 1'564 | 2'041 | 347 | 228 |
| SLU | gr2b | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.0125 | | | | 1.35 | | 0.9 | | | 1.5 | 1.5 | 1'177 | 1'432 | 2'041 | 331 | 228 |
| SLU | vento | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | | | | | | 1.5 | | | 1.5 | 1.5 | 1'077 | 1'330 | 2'481 | 319 | 280 |
| SLU sisma | sisma | 1 | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | 583 | 4'190 | 970 | 930 | 184 |
| rara | Rara gr1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 0.6 | | | 1 | 1 | 963 | 1'090 | 1'361 | 236 | 152 |
| rara | Rara gr2a | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | | 1 | | 0.6 | | | 1 | 1 | 868 | 992 | 1'361 | 224 | 152 |
| rara vento | Rara vento | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | 868 | 992 | 1'654 | 224 | 187 |
| Frequente | FR gr1 | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | | | | | | | 1 | 1 | 868 | 992 | 920 | 224 | 100 |
| Frequente | FR vento | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 0.2 | | | 1 | 1 | 583 | 700 | 1'067 | 189 | 117 |
| Q.Permanente | QP gr1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 583 | 600 | - | 172 | - |

| Verifica sezione rettangolare | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------|--|--|
| DATI | | | | | | | | | |
| b = | 100 [cm] | Rck = | 350 [daN/cm ²] | f _{yk} | 4500 [daN/cm ²] | | | | |
| h = | 240 [cm] | f _{ck} | 280 [daN/cm ²] | f _{yd} | 3913 [daN/cm ²] | | | | |
| copriferro minimo | 4.5 [cm] | f _{cd} | 187 [daN/cm ²] | σ _s | 3600 [daN/cm ²] | | | | |
| copriferro = | 5.7 [cm] | σ _{rd} | 3.16 [daN/cm ²] | n = | 15 | | | | |
| d = | 234.3 [cm] | σ _{c rara} | 168 [daN/cm ²] | σ _{c qp} | 126 [daN/cm ²] | | | | |
| Armatura tesa 1° strato | | Armatura tesa 2° strato | | Armatura compressa 1° strato | | Armatura compressa 2° strato | | | |
| φ | n° ferri | φ | n° ferri | φ | n° ferri | φ | n° ferri | | |
| 24 | 10 | | | 20 | 10 | | | | |
| As 1° [cm ²] | 45.24 | As 2° [cm ²] | 0.00 | As 1° [cm ²] | 31.42 | As 2° [cm ²] | 0.00 | | |
| % Atesa | 0.188% | | | | | | | | |
| Aree | | Bracci | | | | | | | |
| As' 1 ≈ | 31.42 [cm ²] | d' 1° | 5.7 [cm] | interferro armature compresse | | 0 [cm] | | | |
| As' 2 ≈ | 0.00 [cm ²] | d' 2° | 5.7 [cm] | | | | | | |
| As 2 ≈ | 0.00 [cm ²] | d 2° | 234.3 [cm] | interferro armature tese | | 0 [cm] | | | |
| As 1 ≈ | 45.24 [cm ²] | d 1° | 234.3 [cm] | | | | | | |
| Atot tesa | 45.24 [cm ²] | | | | | | | | |

Titolo : Verifica fusto

N° figure elementari 1 **Zoom** **N° strati barre** 2 **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm ²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|-----------------------|--------|
| 1 | 100 | 240 | 1 | 31.42 | 4.5 |
| | | | 2 | 45.24 | 235.5 |

Tipologia: S.L.U. **Metodo n**

Sollecitazioni: N_{Ed} 583 kN, M_{xEd} 4190 kNm, M_{yEd} 970 kNm

P.to applicazione N: Centro

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali: B450C, C28/35

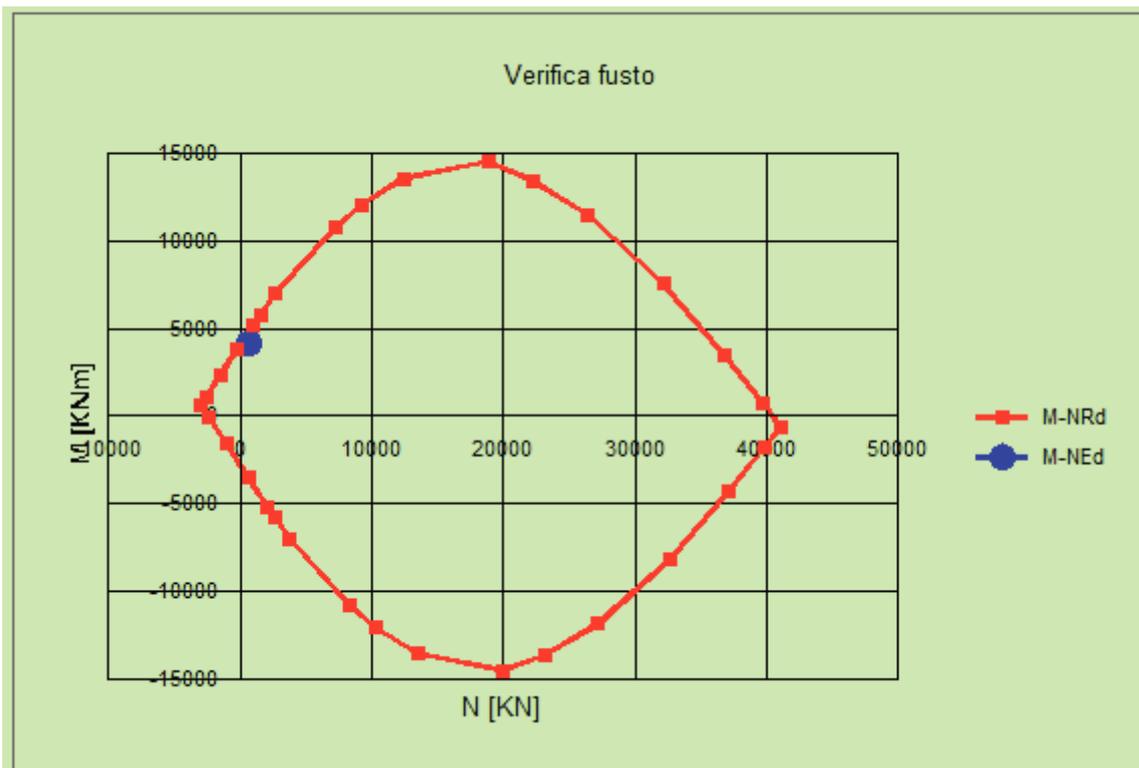
Metodo di calcolo: S.L.U.+, Metodo n

Tipo flessione: Retta

Calcoli: M_{xRd} 4'766 kNm, σ_c -15.87 N/mm², σ_s 391.3 N/mm², ε_c 3.059 ‰, ε_s 67.5 ‰, d 235.5 cm, x 10.21, x/d 0.04336, δ 0.7

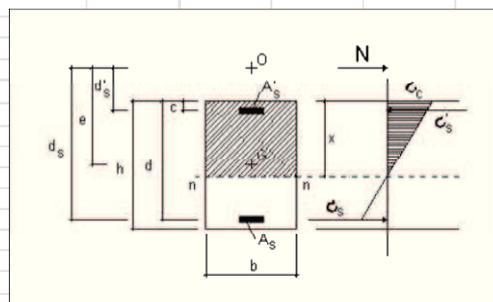
Parametri: N° rett. 100, L₀ 0 cm, Col. modello

Precompresso



| VERIFICHE A FESSURAZIONE | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|--------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|----------|------|------|
| | Mmax | N | σ_s | σ_s adm | σ_c | σ_c adm | | e_{sm} | wk | wlim |
| | [daN cm] | [daN] | [daN/cm ²] | [daN/cm ²] | [daN/cm ²] | [daN/cm ²] | | | [mm] | [mm] |
| fara | 10'895'226 | 96'293 | 299 | 3'600 | 18.2 | 168 | | | | |
| fara | 9'920'934 | 86'794 | 278 | 3'600 | 16.6 | 168 | | | | |
| fara vento | 9'920'934 | 86'794 | 278 | 3'600 | 16.6 | 168 | | | | |
| Frequente | 9'920'934 | 86'794 | 278 | 3'600 | 16.6 | 168 | 0.00008 | 0.02 | 0.2 | |
| Frequente | 6'998'057 | 58'299 | 213 | 3'600 | 11.8 | 168 | 0.00006 | 0.02 | 0.2 | |
| Q.Permanente | 6'002'533 | 58'299 | 138 | 3'600 | 9.9 | 126 | 0.00004 | 0.01 | 0.2 | |

| Parametri per calcolo - fessurazione | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|---|-----------|-------|
| e cm | -514.5182262 | | | |
| kt | 0.4 | | | |
| hc eff | 14.25 [cm] | | | |
| b eff | 100 [cm] | | | |
| A eff | 1425 [cm ²] | | | |
| As | 45.24 [cm ²] | | | |
| ρ_f | 0.031747 | | | |
| Verifica applicabilità | 10 [cm] | < | 28.5 [cm] | |
| delta Smax | 28.15 [cm] | | k1 | 0.8 |
| ϕ | 2.4 [cm] | | k2 | 0.5 |
| copriferro min | 4.5 [cm] | | k3 | 3.4 |
| Es | 2'100'000 [daN/cm ²] | | k4 | 0.425 |
| fctm | 27.66 [daN/cm ²] | | | |



Si adotta spille n.9 al mq, diametro 16mm.

| VERIFICA A TAGLIO | |
|-------------------|---------------------------|
| Vsd Max | 930'253 [N] |
| V Rd | 1'492'685 [N] |
| VRsd | 1'492'685 [N] |
| VRcd | 3'619'875 [N] |
| Asw | 18.09 [cm ²] |
| s | 100 [cm] |
| bw | 100 [cm] |
| d | 234 [cm] |
| Area | 43'094 [cm ²] |

10.3.3 Analisi sollecitazioni all'estradosso della fondazione

Le azioni agenti sulla zattera di fondazione risultano riassunte nella tabella seguente. Il punto di applicazione delle sollecitazioni seguenti è il baricentro della platea di fondazione, alla quota di estradosso della stessa platea.

| Combinazioni di carico | | | | | | | | | | | | | N | My(long) | Mx(trasv) | Tx(long) | Ty(trasv) |
|------------------------|------------|--------------|--------------------|--------------|----------|-----------|------------------|-------|---------|---------|-----------------|------|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | peso proprio | permanenti portati | spinte terre | traffico | frenatura | forza centrifuga | vento | sisma x | sisma y | forze parassite | svio | [kN] | [kN m] | [kN m] | [kN] | [kN] |
| | | g1 | g2 | g3 | q1 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q7 | q8 | | | | | |
| SLU | gr1 | 1.35 | 1.5 | 1.35 | 1.35 | | | 0.9 | | | | 1.5 | 38'202 | 12'482 | 2'109 | 3'829 | 228 |
| SLU | gr2 | 1.35 | 1.5 | 1.35 | 1.0125 | 1.35 | | 0.9 | | | | 1.5 | 36'721 | 6'826 | 2'109 | 3'644 | 228 |
| SLU | vento | 1.35 | 1.5 | 1.35 | 0.75 | | | 1.5 | | | | 1.5 | 35'569 | 2'428 | 2'565 | 3'500 | 280 |
| SLU sisma +x | sisma x | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | 22'011 | 34'974 | - | 11'331 | - |
| SLU sisma -x | sisma x | 1 | 1 | 1 | | | | | -1 | | | | 22'011 | -8'548 | - | 1'129 | - |
| SLU sisma y | sisma y | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | 22'011 | -5'744 | 8'135 | 2'064 | 1'670 |
| SLU GEO | gr1 | 1 | 1.3 | 1 | | 1.15 | | 0.78 | | | 1.3 | 1.3 | 32'183 | 9'085 | 1'828 | 3'661 | 198 |
| SLU GEO | gr2 | 1 | 1.3 | 1 | | 0.8625 | | 0.78 | | | 1.3 | 1.3 | 30'922 | 4'080 | 1'828 | 3'462 | 198 |
| SLU GEO | vento | 1 | 1.3 | 1 | | 0.75 | | 1.3 | | | 1.3 | 1.3 | 30'428 | 2'121 | 2'223 | 3'384 | 243 |
| SLU GEO sisma+x | sisma x | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | 22'011 | 39'780 | - | 12'567 | - |
| SLU GEO sisma-x | sisma x | 1 | 1 | 1 | | | | | -1 | | | | 22'011 | -6'910 | - | 1'669 | - |
| SLU GEO sisma y | sisma y | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | 22'011 | -4'106 | 8'135 | 2'603 | 1'670 |
| rara | Rara gr1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 0.6 | | | 1 | 1 | 26'399 | 2'580 | 1'406 | 2'814 | 152 |
| rara | Rara gr2a | 1 | 1 | 1 | | 0.75 | | 0.6 | | | 1 | 1 | 25'302 | -1'609 | 1'406 | 2'677 | 152 |
| rara vento | Rara vento | 1 | 1 | 1 | | 0.75 | | 1 | | | 1 | 1 | 25'302 | -1'609 | 1'710 | 2'677 | 187 |
| Frequente | FR gr1 | 1 | 1 | 1 | | 0.75 | | | | | 1 | 1 | 25'302 | -1'609 | 950 | 2'677 | 100 |
| Frequente | FR vento | 1 | 1 | 1 | | | | 0.2 | | | 1 | 1 | 22'011 | -14'177 | 1'102 | 2'265 | 117 |
| Q.Permanente | QP gr1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | 22'011 | -15'387 | - | 2'064 | - |

11 PILE

Le pile presentano altezze differenti, riassunte nella seguente tabella:

| TABELLA | | | |
|--------------|-------------|--------|----------------|
| ALTEZZA PILE | | | LUNGHEZZA PALI |
| PILA | CARREGGIATA | H (cm) | L (m) |
| P1 | DX | 610 | 30.00 |
| P2 | DX | 790 | 38.00 |
| P3 | DX | 835 | 38.00 |
| P1 | SX | 660 | 30.00 |
| P2 | SX | 760 | 38.00 |
| P3 | SX | 840 | 38.00 |

11.1 AZIONI AGENTI

11.1.1 Azioni agenti sulla pila 1

L'impalcato trasmette, attraverso gli appoggi, le seguenti azioni:

| Condizioni di carico su pila 1 | | | | | | |
|--------------------------------|------|----------|-----------|-----------|-----------------|------------------|
| | | N | My | Mx | Tx(long) | Ty(trasv) |
| | | [kN] | [kN m] | [kN m] | [kN] | [kN] |
| Peso proprio impalcato | g1 | 5015 | | | | |
| Permanenti portati | g2 | 971 | | | | |
| traffico | q1 | 11245 | | | | |
| frenamento | q3 | | | | | |
| centrifuga | q4 | | | - | | - |
| Vento | q5 | | | 668 | | 223 |
| sisma su massa impalcato | q6_x | | | | | |
| sisma su massa impalcato | q6_y | | | 2'355 | | 1'884 |
| atrito | q7 | | | | 517 | |
| urto | q8 | | | 400 | | 100 |

11.1.2 Azioni agenti sulle pile 2-3

L'impalcato trasmette, attraverso gli appoggi, le seguenti azioni:

| Condizioni di carico su pile 2-3 | | N | My | Mx | Tx(long) | Ty(trasv) |
|----------------------------------|------|-------|--------|--------|----------|-----------|
| | | [kN] | [kN m] | [kN m] | [kN] | [kN] |
| Peso proprio impalcato | g1 | 6880 | | | | |
| Permanenti portati | g2 | 1332 | | | | |
| traffico | q1 | 15428 | | | | |
| frenamento | q3 | | | | | |
| centrifuga | q4 | | | - | | - |
| Vento | q5 | | | 916 | | 305 |
| sisma su massa impalcato | q6_x | | | | | |
| sisma su massa impalcato | q6_y | | | 3'231 | | 2'585 |
| attrito | q7 | | | | 709 | |
| urto | q8 | | | 400 | | 100 |

Tali condizioni di carico, integrate dalle azioni dirette sulla spalla, costituiscono la base dei calcoli successivi.

11.1.3 Verifica del fusto

Le pile hanno diametro 3metri e altezza massima del fusto pari a 8.4m.

Le condizioni di carico, riportate alla sezione di attacco del fusto sono le seguenti:

| Condizioni di carico | | N | My(long) | Mx(trasv) | Tx(long) | Ty(trasv) |
|--------------------------|--------|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | [kN] | [kN m] | [kN m] | [kN] | [kN] |
| Peso proprio | g1 | 1'890 | | | | |
| Sisma su pila | q6_2 | | 1'086 | 1'086 | 259 | 259 |
| Impalcato | | | | | | |
| Peso proprio impalcato | g1 | 6'880 | - | | | |
| Permanenti portati | g2 | 1'332 | - | | | |
| traffico | q1 | 15'428 | - | | | |
| centrifuga | q4 | | | - | | 0 |
| Vento | q5 | | | 3'482 | | 305 |
| sisma su massa impalcato | q6_5_y | | | 24'944 | | 2585 |
| attrito | q7 | | 5'957 | | 709 | |
| urto | q8 | | | 1240 | | 100 |

Tali condizioni di carico definiscono infine le seguenti combinazioni di carico a SLU e SLE:

| Combinazioni di carico | - sezione di attacco | | | | | | | | | | | N | My(long) | Mx(trasv) | Tx(long) | Ty(trasv) |
|------------------------|----------------------|--------------------|--------------|----------|-----------|------------------|-------|-------|-----------------|------|-----|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| | peso proprio | permanenti portati | spinte terre | traffico | frenatura | forza centrifuga | vento | sisma | forze parassite | svio | | | | | | |
| | g1 | g2 | g3 | q1 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | | [kN] | [kN m] | [kN m] | [kN] | [kN] |
| SLU | gr1 | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.35 | | 0.9 | | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 13'256 | 2'979 | 4'994 | 355 | 425 |
| SLU | gr2 | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.0125 | 1.35 | 0.9 | | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 11'520 | 2'979 | 4'994 | 355 | 425 |
| SLU | vento | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | | 1.5 | | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 10'170 | 2'979 | 7'083 | 355 | 608 |
| SLU | gr2b | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.0125 | 1.35 | 0.9 | | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 11'520 | 2'979 | 4'994 | 355 | 425 |
| SLU | sisma | | | | | | | 1 | | | | 4'627 | 1'086 | 9'401 | 259 | 1'120 |
| rara | Rara gr1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | 1 | 1 | 1 | 9'770 | 1'986 | 3'329 | 236 | 283 |
| rara | Rara gr2a | 1 | 1 | 1 | 0.75 | 1 | 0.6 | | 1 | 1 | 1 | 8'484 | 1'986 | 3'329 | 236 | 283 |
| rara | Rara vento | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 8'484 | 1'986 | 4'722 | 236 | 405 |
| Frequente | FR gr1 | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | | 1 | 1 | 1 | 8'484 | 1'986 | 1'240 | 236 | 100 |
| Frequente | FR vento | 1 | 1 | 1 | | | 0.2 | | 1 | 1 | 1 | 4'627 | 1'986 | 1'936 | 236 | 161 |
| O. Permanente | QP gr1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | 4'627 | - | - | - | - |

Si riporta la verifica:

| Verifica sezione Circolare | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|------------|-------------------------------|----------|------------------------------|----------|
| DATI | | | | | | | |
| diametro | 300 [cm] | | Rck = | 350 [daN/cm ²] | fyk | 4500 [daN/cm ²] | |
| diametro | 300 [cm] | | fck | 280 [daN/cm ²] | fyd | 3913 [daN/cm ²] | |
| copriferro minimo | 4.5 [cm] | | fcd | 187 [daN/cm ²] | σs | 3600 [daN/cm ²] | |
| copriferro = | 5.8 [cm] | | σrd | 3.16 [daN/cm ²] | n = | 15 | |
| d = | 294.2 [cm] | | σ rara | 168 [daN/cm ²] | | | |
| | | | σ qp | 126 [daN/cm ²] | | | |
| ARMATURE | | | | | | | |
| Armatura tesa 1° strato | | Armatura tesa 2° strato | | Armatura compressa 1° strato | | Armatura compressa 2° strato | |
| φ | n° ferri | φ | n° ferri | φ | n° ferri | φ | n° ferri |
| 26 | 26 | | | 26 | 19 | | |
| As 1° [cm ²] | 138.04 | As 2° [cm ²] | 0.00 | As' 1° [cm ²] | 100.88 | As' 2° [cm ²] | 0.00 |
| % Atesa | 0.153% | | | | | | |
| Aree | | | | Bracci | | | |
| As' 1 ≃ | 100.88 [cm ²] | d' 1° | 5.8 [cm] | interferro armature compresse | | 0 [cm] | |
| As' 2 ≃ | 0.00 [cm ²] | d' 2° | 5.8 [cm] | | | | |
| As 2 ≃ | 0.00 [cm ²] | d 2° | 294.2 [cm] | interferro armature tese | | 0 [cm] | |
| As 1 ≃ | 138.04 [cm ²] | d 1° | 294.2 [cm] | | | | |
| Atot tesa | 138.04 [cm ²] | | | | | | |

La successiva verifica risulta ampiamente superata, anche per quanto riguarda la gerarchia delle resistenze.

Titolo : Pila

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 150 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 45
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 4.5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

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

Materiali
 B450C C28/35
 ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 15.87
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 11
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6667
 τ_{c1}: 1.971

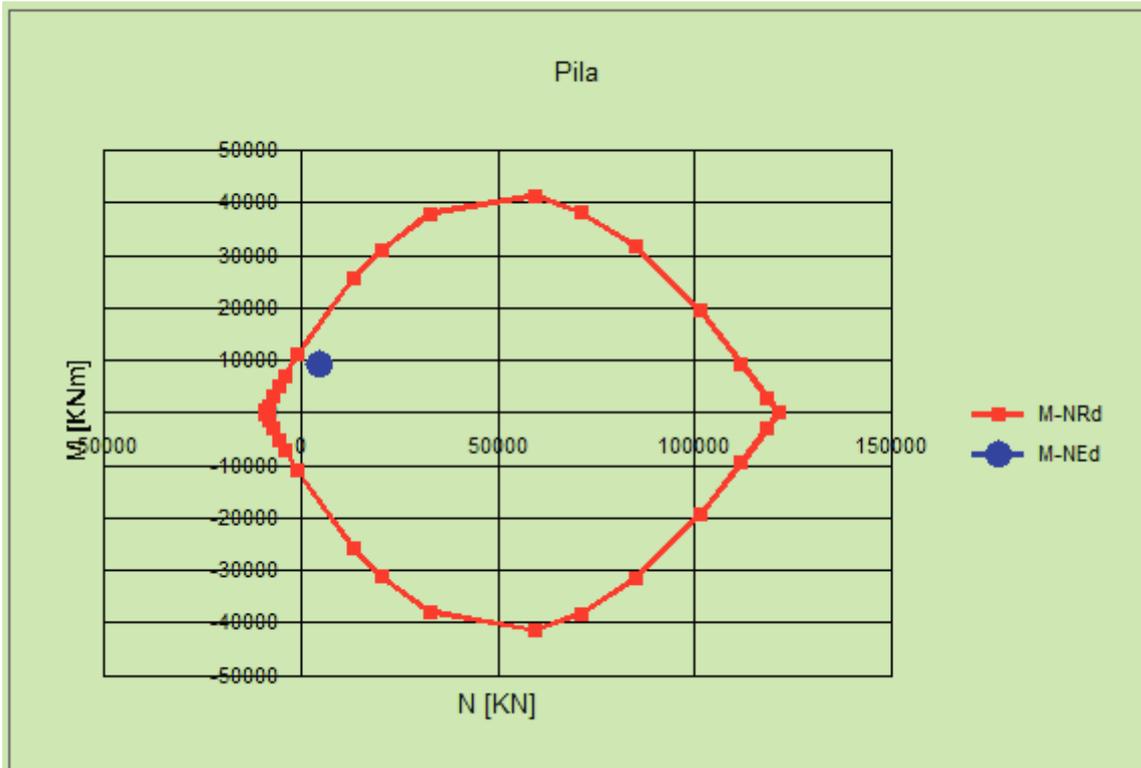
Tipologia rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di flessione
 Retta Devia

Vertici: 52 N° rett.: 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Parametri di calcolo:
 M_{xRd}: 17'625 kN m
 σ_c: -15.87 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5 ‰
 ε_s: 17.03 ‰
 d: 295.1 cm
 x: 50.32 x/d: 0.1705
 δ: 0.7



La verifica a taglio risulta superata senza la necessità di considerare armatura specifica.

| VERIFICA A TAGLIO A SLU senza armature trasversali resistenti a taglio | | | | |
|--|----------------------------|--------|-------------|-------|
| Vsd Max | 1'120'000 [N] | | | |
| V Rd | 1'852'223 [N] | minimo | 1852223 [N] | |
| k | 1.261 | | A | 70650 |
| v min | 0.262 [N/mm ²] | | | |
| ρf | 0.001 | | | |

11.1.4 Analisi sollecitazioni all'estradosso della fondazione pila 1

Le azioni agenti sulla zattera di fondazione risultano riassunte nella tabella seguente. Il punto di applicazione delle sollecitazioni seguenti è il baricentro della platea di fondazione, alla quota di estradosso della stessa platea.

| Combinazioni di carico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|--------------|-----|--------------------|--------|--------------|----------|-----------|------------------|-------|---------|---------|-----------------|------|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | peso proprio | | permanenti portati | | spinte terre | traffico | frenatura | forza centrifuga | vento | sisma x | sisma y | forze parassite | svio | N | My(long) | Mx(trasv) | Tx(long) | Ty(trasv) |
| | | g1 | g2 | g3 | g4 | q1 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q7 | q8 | [kN] | [kN m] | [kN m] | [kN] | [kN] | |
| SLU | gr1 | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.35 | | | | 0.9 | | | | 1.5 | 1.5 | 24'644 | 6'047 | 4'004 | 756 | 350 |
| SLU | gr2 | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.0125 | | | | 0.9 | | | | 1.5 | 1.5 | 20'848 | 6'047 | 4'004 | 756 | 350 |
| SLU | vento | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | | | | 1.5 | | | | 1.5 | 1.5 | 17'897 | 6'047 | 5'474 | 756 | 484 |
| SLU | gr2b | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.0125 | | | 1.35 | 0.9 | | | | 1.5 | 1.5 | 20'848 | 6'047 | 4'004 | 756 | 350 |
| SLU sisma | sisma x | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | | | 6'902 | 2'126 | - | 425 | - |
| SLU sisma | sisma y | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 6'902 | - | 18'314 | - | 2'175 |
| SLU GEO | gr1 | 1 | 1.3 | 1 | 1.15 | | | | 0.78 | | | | 1.3 | 1.3 | 20'125 | 3'930 | 2'863 | 655 | 304 |
| SLU GEO | gr2 | 1 | 1.3 | 1 | 0.8625 | | | | 0.78 | | | | 1.3 | 1.3 | 16'892 | 3'930 | 2'863 | 655 | 304 |
| SLU GEO | vento | 1 | 1.3 | 1 | 0.75 | | | | 1.3 | | | | 1.3 | 1.3 | 15'627 | 3'930 | 3'905 | 655 | 419 |
| SLU GEO sisma | sisma x | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | | | 6'902 | 1'276 | - | 425 | - |
| SLU GEO sisma | sisma y | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 6'902 | - | 13'963 | - | 2'175 |
| rara | Rara gr1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 0.6 | | | | 1 | 1 | 18'147 | 4'031 | 2'669 | 504 | 234 |
| rara | Rara gr2a | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | | 0.6 | | | | 1 | 1 | 15'335 | 4'031 | 2'669 | 504 | 234 |
| rara vento | Rara vento | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 15'335 | 4'031 | 3'649 | 504 | 323 |
| Frequente | FR gr1 | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | | | | | | 1 | 1 | 15'335 | 4'031 | 1'200 | 504 | 100 |
| Frequente | FR vento | 1 | 1 | 1 | | | | | 0.2 | | | | 1 | 1 | 6'902 | 4'031 | 1'690 | 504 | 145 |
| Q.Permanente | QP gr1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 6'902 | - | - | - | - |

11.1.5 Analisi sollecitazioni all'estradosso della fondazione pile 2 e 3

Le azioni agenti sulla zattera di fondazione risultano riassunte nella tabella seguente. Il punto di applicazione delle sollecitazioni seguenti è il baricentro della platea di fondazione, alla quota di estradosso della stessa platea.

| Combinazioni di carico | | | | | | | | | | | | | N | My(long) | Mx(trasv) | Tx(long) | Ty(trasv) |
|------------------------|------------|--------------|--------------------|--------------|----------|-----------|------------------|-------|---------|---------|-----------------|------|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | peso proprio | permanenti portati | spinte terre | traffico | frenatura | forza centrifuga | vento | sisma x | sisma y | forze parassite | svio | [kN] | [kN m] | [kN m] | [kN] | [kN] |
| | | g1 | g2 | g3 | q1 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q7 | q8 | | | | | |
| SLU | gr1 | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.35 | | | 0.9 | | | 1.5 | 1.5 | 33'132 | 6'222 | 3'974 | 1'037 | 425 |
| SLU | gr2 | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.0125 | | | 0.9 | | | 1.5 | 1.5 | 27'925 | 6'222 | 3'974 | 1'037 | 425 |
| SLU | vento | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | | | 1.5 | | | 1.5 | 1.5 | 23'876 | 6'222 | 5'624 | 1'037 | 608 |
| SLU | gr2b | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.0125 | | 1.35 | 0.9 | | | 1.5 | 1.5 | 27'925 | 6'222 | 3'974 | 1'037 | 425 |
| SLU sisma | sisma x | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | 8'967 | 1'276 | - | 425 | - |
| SLU sisma | sisma y | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | 8'967 | - | 18'682 | - | 2'826 |
| SLU GEO | gr1 | 1 | 1.3 | 1 | 1.15 | | | 0.78 | | | 1.3 | 1.3 | 27'108 | 5'392 | 3'444 | 899 | 368 |
| SLU GEO | gr2 | 1 | 1.3 | 1 | 0.8625 | | | 0.78 | | | 1.3 | 1.3 | 22'673 | 5'392 | 3'444 | 899 | 368 |
| SLU GEO | vento | 1 | 1.3 | 1 | 0.75 | | | 1.3 | | | 1.3 | 1.3 | 20'937 | 5'392 | 4'874 | 899 | 527 |
| SLU GEO sisma | sisma x | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | 8'967 | 1'276 | - | 425 | - |
| SLU GEO sisma | sisma y | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | 8'967 | - | 18'682 | - | 2'826 |
| rara | Rara gr1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 0.6 | | | 1 | 1 | 24'394 | 4'148 | 2'649 | 691 | 283 |
| rara | Rara gr2a | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | 0.6 | | | 1 | 1 | 20'537 | 4'148 | 2'649 | 691 | 283 |
| rara vento | Rara vento | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | 1 | | | 1 | 1 | 20'537 | 4'148 | 3'749 | 691 | 405 |
| Frequente | FR gr1 | 1 | 1 | 1 | 0.75 | | | | | | 1 | 1 | 20'537 | 4'148 | 1'000 | 691 | 100 |
| Frequente | FR vento | 1 | 1 | 1 | | | | 0.2 | | | 1 | 1 | 8'967 | 4'148 | 1'500 | 691 | 161 |
| Q.Permanente | QP gr1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | 8'967 | - | - | - | - |